

Heise - Herbst  
**Bergbaukunde**

Erster Band

Fünfte Auflage

# Lehrbuch der **Bergbaukunde**

mit besonderer Berücksichtigung  
des Steinkohlenbergbaues

Von

**Dr.-Ing. e. h. F. Heise**  
Professor und Direktor der Bergschule  
zu Bochum

und

**Dr.-Ing. e. h. F. Herbst**  
Professor und Direktor der Bergschule  
zu Essen

## Erster Band

Fünfte, verbesserte Auflage

Mit 580 Abbildungen und einer farbigen Tafel



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH  
1923

Alle Rechte, insbesondere das der  
Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.  
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1923  
Ursprünglich erschienen bei Julius Springer in Berlin 1923  
Softcover reprint of the hardcover 5th edition 1923

ISBN 978-3-662-35681-4  
DOI 10.1007/978-3-662-36511-3

ISBN 978-3-662-36511-3 (eBook)

## Aus dem Vorwort zur ersten Auflage.

Eine umfassende Darstellung des gesamten Gebietes der Bergbaukunde würde, falls sie wirklich mit einigem Rechte vollständig genannt werden sollte, bei dem heute so reichhaltig gewordenen Stoffe die Arbeit eines Menschenlebens bedeuten und doch nachher nicht voll befriedigen, weil die rastlos fortschreitende Technik ihre Bearbeitung in einem Lehrbuche nach dessen Fertigstellung längst überholt haben würde. Das Ziel, das wir uns bei der Herausgabe des vorliegenden Lehrbuches gesteckt haben, ist unter der Berücksichtigung des Wortes „bis dat, qui cito dat“ bedeutend bescheidener gewesen, sowohl was die Auswahl als auch was die Behandlung des Stoffes betrifft. In erster Hinsicht haben wir das Gebiet in zweifacher Weise eingeengt, indem wir einmal uns im wesentlichen auf den deutschen Bergbau beschränkt und sodann dort, wo besonders Rücksicht auf Lagerstättenverhältnisse zu nehmen war, allein den Steinkohlenbergbau ausführlich, den Braunkohlen-, Erz- und Salzbergbau dagegen nur in einigen bezeichnenden Beispielen behandelt haben. Für die Art der Bearbeitung aber war maßgebend, daß das Buch nicht für den fertig ausgebildeten Fachmann, sondern als Einführung in die Bergbaukunde für den Bergschüler und Studierenden der Bergwissenschaften dienen soll. Insbesondere ist die Rücksicht auf den Unterricht in der Bergbaukunde an der großen Bochumer Bergschule mit ihren fast 700 Schülern die erste Veranlassung zur Entstehung des Buches gewesen und demgemäß in erster Linie für seine Ausgestaltung bestimmend geworden.

Hieraus ergaben sich als Richtpunkte: Hervorhebung des Wichtigen, Bleibenden und wissenschaftlich Feststehenden; kritische Sichtung und Durcharbeitung des Stoffes; verhältnismäßig kurze Behandlung der baulichen Einzelheiten, die dem Wechsel mehr oder weniger unterworfen sind.

Eine ganz besondere Sorgfalt wurde im Hinblick auf den Zweck des Buches den Figuren zugewandt. Hauptsächlich sind schematische Darstellungen, die das Wesen der Sache unter Fortlassung der den Überblick erschwerenden, baulichen Einzelheiten zur Anschauung bringen, bevorzugt.

Wenn wir das Buch in so reicher Fülle mit eigens für unseren Zweck angefertigten Zeichnungen ausstatten konnten, so schulden wir hierfür der Westfälischen Berggewerkschaftskasse Dank, die uns ihre Zeichenkräfte zur Verfügung stellte. Die meisten Figuren sind von der geschickten Hand des berggewerkschaftlichen Zeichners Herrn Haibach zu Bochum gefertigt. Entsprechend dem Zwecke des Buches sind manche Figuren für den mündlichen Unterricht mit Buchstaben versehen, ohne daß auf diese im Texte Bezug genommen ist.

Die Hinweise auf Literaturstellen haben wir nach Möglichkeit beschränkt, weil ja das Buch kein eigentliches Nachschlagewerk sein soll.

Bochum—Aachen, im April 1908.

**Heise. Herbst.**

## Aus dem Vorwort zur vierten Auflage.

Die 4. Auflage des I. Bandes unseres Lehrbuchs erscheint stark verspätet, da die Wirren unseres heutigen Wirtschaftslebens auch auf die Drucklegung mannigfach zurückgewirkt haben, so daß das Buch statt, wie wir gehofft hatten, zu Ostern, erst im Herbst dieses Jahres herausgebracht werden konnte. An und für sich freilich würden wir, wenn nicht die Erschöpfung des Bestandes zu einer Neubearbeitung gezwungen hätte, diese lieber noch etwas hinausgeschoben haben. Denn die noch andauernde Umwälzung in unserer Wirtschaft wird auch dem Bergbau allmählich ein neues Gepräge aufdrücken und manches in unserem Buche bald als veraltet erscheinen lassen. Insbesondere gilt das von den wirtschaftlichen Betrachtungen. Statt daß wir diese weiter ausbauen konnten, waren wir vielmehr angesichts der noch bestehenden Unsicherheit des Geldwertes außerstande, die vorhandenen Preisangaben und Kostenberechnungen der heutigen Zeit anzupassen. Wir haben uns notgedrungen entschließen müssen, die alten Sätze stehen zu lassen und dem Leser die Umrechnung gemäß der jeweiligen Marktlage zu überlassen.

Den Herren Bergassessoren Dr. Kukuk in Bochum und Beyling in Dortmund sprechen wir auch an dieser Stelle unseren Dank für ihre bereitwillige Mitarbeit am 1. bzw. 5. Abschnitt aus.

Bochum—Essen, im September 1920.

**Heise. Herbst.**

## Vorwort zur fünften Auflage.

Unerwartet schnell ist die Notwendigkeit zur Herausgabe dieser Auflage an uns herangetreten, da die erst im September 1920 erschienene vierte Auflage rasch abgesetzt worden ist. Mit Rücksicht auf die Kürze der inzwischen verstrichenen Zeit haben wir es uns versagen können, den Stoff in größerem Umfange von neuem durchzuarbeiten. Immerhin war es erforderlich, den Fortschritten auf den Gebieten der maschinellen Kohलगewinnung, der Gesteinsbohrarbeit, des Rutschen-Abbaues und der Kühllhaltung von warmen Gruben Rechnung zu tragen. Die gesteigerte Bedeutung der Druckluft veranlaßte uns zur Einfügung einer kurzen Erörterung der Druckluftwirtschaft. Auch bedingte die Neuregelung des Sprengstoffwesens in Preußen eine Umarbeitung der entsprechenden Abschnitte. Für seine Mitwirkung hierbei danken wir Herrn Bergassessor Beyling in Dortmund herzlich. Schließlich haben wir in der Wetterlehre durch verschiedene Ergänzungen und neue Abbildungen Unklarheiten hinsichtlich der Verhältnisse des Wetterstromes zu beseitigen gesucht.

Wir bitten die Fachgenossen, auch in Zukunft unser Bestreben, das Buch fortlaufend in engster Fühlung mit dem Betriebe zu erhalten, durch Mitteilung von Mängeln, durch Ratschläge, Ergänzungsvorschläge u. dgl. freundlichst unterstützen zu wollen.

Bochum—Essen, im März 1923.

**Heise. Herbst.**

# Inhaltsverzeichnis.

	Seite
<b>Einleitung</b> . . . . .	1
1. Begriff der Bergbaukunde. — 2. Einteilung der Bergbaukunde.	
Erster Abschnitt.	
<b>Gebirgs- und Lagerstättenlehre.</b>	
<b>I. Gebirgslehre (Geologie).</b> . . . . .	
3. Überblick.	2
<b>A. Die Kräfte des Erdinnern.</b> . . . . .	
4. Raumbegriffe. — 5. Zeitbegriffe. — 6. Die Gebirgsbildung als Folge der Abkühlung der Erde. — 7. Erdbeben. — 8. Vulkanismus.	2
<b>B. Die Einwirkung der Atmosphäre.</b> . . . . .	
9. Allgemeine Bedeutung und Kreislauf des Wassers. — 10. Verwitterung. — 11. Erosion. — 12. Meeresbrandung und marine Abrasion. — 13. Unterirdische Tätigkeit des Wassers. — 14. Gletscher. — 15. Denudation. — 16. Neubildungen durch Wasser. — 17. Einwirkung der Luft. — 18. Bedeutung der Sonnenbestrahlung.	6
<b>C. Die Zusammensetzung der Erdrinde (Gesteinslehre)</b> . . . . .	
19. Haupteinteilung. — 20. Erstarrungsgesteine. — 21. Schichtgesteine. — 22. Lagerungsverhältnisse verschiedener Schichtenfolgen unter sich.	10
<b>D. Die Einwirkung der Erdrindenschumpfung auf die Schichtgesteine</b> . . . . .	
23. Allgemeines.	13
a) Schichtenbiegung (Faltung) . . . . .	
24. Grundbegriffe. — 25. Streichen. — 26. Einfallen. — 27. Mulden und Sättel. — 28. Zeichnerische Darstellung von Mulden und Sätteln. — 29. Sonstige Erscheinungen bei Falten. — 30. Nebenwirkung des Faltungsvorgangs.	13
b) Zerreißen von Gebirgsschichten (Störungen) . . . . .	
31. Allgemeines.	19
1. Sprünge . . . . .	
32. Begriffsbestimmungen, Bezeichnungen. — 33. Entstehung. — 34. Verhalten der Sprünge. — 35. Zusammenwirken mehrerer Sprünge. — 36. Ausrichtung von Sprüngen. — 37. Sprünge und Falten.	19
2. Überschiebungen oder Wechsel (Faltenverwerfungen) . . . . .	
38. Wesen und Entstehung der Überschiebungen. — 39. Besondere Eigenschaften der Überschiebungen. — 40. Beispiele größerer Überschiebungen. — 41. Unterschiede zwischen Sprüngen und Überschiebungen.	28
3. Verschiebungen . . . . .	
42. Wesen, Entstehung und Eigenschaften der Verschiebungen.	31

	Seite
c) Die betriebliche Bedeutung der Lageveränderungen für den Bergbau	33
43. Gebirgsbewegungen und Wert der Grubenfelder.	
<b>II. Lagerstättenlehre . . . . .</b>	<b>34</b>
<b>Allgemeiner Teil . . . . .</b>	<b>34</b>
44. Einteilung der Lagerstätten.	
<b>A. Besprechung der Lagerstätten nach ihrer äußeren Begrenzung</b>	<b>36</b>
45. Flöze. — 46. Lager. — 47. Gänge. — 48. Stöcke, Butzen, Linsen, Nester. —	
49. Stockwerke. — 50. Seifen.	
<b>B. Unregelmäßigkeiten im Verhalten der Lagerstätten . . .</b>	<b>43</b>
51. Wechsel in der Mächtigkeit. — 52. Wechsel in der Mineralführung der Flöze	
und Lager. — 53. Unregelmäßigkeiten in Erzgängen.	
<b>Besonderer Teil . . . . .</b>	<b>45</b>
<b>Die Steinkohle und ihre Lagerstätten . . . . .</b>	<b>45</b>
a) Entstehung der Steinkohle und der Steinkohlenflöze. . .	45
54. Ausgangstoffe für die Bildung der Steinkohle. — 55. Allmähliche Umbildung	
der Ausgangstoffe zur Kohle. — 56. Bildung von einzelnen Kohlenflözen. —	
57. Unterschiede zwischen jüngeren und älteren Kohlen. — 58. Andere Art der	
Kohlenbildung. — 59. Pflanzenwelt der Steinkohle.	
b) Die wichtigsten deutschen Steinkohlenbezirke . . . . .	50
1. Die Ruhr-Lippe-Steinkohlenablagerung. . . . .	50
60. Begrenzung und Oberflächenverhältnisse. — 61. Gliederung und Allgemeines. —	
62. Flözgruppen. — 63. Lagerungsverhältnisse. — 64. Verwerfungen. — 65. Das	
Devon. — 66. Allgemeines. — 67. Lagerungsverhältnisse. — 68. Die Schichten	
zwischen Karbon und Kreide. — 69. Die Kreideschichten. — 70. Tertiär,	
Diluvium, Alluvium.	
2. Die Steinkohlenvorkommen von Osnabrück . . . . .	65
71. Übersicht. — 72. Flöz- und Gesteinsverhältnisse.	
3. Das Saar-Nahe-Steinkohlenbecken. . . . .	66
73. Begrenzung und Allgemeines. — 74. Flözgruppen. — 75. Lagerungsverhält-	
nisse. — 76. Deckgebirge.	
4. Die Aachener Steinkohlenablagerungen . . . . .	70
77. Allgemeine Übersicht. — 78. Flözführung und Nebengestein. — 79. Lagerungs-	
verhältnisse. — 80. Deckgebirge.	
5. Das oberschlesische Steinkohlenbecken . . . . .	73
81. Allgemeines. — 82. Flözführung und Nebengestein. — 83. Lagerungsver-	
hältnisse. — 84. Deckgebirge.	
6. Das niederschlesisch-böhmische Steinkohlenbecken . . . . .	76
85. Lage und Begrenzung. — 86. Gliederung. — 87. Lagerungsverhältnisse.	
7. Das Zwickauer Steinkohlenbecken . . . . .	78
88. Vorbemerkung. — 89. Grundzüge des Zwickauer Steinkohlenbeckens.	

## Zweiter Abschnitt.

## Das Aufsuchen der Lagerstätten. (Schürf- und Bohrarbeiten.)

<b>I. Schürfen . . . . .</b>	<b>80</b>
1. Geognostische Vorarbeiten. — 2. Physikalische Hilfsmittel. — 3. Schürfarbeiten.	
<b>II. Tiefbohrung . . . . .</b>	<b>82</b>
4. Wesen und Zwecke der bergmännischen Tiefbohrung. — 5. Einteilung.	
<b>A. Die Tiefbohrung in milden Gebirgsschichten und geringen Teufen</b>	<b>83</b>
6. Drehendes Bohren. — 7. Stoßendes Bohren. — 8. Hilfsvorrichtungen.	
<b>B. Die Tiefbohrung in größeren Teufen und vorwiegend festem Gebirge. . . . .</b>	<b>85</b>
9. Einteilung.	
a) Stoßendes Bohren . . . . .	85
1. Das Gestängebohren . . . . .	85
<i>aa) Das Bohren ohne Wasserspülung („Trockenbohren“)</i> . . . . .	85
10. Einleitung. — 11. Bohrtürme. — 12. Antrieb. — 13. Obere Zwischenstücke. — 14. Gestänge. — 15. Meißel. — 16. Untere Zwischenstücke beim deutschen Bohren. — 17. Hilfsvorrichtungen.	
<i>bb) Das Bohren mit Wasserspülung („Spülbohren“)</i> . . . . .	94
18. Vorteile der Wasserspülung. — 19. Besonderheiten bei der Spülbohrung. — 20. Richtung und Erzeugung des Spülstroms. — 21. Besondere Einrichtungen beim Spülbohren. — 22. Grundgedanke. — 23. Allgemeines über den Antrieb. — 24. Bohreinrichtung nach Raky. — 25. Bohreinrichtung der Kontinentalen Tiefbohrergesellschaft (vorm. H. Thumann). — 26. Schnellschlagbohrung mit Seil. — 27. Beurteilung der Schnellschlag-Bohrverfahren. — 28. Vergleich zwischen Schwengel- und Seil-Schnellschlagbohrung.	
2. Das Seilbohren. . . . .	103
29. Anwendungsgebiet und Beurteilung. — 30. Einige Einzelheiten des Seilbohrens.	
3. Die Bohrverfahren mit Antrieb vor Ort des Bohrlochs . . . . .	104
31. Hydraulischer und elektrischer Antrieb. — 32. Beurteilung.	
b) Drehendes Bohren (Diamantbohrung) . . . . .	105
33. Allgemeines. — 34. Die Bohrkronen. — 35. Ersatzmittel für Diamanten. — 36. Kerngewinnung. — 37. Antrieb. — 38. Ausführungsbeispiele. — 39. Beurteilung der Diamantbohrung.	
<b>C. Besondere Einrichtungen und Arbeiten bei der Tiefbohrung.</b>	<b>111</b>
a) Verrohrung . . . . .	111
40. Zweck der Verrohrung. — 41. Rohre. — 42. Einbringen der Verrohrung. — 43. Ausziehen der Rohre. — 44. Zerschneiden von Rohren.	
b) Überwachung des Bohrbetriebes. — Verwertung und Deutung von Bohrergebnissen. — Bohrkosten und -leistungen . . . . .	
45. Gesteinsproben. — 46. Stratameter. — 47. Abweichungen aus der Lotlage und ihre Bestimmung. — 48. Leistungen und Kosten.	115

**III. Die Söhlig- und Schrägbohrung . . . . . 119**

49. Bedeutung der Bohrung in söhliger und schräger Richtung. — 50. Gemeinsame Grundzüge solcher Bohreinrichtungen. — 51. Bohreinrichtung von Lange, Lorcke & Co. in Mügeln i. Sa. — 52. Bohrvorrichtung der Peiner Maschinenbaugesellschaft. — 53. Die Ablenkung söhliger und schräger Bohrungen. — 54. Leistungen und Kosten der Söhlig- und Schrägbohrung.

**Anhang. Die Herstellung von Bohrlöchern zur Wasser- und Wetterlösung . . . . . 124**

55. Vorbemerkung. — 56. Bohreinrichtungen zum Vorbohren. — 57. Wetterbohrlöcher. Allgemeines. — 58. Drehend arbeitende Überhaubohrmaschinen. — 59. Stoßend arbeitende Aufbruchbohrreinrichtungen. — 60. Schlagend wirkende Aufbruchbohrmaschinen. — 61. Bohrvorrichtung zur Herstellung von Wetterbohrlöchern von oben nach unten.

## Dritter Abschnitt.

**Gewinnungsarbeiten.****I. Einleitende Bemerkungen . . . . . 132**

1. Allgemeines. — 2. Gedinge. — 3. Gewöhnliches Gedinge. — 4. Generalgedinge. — 5. Prämiengedinge. — 6. Bedeutung des Gedinges. — 7. Tarifverträge. — 8. Anwendung der Tarifverträge im Bergbau. — 9. Gewinnbarkeit. — 10. Grade der Gewinnbarkeit. — 11. Besondere Rücksichten.

**II. Gewinnungsarbeiten ohne Verwendung von Sprengstoffen 136**

12. Vorbemerkung.

**A. Die Wegfüllarbeit . . . . . 136**

13. Allgemeines und Gezähe. — 14. Leistungen.

**B. Die Keilhauenarbeit . . . . . 138**

15. Allgemeines. — 16. Gezähe.

**C. Die Arbeit mit Abbauhämmern und Preßlufthacken . . . 140**

17. Geschichtliche Vorbemerkung. — 18. Die Einrichtung der Abbauhämmer. — 19. Die Arbeitsweise. — 20. Die Preßlufthacke. — 21. Anwendbarkeit, Leistungen, Kosten.

**D. Die maschinelle Schrämarbeit . . . . . 144**

22. Vorteile der maschinellen Schrämarbeit. — 23. Vorbemerkungen.

**1. Stoßend wirkende Schrämmaschinen. . . . . 145**

24. Allgemeines. Fahrbare Stoßschrämmaschinen. — 25. Säulen-Schrämmaschinen. — 26. Vereinfachte Säulenschrämmaschinen. — 27. Schrämkrone. — 28. Anwendung und Leistungen.

**2. Fräsend wirkende Schrämmaschinen . . . . . 148**

29. Einleitung. Kettenschrämmaschinen. — 30. Radschrämmaschinen. — 31. Stangenschrämmaschinen. — 32. Die Anwendbarkeit der Stangenschrämmaschinen. — 33. Kohlenschneider. — 34. Rück- und Ausblick.

**E. Hereintreibarbeit . . . . . 154**

35. Allgemeines. — 36. Die Arbeit mit Fäustel und Keil. — 37. Treibkeile. — 38. Rammkeil von François. — 39. Bosseyeuse von Dubois und François. —

Seite

40. Schraubenkeile, hydraulische Keile. — 41. Höchstdruck und Hub der Keile. — 42. Druckwasser-Abtreibvorrichtungen. — 43. Anwendbarkeit der Keile und Abtreibvorrichtungen im allgemeinen. — 44. Hereingewinnung durch unmittelbaren Wasserdruck. Allgemeines. — 45. Die Arbeitsweise. — 46. Vor- und Nachteile.

### III. Sprengarbeit . . . . . 159

47. Geschichtliches.

#### A. Herstellung der Bohrlöcher . . . . . 160

48. Allgemeines.

##### a) Drehendes Bohren . . . . . 160

49. Vorbemerkung. — 50. Der Schlangenbohrer.

##### 1. Drehendes Bohren mit Hand ohne und mit Benutzung von Handbohrmaschinen . . . . . 161

51. Ausführung der Bohrarbeit. — 52. Leistungen. — 53. Handbohrmaschinen. — 54. Verlagerung der Handbohrmaschinen in Standrohren und Maschinenhaltern. — 55. Leistungen.

##### 2. Drehendes Bohren mit mechanisch angetriebenen Bohrmaschinen . . 164

56. Maschinen mit fahrbarem Motor. — 57. Maschinen mit angebautem Preßluftmotor. Freihanddrehbohrmaschinen. — 58. Beispiele. — 59. Allgemeines. — 60. Beispiele. — 61. Drehendes Bohren in hartem Gebirge. — 62. Druckwasser-drehbohrmaschine von Brandt. — 63. Umdrehungszahl, Kraftverbrauch und Leistungen. — 64. Vor- und Nachteile des Betriebes. — 65. Diamantdrehbohrmaschinen. — 66. Rückblick.

##### b) Stoßendes Bohren . . . . . 174

67. Vorbemerkung. — 68. Bohrer.

##### 1. Stoßendes Bohren mit Hand . . . . . 175

69. Die Arbeit mit Bohrstangen. — 70. Stoßende Handbohrmaschinen.

##### 2. Mechanisch angetriebene Stoßbohrmaschinen. . . . . 176

71. Arbeitsweise. — 72. Das Spiel des Arbeitskolbens. — 73. Zylinderdurchmesser, Hublänge, Schlagzahl. — 74. Die Steuerung. Maschinen ohne bewegte Steuerungsteile. — 75. Steuerungen mit bewegten Teilen. — 76. Umsetzvorrichtung. — 77. Vorschubeinrichtung. — 78. Die Maschinenausführung im allgemeinen. — 79. Wasserspülung bei Stoßbohrmaschinen. — 80. Kraftbedarf der Preßluftstoßbohrmaschinen, Leistungen. — 81. Solenoid-Maschinen. — 82. Kurbelstoßbohrmaschine. — 83. Der Betrieb mit einem fahrbaren, elektrisch angetriebenen Kompressor. — 84. Elektro-pneumatische Bohrmaschinen, Pulsatormaschinen. — 85. Vorbemerkung. — 86. Bohrsäulen. — 87. Bohrwagen. Dreifüße.

##### c) Schlagendes Bohren . . . . . 189

88. Vorbemerkung.

##### 1. Schlagendes Bohren mit Hand . . . . . 189

89. Gezähe und Leistungen.

##### 2. Schlagbohrmaschinen . . . . . 190

90. Allgemeines. — 91. Die Kugel-, Linsen- und Klappensteuerungen. — 92. Kolbensteuerungen. — 93. Steuerungen ohne bewegte Teile. — 94. Die Umsetzvorrichtung. — 95. Die Befestigung der Bohrer in der Maschine. —

96. Der Zusammenbau der Teile zu einem Bohrhammer. — 97. Elektrisch betriebene Bohrhämmer. — 98. Einrichtungen zur Erleichterung des Vorschubes von Bohrhämmern. — 99. Die Hammerbohrmaschinen. — 100. Die Fortschaffung des Bohrmehls aus dem Bohrloche. — 101. Die Staubbildung und ihre Bekämpfung. — 102. Die Behandlung der Bohrer. — 103. Leistungen, Luftverbrauch und Anwendbarkeit der Bohrhämmer. — 104. Zusammenfassender Rückblick auf die verschiedenen Bohrmaschinengattungen.

**B. Anhang . . . . . 204**

105. Die Bedeutung der Druckluftwirtschaft.

**C. Die Sprengstoffe . . . . . 206**

a) Allgemeiner Teil . . . . . 206

106. Begriff der Explosion. — 107. Einleitung der Explosion. — 108. Arten der Explosion. — 109. Erzeugnisse der Explosion. — 110. Das Abbrennen oder das Auskochen der Sprengschüsse. — 111. Explosionstemperatur und Gasdruck. — 112. Sprengkraft und Sprengwirkung. — 113. Trauzische Bleimörserprobe. — 114. Übersicht.

b) Besonderer Teil . . . . . 212

115. Einteilung der Sprengstoffe.

1. Pulversprengstoffe . . . . . 213

116. Sprengpulvergruppe. — 117. Explosionszersetzung des Sprengpulvers. — 118. Sprengsalpetergruppe.

2. Gesteinsprengstoffe . . . . . 215

119. Vorbemerkung.

α) Gruppe der Dynamite. . . . . 215

120. Das Sprengöl. — 121. Zusammensetzung der Dynamite im allgemeinen. — 122. Bedeutung der Schießbaumwolle für die Dynamite. — 123. Gefrierbarkeit der Dynamite. — 124. Sprenggelatine. — 125. Die Dynamite 1—5 (Gelatinedynamite). — 126. Ammongelatine 1.

β) Gruppe der Ammonsalpetersprengstoffe . . . . . 218

127. Allgemeines und Zusammensetzung. — 128. Eigenschaften. — 129. Die Reihe der zugelassenen Sprengstoffe.

γ) Gruppe der Perchloratsprengstoffe . . . . . 220

130. Eigenschaften und Zusammensetzung.

δ) Gruppe der Chloratsprengstoffe . . . . . 221

131. Eigenschaften und Zusammensetzung. — 132. Besondere Erfahrungen mit Chloratsprengstoffen.

3. Wettersprengstoffe . . . . . 223

133. Vorbemerkungen. — 134. Anwendung nassen oder feuchten Besatzes. — 135. Begriff des Wettersprengstoffes. — 136. Ursachen der Schlagwetter- und Kohlenstaubsicherheit. — 137. Erprobung der Schlagwetter- und Kohlenstaubsicherheit. — 138. Bewertung der in den Versuchstrecken erzielten Ergebnisse. — 139. Einteilung. — 140. Die Ammonsalpetersprengstoffe als Wettersprengstoffe. — 141. Die halbgelatinösen Wettersprengstoffe. — 142. Die gelatinösen Wettersprengstoffe.

	Seite
4. Lagerung der Sprengstoffe . . . . .	228
143. Allgemeines. — 144. Die Ausführung unterirdischer Lager.	
5. Vernichtung von Sprengstoffen . . . . .	230
145. Vorsichtsmaßnahmen.	
<b>D. Die Zündung der Sprengschüsse . . . . .</b>	<b>230</b>
146. Einteilung. — 147. Die Zündung durch einen offenen Zündkanal.	
a) Zündschnurzündung . . . . .	231
148. Die Schnur selbst. — 149. Brenngeschwindigkeit. — 150. Übertragung der Zündung auf die Ladung. — 151. Knallquecksilberkapseln. — 152. Kapseln mit Trotyl- und Tetrylfüllung, Aluminiumkapseln, Resorzinatkapseln. — 153. Anzünden der Zündschnur.	
b) Abziehzündungen . . . . .	235
154. Allgemeines.	
c) Elektrische Zündung . . . . .	236
1. Allgemeines. . . . .	236
155. Teile der elektrischen Zündung. — 156. Strom- und Spannungsverhältnisse. — 157. Anwendung der Gesetze auf die elektrische Zündanlage. — 158. Einteilung der Zünder.	
2. Stromquellen . . . . .	238
159. Einteilung. — 160. Bornhardtsche Maschine. — 161. Die Bauart der Maschinen. — 162. Erklärung. — 163. Bauart. — 164. Allgemeines. — 165. Ausführungs-Beispiele. — 166. Kontakteinrichtungen. — 167. Ausführung und Beurteilung des Verfahrens. — 168. Zentralzündung.	
3. Elektrische Zünder . . . . .	246
169. Allgemeine Beschreibung. — 170. Zünderdrähte. — 171. Zündsatz. — 172. Funken- und Spaltglühzünder. — 173. Brückenglühzünder. — 174. Zeitzünder.	
4. Leitungen . . . . .	250
175. Herstellungstoff und Widerstand. — 176. Bedeutung des Leitungswiderstandes. — 177. Isolation der Leitungen. — 178. Schutz gegen Streuströme. — 179. Verbindung der Leitungen.	
5. Hilfsgeräte für die elektrische Zündung. . . . .	254
180. Zünder- und Leitungsprüfer. Galvanoskop. — 181. Ohmmeter, Meßbrücken. — 182. Stromquellenprüfer.	
6. Die Schaltung der Sprengschüsse . . . . .	256
183. Schaltungsweisen.	
7. Schlußbemerkungen und Vergleich . . . . .	257
184. Rückblick. — 185. Nach- und Vorteile in Abwägung gegeneinander.	
<b>E. Das Sprengluftverfahren . . . . .</b>	<b>259</b>
186. Vorbemerkung. — 187. Sprengtechnische Eigenschaften der Sprengluft. — 188. Erzeugung der flüssigen Luft. — 189. Beförderungs- und Tränkgefäße. — 190. Patronen. — 191. Besatz. — 192. Zündung. Allgemeines. — 193. Zündschnüre. — 194. Elektrische Zündung. — 195. Zündung aus dem Bohrloch-tiefsten. — 196. Die Kosten des Sprengluftverfahrens. — 197. Aussichten des Verfahrens.	

	Seite
<b>F. Unglücksfälle bei der Sprengarbeit . . . . .</b>	<b>267</b>
198. Verhalten der Mannschaft. — 199. Verhalten der Sprengladung. — 200. Versager. — 201. Nachschwaden. — 202. Sprengkapseln. — 203. Elektrische Zündung. — 204. Schießen mit flüssiger Luft.	

<b>G. Betriebsmäßige Ausführung der Sprengarbeit . . . . .</b>	<b>270</b>
205. Das Ansetzen der Schüsse. — 206. Schichtung und Einbruch. — 207. Abbohren und Abtun der Schüsse. — 208. Weitere Mittel zur Beschleunigung des Betriebes. — 209. Ordnung des Betriebes. — 210. Einfluß der Bohrlochweite. — 211. Hohlraumschießen. — 212. Kombiniertes Schießen. — 213. Einfluß des Besatzes. — 214. Erweiterungsbohrer.	

#### Vierter Abschnitt.

### Die Grubenbaue.

1. Allgemeines. — 2. Bildliche Darstellung von Grubenbauen. . . . .	277
---	-----

#### I. Ausrichtung . . . . . 279

##### A. Ausrichtung von der Tagesoberfläche aus . . . . . 279

3. Hauptarten.	
a) Stollen . . . . .	279
4. Ausrichtungstollen. — 5. Wasserlösungstollen. — 6. Heutige Bedeutung der Stollen.	
b) Schächte . . . . .	281
1. Arten der Schächte . . . . .	281
7. Allgemeines. Zweck der Schächte. — 8. Tonnlägige Schächte. — 9. Seigere Schächte.	
2. Schachtansatzpunkt . . . . .	283
10. Allgemeines. — 11. Bedeutung der Lagerungsverhältnisse. — 12. Bedeutung des Deckgebirges. — 13. Verhältnisse über Tage. — 14. Schachtbaufelder. — 15. Doppelschachtanlagen.	
3. Schachtscheibe . . . . .	286
16. Form und Einteilung. — 17. Rechteckige Schächte. — 18. Runde Schächte. — 19. Andere Querschnitte. — 20. Einteilung der Schachtscheibe. — 21. Größe des Querschnitts.	
4. Schachteufen . . . . .	290
22. Tiefste Schächte der Erde.	

##### B. Ausrichtung vom Schachte aus . . . . . 291

a) Sohlenbildung . . . . .	291
23. Grund der Sohlenbildung. — 24. Sohlenbildung nach Flözen. — 25. Sohlen im Gestein. — 26. Sohlenabstände. — 27. Unterwerksbau. — 28. Wettersohlen.	
b) Die Ausrichtung auf den einzelnen Sohlen . . . . .	297
29. Ausrichtung durch Querschläge. — 30. Ausrichtung durch blinde Schächte.	

	Seite
<b>II. Vorrichtung.</b> . . . . .	
31. Vorbemerkung.	
a) Bauabteilungen . . . . .	299
32. Bedeutung der Bauabteilungen bei Bremsbergförderung. — 33. Besonderheiten der Abteilungsbildung bei flacher Lagerung. — 34. Bedeutung der Bauabteilungen beim Rutschenbau.	
b) Gruppenbau . . . . .	302
35. Wesen und Bedeutung des Gruppenbaues.	
c) Die Vorrichtung in den einzelnen Flözen . . . . .	304
36. Bedeutung und Umfang der Vorrichtungsarbeiten. — 37. Größe der vorzurichtenden Bauabschnitte. — 38. Zeitliches Verhältnis zwischen Vorrichtung und Abbau.	
<b>III. Das Auffahren der verschiedenen Aus- und Vorrichtungsbetriebe</b> . . . . .	
39. Vorbemerkung.	
a) Querschläge . . . . .	307
40. Hauptquerschläge. — 41. Abteilungsquerschläge. — 42. Wetterquerschläge. — 43. Besondere Querschläge.	
b) Blinde Schächte . . . . .	309
44. Herstellung der blinden Schächte. — 45. Besonderheiten bei Stapelschächten.	
c) Streckenbetriebe im Streichen . . . . .	312
46. Grundstrecken. — 47. Auffahren der Grundstrecken. Nachreißen des Nebengesteins. — 48. Vorgehen beim Auffahren der Grundstrecken. — 49. Teilsohlenstrecken. — 50. Abbaustrecken. — 51. Hauptförderstrecken (Richtstrecken). — 52. Sonstige streichende Strecken.	
d) Streckenbetriebe im Einfallen . . . . .	318
53. Zwecke und Arten. — 54. Überhauen. — 55. Abhauen. — 56. Bremsberge. Überblick. — 57. Herstellung der Bremsberge bei mittlerer und steiler Lagerung. — 58. Herstellung der Bremsberge bei flacher Lagerung. — 59. Anschluß der Bremsberge an die Grundstrecken. — 60. Rolllöcher.	
e) Lösungstrecken für besondere Zwecke . . . . .	323
61. Vorbemerkung. — 62. Vorbohren. — 63. Weitere Sicherheitsmaßregeln.	
<b>IV. Abbau</b> . . . . .	
64. Bedeutung eines vollständigen Abbaues. — 65. Rücksicht auf benachbarte Lagerstätten. — 66. Ein- und zweiflügeliger Abbau. — 67. Rücksicht auf das Hangende in den Abbauhohlräumen. Haupteinteilung der Abbauarten. — 68. Verhiebarten.	
<b>A. Abbauverfahren ohne Unterstützung des Hangenden</b> . . . . .	
69. Der Pfeilerbau. Allgemeines.	
a) Der Pfeilerbau mit gleichmäßig fortschreitendem Verhieb . . . . .	329
1. Der streichende Pfeilerbau . . . . .	329
70. Einteilung des Baufeldes. — 71. Das Treiben der Vorrichtungstrecken. — 72. Vorrichtung unter günstigen Verhältnissen. — 73. Der Rückbau der Pfeiler. — 74. Sicherheitspfeiler.	

	Seite
2. Der schwebende und diagonale Pfeilerbau . . . . .	332
75. Schwebender Pfeilerbau. — 76. Anwendung des schwebenden Pfeilerbaues. —	
77. Diagonaler Pfeilerbau.	
3. Beurteilung des Pfeilerbaues mit ununterbrochenem Verhieb . . . . .	333
78. Vorzüge und Nachteile des Pfeilerbaues. — 79. Wirtschaftlichkeit des Pfeiler-	
baues.	
b) Der Pfeilerbau in einzelnen Abschnitten (Pfeilerbruchbau im engeren Sinne)	334
80. Grundgedanke. — 81. Oberschlesischer Pfeilerbau. — 82. Pfeilerbruchbau	
in der Braunkohle.	
<b>B. Abbauverfahren mit Unterstützung des Hangenden . . . . .</b>	<b>340</b>
a) Der Abbau mit Bergeversatz . . . . .	340
1. Allgemeine Erörterungen . . . . .	340
83. Vorteile des Einbringens von Versatz. — 84. Bedeutung des Bergeversatzes	
für den Abbau der Sicherheitspfeiler. — 85. Verschiedene Ausführung des Ver-	
satzes. — 86. Die Bedeutung des Bergeversatzes für die Mineralgewinnung. —	
87. Beschaffung der Versatzberge. — 88. Bergewirtschaft.	
2. Besprechung der einzelnen Abbauarten . . . . .	348
89. Vorbemerkung.	
α) <i>Der StREBBau</i> . . . . .	348
90. Allgemeines. — 91. Abgrenzung und Einteilung des Baufeldes. — 92. Abbau.	
— 93. Abbaustrecken. — 94. StREBBau mit wandernden Bremsbergen. — 95. Ge-	
wöhnliche Ausführung. — 96. Beschaffung der Versatzberge. — 97. Ausführung	
im allgemeinen. — 98. Diagonaler StREBBau im Mansfeldschen.	
β) <i>Der FirSten- und der Strossenbau auf Erzgängen</i> . . . . .	356
99. Wesen des FirStenbaues auf Erzgängen. — 100. Treiben des untersten	
FirStenstoßes. — 101. Abbau der oberen FirSten. Rollenförderung. — 102. Strossenbau.	
γ) <i>Abbauverfahren mit geschlossenem Bergeversatz („Rutschbau“)</i> . . . . .	358
103. Erläuterung. — 104. Abbau bei flacher Lagerung. — 105. Abbau bei	
mittleren Fallwinkeln (Schrägbau). — 106. Abbau bei steiler Lagerung. FirSten-	
bau auf Steinkohlenflözen. — 107. Ausführung des FirStenbaues. — 108. Be-	
sonderheiten beim Steinkohlen-FirStenbau.	
δ) <i>Abbau mit Bergeversatz in einzelnen Streifen (Stoßbau)</i> . . . . .	369
109. Wesen und Einteilung. — 110. Gewöhnliches Verfahren. — 111. Ver-	
schiedenheiten beim streichenden Stoßbau. — 112. Erhöhung der Förderleistung	
beim Stoßbau. — 113. Bewetterung beim streichenden Stoßbau. — 114. Schwe-	
bender Stoßbau in flachgelagerten Flözen. — 115. Schwebender Stoßbau bei	
steiler Lagerung.	
ε) <i>Abbauverfahren mit Vor- und Rückbau</i> . . . . .	376
116. Erläuterung. — 117. Ausführung des Pfeilerbaues mit Versatz. — 118. Durch-	
führung (im allgemeinen und im einzelnen).	
3. Beurteilung der verschiedenen Abbauverfahren mit Bergeversatz auf Lagerstätten	
von mäßiger Mächtigkeit und Abgrenzung ihres Anwendungsgebietes . . . . .	378
119. Allgemeine Beurteilung der Abbauarten mit Abbaustrecken. — 120. Beur-	
teilung des Rutschbaues. — 121. StREBBau. — 122. FirSten- und Strossenbau	

Seite

im Erzbergbau. — 123. Der Abbau in einzelnen Streifen (Stoßbau). — 124. Abbauverfahren mit Vor- [und Rückbau. — 125. Zusammenfassung.

4. Besondere Ausbildung einzelner Abbauverfahren für die Gewinnung mächtiger Lagerstätten . . . . . 385

126. Vorbemerkung.

α) *Der Scheibenbau* . . . . . 385

127. Begriffsbestimmung. — 128. Allgemeines über den Scheibenbau. — 129. Scheibenbau mit nahezu gleichzeitigem Abbau der einzelnen Scheiben. — 130. Scheibenbau mit Gewinnung der einen Bank unmittelbar nach der anderen. — 131. Scheibenbau mit abschnittweise abwechselndem Abbau in der Unter- und Oberbank. — 132. Rückblick.

β) *Der Stoßbau auf mächtigen Lagerstätten.* . . . . . 391

133. Vorbemerkung. — 134. Streichender Stoßbau.

γ) *Der Abbau in söhligen Scheiben (Querbau)* . . . . . 392

135. Wesen des Querbaues. Allgemeines. — 136. Beispiele für den Querbau.

5. Der Abbau mit Spülversatz . . . . . 394

137. Einleitung. — 138. Bedeutung des Spülversatzes für Tagesoberfläche und Grubenbetrieb. — 139. Versatzgut. — 140. Mischungsverhältnis. — 141. Wasserzusatz. — 142. Mischanlagen. Allgemeines. — 143. Ausführung der Mischanlagen im einzelnen. — 144. Spülschächte. — 145. Rohrleitungen. — 146. Krümmer und Verzweigungen. — 147. Abbauverfahren beim Spülversatz. — 148. Vorschläge. — 149. Der Spülversatz im Kalisalzbergbau. Allgemeines. — 150. Einiges über die Ausführung des Spülversatzbetriebes im Kalisalzbergbau. — 151. Der deutsche Braunkohlenbergbau und der Spülversatz. — 152. Besondere Arten des Spülversatzes. — 153. Wasserklärung und -hebung. — 154. Kosten des Spülversatzes. — 155. Anwendungsgebiet des Spülversatzes.

b) *Der Abbau mit Bergfesten* . . . . . 416

156. Wesen und Anwendungsgebiet. — 157. Die Pfeiler beim Abbau mit Bergfesten.

1. *Der Örterbau* . . . . . 417

158. Wesen des Örterbaues. — 159. Örterbau im deutschen Kalisalzbergbau.

2. *Der Schachbrettbau* . . . . . 418

160. Wesen des Schachbrettbaues.

3. *Der Kammerbau (Weitungsbaue)* . . . . . 419

161. Ausführung des Kammerbaues im allgemeinen. — 162. Kammerbau im deutschen Kalisalzbergbau. — 163. Bedeutung des Bergeversatzes beim Kammerbau. — 164. Andere Formen des Kammerbaues. — 165. Größen von Abbaukammern.

**Gebirgsbewegungen im Gefolge des Abbaues . . . . 424**

**A. Arten und Auftreten der Gebirgsbewegungen . . . . 424**

166. Vorbemerkung. — 167. Allgemeiner Verlauf der Bodenbewegungen. — 168. Bedeutung der Einbringung von Bergeversatz. — 169. Bedeutung der Lagerungsverhältnisse. — 170. Allgemeine Beobachtungen über die Senkungsvorgänge an der Erdoberfläche. — 171. Der Verlauf der Bewegungen im Gebirgskörper. — 172. Bergschäden. — 173. Tagebrüche. — 174. Wasserentziehung.

<b>B. Maßnahmen zur Verhütung oder Abschwächung der Gebirgsbewegungen und ihrer Folgen . . . . .</b>	<b>431</b>
175. Die Sicherheitspfeiler. Vorbemerkung. — 176. Sicherheitspfeiler für den Grubenbetrieb. — 177. Sicherheitspfeiler für die Erdoberfläche. — 178. Nachteile der Sicherheitspfeiler; ihr Ersatz durch andere Maßnahmen.	
<b>V. Große unterirdische Räume und ihre Herstellung . . . . .</b>	<b>434</b>
179. Allgemeines. — 180. Gestalt und Abmessungen. — 181. Herstellung großer Räume.	

## Fünfter Abschnitt.

**Grubenbewetterung.**

<b>I. Einleitende Bemerkungen . . . . .</b>	<b>439</b>
1. Begriffsbestimmungen. — 2. Zweck der Grubenbewetterung. — 3. Luftbedarf für die Atmung. — 4. Auftreten und Beseitigung nicht atembarer Gase in den Grubenwettern. — 5. Steigerung der Grubentemperatur mit zunehmender Tiefe. Geothermische Tiefenstufe. — 6. Die Wechselwirkungen zwischen Gebirgstemperatur und Temperatur des Wetterstromes. — 7. Die Verdichtungswärme und die weiteren Gründe für Temperatursteigerungen der Grubenwetter. — 8. Abkühlung der Grubenbaue. — 9. Wetterbedarf.	
<b>II. Die Grubenwetter . . . . .</b>	<b>444</b>
<b>A. Die atmosphärische Luft und deren Bestandteile . . . . .</b>	<b>444</b>
10. Allgemeines. — 11. Sauerstoff. — 12. Stickstoff. — 13. Wasserdampf. Allgemeines. — 14. Messung des Sättigungsgrades. — 15. Sättigungsgrad des Wetterstromes in der Grube. — 16. Wirkungen des verschiedenen Sättigungsgrades. — 17. Austrocknung des Grubengebäudes. — 18. Kohlensäure. Allgemeines. — 19. Kohlensäure-Erzeugung durch Atmung und Brennen der Lampen. — 20. Kohlensäure-Erzeugung durch Einwirkung des Luftsauerstoffs auf Holz oder Kohle. — 21. Ausströmung der Kohlensäure aus dem Gebirge. — 22. Kohlensäure-Erzeugung bei der Explosion von Sprengstoffen. — 23. Kohlensäure-Erzeugung durch gelegentliche Ursachen. — 24. Gefährdung des Betriebes durch Kohlensäure.	
<b>B. Die sonstigen, gelegentlich in Grubenwettern auftretenden Gase . . . . .</b>	<b>454</b>
25. Kohlenoxyd. Allgemeines. Entstehung. — 26. Giftigkeit des Kohlenoxyds. — 27. Behandlung bei Kohlenoxydvergiftungen. — 28. Feststellung der Kohlenoxydvergiftung. — 29. Brennbarkeit des Kohlenoxyds. — 30. Schwefelwasserstoff. — 31. Wasserstoff. — 32. Stickoxyd. — 33. Grubengas. Allgemeines. — 34. Entstehung und Vorkommen des Grubengases. — 35. Gasdruck in der Kohle. — 36. Übertritt des Grubengases in die Grubenbaue. — 37. Das regelmäßige Ausströmen des Gases. — 38. Gasentwicklung aus bereits gewonnener Kohle. — 39. Plötzliche Gasausbrüche. — 40. Gasausbrüche, die auf den inneren Gasdruck selbst zurückzuführen sind. — 41. Die Gefahren der Gasausbrüche und ihre Bekämpfung. — 42. Gasausbrüche, die auf den Gebirgsdruck zurückzuführen sind. — 43. Gasausströmungen aus Gebirgsklüften (Bläser erster Ordnung). — 44. Gasausströmungen aus Bruchspalten (Bläser zweiter Ordnung). — 45. Austritt des Grubengases aus dem alten Mann. — 46. Einfluß des Luftdruckes auf die Grubengasentwicklung. — 47. Einfluß des Luftdruckes auf die Explosionsgefahr. —	

48. Verhältnis der Gasmenge zur Kohlenförderung. — 49. Beziehungen zwischen Grubengasentwicklung und Beschaffenheit der Kohle. — 50. Verhalten des Grubengases nach der Ausströmung. — 51. Besondere Verfahren zur Beseitigung des Grubengases.

### C. Die Schlagwetterexplosion . . . . . 471

52. Der chemische Vorgang bei der Explosion. — 53. Grenzen der Explosionsfähigkeit. Gefährlichkeit nicht explosibler Gemische. — 54. Explosionstemperatur, Volumen und Druck der Explosionsgase. — 55. Explosionsgeschwindigkeit. — 56. Entzündungstemperatur der Schlagwetter. — 57. Entstehungsursachen der Schlagwetterexplosionen. — 58. Erfolge in der Bekämpfung der Schlagwetterexplosionen. — 59. Beschaffenheit der Explosionschwaden.

### D. Mittel zur Erkennung der Schlagwetter . . . . . 476

60. Analyse. — 61. Schlagwetteranzeiger. — 62. Das Interferometer. — 63. Die Sicherheitslampe als Erkennungsmittel für Schlagwetter. — 64. Besondere Untersuchungslampen.

### E. Etwas über die physikalischen Verhältnisse der Grubenwetter . . 480

65. Gewicht der Grubenwetter. — 66. Volumenvermehrung der Grubenwetter.

## III. Der Kohlenstaub . . . . . 482

### A. Allgemeines . . . . . 482

67. Entstehung und Verbreitung des Kohlenstaubes in Steinkohlengruben. — 68. Die Kohlenstaubexplosion. — 69. Gefährlichkeit verschiedener Staubsorten. — 70. Erscheinungen bei Kohlenstaubexplosionen. — 71. Statistik der Kohlenstaubexplosionen.

### B. Bekämpfung der Kohlenstaubgefahr . . . . . 485

72. Einleitende Bemerkungen. — 73. Anwendung des Wassers. — 74. Berieselung. — 75. Ausführung der Berieselungsanlage. — 76. Vor- und Nachteile der Berieselung. — 77. Verwendung des Wassers in Kippgefäßen. — 78. Verwendung von Chlormagnesiumlauge. — 79. Verwendung von Gesteinstaub. Geschichtliches. — 80. Die sichernde Wirkung des Gesteinstaubes und die an seine Beschaffenheit zu stellenden Anforderungen. — 81. Anwendungsarten, Außenbesatz, Bestäubung. — 82. Vollstreuung, Teilstreuung. — 83. Sperren. — 84. Beurteilung. Besondere Vorsichtsmaßnahmen bei Anwendung des Verfahrens. — 85. Explosionsfänge.

## IV. Die Bewegung der Wetter . . . . . 497

### A. Der Wetterstrom und seine Überwachung . . . . . 497

86. Das Wesen des Wetterstromes. — 87. Die Wassersäule als Maßstab für die Druckunterschiede. — 88. Das Gefälle des Wetterstromes. — 89. Messung des Druckgefälles im allgemeinen. — 90. Gewöhnlicher Depressionsmesser. — 91. Selbsttätig schreibender Depressionsmesser. — 92. Multiplikationsdruckmesser. — 93. Geschwindigkeitshöhe, statischer Druck. Anordnung des Depressionsröhrchens im Wetterkanal. — 94. Messung der Stromgeschwindigkeit und der Wettermenge. Einfache Hilfsmittel. — 95. Das Casella-Anemometer und seine Handhabung. — 96. Uhrwerk-Anemometer. — 97. Schalenkreuz. — 98. Wettermeßstellen. — 99. Hydrostatische Geschwindigkeitsmesser (Volumenmesser). — 100. Vorteile der Volumenmesser. — 101. Die Wettermenge rechnerisch betrachtet. — 102. Depression

und Reibungswiderstand in rechnerischer Betrachtung. — 103. Größe der Reibungszahlen. — 104. Beispiel. — 105. Besondere Einflüsse. — 106. Temperament der Grube. — 107. Beispiele. — 108. Gleichwertige (äquivalente) Grubenöffnung, Grubenweite. — 109. Arbeitsleistung für die Wetterbewegung. — 110. Zusammenfassung.

## B. Die Mittel zur Erzeugung der Wetterbewegung . . . . 517

### a) Der natürliche Wetterzug . . . . . 517

111. Vorbemerkung. — 112. Wirkung des natürlichen Wetterzuges bei Stollengruben. — 113. Wirkungen des natürlichen Wetterzuges auf flache Gruben mit zwei Schächten in gleicher Höhenlage. — 114. Wirkung des natürlichen Wetterzuges auf tiefe Gruben. — 115. Feststellung der Stärke des natürlichen Wetterzuges. — 116. Dampfrohrleitungen als Wetterbewegungsmittel.

### b) Die künstliche Wetterbewegung . . . . . 521

#### 1. Wetteröfen . . . . . 521

117. Einleitung. Kesseln. — 118. Wetteröfen über Tage. — 119. Wetteröfen unter Tage.

#### 2. Wettermaschinen . . . . . 522

120. Einleitende Bemerkungen. — 121. Schraubenräder. — 122. Wirkungsweise der Zentrifugalventilatoren oder Schleuderräder. — 123. Bauart im einzelnen. Der Luftstrom im Rade selbst. — 124. Anordnung und Gestalt der Schaufeln. — 125. Einlauf. — 126. Auslauf. — 127. Einzelbesprechung. Geisler-Ventilator. — 128. Hohenzollern-Ventilator. — 129. Pelzer-Ventilator. — 130. Rateau-Ventilator. — 131. Der Capell-Ventilator. — 132. Mechanischer Wirkungsgrad. — 133. Zeichnerische Darstellung des mechanischen Wirkungsgrades. — 134. Durchgangsöffnung. — 135. Theoretische Depression und manometrischer Wirkungsgrad. — 136. Zeichnerische Darstellung des manometrischen Wirkungsgrades. — 137. Kraftbedarf und Grubenweite. — 138. Wettermenge und Grubenweite. — 139. Wettermenge und Ventilator. — 140. Nebeneinanderschaltung zweier Ventilatoren. — 141. Zwei Ventilatoren auf verschiedenen Wetterschächten derselben Grube. — 142. Hintereinandergeschaltete Ventilatoren.

#### 3. Strahlgebläse . . . . . 540

143. Einrichtung, Wirkung, Vor- und Nachteile.

### c) Zusammenwirken der natürlichen und künstlichen Wetterführung 541

144. Ausnutzung des natürlichen Wetterzuges. — 145. Wetterumstellvorrichtung. — 146. Rechnerische Betrachtung des natürlichen Wetterzuges.

## V. Führung und Verteilung der Wetter in der Grube . . 544

### A. Die Wetterschächte . . . . . 544

147. Aufstellung des Ventilators unter oder über Tage. — 148. Wahl der saugenden oder blasenden Bewetterung. — 149. Schachtverschlüsse im allgemeinen. — 150. Schachtdeckelverschluß. — 151. Luftschleusenverschluß. — 152. Erweiterte Schleuseneinrichtung. — 153. Schachtwetterscheider. — 154. Nachteile der Schachtwetterscheider. — 155. Lage des Wetterschachtes.

### B. Die Verteilung der Wetter im allgemeinen . . . . . 555

156. Bildung von Teilströmen. — 157. Die Regelung der Stärke der einzelnen Teilströme. — 158. Verstärkung zu schwacher Ströme. — 159. Schwächung zu

starker Ströme. — 160. Wittertüren. — 161. Absperrtüren. — 162. Drosseltüren. — 163. Wetterdämme. — 164. Wetterkreuze. — 165. Wetterriß und Wetterstammbaum.

**C. Die Bewetterung der Baue und insbesondere der Streckenbetriebe . . . . . 563**

166. Einleitung.
1. Der Begleitstreckenbetrieb . . . . . 565
167. Wesen und Durchführung. — 168. Vor- und Nachteile.
2. Bewetterung von Strecken mittels Wetterscheider . . . . . 566
169. Bedeutung und Anwendbarkeit der Wetterscheider.
3. Bewetterung von Strecken mittels Breitauffahren . . . . . 568
170. Breitauffahren und Wetterröschchen.
4. Bewetterung von Strecken mittels Lutten mit Selbstzug . . . 569
171. Anwendung der Lutten für die Bewetterung mit Selbstzug. — 172. Blechlutten. — 173. Die Verbindung der Blechlutten und die Wetterverluste. — 174. Wetterlutten aus Segelleinen. — 175. Papp- und Holzlutten. — 176. Blasende und saugende Luttenbewetterung.
5. Sonderbewetterung . . . . . 575
177. Vorbemerkung. — 178. Wesen und Anordnung der Sonderbewetterung. — 179. Strahldüsen. — 180. Luttenventilatoren. — 181. Streckenventilatoren. — 182. Sonderbewetterung der Aufbrüche. — 183. Rückblick und Schlußbetrachtung.
6. Besondere Hilfsmittel bei der Bewetterung der Betriebe . . . 583
184. Einzelne Anordnungen.

**IV. Das tragbare Geleucht des Bergmanns . . . . . 584**

**A. Offene Lampen . . . . . 584**

185. Öllampen. — 186. Azetylenlampen. Allgemeines. — 187. Lampe von Seippel.

**B. Sicherheitslampen . . . . . 586**

188. Geschichtliches. — 189. Vorzüge und Nachteile des Benzinbrandes. — 190. Einrichtung der Benzinsicherheitslampe. — 191. Der Drahtkorb. — 192. Doppelkorblampen. — 193. Innere Zündvorrichtung. Die Zündung mittels Zündstreifen. — 194. Cerfunkenzündung. — 195. Magnetverschluß. — 196. Elektromagnetverschlüsse. — 197. Besondere Lampenformen. — 198. Mantellampen. — 199. Schlagwettersicherheit der Sicherheitslampen. — 200. Azetylsicherheitslampen.

**C. Elektrische Lampen . . . . . 598**

201. Vorbemerkungen. — 202. Der Bleiplattenakkumulator. — 203. Alkalische Akkumulatoren. — 204. Bleiakkumulatoren mit festem Elektrolyt. — 205. Die Glühbirne und das Schutzglas. — 206. Das Gehäuse. — 207. Ausführungsformen. — 208. Bewahrung der elektrischen Lampen.

**Sach- und Namenverzeichnis . . . . . 607**

# Einleitung.

**1. — Begriff der Bergbaukunde.** Die Bergbaukunde ist der Inbegriff aller Lehren und Regeln für die zweckmäßige und wirtschaftliche Ausführung der zur bergmännischen Gewinnung nutzbarer Mineralien erforderlichen Arbeiten.

Eine scharfe Umgrenzung derjenigen Mineralgewinnungen, die als „bergmännische“ zu bezeichnen sind, läßt sich nicht geben. Nach unserem Sprachgebrauch beschränkt sich der Begriff des Bergbaubetriebes im allgemeinen auf die Gewinnung solcher Mineralien, die in der Hauptsache unterirdisch vorkommen; bei diesen wird dann, wie z. B. bei Braunkohle und Eisenerzen, auch die Gewinnung unter freiem Himmel (der „Tagebau“) als „Bergbau“ betrachtet. Jedoch kann man auch die unterirdische Gewinnung derjenigen Mineralien, die, wie Marmor, Dachschiefer, Ton, im wesentlichen den Gegenstand von Steinbrüchen oder Gräbereien bilden, dem Bergbau zurechnen, da sie unter Anwendung besonderer bergmännischer Kunstgriffe zu erfolgen hat.

**2. — Einteilung der Bergbaukunde.** Bezüglich der Einteilung der Bergbaukunde ist vorweg zu bemerken, daß eine gewisse Kenntnis der Arten des Vorkommens von nutzbaren Mineralien, d. h. der Lagerstätten, sowie eine allgemeine Vorstellung von den Naturkräften, die bei der Entstehung und Gestaltung der Lagerstätten und ihres Nebengesteins tätig gewesen sind, für den Bergmann unerlässlich ist und daher ein darüber handelnder Abschnitt hier, obwohl nicht eigentlich zur Bergbaukunde gehörig, vorausgeschickt werden soll. Es ergeben sich dann folgende 10 Hauptabschnitte:

- |  |  |
|--|--|
| 1. Gebirgs- und Lagerstättenlehre,           | 6. Grubenausbau,                                 |
| 2. Schürf- und Bohrarbeiten,                 | 7. Schachtabteufen <sup>1)</sup> ,               |
| 3. Gewinnungsarbeiten,                       | 8. Förderung (und Fahrung),                      |
| 4. Aufschließung und Abbau der Lagerstätten, | 9. Wasserhaltung,                                |
| 5. Grubenbewetterung und -beleuchtung.       | 10. Bekämpfung von Grubenbränden; Atmungsgeräte. |

---

<sup>1)</sup> Das Schachtabteufen wird vielfach unter „Ausrichtung“ und „Grubenausbau“ behandelt, ist aber wegen der großen Bedeutung, die ihm heutzutage zukommt, hier zu einem selbständigen Abschnitt erhoben worden.

## Erster Abschnitt.

# Gebirgs- und Lagerstättenlehre.

## I. Gebirgslehre (Geologie).

3. — **Überblick.** Unsere Erde ist mit größter Wahrscheinlichkeit als ein früher glühend gewesener, jetzt im Erkalten begriffener Weltkörper aufzufassen, dessen Inneres noch eine glühende Masse bildet, während das Äußere zu einer festen Schale, der „Erdrinde“, geworden ist. Nun gibt einerseits die Erdoberfläche und dadurch mittelbar auch das Erdinnere noch fortgesetzt Wärme an den umgebenden, außerordentlich kalten Weltenraum ab, und anderseits wirken die Gewässer der Erde und die sie umgebende Lufthülle im Verein mit der nach Tages- und Jahreszeiten fortwährend wechselnden Sonnenwärme unablässig auf die Erdoberfläche ein. Infolgedessen ist die Erdrinde fortgesetzten Veränderungen unterworfen. Von diesen tritt nur ein Teil in der Gestalt von Erdbeben, Bergrutschen, Meereseinbrüchen, Entstehung oder Verschwinden von Inseln, Aufreißen von Spalten und ähnlichen plötzlichen Wirkungen uns lebendig vor Augen, viele andere Veränderungen dagegen entziehen sich wegen ihres sehr langsamen Verlaufes der Beachtung und können nur durch sehr sorgfältige, unter Umständen jahrhundertlang fortgesetzte Beobachtungen ermittelt werden. Hierher gehören allmähliche Küstenverschiebungen, Neubildungen von Ablagerungen in Flüssen, Seen und Meeren (insbesondere auch die Entstehung von Kohlen- und Erzlagerstätten), Abtragungen von Berggipfeln u. a.

Im folgenden soll der Anteil, den die Kräfte des Erdinnern einerseits und die Einwirkung der Atmosphäre (Wasser, Luft und Sonne) anderseits an der Entstehung und Umgestaltung der Erdrinde haben, nach dem heutigen Stande der geologischen Wissenschaft kurz besprochen werden.

### A. Die Kräfte des Erdinnern.

4. — **Raubegriffe.** Um zunächst von den Größenverhältnissen, um die es sich hier handelt, ein einigermaßen zutreffendes Bild zu erhalten, muß man sich klarmachen, daß die Erde einen mittleren Durchmesser von rund 12730 km hat, so daß der höchste Berg der Erde, der 8840 m hohe Gaurisankar in Vorderindien, im Verhältnis zur Erdkugel nicht größer

ist als eine Erhöhung von Kirschkernegröße auf einer Kugel von 10 m Durchmesser und das tiefste bisher niedergebrachte Bohrloch (bei Fairmont in West-Virginien, 2311 m tief) nur einem Eindruck in diese Kugel von der Länge eines kleinen Zündholzköpfchens entspricht. Die ganze Erdrinde selbst stellt, wenn man ihre Stärke zu 300 km<sup>1</sup>) annimmt, im Verhältnis zum Erddurchmesser eine Schicht dar, die vergleichbar ist der 2 mm starken Wandung eines Gummiballes von etwa 8 cm Durchmesser; sie hat also trotz ihrer an sich gewaltigen Mächtigkeit den Kräften des Erdinnern nur einen verhältnismäßig geringen Widerstand entgegenzusetzen.

5. — **Zeitbegriffe.** Die Größe der Zeiträume, die wir für die Bildung und Umformung der Erdrinde annehmen müssen, übersteigt unsere Vorstellungskraft. Sie kann, da sichere Unterlagen fehlen, auch nicht angenähert berechnet werden, und die Schätzungen des Alters der Erdrinde schwanken demgemäß zwischen etwa 50 und 600 Millionen Jahre. Um aber wenigstens eine gewisse Vorstellung von den Altersverhältnissen der einzelnen Schichtfolgen (vgl. S. 12) zu geben, ist in Abb. 1 die Länge der Erdgeschichte durch diejenige eines Tages veranschaulicht worden. Die Darstellung stützt sich auf die Berechnungen von Strutt, denen die an eine bestimmte Zeitdauer gebundene Bildung von Helium in den Mineralien zugrunde gelegt ist<sup>2</sup>). Das Alter der Erdrinde ist mit 400 Millionen Jahren angenommen worden.



Abb. 1. Veranschaulichung der geologischen Zeiträume.

6. — **Die Gebirgsbildung als Folge der Abkühlung der Erde.** Der glühende Erdkern mußte im Verlauf sehr langer Zeiträume durch un- ausgesetzte Abgabe großer Wärmemengen an den kalten Weltenraum sich mehr und mehr abkühlen und dementsprechend zusammenziehen. Dadurch entstanden in der bereits fest gewordenen Erdrinde, die durch die Schwerkraft ständig nachzusinken gezwungen, durch ihr starres Gefüge aber an diesem Nachsinken gehindert wurde, gewaltige Spannungen, denen schließlich die Gesteinschichten trotz ihrer Festigkeit nachgeben mußten. Dieses Nachgeben, also die Auslösung dieser Spannungen, wurde durch die Faltung der Gebirgsschichten und durch das Aufreißen mächtiger Spalten mit

<sup>1</sup>) Die meisten Schätzungen für die Dicke der Erdrinde schwanken zwischen 40 und 500 km.

<sup>2</sup>) E. Kayser, Lehrbuch der Allgemeinen Geologie, (Stuttgart, Enke), 4. Auflage, 1912, S. 64.

anschließender Schollenbildung ermöglicht. Beide Vorgänge werden durch Abb. 2 veranschaulicht.

Wie bedeutend der Erdumfang durch die Faltung verringert werden kann, zeigt das Beispiel der Alpenkette, für deren Emporwölbung man eine Verkürzung von 120 km ausgerechnet hat.

Die entstandenen einzelnen Schollen konnten sich gegeneinander verschieben. In der Hauptsache sanken sie naturgemäß nach dem Erdinnern zu ein (*b*, *d* und *e* in Abb. 2); jedoch konnten auch Schollen (*c*) durch den Druck der benachbarten Gebirgskörper in die Höhe gepreßt werden.

Faltung und Schollenbildung haben einen großen Einfluß auf die Gestaltung der Erdoberfläche ausgeübt, indem durch beide Vorgänge der größte Teil der Gebirge geschaffen wurde. Schollen, deren Nachbarschollen in die Tiefe gesunken sind, bilden vielfach Bergrücken und sogar ganze Gebirge, während umgekehrt eingesunkene Schollen Talsenkungen darstellen. So z. B. sind der Harz und der Thüringerwald große, ringsum von Bruchlinien be-

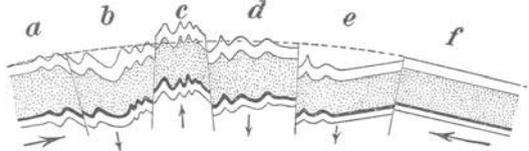


Abb. 2. Falten- und Schollenbildung.

grenzte, stehengebliebene Schollen, und das Rheintal von Basel bis Bingen ist als eine gewaltige abgesunkene Scholle aufzufassen, deren Schichten zwischen den Nachbarschollen der Vogesen einerseits und des Schwarzwaldes andererseits sowie der nach Norden anschließenden Gebirge in die Tiefe gesunken sind.

Noch größer sind die durch Faltung der Erdrinde erzeugten Höhenunterschiede. Unsere höchsten Gebirge sind auf diese Weise geschaffen worden, insbesondere die als „Falten- oder Kettengebirge“ bezeichneten Gebirgszüge der Alpen, der Pyrenäen, der Anden, des Himalaja. Jedoch bleiben diese Erhöhungen nicht bestehen, werden vielmehr durch die unten des näheren zu schildernde Tätigkeit von Wasser und Luft im Laufe der Jahrtausende nach und nach wieder abgetragen und in „Mittelgebirge“ umgewandelt, so daß man im großen und ganzen sagen kann, daß die höchsten Gebirge auch die jüngsten sind. Ein gutes Beispiel für ein altes, durch die Abtragung in ein flachkuppiges Gelände umgewandeltes Gebirge liefert das Rheinische Schiefergebirge. Solche Gebirge, die nur als Überrest alter Hochgebirge zu betrachten sind, werden daher auch „Rumpfgebirge“ genannt.

Bergmännische Bedeutung gewinnen die vorstehend geschilderten Höhenunterschiede vorzugsweise dadurch, daß die Gipfel und Rücken der Gebirge mit den in ihnen etwa eingeschlossenen Lagerstätten in verstärktem Maße der Abtragung unterliegen, wogegen die Täler nicht nur dieser mehr entzogen sind, sondern auch die Ablagerung jüngerer Schichten gestatten. Besonders tritt dieser Unterschied bei den „Horsten“ und „Gräben“ hervor, wie weiter unten (Ziff. 35) noch besonders erläutert werden soll.

Durch die gewaltigen Kräfte, die bei den geschilderten Schrumpfungsvorgängen in der Erdrinde in Erscheinung treten, sind zu den großen Hauptbruchspalten noch zahllose andere Klüfte hinzugesellt worden, deren Größe zwischen meilenlangen Rissen und feinsten Haarrissen schwankt und die teils in der Druckrichtung, teils senkrecht zu ihr aufgerissen wurden.

7. — **Erdbeben.** Bei der Größe der Kräfte, die in den Schrumpfungsvorgängen zur Entfaltung kommen, kann es nicht wundernehmen, daß vielfach sehr heftige Begleiterscheinungen in ihrem Gefolge auftreten. Hierhin ist z. B. ein großer Teil der Erdbeben zu rechnen, nämlich diejenigen, die durch die Erschütterung beim Aufreißen von Gebirgspalten hervorgerufen werden. Der Geologe bezeichnet diese Erdbeben, weil durch die gebirgsbildenden (tektonischen) Kräfte verursacht, als „tektonische Erdbeben“. Derartige Erderschütterungen in kleinerem Maßstabe sind gerade für den Steinkohlenbergmann nichts Außergewöhnliches, da sie beim Abbau von Steinkohlenflözen in Gestalt von zitternden Gebirgsbewegungen infolge Aufreißens von Bruchspalten in dem seiner Unterstützung beraubten Hangenden häufig auftreten. Diese Erschütterungen werden vom Ruhrkohlenbergmann als „Knälle“ bezeichnet. Sie können bei größerer Ausdehnung der unterirdischen Hohlräume den Umfang von kleinen Erdbeben annehmen; es sei nur auf das mehrere Kilometer im Umkreise verspürte „Recklinghausener Erdbeben“ vom Juli 1899 verwiesen.

Zwei andere wichtige Arten von Erdbeben sind die „Einsturzbeben“, die durch die Erschütterungen beim Absinken von Gebirgsschollen in große unterirdische Hohlräume verursacht werden, und die „vulkanischen Erdbeben“, deren Ursachen in Gas- und Dampfexplosionen im Anschluß an vulkanische Ausbrüche zu suchen sind.

8. — **Vulkanismus.** Weiterhin gehören zu den mit der Zusammenziehung des Erdkerns und der Schrumpfung der Erdrinde verbundenen Begleiterscheinungen die vulkanischen Vorgänge. Früher betrachtete man diese, da sie sich der sinnlichen Wahrnehmung aufs lebhafteste aufdrängen, als die hauptsächlich treibenden Kräfte, führte also alle großen Veränderungen innerhalb der Erdrinde auf sie zurück. Jetzt dagegen sieht man sie im allgemeinen als Folge-Erscheinungen an, indem man von der Vorstellung ausgeht, daß alle großen Bruchspalten, die in der vorhin geschilderten Weise aufgerissen werden, die bequemsten Verbindungen zwischen dem glühenden Erdinnern und der Erdoberfläche darstellen und daß infolgedessen auf solchen Spalten am leichtesten die glühenden Massen und heißen Dämpfe des Erdinnern an die Oberfläche empordringen können.

Die stärksten vulkanischen Erscheinungen sind die Ausbrüche selbst, bei denen glutflüssige Gesteinsmassen (Lava) ausgestoßen und gleichzeitig große Mengen zerstäubter Schmelzmassen („Asche“), mit Gesteinsbrocken untermischt, ausgeworfen werden. Die ausfließende Lava erstarrt je nach dem Grade ihrer Dünflüssigkeit, nach ihrem Gehalt an Wasserdampf und nach der Beschaffenheit der Erdoberfläche an der Auswurfstelle zu Strömen, Kuppen oder Decken, während die Aschenmassen als „Aschenregen“ niederfallen und später durch mineralische Bindemittel wieder zu lockeren, porösen Gesteinen (Tuffen) verfestigt werden können (vgl. S. 11). — Schwächere

Vorgänge vulkanischer Natur, die das allmähliche Erlöschen der vulkanischen Tätigkeit bezeichnen und daher sich vielfach in Gegenden beobachten lassen, in denen das Auswerfen von Lava und Asche seit langer Zeit aufgehört hat, sind: heiße Quellen (bei Aachen, Wiesbaden, Karlsbad u. a.), Aufsteigen heißer Gase und ganz zuletzt Entwicklung von Kohlensäure (Kohlensäureindustrie von Selters, Remagen, Gerolstein usw.).

## B. Die Einwirkung der Atmosphäre.

9. — **Allgemeine Bedeutung und Kreislauf des Wassers.** Während es im Innern der Erde in erster Linie die Wärme ist, die mittelbar oder unmittelbar gestaltend und umgestaltend auf die Erdrinde einwirkt, wird von oben her die Erdoberfläche hauptsächlich durch das Wasser in den verschiedensten Erscheinungszuständen — als Regen, Schnee, Eis, als Bach, Fluß, See, Meer — fortwährend verändert, wobei Kräfte, die an sich geringfügig sind, durch unausgesetzte, jahrtausendelange Wiederholung schließlich gewaltige Wirkungen hervorbringen.

Das Wasser fällt aus der die Erdkugel umgebenden Lufthülle in Gestalt von Tau, Regen, Schnee, Eis und Hagel auf die Erdoberfläche nieder. Von diesen Niederschlägen verdunstet ein Teil wieder, ein zweiter Teil fließt oberflächlich ab, während der Rest in die Erdrinde eindringt und zahlreiche Quellen speist. Diese vereinigen sich mit dem oberflächlich abfließenden Wasser zu Bächen, dann zu Flüssen und Strömen, um als solche dem Meere zuzuströmen und dabei infolge der verdunstenden Wirkung von Sonne und Wind fortgesetzt wieder Wasser in Gestalt von Wasserdampf an die Atmosphäre abzugeben. (Vgl. Ziff. 17.)

10. — **Verwitterung.** Schon die Durchtränkung der obersten Erdschichten mit Feuchtigkeit durch die Niederschläge hat wichtige Folgen, da sie auf eine Zersetzung des anstehenden Gesteins langsam, aber sicher hinarbeitet. Diese Wirkung äußert sich namentlich im Hochgebirge, wo die Gesteinschichten wenig oder gar nicht von schützendem Erdreich bedeckt sind und auf der anderen Seite der Wechsel zwischen Hitze und Kälte und damit zwischen Ausdehnung und Zusammenziehung des Gesteins häufig und schroff ist. Sie wird unterstützt durch den Gehalt an Sauerstoff, Kohlensäure und organischen Säuren (Humussäuren), den das Wasser in den meisten Fällen aufweist und durch den es auch chemisch zersetzend auf das Gestein einwirkt. Ganz besonders aber ist es der Frost, der den Zerfall der jeweils obersten Schichten beschleunigt, indem durch die beim Gefrieren des Wassers entstehende Ausdehnung der Verband der Gesteinschichten mehr und mehr gelockert wird und schließlich große und kleine Stücke und Blöcke abgesprengt und ins nächste Tal gestürzt werden. Dort werden sie von den Gebirgsbächen, namentlich wenn diese infolge größerer Regengüsse stark angeschwollen sind, mitgerissen und den Flüssen zugeführt, die sie nach und nach dem Meere zutragen. Auf diesem langen Wege werden die abgesprengten Gesteinstücke fortgesetzt zerkleinert und immer mehr zu runden Geröllstücken abgerollt, deren Größe naturgemäß nach dem Unterlauf der einzelnen Wasserläufe hin mehr und mehr abnimmt, so daß aus den ursprünglichen, groben Blöcken nacheinander Grobkies (Grand), feiner Kies, Sand und schließlich Schlamm gebildet wird.

11. — **Erosion.** Zu dem durch die Verwitterung in die Bach- und Flußläufe gelangten Gesteinschutt gesellen sich die von diesen Wasserläufen in ihrem Bette selbst fortwährend losgenagten Teile. Alle diese großen, kleinen und kleinsten Gesteinstrümmel aber helfen ihrerseits wieder den Wasserläufen, sich immer tiefer in ihren Untergrund einzuschneiden und so an Bergabhängen auch immer weiter rückwärts vorzudringen. Man hat diese unablässige Tätigkeit der Gebirgswasser treffend mit derjenigen einer Säge verglichen. Dieses langsame, aber stetige Einschneiden von Tälern wird

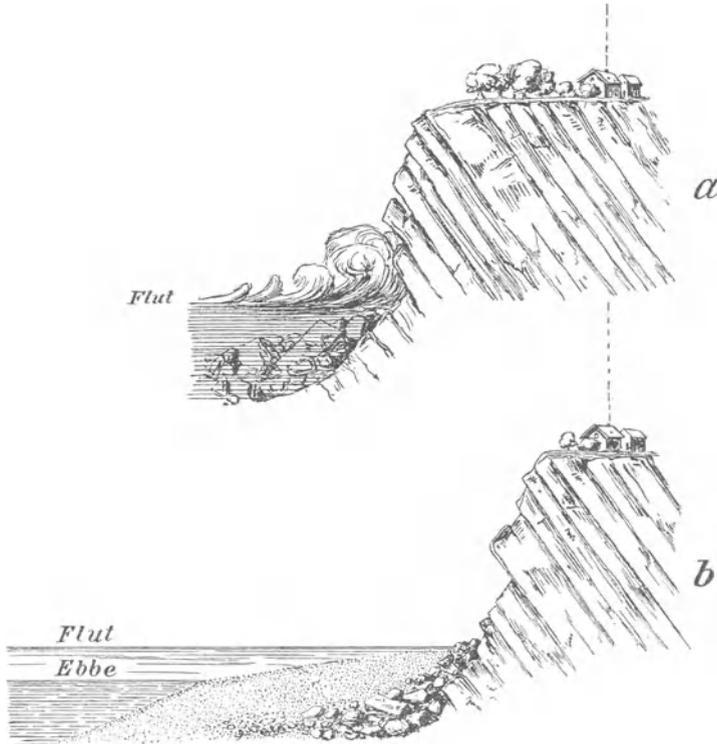


Abb. 3. Vordringen des Meeres gegen Steilküsten.

als „Erosion“ (Talfurchung) bezeichnet. Die Talfurchung ihrerseits schafft wiederum immer neue Angriffsflächen für die Verwitterung.

12. — **Meeresbrandung und marine Abrasion.** Dazu tritt nun noch die gewaltige Tätigkeit des Meeres, das fortgesetzt mit der Zerstörung der Küsten beschäftigt ist, indem es (Abb. 3) diese durch den Wellenschlag der Brandung unterhöhlt, bis die gebildeten Hohlräume zusammenstürzen, und darauf wieder neue Höhlungen auswäscht. Unterstützt wird diese zernagende Tätigkeit der Brandung durch die zertrümmerten Gesteinsmassen selbst, die stoßend, schleifend und mahlend wirken. Auf diese Weise verschiebt sich dort, wo nicht der Mensch abwehrend eingreift, die Strandlinie allmählich

landeinwärts (s. Abb. 3b), und aus steilen und felsigen Küsten wird im Laufe der Zeit flacher Meeresboden.

Bleibt nun die Grenze zwischen Land und Meer dieselbe, so erlahmt der Stoß der Brandung gegen die Steilküste infolge der starken Reibung auf der flachen Strandterrasse immer mehr, so daß die Verschiebung der Strandlinie langsam zum Stillstand kommt. Findet aber gleichzeitig durch anderweitige Ursachen eine langsame Senkung des Festlandes oder Hebung des Meeresspiegels statt, so dringt die Meeresbrandung immer wieder von neuem vor, und es können schließlich ganze Gebirgszüge durch diese Tätigkeit des Meeres abgetragen werden. Man bezeichnet diese Abtragung als „marine (d. h. durch das Meer verursachte) Abrasion“.

**13. — Unterirdische Tätigkeit des Wassers.** Ein anderer Teil des durch Niederschläge auf die Erdoberfläche gelangten Wassers sucht unterirdische Wege und wäscht auf diesen vielfach im Laufe sehr langer Zeiträume große schluchten- und kammerartige Hohlräume aus. Diese Tätigkeit des Wassers macht sich besonders dort bemerklich, wo das Gebirge der Wasserbewegung wenig Widerstand entgegengesetzt, also in erster Linie da, wo natürliche Gebirgspalten vorhanden sind, oder im Kalkgebirge, da der Kalkstein leicht durch kohlen säurehaltiges Wasser aufgelöst wird und daher sehr zur Höhlenbildung neigt (Dechenhöhle, Baumannshöhle, Adelsberger Grotte usw.).

**14. — Gletscher.** Eine bedeutsame Rolle spielt auch das Eis in der Erdgeschichte. Das aus ungeschmolzenen Schneemassen sich immer von neuem bildende, mächtige Gletschereis der Hochgebirge bewegt sich infolge der durch den Druck bewirkten Schmiegsamkeit (Plastizität) langsam talabwärts und greift dabei sowohl die seitlichen Talgehänge als auch die Talsohle stark an. Die letztere wird um so stärker zerstört, als die vom Gletscher losgebrochenen und von ihm mit fortgeschobenen Gesteinstücke unter dem gewaltigen Druck der Eismasse wie ein mächtiger Hobel wirken. So bleiben schließlich glatt geschliffene, von zahllosen Ritzspuren („Gletscherschrammen“) durchfurchte Gesteinsflächen sowie Wälle („Moränen“) von Gesteinstrümmern und einzelne mächtige, vom Eis mitgeschobene Blöcke („Findlinge“ oder „erratische Blöcke“) als Zeugen einer früheren Vergletscherung eines Landstriches übrig.

**15. — Denudation.** Die Gesamtheit der zerstörenden Wirkungen von Talfurchung, Verwitterung, Eisabschliff und Windangriff (s. Ziff. 17) auf die Erdoberfläche wird unter der Bezeichnung Denudation (Abtragung) zusammengefaßt. Die Abtragung arbeitet den gebirgsbildenden Kräften des Erdinnern fortgesetzt entgegen; sie ist stets am Werke, die von diesen geschaffenen Höhenunterschiede wieder einzuebnen. Durch ihre Wirkung werden die höchsten Berggipfel und Bergrücken fortgesetzt abgetragen und schließlich im Laufe der Jahrtausende ganze Gebirge zu Sand- und Ton-schlamm zermahlen und dem Ozean zugeführt.

**16. — Neubildungen durch Wasser.** Der zerstörenden Wirkung des Wassers steht seine neubildende Kraft gegenüber. Die mitgeführten Gesteinsmassen werden ja nicht vernichtet, sondern immer wieder abgelagert, sobald die Geschwindigkeit der Strömung zu ihrer weiteren Beförderung nicht mehr ausreicht. So können sich Fluß-, See- und Meeresablagerungen in mannigfacher Gestalt, Mächtigkeit und Korngröße bilden, und aus ihrem

gröberen oder feineren Korn kann auf die größere oder geringere Stärke der Wasserbewegung zur Zeit ihres Absatzes geschlossen werden.

Ebenso geht auch bei den unterirdischen Wasserläufen mit der zerstörenden die wiederaufbauende Tätigkeit des Wassers Hand in Hand: die im Laufe langer Zeiträume ausgewaschenen sowie die infolge anderer Ursachen im Gebirge gebildeten Hohlräume werden vielfach durch Mineralien wieder ausgefüllt, welche die Gebirgswasser durch Auslaugung anderer Gebirgsteile in sich aufgenommen haben, später aber infolge mannigfach verwickelter chemischer Vorgänge wieder ausfallen lassen mußten.

**17. — Einwirkung der Luft.** Im Vergleich zu den Wirkungen des Wassers treten diejenigen der Luft weniger hervor, wenngleich sie von weit größerer Bedeutung sind, als man auf den ersten Blick annehmen möchte. Die Luft wirkt einestheils chemisch, indem sie ihren Gehalt an Sauerstoff und Kohlensäure an die Niederschlagswasser abgibt, andernteils und vorzugsweise mechanisch als Wind. Die unmittelbare Wirkung des Windes kommt besonders dort zur Geltung, wo er ungehindert seine volle Kraft entfalten kann, also an Meeresküsten und in weiten, trockenen Steppen und Wüsten. Sie äußert sich in der allmählichen Zerstörung anstehender Felsmassen (durch eine Art Sandstrahlgebläse) und in der Anhäufung mächtiger Staubablagerungen an geschützten Stellen (Entstehung des als „Löß“ bezeichneten Lehms), sowie in dem Auftürmen und allmählichen, aber unaufhaltsamen Vorschieben von großen Sandhügeln (Wanderdünen). Die mittelbare Tätigkeit des Windes besteht zunächst in der Aufsaugung und Fortführung gewaltiger Wassermassen in Gestalt von Wasserdampf, wodurch namentlich zwischen den Meeren einer- und den Hochgebirgen andererseits eine fortgesetzte Verbindung hergestellt wird. Die durch die Verdunstung dem Meere entzogenen Wassermengen werden so von den Winden den Gebirgen zugeführt, an deren hohen und kalten Gipfeln sie sich als Regen, Schnee usw. wieder abscheiden, um von neuem ihren Kreislauf anzutreten. Eine andere wesentliche mittelbare Wirkung des Windes ist die Erzeugung der Meeresbrandung an den Küsten, der ein erheblicher Anteil an den Veränderungen der Erdoberfläche beizumessen ist.

**18. — Bedeutung der Sonnenbestrahlung.** Alle diese in Wasser und Luft schlummernden Kräfte aber werden im letzten Grunde entfesselt durch die Sonne, die im Verein mit der geneigten Stellung der Erdachse zur Erdbahn den Wechsel der Tages- und Jahreszeiten und den Unterschied der verschiedenen geographischen Breiten veranlaßt und dadurch die fortgesetzte Störung des Gleichgewichtszustandes in der Atmosphäre mit all ihren unberechenbaren Wirkungen herbeiführt, den Ausgleich von Wärme und Kälte zwischen den verschiedensten Örtlichkeiten durch die Winde ermöglicht, den Kreislauf des Wassers durch Verdunstung auf der einen und Niederschlagung auf der anderen Seite unausgesetzt in Bewegung erhält usw.

### C. Die Zusammensetzung der Erdrinde (Gesteinslehre).

**19. — Haupteinteilung.** Die Wechselwirkung zwischen den im Erdinnern und den an der Erdoberfläche waltenden Kräften hat zum Aufbau der Erdrinde aus zwei Hauptarten von Gesteinen geführt, nämlich solchen, die aus dem schmelzflüssigen Zustande erstarrt, und solchen, die vom Wasser

abgesetzt worden sind. Dieser verschiedenartigen Entstehung beider Gesteinsarten gemäß sind die aus Schmelzfluß erstarrten Gesteine nicht geschichtet, wogegen bei der größten Mehrzahl der durch Absatz entstandenen Gesteine eine deutliche Schichtung ausgebildet ist. Für die bergmännische Gewinnung ist dieser Gegensatz von großer Bedeutung. Eine Mittelstellung nehmen die „kristallinen Schiefer“ ein, deren Entstehung nicht völlig geklärt ist. Hierhin gehören der Gneis und der Glimmerschiefer, die den ältesten Teil der Erdrinde bilden (vgl. die Übersicht auf S. 12).

**20. — Erstarrungsgesteine.** Die Gesteine der ersten Gruppe (Erstarrungs-, Eruptiv- oder vulkanische Gesteine) zeichnen sich naturgemäß durch das Fehlen von Versteinerungen aus. Sie bilden an der Erdoberfläche je nach den zur Zeit ihrer Entstehung obwaltenden Verhältnissen (Ziff. 8)

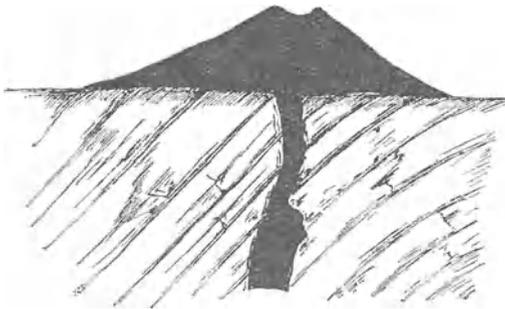


Abb. 4. Eruptivgang mit Kuppe.

Ströme, Kuppen (Abb. 4) oder Decken, während sie im Erdinnern vorzugsweise als Gänge oder Stöcke auftreten, die vielfach (Abb. 4) die Fortsetzung der oberirdischen Vorkommen nach unten hin bilden. Die fehlende Schichtung wird bei diesen Gesteinen ersetzt durch Absonderungsklüfte, die infolge der Zusammenziehung beim Erstarren sich gebildet und zu einer plat-

tigen oder säulenförmigen Absonderung geführt haben. Letztere Erscheinung, an die prismatisch-stengelige Bruchstücke des Steinkohlenkoks erinnernd, findet sich besonders deutlich beim Basalt, der durch Absonderung in 5—6seitige Säulen gekennzeichnet wird. Als ein weiteres, sehr wichtiges Erstarrungsgestein ist der Granit zu nennen, der meist aus einer bedeutend älteren Periode der Erdgeschichte stammt als der Basalt. Ferner gehören hierher: der Diabas (Grünstein), der Melaphyr mit seiner blasigen Abart, dem „Mandelstein“, und die verschiedenen Porphyrarten.

**21. — Schichtgesteine.** Die der zweiten Gruppe angehörigen „Schichtgesteine“ („Sedimente“, „abgelagerte Gesteine“) sind in der Hauptsache aus dem Wasser abgesetzt worden. Die größte Rolle unter diesen Ablagerungen spielen die mechanischen Ablagerungen, die durch einfache Wirkung der Schwerkraft abgesetzt wurden, indem sie als Ergebnis der zerstörenden Wirkung des Wassers in diesem enthalten waren. Sie konnten später durch den Gebirgsdruck und die verkittende Wirkung von kieseligen oder kalkigen u. dgl. Lösungen zu mehr oder weniger harten Gesteinen umgeschaffen werden. Derartige, auch als „Trümmergesteine“ bezeichnete Gesteine sind der Sandstein, die Grauwacke, der Sand- und Tonschiefer, der Mergel, das Konglomerat usw. Als noch nicht verfestigte Ablagerungen gehören hierher Sand-, Kies- und Tonlager u. dgl.

Seltener sind Schichtgesteine auf chemischem Wege zur Ablagerung gekommen, indem mineralhaltige Wasser durch Abkühlung, durch Verdun-

stung oder durch die Wechselwirkung mit anderen Minerallösungen zur Ausscheidung eines Teils ihres Mineralgehaltes veranlaßt wurden. Auf diesem Wege haben sich z. B. Salz- und Gipslagerstätten und manche Kalkablagerungen gebildet. In weiterem Sinne gehören auch die Ablagerungen von Kalkspat, Quarz, Schwerspat, Erzen aller Art u. dgl. in Gebirgsklüften und sonstigen Hohlräumen hierher.

Eine dritte Gruppe von Schichtgesteinen stellen die organischen Ablagerungen dar. Die für den Bergmann wichtigsten Ablagerungen dieser Gattung sind diejenigen der mineralischen Brennstoffe (s. Ziff. 54 u. f.), deren Hauptvertreter die Stein- und Braunkohle sind. Andere organische Absätze werden durch wasserbewohnende pflanzliche und tierische Lebewesen gebildet, welche die Fähigkeit besitzen, die in Lösung gehaltenen Mineralien dem Wasser zu entziehen und zum Aufbau eines schützenden Kalk- oder Kieselgerüsts zu verwenden. Auf diese Weise sind an den verschiedensten Stellen der Erde durch die Bautätigkeit der Korallen mächtige Massenkalk gebildet worden, während in anderen Gegenden durch Häufung zahlloser winziger Kalk- oder Kieselgerüste mächtige Bänke von Kalkstein, Kreide (Rügen) und Infusorienerde (Lüneburg, Berlin) entstanden sind.

Von geringerer Bedeutung sind die Luftablagerungen, die sich aus windbewegten Staubmassen abgesetzt haben oder als vulkanische Auswürflinge („Aschen“ und die aus ihnen durch verkittende Bindemittel entstandenen „Tuffe“) niedergefallen sind. Das berühmteste Beispiel einer solchen Aschen- und Tuffdecke ist diejenige, unter der seit 79 n. Chr. die römischen Städte Herculaneum und Pompeji begraben liegen. Für uns haben die größte Wichtigkeit die Ablagerungen gleicher Art am Mittelrhein, in der Gegend von Andernach, Brohl, Engers, Vallendar, die heute den Gegenstand einer blühenden Traß- und Schwemmsteinindustrie bilden.

Als Erzeugnis von Staubstürmen in wasserarmen Steppenlandschaften wird der „Löß“ (s. Ziff. 17) angesehen.

In den mächtigen Schichtenfolgen von Ablagerungen, die einen großen Teil der Erdrinde aufbauen, wird eine Anzahl größerer Alterstufen, sog. „Formationen“, unterschieden, bei deren Abgrenzung gegeneinander in erster Linie die in ihnen enthaltenen Versteinerungen maßgebend gewesen sind. Eine Zusammenstellung dieser Formationen nebst den bemerkenswertesten nutzbaren Mineralvorkommen gibt die Übersichtstafel auf S. 12. Wie diese gleichzeitig erkennen läßt, werden die Formationen gruppenweise in große geologische „Perioden“ zusammengefaßt, während sie ihrerseits wieder in einzelnen in „Stufen“ zerlegt werden. Es liegt aber in der Natur der Sache, daß die Grenzen zwischen den einzelnen Stufen sich vielfach nicht genau festlegen lassen.

**22. — Lagerungsverhältnisse verschiedener Schichtenfolgen unter sich.** Sind die Schichtenfolgen verschiedener Alterstufen in ununterbrochener Aufeinanderfolge abgelagert worden, so daß sie von allen späteren Veränderungen gemeinsam betroffen worden sind (Schichten  $a—e$  und  $f—k$  in Abb. 5), so besteht zwischen ihnen „Konkordanz“. Ist dagegen zwischen der Ablagerung zweier Schichtfolgen ( $e$  und  $f$  sowie  $k$  und  $l$  in Abb. 5) eine längere

## Die geologischen Formationen.

Haupt-Perioden:	Einteilung		Die wichtigsten Mineralvorkommen
	im ganzen	im einzelnen	
Neuzeit (Känozoische Periode)	Quartär	Alluvium	Torf, Raseneisenerze, Gold-, Platin-, Zinn- und Edelstein-Seifen
		Diluvium	
	Tertiär	Pliocän	Stein- u. Kalisalz in Galizien
		Miocän	Deutsche u. böhmische Braunkohle
		Oligocän	Deutsche und böhmische Braunkohle; Bernstein im Samland; Bohnerz in Süddeutschland; Erdöl im Elsaß; Stein- u. Kalisalze im Elsaß und in Baden
	Eocän	Vereinzelte Braunkohlenflöze	
Mittelalter (Mesozoische Periode)	Kreide	Senon	Schreibkreide auf Rügen
		Turon	
		Cenoman	Brauneisenerze (Peine), Phosphorite
		Gault	
		Neocom	
	Jura	Wealden	Steinkohle Deister-Bückerberge
		Malm oder weißer Jura	Asphalt bei Hannover
		Dogger od. braun. Jura	Minette in Lothringen-Luxemburg
	Trias	Lias oder schwarzer Jura	Steinkohle in Ungarn; Ölschiefer in Württemberg
		Keuper	Steinsalz in Lothringen
Muschelkalk		Zinkerze in Oberschlesien; Steinsalz bei Erfurt u. in Baden u. Württemberg; Kalk bei Rüdersdorf	
	Buntsandstein	Bleierz bei Mechernich; Steinsalz in Norddeutschland	
Altertum (Paläozoische Periode)	Perm (Dyas)	Zechstein	Kupfererze bei Eisleben; Stein- und Kalisalze in Mittel- u. Norddeutschl.
		Rotliegendes	Steinkohlen im Plauenschen Grunde bei Dresden sowie in Thüringen
	Karbon	Oberkarbon (produktives Karbon)	Die meisten Steinkohlen der Erde
		Unterkarbon (Kulmbzw. Kohlenkalk)	Blei- und Zinkerze im Harz, bei Selbeck, Velbert, Aachen u. a.
	Devon	Ober-, Mittel- und Unterdevon	Eisenerze im Siegerland u. in Nassau; Erzlager im Rammelsberg; Erdöl in Amerika; Golderze in Transvaal
	Silur	Ober-, Mittel- und Untersilur	Alaunschiefer in Deutschland und England; Griffelschiefer in Thüringen; Eisenerze am Oberen See (Nordamerika)
Kambrium	Ober-, Mittel- und Unterkambrium	Alaunschiefer in Thüringen	
Urzeit (Präkambri- sche Per.) (Archaische Periode)	Algonkium	—	Kupfererze am Oberen See
	Urschief.- formation	Phyllitformation	Grafit, Marmor, Eisenerz in Schweden; Zinn im Erzgebirge; Blei-, Zink- und Kupfererze bei Freiberg i./Sa.
		Glimmerschieferform.	
Urgneis- formation	Obere und untere Urgneisformation		

Zeit verstrichen, so daß vor Ablagerung der jüngeren Schichten beträchtliche Veränderungen (Faltung, Verwerfungen, Talfurchung, Abtragung) in den älteren Schichten vorsichgehen konnten, so liegen die jüngeren Schichten „diskordant“ auf den älteren. Ein vorzügliches Beispiel für Diskordanz liefert die Überlagerung des westfälischen Steinkohlengebirges (S. 50 u. f.) durch den Kreidemergel (Abb. 1 auf d. Tafel neben S. 58).

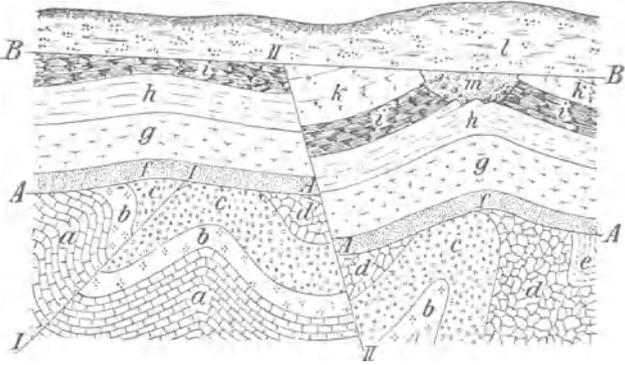


Abb. 5. Schichtenfolge mit 2 diskordanten Auflagerungen A—A und B—B.

## D. Die Einwirkung der Erdrindenschrumpfung auf die Schichtgesteine.

23. — **Allgemeines.** Die unausgesetzten, langsamen Bewegungen in der Erdrinde haben die gebildeten Gesteine zu mannigfachen, mehr oder weniger beträchtlichen Lageveränderungen gezwungen. Wir finden die Gesteine daher in zahllosen Fällen in einer gegenüber ihrer ursprünglichen Lage wesentlich veränderten Stellung und können ebenso häufig auch eine vollständige Unterbrechung ihres früheren Zusammenhanges feststellen.

Untergeordnet treten kleinere Faltungserscheinungen auch infolge anderer Ursachen auf: so die im Salzgebirge häufigen Stauchungen infolge der Wasseraufnahme des Anhydrits, ferner die Zusammenschiebung von Schichten in der Nähe der Erdoberfläche durch den Druck von Gletschermassen.

### a) Schichtenbiegung (Faltung).

24. — **Grundbegriffe.** Eine söhlig oder nahezu söhlig abgelagerte, von mächtigen Gebirgsmassen überlagerte Gebirgsschicht, die einem starken Seitendrucke ausgesetzt wird, kann, wie z. B. das bekannte „Quellen“ des Liegenden in Steinkohlengruben beweist, diesem Drucke trotz ihres starren Gefüges bis zu einem gewissen Grade nachgeben, ohne zu brechen. Daher kann seitlicher Druck die Erscheinung der Faltung (Ziff. 27), d. h. der Zusammenstauchung von Schichten zu welligen Biegungen, nach sich ziehen.

Eine gefaltete Schicht, z. B. ein Kohlenflöz, bietet, für sich allein betrachtet, das Bild einer Hügellandschaft. Man vergleicht eine solche Schicht wohl mit einem zusammengeschobenen Tischtuche; allerdings kommen bei diesem Vergleich die starken Wirkungen nicht zum Ausdruck, die durch den Zusammenschub der Schichten in Gestalt von starken Rißbildungen und Verquetschungen auf diese ausgeübt werden.

Die vielfach steile Aufrichtung von Gebirgsschichten durch den faltenden Druck hat die wichtige Folge, daß Schichten, die sonst tief unter der Erdoberfläche liegen und daher sogar für den Bergmann nur schwer oder überhaupt

nicht erreichbar sein würden, an die Oberfläche gebracht und dadurch bequem zugänglich gemacht werden. In dieser Weise ist durch die Faltung auch unsere Kenntnis von dem Aufbau der Erdrinde ganz wesentlich gefördert worden.

Der faltende Druck schafft in einer von ihm betroffenen Gebirgsschicht zwei Begriffe, die in einer söhligen Schicht nicht denkbar sind, das „Streichen“ und das „Einfallen“.

25. — **Streichen.** Eine in der Ebene einer Gebirgsschicht söhlig gezogene Linie oder, anders ausgedrückt, die Schnittlinie dieser Schicht mit einer wagerechten Ebene (vgl. Abb. 6) nennen wir die Streichlinie dieser Schicht. Die Streichlinie ist also unter allen Umständen eine söhlige



Abb. 6. Veranschaulichung der Begriffe „Streichen“ und „Fallen“.

Linie. Daher sind für den Bergmann die Streichlinien dasselbe, was für den Landmesser die Höhenlinien (Abb. 10 auf S. 17) bedeuten.

Das Streichen eines Flözes — genauer sein Streichwinkel — ist nun der Winkel, den die Streichlinie mit dem magnetischen Meridian bildet. Er wird in

Graden oder Kompaßstunden angegeben. Die Einteilung des Kreises in Stunden lehnt sich an die Einteilung des Tages an, innerhalb dessen die Sonne scheinbar einen vollen Kreis durchläuft. Auf jede Stunde entfallen daher  $\frac{360^\circ}{24} = 15^\circ$ . Für die Stunde ist die Abkürzung h. (= hora) in Gebrauch; h. 5 bedeutet demnach ein Streichen von  $75^\circ$ . Bei genauen Beobachtungen wird die Kompaßstunde in Achtel- und Sechzehntel-Stunden unterteilt; da diese Teilung jedoch umständlich ist, hat man die Stunden-  
teilung mehr und mehr durch die viel einfachere Gradteilung ersetzt.

Es ist nun noch zu unterscheiden zwischen dem astronomischen (geographischen) und dem magnetischen Meridian. Die erstere Linie gibt für jeden Ort die Richtung nach dem Nordpol, die letztere diejenige einer wagerecht freibeweglichen Magnetnadel an. Der astronomische Meridian wird aus dem Stande der Sonne oder anderer Sterne abgeleitet. In dem Augenblick, in dem die Sonne in ihrer täglichen Bahn den höchsten Punkt erreicht hat, geht sie durch den Meridian des Beobachtungsortes; sie steht dann im Süden, und der betreffende Ort hat Mittag. Norden liegt an der gegenüberliegenden Seite. Die Richtung der Nord-Süd-Linie ist unveränderlich. — Der magnetische Meridian ändert seine Richtung entsprechend der wechselnden Abweichung (Deklination) der Magnetnadel fortwährend. Diese Abweichung wird in besonders dazu eingerichteten „magnetischen Warten“ fortgesetzt beobachtet, um bei den Kompaßmessungen unter Tage berücksichtigt werden zu können und so die Ermittlung des Streichens gegen den astronomischen Meridian zu gestatten. Ist z. B. mit dem Kompaß um 10 Uhr vormittags ein Streichwinkel von  $75,0^\circ$  abgelesen worden und betrug die (westliche) Deklination zu dieser Zeit  $12,0^\circ$ , so ist der Winkel gegen den astronomischen Meridian oder das „Azimut“ =  $75^\circ - 12^\circ = 63^\circ$ .

Da das Streichen einer Gebirgsschicht nur ganz ausnahmsweise auf größere Erstreckungen dasselbe bleibt, in der Regel vielmehr sich in geringen Abständen fortwährend ändert, so wird für Angaben im großen nur der Durchschnitt einer größeren Reihe von Streichwinkeln, das sog. „Generalstreichen“, das z. B. für den Ruhrkohlenbezirk etwa  $70^\circ$  ist, angegeben. Auch die Richtung der in der Grube getriebenen Strecken, Querschläge usw. wird durch den Winkel, den sie mit dem Meridian bilden, bestimmt.

26. — **Einfallen.** Eine Linie, die auf der Ebene der Schicht senkrecht zur Streichlinie gezogen ist, mit anderen Worten die Schnittlinie zwischen der Schichtebene und einer zum Streichen senkrechten Seigerebene (vgl. Abb. 6), wird Falllinie genannt. Man kann die Falllinie auch als diejenige Linie bezeichnen, die von allen auf einer Schichtebene gezogenen die stärkste Neigung gegen die Horizontalebene hat und die demgemäß der Bahn eines auf dem Liegenden herabrollenden Wassertropfens entspricht.

Der Winkel, den die Falllinie mit ihrer söhnigen Auftragung bildet (Fallen, Einfallen, Neigung), wird nach

Graden mit Hinzufügung der Fallrichtung angegeben, so daß z. B. das liegendste Flöz in Abb. 7 auf dem Südsattel-Nordflügel mit  $36^\circ$  nach Norden einfällt oder  $36^\circ$  nördliches Einfallen hat. Eine mit  $90^\circ$  einfallende Schicht bezeichnet der Bergmann als „auf dem Kopfe stehend“.

Für den Bergmann ist die mehr oder weniger steile Aufrichtung der Schichten auch insofern wichtig, als dadurch die „flache Bauhöhe“ bestimmt wird, die in einer Lagerstätte durch eine bestimmte Seigertiefe „eingebracht“ wird. Wie Abb. 8 zeigt, wächst die flache Höhe mit ab-

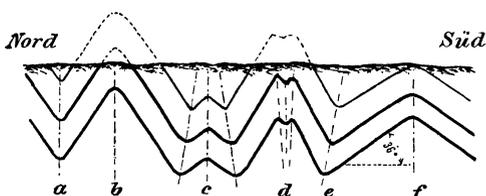


Abb. 7. Profil durch einen gefalteten Gebirgssteil.  
- - - - - Mulden- oder Sattelachsen.

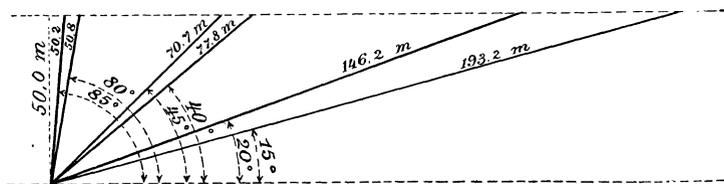


Abb. 8. Beziehungen zwischen Fallwinkel und flacher Bauhöhe.

nehmendem Fallwinkel immer schneller; während bei  $85^\circ$  eine Verringerung des Einfallens um  $5^\circ$  die Bauhöhe nur um 0,6 m vergrößert, beträgt diese Vergrößerung bei  $45^\circ$  schon über 7 m, bei  $20^\circ$  rund 47 m.

27. — **Mulden und Sättel.** Die durch die Faltung entstandenen Einenkungen und Aufbiegungen der Schichten werden als „Mulden“ bzw. „Sättel“, deren Schenkel als „Mulden-“ bzw. „Sattelflügel“ bezeichnet. Sie treten am zahlreichsten und in spitzester Ausbildung in der Gegend auf, von welcher der Seitendruck gekommen ist, während sie nach der entgegengesetzten Seite hin fortgesetzt flacher und breiter werden. Das auf der Tafel neben S. 58 in Abb. 1 wiedergegebene Querprofil durch das Ruhrkohlenbecken,

dessen Faltung durch einen von Süden kommenden Druck veranlaßt worden ist, zeigt diesen Gegensatz aufs deutlichste. In den meisten Fällen sind die Schichtenbiegungen gerundet, selten kommen, wie im belgischen und Aachener Steinkohlengebirge (vgl. Abb. 64 auf S. 71), scharfe Zickzackfalten vor. Treten in einer Mulde (*c* in Abb. 7) oder einem Sattel (*d*) besondere kleine Mulden und Sättel auf, so bezeichnet man die ersteren als „Hauptmulden“ bzw. „Hauptsättel“, die letzteren als „Spezialmulden“ bzw. „Spezialsättel“.

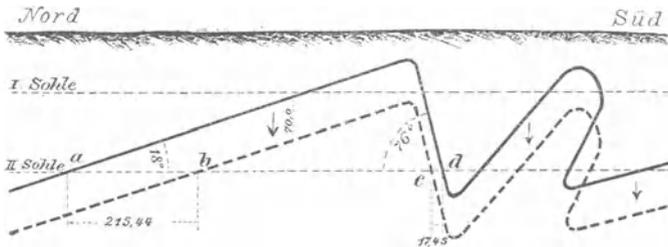


Abb. 9. Überkippte Falte. Beziehungen zwischen seigerem und söhligem Verwurf.

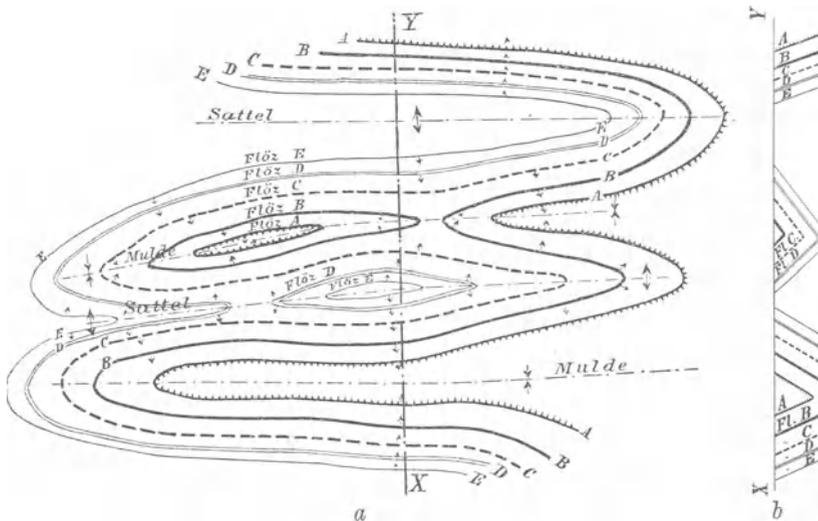


Abb. 10. Zeichnerische Darstellung offener und geschlossener Sättel und Mulden. — · — · — Mulden- oder Sattellinien. *a* Grundriß, *b* Profil nach der Linie X—Y.

Ergibt sich aus den Lagerungsverhältnissen, daß zwei Flözflügel früher zusammengewesen haben müssen, später aber durch die Abtragung der hangenden Gebirgsschichten getrennt worden sind, so liegt ein „Luftsattel“ vor (*b* und *d* in Abb. 7). Eine Falte, die oben in der Druckrichtung soweit herübergeschoben ist, daß beide Flügel gleichgerichtetes Einfallen haben, heißt „überkippt“ (südlicher Sattel in Abb. 9). Der tiefste Punkt einer Mulde wird „Muldentiefstes“, der höchste Punkt eines Sattels „Sattelpuppe“ genannt. Die Linie, die in einer und derselben Schicht die sämtlichen tiefsten Punkte einer Mulde bzw. die sämtlichen höchsten Punkte eines Sattels miteinander verbindet, heißt „Mulden-“ bzw. „Sattellinie“ (Abb. 10), wo-

gegen die Verbindungslinien der tiefsten Punkte mehrerer übereinander liegenden Mulden bzw. der höchsten Punkte mehrerer übereinander liegenden Sättel als „Mulden-“ bzw. „Sattelachsen“ bezeichnet werden (Abb. 7).

28. — **Zeichnerische Darstellung von Mulden und Sätteln.** Die zeichnerische Darstellung der Falten kann in der Weise erfolgen, daß man entweder einen senkrechten Schnitt quer zur Streichrichtung (Querprofil, Abb. 7, Abb. 9, 10 b u. a., vgl. auch unten, 4. Abschnitt, Ziff. 2) gelegt denkt oder sich die ganze Ablagerung söhlig geschnitten (im Grundriß,

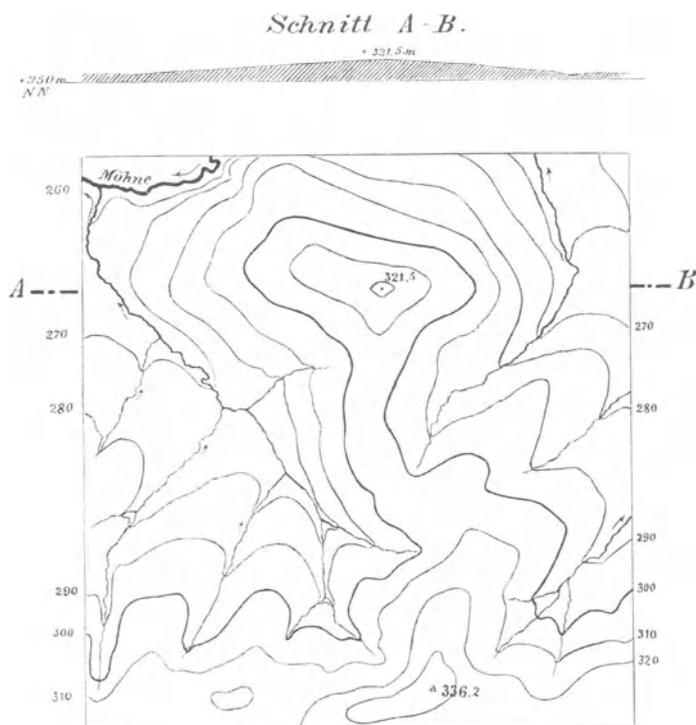


Abb. 11. Darstellung von Höhenunterschieden durch Höhenlinien.

vgl. Abb. 10a und 12) vorstellt. Da im Profil, weil es ein senkrechter Schnitt ist, die Erhöhungen und Vertiefungen der Zeichnung den wirklichen Höhen und Tiefen entsprechen, so bietet dieses der Vorstellung keine Schwierigkeiten. Im Grundriß erscheinen die Streichlinien der einzelnen Schichten, so daß sich ein vollständigeres und übersichtlicheres Bild der ganzen Ablagerung ergibt. Der Verlauf dieser Linien steht zu demjenigen der Sattel- und Muldenlinien in Beziehung. Liegen diese söhlig, so können die Streichlinien der beiden Flügel sich nicht treffen und laufen einander parallel, falls die Flügel Ebenen bilden. Ist dagegen die Sattel- oder Muldenlinie nach einer Seite hin geneigt, so nähern sich bei einem Sattel nach dieser Seite, bei einer Mulde nach der entgegengesetzten Seite hin die Streichlinien beider

Flügel, um schließlich in der „Sattel- bzw. Muldenwendung“ zusammenzutreffen („offene“ Falten, Abb. 10, Fl. A rechts). Zweiseitig geneigte Sattel- und Muldenlinien haben das Auftreten der Sattel- und Muldenwendung auf beiden Seiten, d. h. die Entstehung „geschlossener“ Sättel und Mulden (Flöz A und B bzw. D und E in Abb. 10), zur Folge. Ein geschlossener Sattel kann nach unten hin (nicht nach oben hin) durch Änderung der Neigung der Sattellinie in eine offene Sattel- und Muldenbildung übergehen; ebenso kann eine geschlossene Mulde nach oben hin (nicht nach unten hin) sich in offene Falten auflösen. Überhaupt ergeben sich ganz dieselben Verhältnisse wie bei den Höhenlinien in der grundrißlichen Darstellung einer hügeligen Landschaft, wo in den höchsten und tiefsten Lagen geschlossene Höhenlinien (entsprechend den einzelnen Bergkuppen und Kesseltälern) auftreten, während in den mittleren Lagen das Bild eines fortwährenden Überganges von Bergvorsprüngen in Taleinschnitte, d. h. eine Reihenfolge offener Sättel und Mulden, entsteht (Abb. 11).

29. — Sonstige Erscheinungen bei Falten. Da das Tiefste einer Mulde und die Kuppe eines Sattels bei ungleichem Einfallen beider Flügel im Grundriß

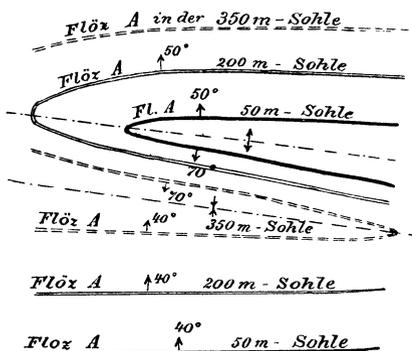


Abb. 12. Grundriß offener Falten auf 3 Sohlen.

Einfallen beider Flügel (vgl. a, b, f in Abb. 7), wogegen ungleiches Einfallen eine Neigung der Faltenachse im Sinne des flacher geneigten Flügels zur Folge hat (e in Abb. 7).

Durchfährt man einen Sattel querschlägig, so gelangt man (vgl. die verschiedenen Profile) bis zur Erreichung der Sattellachse in immer liegendere, nach Durchörterung der Sattellachse in immer hangendere Schichten; bei Mulden ist das Entgegengesetzte der Fall. Entsprechend dieser Erscheinung treten im Horizontalschnitt einer Mulde in der Mitte die jüngsten, bei einem Sattel in der Mitte die ältesten Schichten auf. Werden mehrere Höhenlagen (z. B. Sohlen) im Grundriß dargestellt, so entsprechen die höchsten Lagen (Sohlen) dem Innern eines Sattels und dem Rande einer Mulde (Abb. 12).

30. — Nebenwirkung des Faltungsvorgangs. In dünnbänkigem, geschichtetem Gebirge werden vielfach die einzelnen Bänke für sich gefaltet. Daraus ergeben sich<sup>1)</sup> folgende, häufig beobachtete Erscheinungen (vgl. Abb. 13):

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1916, S. 193, Abb. 8; Wolff: Zur Begriffsbestimmung und Gliederung der Faltungen.

1. Die einzelnen Schichten verschieben sich gegeneinander um das Stück  $d$ , wobei die Reibung glatte Spiegelflächen oder Rutschstreifen erzeugt.

2. Da die Krümmungshalbmesser  $r_1-r_3$  für die oberen Grenzflächen der einzelnen Schichten größer sind als für die unteren ( $R_1-R_3$ ), so ergeben sich rechnermäßig Hohlräume in den Sattel- und Muldenbiegungen. Diese werden entweder gleich während der Faltung (durch gestauchte Gesteinsmassen) oder später ausgefüllt, und zwar durch Nachbrechen der Schichten oder auch durch Erz- und sonstige Mineral-Neubildungen.

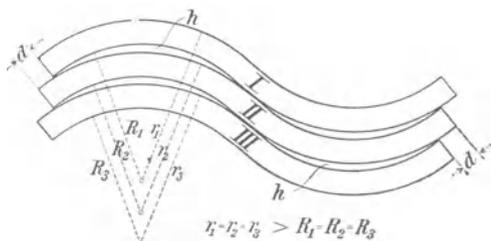


Abb. 13. Faltungsvorgang in dünnbänkigen Schichten.

### b) Zerreißen von Gebirgsschichten (Störungen)<sup>1)</sup>.

31. — **Allgemeines.** Eine Zerreißen von Gebirgsschichten mit gegenseitiger Verschiebung der auseinandergerissenen Teile kann auf dreierlei Weise, entsprechend drei Bewegungsrichtungen, vor sich gegangen sein: es kann der eine Teil einer Schicht an der Zerreißenklüft entlang nach unten abgesunken (Sprung) oder der eine Teil über den anderen hinüber- oder unter den anderen hinuntergeschoben (Überschiebung, Wechsel) oder endlich der bewegte Teil der Schicht in horizontaler Richtung gegen den anderen verschoben sein (Verschiebung, Blatt). Jedoch sind diese drei Fälle nur die theoretisch denkbaren Grenzfälle; in Wirklichkeit ist wohl niemals die Bewegung so rein und scharf vor sich gegangen, sondern stets mit einer Seigerbewegung nach oben oder unten auch eine söhnliche Verschiebung verbunden gewesen und umgekehrt.

#### 1. Sprünge.

32. — **Begriffsbestimmungen, Bezeichnungen.** Unter einem (echten) Sprunge verstehen wir eine Gebirgsstörung, bei der nach dem Aufreißen einer Spalte (Abb. 14) die in deren Hangendem liegende Gebirgsscholle II durch Absinken gegen die stehenbleibende Scholle I um die Strecke  $n-p$  verworfen worden ist. (Die Abbildung veranschaulicht einen querschlägig durchsetzenden Sprung, läßt also die Gebirgsschichten im Längsprofil, d. h. söhnlich, erscheinen.) Man bezeichnet  $n-p$  als „flache Sprunghöhe“,  $n-o$  als seigere „Sprunghöhe“,  $o-p$  als „söhnliche Sprunghöhe“ und die söhnliche Verschiebung von Scholle II gegen Scholle I in der Ebene des Verwerfers (entsprechend der bergmännischen Aus-



Abb. 14. Querschlägiger Sprung.

<sup>1)</sup> Eine ausführliche Darstellung der Störungen gibt H. Höfer Edler von Heimhalt in seinem Buche „Die Verwerfungen“, (Braunschweig, Vieweg), 1917.

richtungslänge in den Abbildungen 19—21, S. 24/25) als „söhliche Sprungweite“.

Für die zeichnerische Darstellung ist der mehr oder weniger querschlägige Verlauf der Sprünge zu berücksichtigen. Daher kommt die Sprungwirkung am besten in einem Längsprofil zur Geltung, in dem dann die Lagerstätte annähernd im Streichen, d. h. in einer fast wagerechten Linie, geschnitten wird. Im Einzelfalle zeigt das Abb. 14, in großem Maßstabe das Längsprofil durch die Essener Hauptmulde (Abb. 2 auf der Tafel neben S. 58).

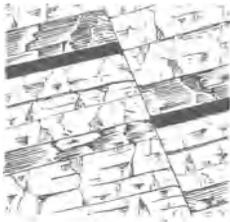


Abb. 15. Spiebeckiger Sprung, gegenfallend.

Fällt bei streichenden oder spiebeckigen Sprüngen die Sprungkluft nach derselben Seite ein wie die Lagerstätte, so spricht man von „gleichfallenden“, andernfalls (Abb. 15) von „gegenfallenden“ Sprüngen.

**33. — Entstehung.** Für die Beantwortung der Frage nach der Entstehung der Sprünge ist vor allem die Tatsache wichtig, daß jeder echte Sprung quer zu seiner Streichrichtung das Gebirge um das Stück  $o-p$  (Abb. 14) auseinanderzieht. Es muß also angenommen werden, daß der Entstehung der Sprünge Zerrungsvorgänge in der Erdrinde vorausgegangen sind. Demgemäß erklärt Quiring<sup>1)</sup> die Entstehung eines Sprunges durch Aufreißen einer Bruchspalte  $Z$  (Abb. 16), der dann früher oder später ein Ab-

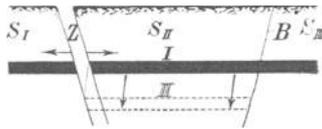


Abb. 16. Entstehung eines Sprunges.

reißen der überhängenden Scholle  $S_{II}$  an der zweiten Bruchspalte  $B$  und das Absinken dieser Scholle in die Lage II folgen mußte. So ergeben sich zwei Sprünge, von denen Quiring den ersten ( $Z$ ) als „Zersprung“, den zweiten ( $B$ ) als „Böschungsprung“ bezeichnet. Die Scholle  $S_{II}$  kann auch in mehrere Einzelschollen zerbrechen, so daß diese gestaffelt absinken<sup>2)</sup>.

Wie bedeutend die Dehnung gewisser Teile der Erdrinde durch die Entstehung von Sprüngen gewesen ist, zeigen Berechnungen von Quiring<sup>3)</sup>, nach denen die Oberfläche im oberschlesischen Kohlenbecken um rund 3%, im Ruhrkohlenbezirk<sup>3)</sup> sogar um rund 6% der ursprünglichen Ausdehnung vergrößert worden ist.

Die Ursachen der Zerrungserscheinungen sind noch nicht genügend klar gestellt. Doch sprechen die Erscheinungen, die bei den Gebirgsbewegungen im Gefolge des Abbaues (vgl. 4. Abschnitt, Ziff. 170) beobachtet worden sind,

<sup>1)</sup> Glückauf 1913, Nr. 13, S. 477 u. f.; Quiring: Die Entstehung der Sprünge im rheinisch-westfälischen Steinkohlengebirge.

<sup>2)</sup> Zeitschr. d. deutschen geolog. Gesellsch. 1913, Heft 3, S. 439; Quiring: Die Entstehung der Schollengebirge.

<sup>3)</sup> Vgl. auch das Längsprofil auf der Tafel bei S. 58.

für die Richtigkeit der Ansicht von Dr. Lehmann<sup>1)</sup>, daß die Senkung gewaltiger Schollen der Erdrinde diese Zerrungsrisse verursacht hat.

Auf einen Zusammenhang der Spaltenbildung mit der Faltung deutet die in manchen Gebieten (z. B. deutlich im Ruhrkohlenbezirk) festgestellte, nahezu querschlägige Erstreckung der meisten Sprünge, die deshalb dort auch seit alters „Querverwerfungen“ heißen.

Größere Zerrspalten sind bei verschiedenen Erdbeben, die überhaupt wichtige Beiträge zur Kenntnis der Sprünge geliefert haben, festgestellt worden<sup>2)</sup>: beim griechischen Erdbeben im Jahre 1894 wurde eine fast geradlinige, 64 km lange und bis 4 m breite, beim kalifornischen Erdbeben von 1906 sogar eine 432 km lange und bis zu 20 m breite Spalte aufgerissen; an diesen Spalten fanden sölhliche und Seigerverschiebungen bis zum Betrage von mehreren Metern statt.

Aus diesen und anderen Beobachtungen bei Erdbeben, die vielfach an große Spaltengebiete geknüpft sind, muß geschlossen werden, daß die meisten größeren Sprünge nicht sofort, sondern erst nach und nach das Gebirge auf die ganze, heute gemessene Höhe verworfen haben. Eine einmal aufgerissene Spalte stellt eine schwache Stelle in der Erdrinde dar; es können daher auch spätere Gebirgsbewegungen sich am einfachsten durch weitere Bewegungen auf dieser Spalte Luft machen. Demgemäß zeigen manche größeren Verwerfungen, wie z. B. der „südliche Haupt-sprung“ im Saarrevier, sowie verschiedene Sprünge im westfälischen Steinkohlengebirge unter der Mergelüberlagerung das in Abb. 17 wiedergegebene schematische Bild. Der Hauptverwurf war hier bereits vor Ablagerung des Deckgebirges eingetreten, nach Bildung des letzteren ist aber an der Spalte entlang eine nochmalige, schwächere Bewegung um das Stück  $aa_1$  erfolgt.

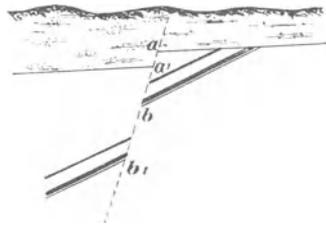


Abb. 17. Sprung mit zweimaliger Bewegung des gesunkenen Teils.

**34. — Verhalten der Sprünge.** Der Verlauf der Sprungklüfte ist, da sie als Bruchspalten von dem ihrem Aufreißen entgegengesetzten Widerstande, d. h. von der verschiedenen Härte der Gebirgsschichten, abhängig sind, im Streichen sowohl wie im Einfallen unregelmäßig, so daß häufiges Verspringen und zahlreiche Richtungsänderungen zu beobachten sind und auch die Fallrichtung nicht selten wechselt. Auch die Mächtigkeit einer Kluftspalte ist aus demselben Grunde ganz verschieden; große, sich weithin erstreckende Verwerfungen werden häufig durch eine ganze Anzahl von Einzelklüften gebildet, wodurch breite Kluftbänder („Störungszonen“) von 50 bis 100 m Breite entstehen können. Überhaupt verhalten sich diese Spalten ganz wie die auf ähnliche Entstehungsursachen zurückzuführenden Erzgänge (Ziff. 47 u. f.). Daher sind auch Verwerfungsklüfte vielfach erzführend,

<sup>1)</sup> Glückauf 1919, Nr. 48, S. 933; Dr. Lehmann: Bewegungsvorgänge bei der Bildung von Pingens und Trögen; — ferner ebenda 1920, Nr. 1 u. f., S. 1 u. f.; Dr. Lehmann: Das tektonische Bild des rheinisch-westfälischen Steinkohlengebirges; — ferner ebenda 1920, Nr. 15, S. 289 u. f.; Dr. Lehmann, Das rheinisch-westfälische Steinkohlengebirge als Ergebnis tektonischer Vorgänge in geologischen Trögen.

<sup>2)</sup> S. das auf S. 19 in Anm. <sup>1)</sup> angeführte Buch von Höfer von Heimhalt: Die Verwerfungen, S. 104.

und es ist z. B. ein Zusammenhang zwischen einigen Verwerfungspalten des Ruhrkohlenbezirks und Erzgängen der südlich daran grenzenden Erzbergbaugebiete von Lintorf<sup>1)</sup> und Velbert-Selbeck<sup>2)</sup> und ebenso zwischen den Hauptstörungen der Aachener Steinkohlenablagerungen und den Erzgängen der nördlichen Eifel<sup>3)</sup> nachgewiesen worden.

Auch die Verwerfhöhe ist sehr verschieden. Sie schwankt nicht nur überhaupt von wenigen Zentimetern bis zu mehreren tausend Metern, sondern ändert sich auch bei einem und demselben Sprunge sehr häufig, so daß sie schon in geringen Entfernungen ganz verschieden sein kann. In letzterem Falle hat man es mit einem „Drehverwerfer“ zu tun, bei dem die absinkende Scholle gedreht worden ist.

Die Streichrichtung der Kluftspalten ist an sich von derjenigen der Schichten völlig unabhängig; die letzteren können von den Klüften streichend, recht- oder spießwinklig durchsetzt werden. Jedoch scheint vielfach, wie in Ziff. 33 erwähnt, ein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen Kluftstreichen und Faltungsdruck zu bestehen. Das Einfallen der Schichten steht zu den Sprüngen nicht in Beziehung, so daß sowohl flachliegende als auch steil aufgerichtete Schichten, sowie auch ganze Faltengebiete (vgl. Abb. 23 auf S. 27), von Sprüngen durchsetzt werden können.

Das Einfallen der Sprungklüfte ist durchweg steil, da Zerrspalten meist quer zur Mächtigkeit der zerrissenen Erdkruste aufreißen, Böschungspalten sich nach dem natürlichen Böschungswinkel der Gesteine (70°—75°) bilden und Verschiebungspalten (Ziff. 42) bei annähernd seigerem Verlauf die leichteste Ausgleichung der Druckverschiedenheiten ermöglichen.

Meistens sind die Spalten mit lockeren Gesteinsmassen (Bruchstücken zertrümmerten Gesteins oder von oben hineingefallenen oder -gespülten Massen jüngerer Ablagerungen) und Mineralien aus den zerrissenen Lagerstätten ausgefüllt. In vielen Fällen hat sich am Liegenden oder Hangenden der Kluft ein „Lettenbesteg“ als Ergebnis der zerreibenden und mahelnden Wirkung der verschobenen Gebirgsmassen aufeinander im Verein mit chemischen Umsetzungen gebildet. Diese Reibungswirkung äußert sich vielfach auch sehr deutlich in der Bildung glatter Rutschflächen („Spiegel“) sowie wellenförmiger Druckerscheinungen (Rutschstreifen oder „Harnische“), welche letzteren (vgl. S. 26) einen Schluß auf die Richtung der Bewegung gestatten. Häufig sind die Sprungklüfte als Wasserzubringer gefürchtet, da sie den Gebirgswässern die bequemsten Wege nach der Tiefe hin und aus der Tiefe heraus eröffnen. Auf die Tätigkeit solcher Gebirgswasser sind auch die vielfach zu beobachtenden Auskleidungen von Spalten mit Mineralien und Erzen zurückzuführen. Im Steinkohlengebirge findet man die Klüfte häufig mit schädlichen Gasen angefüllt, die aus den gestörten Kohlenflözen entwichen sind und sich in die Spalten hineingezogen haben, so daß die Kohle in deren Nähe stark entgast ist.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1880, S. 206; Köhler: Über die Störungen im westfälischen Steinkohlengebirge.

<sup>2)</sup> Glückauf 1906, Nr. 33, S. 1068; Böker: Die Mineralausfüllung der Querwerfungspalten im Bergrevier Werden.

<sup>3)</sup> Festschrift zum XI. Allgem. Deutschen Bergmannstag, I. Teil, S. 202; Holzapfel: Die Geologie des Nordabfalles der Eifel.

Die Zerklüftung des Gebirges durch die Sprünge hat eine starke Zunahme des Gebirgsdruckes in deren Nähe zur Folge

**35. — Zusammenwirken mehrerer Sprünge.** Die durch das Zusammenwirken mehrerer Sprünge entstehenden Lagerungsverhältnisse werden durch Abb. 18 veranschaulicht. Sinkt eine Scholle (vgl. auch Abb. 16 auf S. 20) zwischen zwei Spalten ab, so entsteht ein „Graben“; umgekehrt wird eine zwischen zwei Sprüngen stehenbleibende Scholle als „Horst“ bezeichnet. Mehrere in gleichem Sinne verwerfende Sprünge erzeugen „Treppen-“ oder „Terrassen-Verwerfungen“, die auch kurz „Staffelbrüche“ genannt werden. Die durch das Absinken aus der Lage I in der Abbildung in die Lage II gebrachte Oberfläche ist später durch Abtragung verändert worden.

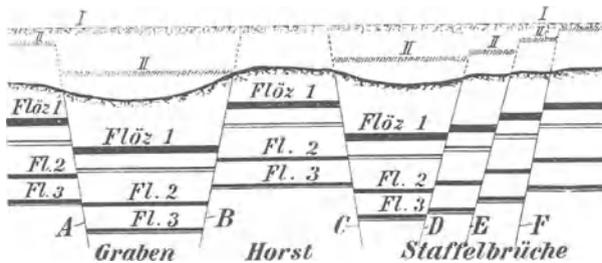


Abb. 18. Zusammenwirken mehrerer Sprünge.

Außerdem können auch ältere Schollengebiete in späteren Zeiten der Erdgeschichte von neuen Spalten durchsetzt, alte Sprünge also durch jüngere verworfen worden sein.

**36. — Ausrichtung von Sprüngen.** Die Aufsuchung des verworfenen Stückes einer Lagerstätte hinter dem Sprünge, die „Ausrichtung“ des Sprunges, kann sich bei den meisten Sprüngen auf die gesetzmäßigen Beziehungen zwischen dem Verlauf der Sprünge und demjenigen der gestörten Schichten stützen<sup>1)</sup>. Sie wird durch die den Abbildungen 19—21 beigegebenen Grundrisse veranschaulicht.

In den weitaus meisten Fällen kommt man mit der im Ruhrbezirk gebräuchlichen einfachen, von v. Carnall durch Zusammenfassung der Schmidtschen vier Regeln erhaltenen Regel aus: Fährt man das Hangende des Verwerfers an, so hat man hinter diesem ins Hangende der Gebirgschichten aufzufahren; fährt man das Liegende des Verwerfers an, so hat man hinter diesem ins Liegende der Gebirgschichten aufzufahren.

Ob man das Hangende oder Liegende der Kluft angetroffen hat, erkennt man daran, daß im ersteren Falle die Kluft nach dem betreffenden Grubenbau hin einfällt, d. h. zuerst in der Sohle angetroffen wird, und umgekehrt.

Zur näheren Erläuterung mögen die folgenden Betrachtungen dienen.

<sup>1)</sup> Vgl. für die ausführliche Darstellung dieses Gegenstandes: Karstens Archiv, Bd IX, S. 61 u. f.; v. Carnall: Die Sprünge im Steinkohlengebirge; — Schaper: Anleitung zum Erkennen und Ausrichten der Sprünge und Wechsel im Steinkohlengebirge, (Gelsenkirchen, Bertenburg), 1900; — Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1903, S. 1 u. f.; Hausse: Die Verwerfungen, insbesondere ihre Konstruktion, Berechnung und Ausrichtung. — Höfer v. Heimhalt in dem auf S. 19 in Anm. <sup>1)</sup> angeführten Buche, S. 113 u. f.

Die Veranschaulichung der Ausrichtung durch ein Profil (Abb. 14 auf S. 19) zeigt, daß man, vom Liegenden des Sprunges aus fahrend, aus älterem in jüngerem Gebirge kommt und daß innerhalb der Strecke  $np$  der abgesunkene Teil weder durch einen Schacht noch durch einen Querschlag gelöst werden kann.

Spießwinklig oder querschlägig durchsetzende Sprünge lassen sich allerdings durch ein einfaches Querprofil nur unvollkommen veranschaulichen, da die Ebene des Profils diejenige der Sprungkluft unter einem sehr spitzen Winkel schneidet oder ihr vollständig parallel verläuft. Es muß daher hier die grundrißliche und die perspektivische Darstellung zu Hilfe genommen werden.

Aus einer solchen schematischen Zeichnung (Abb. 19, vgl. auch Abb. 20) ergibt sich nun das grundlegende Gesetz, daß jede schräg geneigte Schicht

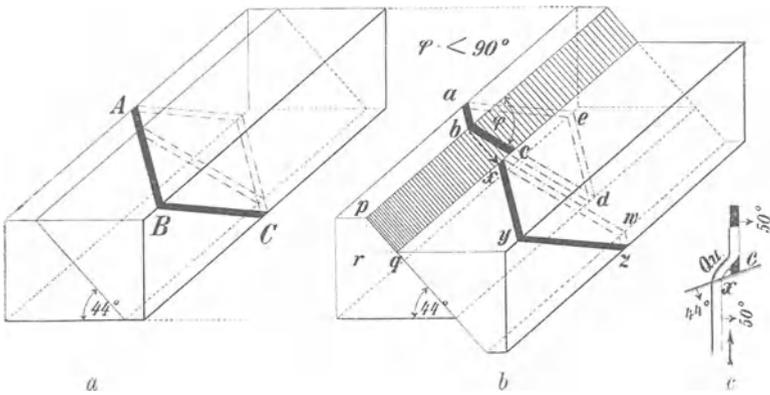


Abb. 19 a-c. Spießwinkiger Sprung und seine Ausrichtung. Sprungwinkel spitz.  
a Flöz vor dem Verwurf. b Flöz nach dem Verwurf. c Grundriß (mit Ausrichtung).

durch ein senkrecht absinken an der Störungskluft entlang gleichzeitig mit der seigeren Verschiebung  $b-x$  auch eine scheinbare Horizontalverschiebung  $c-x$  (die sölhliche Sprungweite) erleiden muß. Diese ist nicht zu verwechseln mit der sölhlichen Sprungbreite  $op$  in Abb. 14, die lediglich von dem Einfallen der Kluft und der flachen Sprunghöhe  $np$  abhängt und quer zum Streichen der Kluft zu messen ist. Der scheinbare Seitenschub ist nun bei einer und derselben seigeren Senkung um so größer, je flacher die schräge Linie geneigt ist. Das wird in Abb. 9 auf S. 16 zur Anschauung gebracht durch die bei derselben seigeren Senkung von 70,0 m sehr verschiedenen sölhlichen Verschiebungen  $a-b = 215,44$  m und  $c-d = 17,45$  m der beiden unter  $18^\circ$  bzw. unter  $76^\circ$  geneigten Sattelflügel. (Die ausgezogene Linie deutet hier die Lage der Schicht vor der Störung, die punktierte Linie die Lage derselben Schicht hinter der Störung an.) Ebenso macht in Abb. 22 auf S. 27 das flachere Einfallen des Mulden-Nordflügels einen längeren Ausrichtungsquerschlag als auf dem Südflügel erforderlich.

Die genannte, seiger und parallel zu sich selbst verschobene Linie der in den perspektivischen Abbildungen 19—21 dargestellten Verwerfungen ist nun die „Kreuzlinie“  $bcd$  bzw.  $xw$ , d. h. die Schnittlinie zwischen der Ebene der Gebirgsschicht und derjenigen des Sprunges. Die Neigung dieser Kreuz-

linie aber ist abhängig 1. von dem Fallwinkel der Schicht, 2. von dem Winkel zwischen den Streichrichtungen der Schicht und der Kluft und 3. von dem Fallwinkel der letzteren. Daß die Neigung der Kreuzlinie vom Schichtfallen abhängt, bedarf keines Beweises. Daß aber auch durch den mehr oder weniger spießwinkligen Verlauf der Sprungkluft die Neigung der Kreuzlinie beeinflußt wird, zeigt Abb. 20 im Vergleich mit Abb. 19. Die Darstellung in Abb. 20 veranschaulicht auch den Ausnahmefall des „stumpfen Sprungwinkels“:

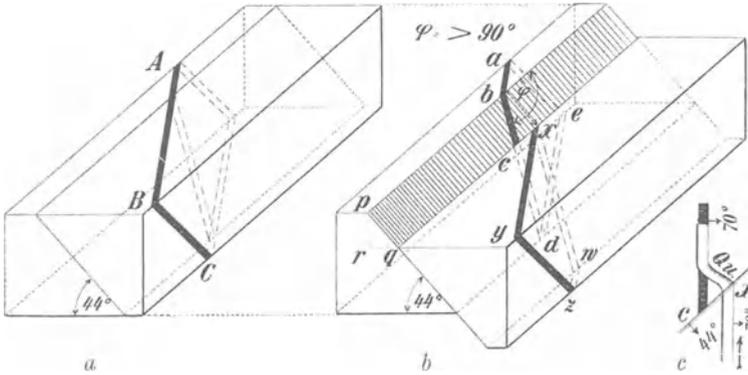


Abb. 20 a—c. Spießeckiger Sprung und seine Ausrichtung. Sprungwinkel stumpf.  
a Flöz vor dem Verwurf. b Flöz nach dem Verwurf. c Grundriß (mit Ausrichtung).

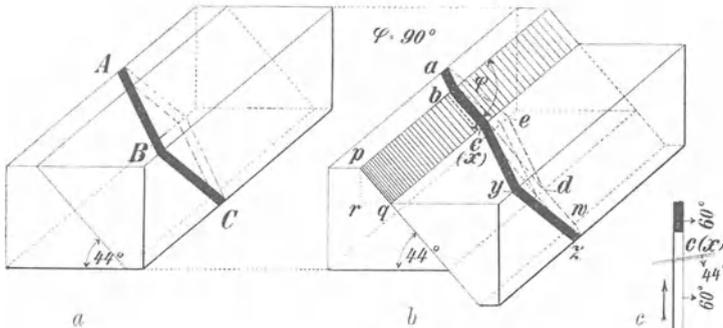


Abb. 21 a—c. Spießeckiger Sprung und seine Ausrichtung. Sprungwinkel  $\varphi = 90^\circ$ .  
a Flöz vor dem Verwurf. b Flöz nach dem Verwurf. c Grundriß (mit Ausrichtung).

die Kreuzlinie ist in Abb. 20 nicht lediglich steiler geneigt als in Abb. 19, sondern hat darüber hinaus sogar das entgegengesetzte Einfallen wie in dieser angenommen, so daß der sog. „Sprungwinkel“  $\varphi$ , d. h. der Winkel zwischen der Kreuzlinie und der im Hangenden des Flözes gezogenen Streichlinie der Kluft, ein stumpfer geworden ist. Den dazwischenliegenden Grenzfall ( $\varphi = 90^\circ$ ) zeigt Abb. 21; er kann nur dann zustande kommen, wenn die Kluft flacher einfällt als das Gebirge.

Wie ein Blick auf die Abbildungen 19 und 20 zeigt und wie in der gleich anzuführenden Regel zum Ausdruck kommt, ist der Sprungwinkel bestimmend für die gegenseitige Lage der getrennten Gebirgsteile: obwohl bei allen dar-

gestellten Störungen das im Hangenden der Kluft liegende Stück des Flözes gesunken ist, hat man dennoch das verworfene Stück in der Abb. 20, also bei stumpfem Sprungwinkel, auf der entgegengesetzten Seite zu suchen wie bei spitzem Sprungwinkel in Abb. 19. Diese Erscheinung erklärt sich nach dem über die scheinbare Seitenverschiebung einer schrägen Linie Gesagten ohne weiteres aus der entgegengesetzten Neigung der Kreuzlinien in beiden Fällen.

Während in dem durch Abb. 21 veranschaulichten Grenzfall (Kreuzlinie in der Fallinie des Verwerfers) eine Ausrichtung des abgesunkenen Stückes überhaupt nicht nötig ist, da die Lagerstätte jenseits der Kluft in derselben Richtung fortsetzt (vgl. den Grundriß in Abb. 21c), ist im entgegengesetzten Grenzfall (wagerechter Verlauf der Kreuzlinie) eine Ausrichtung durch einen söhligem Ausrichtungsbau überhaupt nicht möglich. Dieser Fall kann bei den hier betrachteten spießwinkligen Sprüngen nur dann eintreten, wenn die Lagerstätte völlig söhlig liegt.

Das aus dem Vorstehenden sich ergebende allgemeine Gesetz über die Lage verworfener Gebirgsteile bei spießwinkligen echten Sprüngen, das für spitze und stumpfe Sprungwinkel gilt, ist folgendes:

Bei einem echten Sprunge hat man das verlorene Stück einer Gebirgsschicht, wenn man das Hangende der Sprungkluft angefahren hat, nach der Seite hin zu suchen, nach der die Kreuzlinie von der Fallinie der Kluft abweicht. Hat man das Liegende der Sprungkluft angefahren, so ist das verlorene Stück nach der entgegengesetzten Seite zu suchen.

Diese Ausrichtungsregeln entsprechen der von E. Treptow<sup>1)</sup> aufgestellten Regel, die ihrerseits wieder eine einfachere Fassung der Regel von Bergrat Zimmermann in Clausthal darstellt, bei der ebenfalls die Kreuzlinie eine ausschlaggebende Rolle spielt.

Vielfach kann man das verworfene Stück ohne Ausrichtungsregeln wiederfinden. Es können z. B. Rutschflächen auf dem Liegenden oder Hangenden einen Fingerzeig geben, indem sie sich in der Bewegungsrichtung des gesunkenen Teiles, nach welcher hin dieser zu suchen ist, glatt, in der entgegengesetzten Richtung rau anfühlen. Ebenso können Umbiegungen der Schichten an der Kluft („Hakenschläge“) oder „Schleppungen“ von mitgerissenen Teilen der Lagerstätte auf die Richtung hinweisen, in welcher die Bewegung erfolgt und daher das abgerissene Stück zu suchen ist. Oder man fährt hinter der Störung eine Gebirgsschicht an, deren Lage zu der zu suchenden Schicht bekannt ist; weiß man z. B., daß eine hinter der Kluft angetroffene Meermuschelschicht im Hangenden der gesuchten Schicht liegt, so weiß man ohne weiteres, wohin die Ausrichtung zu erfolgen hat.

Während für den Erzbergmann von der richtigen Ausrichtung eines größeren Sprunges sehr viel, häufig das ganze Bestehen der Grube abhängt, ist für den Steinkohlenbergmann diese Aufgabe in der Regel weniger wichtig. Denn die Lagerungsverhältnisse der Flöze bringen es mit sich, daß eine größere Anzahl von Bergwerken im Streichen einer und derselben Störung

<sup>1)</sup> E. Treptow: Grundzüge der Bergbaukunde, (Leipzig, Klemm), 1917, V. Aufl., I. Bd., S. 43.

bauen und daher ihre Erfahrungen über deren Verhalten austauschen können; außerdem liegt meist eine größere Anzahl von Flözen vor, so daß hinter einer Störung bald wieder ein Flöz angetroffen wird, einerlei, ob man ins Liegende oder ins Hangende fährt.

**37. — Sprünge und Falten.** Sind Sättel und Mulden von jüngeren Querverwerfungen zerrissen worden, so ist im Grundriß das gesunkene Stück durch größere oder geringere Breite zwischen den Flügeln von dem stehenge-

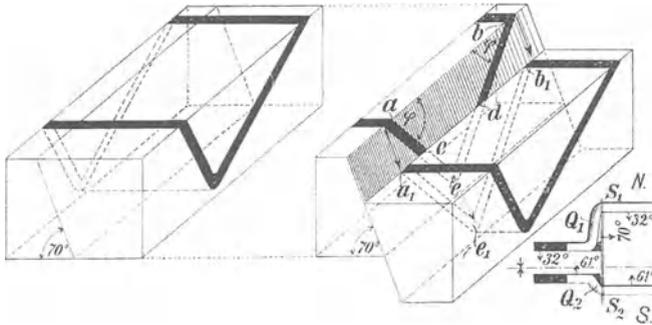


Abb. 22. Verwurf einer Mulde, mit Ausrichtung.

bliebenen zu unterscheiden. Nach Abb. 22 ist diese Breite bei einem gesunkenen Muldenstück größer als bei dem stehengebliebenen Teile. Umgekehrt erscheint ein abgesunkenes Sattelstück im Grundriß schmäler als das stehengebliebene. Die hiernach bei Verwerfung einer ganzen Reihe offener Falten sich ergebenden Verhältnisse werden durch Abb. 23 veranschaulicht. Selbstverständlich muß, wie auch die genauere Prüfung dieser Zeichnung ergibt, für jeden der verworfenen Flügel sich wieder die oben gefundene Ausrichtungsregel ergeben, so daß man auch umgekehrt die „Sattel- und Muldenregel“ aufstellen kann: die Lage des verworfenen Teiles einer Schicht kann

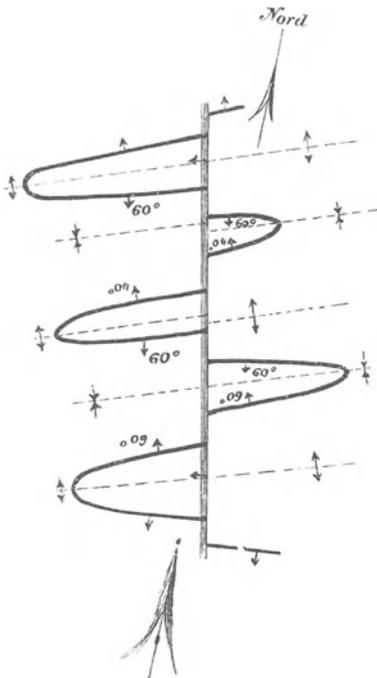


Abb. 23. Verwerfung einer Faltengruppe (Grundriß).

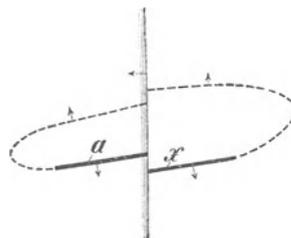


Abb. 24. Veranschaulichung der Sattel- und Muldenregel.

dadurch gefunden werden, daß man nach Abb. 24 die Schicht als einen Sattel- oder Muldenflügel betrachtet und nun die Fortsetzung gemäß Abb. 23 sucht. (In Abb. 24 ist durch die punktierten Linien die Ergänzung zu einem Sattel angedeutet.)

Da bei einer solchen Verwerfung die Ebenen der Sattel- und Muldenachsen ihrerseits sich ebenfalls wie Schichten verhalten, so muß bei geneigter Lage der Faltenachse, d. h. bei ungleichem Einfallen beider Flügel (vgl. Ziff. 29) durch den Seigerverwurf eine (scheinbare) söhlige Verschiebung der Faltenachse zustande kommen, die sich im Grundriß nach Abb. 23 durch ein Verspringen der ersten Mulden- und zweiten Sattellinie (von Norden gezählt) äußert.

Bei überkippten Falten, wie sie z. B. im Aachener und belgischen Steinkohlenbergbau nicht selten auftreten, hat ein Sprung die eigenartige Erscheinung zur Folge, daß in einem Punkte der stehengebliebene und der verworfene Teil der Falte (vgl. den Südflügel des Südsattels in Abb. 9 auf S. 16) sich kreuzen, so daß an dieser Stelle auch bei einem sehr großen Seigerverwurf die Streichlinie nicht seitlich abgelenkt wird.

## 2. Überschiebungen oder Wechsel (Faltenverwerfungen).

38. — **Wesen und Entstehung der Überschiebungen.** Eine Überschiebung ist dadurch gekennzeichnet, daß der im Hangenden der Kluft gelegene Gebirgsteil höher liegt als der im Liegenden der Kluft befindliche. Demgemäß kommt nach Abb. 25 der Bergmann, der eine Überschiebung, von ihrem Liegenden ausgehend, durchfährt, hinter ihr in tiefere, d. h. ältere Gebirgsschichten. Nach ihrer Lage zur Kluft bezeichnet er die beiden getrennten Stücke der Lagerstätte als „hangenden“ und „liegenden“ Wechselteil.

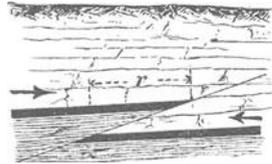
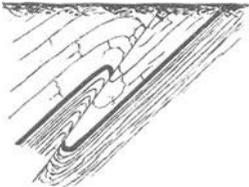


Abb. 25. Profil einer Überschiebung.      Abb. 26. Schichtverkürzung durch Überschiebung.

Eine Überschiebung hat stets ein „Doppelliegen“ der verworfenen Schichten zur Folge; die Ausrichtung des verlorenen Schichtteils bietet daher keine Schwierigkeiten.

Während die Sprünge engere Beziehung zum Faltungsvorgange haben können, aber nicht haben müssen, also sehr häufig auch durch andere Gebirgsbewegungen als die einer bestimmten Faltung zugrunde liegenden entstanden sind, stehen die Überschiebungen zu dem die Faltung veranlassenden Seitendruck in unmittelbarer Beziehung. Diesem Drucke können nämlich die Gebirgsschichten entweder dadurch nachgeben, daß sie sich zu Falten zusammenschieben lassen, oder dadurch, daß sie an Längsrissen (Überschiebungsflächen) entlang, die im Grundriß annähernd senkrecht zur Druckrichtung verlaufen, sich teilweise über- oder untereinander schieben. So hat z. B. in Abb. 26 die Überschiebung eine Längenverkürzung um das Stück  $r$  her-

beigeführt. Ob nun eine Überschiebung an Stelle einer Falte oder durch Überschreitung der Elastizitätsgrenze der Gebirgsschichten infolge zu starker Faltung entsteht, hängt von der Beschaffenheit des Gesteins, also seiner größeren oder geringeren Festigkeit und Sprödigkeit, und außerdem von dem größeren oder geringeren Gewicht der überlagernden Gebirgsmassen ab. Es ist das Verdienst von Bergassessor Dr. L. Cremer, für mehrere sehr bedeutende westfälische Überschiebungen die Entstehung vor der Faltung oder zu Beginn derselben unzweifelhaft dargetan zu haben<sup>1)</sup>, so daß also

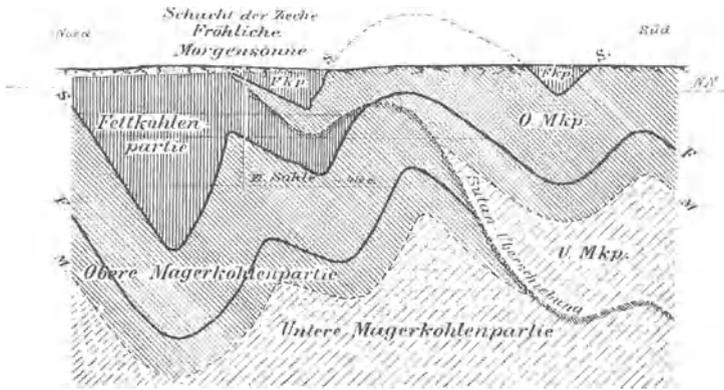


Abb. 27. Querprofil durch einen Teil der westfälischen Sutan-Überschiebung. (Maßstab 1 : 30000.)

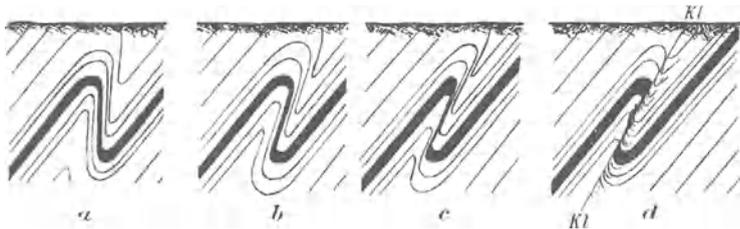


Abb. 28 a—d. Entstehung einer Überschiebung als „Faltenverwerfung“. Nach Heim.

diese Überschiebungen an der betreffenden Stelle zunächst das Zustandekommen einer Falte verhindert haben. Derartige Überschiebungsflächen sind gemäß Abb. 27 nach ihrer Entstehung selbst wieder von der Faltung betroffen worden. Jedoch können gewisse Überschiebungen auch durch eine zu starke Beanspruchung der Gebirgsschichten durch die Faltung erklärt werden, und zwar dadurch, daß gemäß Abb. 28 eine Mulden- und Sattelpartie so stark zusammengeschoben wurde, daß der beiden gemeinsame sog. „Mittelschenkel“ vollständig zerquetscht und einer mit Gesteinstrümmern ausgefüllten Kluft ähnlich geworden ist, wobei infolge der starken Knickung der Gebirgsschichten an den Faltenbiegungen ihre Widerstandsfähigkeit so beeinträchtigt worden

<sup>1)</sup> Glückauf 1894, Nr. 62, S. 1089 u. f.; Dr. Cremer: Die Überschiebungen des westfälischen Steinkohlengebirges; — ferner ebenda 1897, Nr. 20, S. 373 u. f.; Dr. Cremer: Die Sutan-Überschiebung.

ist, daß bei Fortdauer der Druckwirkung in der Faltenachse ein Riß entstehen mußte, an dem entlang sich der hangende Flügel noch weiter verschieben konnte. Für eine solche Entstehung spricht bei vielen Überschiebungen der Umstand, daß sie im Streichen in eine Faltenbildung übergehen<sup>1)</sup>.

**39. — Besondere Eigenschaften der Überschiebungen.** Aus der Entstehungsweise einer Überschiebung folgt, daß sie annähernd im Streichen verlaufen und ziemlich flach einfallen muß. Denn nur ein streichender Gebirgsriß ermöglicht die Verkürzung eines Gebirgskörpers in der Druck-

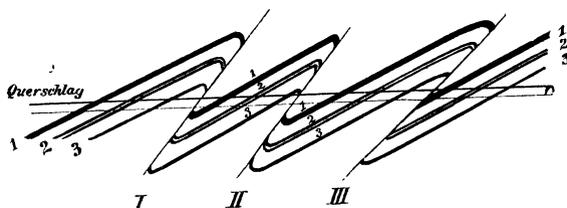


Abb. 29. Schuppenlagerung durch Zusammenwirken mehrerer Überschiebungen.

richtung, und nur bei nicht zu steiler Neigung dieses Risses kann diese Verkürzung ein ausreichendes Maß annehmen.

Nach Beobachtungen von Dr. L. Cremer schließen die Überschiebungen im Ruhrbezirk in der Regel sowohl im Streichen als auch im Einfallen einen Winkel von etwa  $15^\circ$  mit den Gebirgsschichten ein, so daß man danach annähernd die Stelle bestimmen kann, wo eine bekannte Überschiebung an anderer Stelle zu erwarten ist.

Da hiernach Überschiebungen unter der fortgesetzten Einwirkung eines gewaltigen Seitendrucks gebildet sind, so erklärt sich leicht, daß sie nicht durch eine offene Kluft, sondern lediglich durch ein stark zerriebenes, vielfach mit kleinen „Schleppungsfalten“ oder „Hakenschlägen“ durchsetztes Gesteinsmittel gekennzeichnet werden. Demgemäß bringen Überschiebungen in der Regel auch kein Wasser, wohl aber können sie, da hier ein zerrüttetes Gebirge vorliegt, schädliche Gase bergen. Der Gebirgsdruck kann wie bei den Sprüngen in der Nähe der Störung stark anwachsen. Dem Steinkohlenbergmann werden kleine Überschiebungen häufig dadurch gefährlich, daß sie durch Doppellagerung und Stauchung mächtigerer Flöze starke Anhäufungen von Kohle bilden, die dann infolge ihrer mulmigen Beschaffenheit zur Selbstentzündung neigt.

Die zeichnerische Darstellung von Überschiebungen bietet keine Schwierigkeiten, da sie wegen ihres nahezu streichenden Verlaufes im Querprofil deutlich hervortreten.

<sup>1)</sup> Wegen neuerer Anschauungen über Wesen und Entstehung der Überschiebungen s. Glückauf 1906, Nr. 22, S. 693 u. f.; Mentzel: Die Bewegungsvorgänge am Gelsenkirchener Sattel; — ferner ebenda 1910, Nr. 6, S. 203 u. f.; Lachmann: Überschiebungen und listrische Flächen im westfälischen Karbon; — ferner ebenda 1910, Nr. 43, S. 1693 u. f.; Lachmann: Das Faltungsproblem des westfälischen Steinkohlengebirges; — ebenda 1920, Nr. 2, S. 21 u. f.; Lehmann: Das tektonische Bild des rheinisch-westfälischen Steinkohlengebirges-

Treten Überschiebungen gruppenweise auf, so haben sie eine sog. „Schuppenlagerung“ des Gebirges zur Folge, d. h. das Gebirge wird in eine Anzahl dachziegelartig übereinander geschobener Schollen zerlegt. Die querschlägige Durchörterung eines solchen Störungsgebietes trifft die Schichten in der Reihenfolge 1 2 3, 1 2 3 (Abb. 29) an, während bei der Durchörterung von Faltungen sich die Reihenfolge 1 2 3, 3 2 1, 1 2 3 ergibt.

40. — **Beispiele größerer Überschiebungen.** Ihrer Entstehung entsprechend treten Überschiebungen in stärkster Ausbildung dort auf, wo der Seitenschub sehr stark gewesen ist und infolgedessen auch eine weitgehende Faltung stattgefunden hat. So wird das südliche Gebiet des Ruhrkohlenbeckens von wesentlich stärkeren derartigen Störungen durchsetzt als dessen nördlicher Teil. Die ersteren Überschiebungen müssen ihrerseits wieder zurücktreten gegenüber der Hauptstörung des noch stärker gefalteten belgischen Steinkohlengebirges, nämlich der großen Südüberschiebung „faille du midi“, die auf eine Erstreckung von etwa 380 km von Nordfrankreich durch Belgien in das Aachener Steinkohlenbecken verfolgt worden ist und an der entlang Schichten von devonischem, teilweise sogar silurischem (s. S. 12) Alter in gleiche Höhe mit denjenigen des Oberkarbons geschoben worden sind; daraus ergibt sich stellenweise eine flache Schublänge von etwa 3000—4000 m. Noch stärkere Überschiebungen treten in dem durch gewaltige Faltungsvorgänge emporgewölbten Alpengebirge auf, wo neuere Forscher stellenweise Überschiebungen mit einer Bewegung von vielen Kilometern Länge festgestellt haben. — Im übrigen kann bei Überschiebungen ebenso wie bei den Sprüngen das Bewegungsmaß in den weitesten Grenzen schwanken und bis auf wenige Zentimeter herabgehen.

41. — **Unterschiede zwischen Sprüngen und Überschiebungen.** Einen Überblick über die Unterschiede zwischen Sprüngen und Überschiebungen gibt folgende Zusammenstellung:

	Entstehung	Einfallen	Streichen	Ausfüllung	Wasserführung	Im Hangenden der Kluff liegen in gleicher Höhenlage
<b>Sprünge</b>	durch Zerrung (Streckung der Erdoberfläche)	steil	vom Schichtstreichen unabhängig	Gesteinstrümmer, Kristallkrusten, Erze	vielfach bedeutend	jüngere Schichten
<b>Überschiebungen</b>	durch Pressung (Verkürzung der Erdoberfläche)	etwas steiler als das des Gebirges	dem Schichtstreichen nahezu gleichlaufend	zerriebenes Mineral u. Nebengestein	meist spärlich	ältere Schichten

### 3. Verschiebungen.

42. — **Wesen, Entstehung und Eigenschaften der Verschiebungen.** Mit dem Namen „Verschiebungen“ bezeichnen wir Gebirgstörungen, an denen entlang eine söhligeliche oder nahezu söhligeliche Bewegung eines Gebirgstoteles statt-

gefunden hat. Die Verschiebungskluft kann nahezu streichend verlaufen und sehr flach einfallen (Abb. 30 u. 31) oder bei steilem Einfallen einen mehr oder weniger querschlägigen Verlauf nehmen (Abb. 32 u. 33). Störungen der ersteren Art, die auch wohl als „widersinnige Überschiebungen“ bezeichnet werden, treten seltener auf. Der in Abb. 31 als Beispiel dargestellte „grand transport“ im Borinage (Belgien) hat eine Verschiebung der Gebirgsmassen um 100–140 m gegeneinander bewirkt.

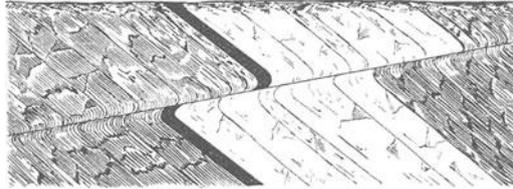


Abb. 30. Profil einer annähernd streichenden Verschiebung.

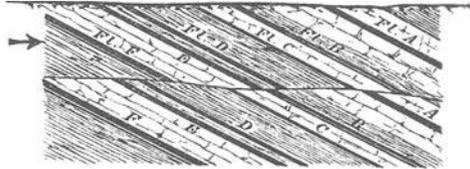


Abb. 31. Profil durch die „grand-transport“-Verschiebung. Nach Demanet.

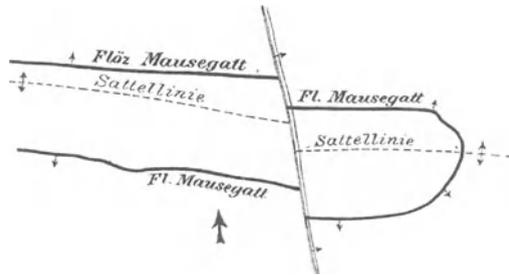


Abb. 32. Grundriß der Verschiebung von Zeche „Schleswig“ bei Dortmund.

Die querschlägigen Verschiebungen werden von E. Sueß nach einem österreichischen Bergmannsausdruck als „Blätter“ bezeichnet. Bei geneigten Gebirgsschichten haben sie aus demselben Grunde, aus dem sich bei Sprüngen eine scheinbare söhlige Verschiebung als Folge des Seigerverwurfs ergibt, eine scheinbare Seigerverschiebung zur Folge. So könnte nach der Lage der getrennten Schichtteile in Abb. 19 auf S. 24 ebensogut eine söhlige Verschiebung von *c* nach *x* wie ein Seigerverwurf von *b* nach *x* angenommen werden. Es ist daher, falls nicht deutliche Schleppungserscheinungen, also Umbiegungen der Schichten in söhliger Richtung, vorliegen, nicht immer ohne weiteres zu entscheiden, ob man es mit einer Verschiebung zu tun hat. Wohl aber kann man in Faltengebieten diese Störungen als solche erkennen. So z. B. ist die Störung in dem Grundriß nach Abb. 32 eine

Verschiebung, weil die beiden Teile des gestörten Sattels die gleiche Breite haben, was bei einem Sprunge nicht möglich wäre, und überdies beide Flügel trotz entgegengesetzten Einfallens in demselben Sinne verschoben erscheinen.

Die Entstehung der Verschiebungen ist darauf zurückzuführen, daß die verschiedenen Gebirgsteile einem söhligem Seitendruck ungleichen Widerstand entgegengesetzten und deshalb in der Druckrichtung zerrissen und selbständig bewegt und so gegeneinander verschoben werden konnten. Eine derartige Druckwirkung konnte während oder nach der Faltung entstehen. Der erstere Fall ist häufiger und einfacher zu erklären. Verschiebungen dieser Art sind dadurch kenntlich, daß die Falten auf beiden Seiten der Kluft verschiedenartig ausgebildet sind (Abb. 33), weil infolge des Trennungsrisses beide Gebirgskörper verschieden bewegt werden konnten. Als Beispiel sei die im Ruhrbezirk in der Gegend von Langendreer auftretende „Wiesermühlenstörung“<sup>(1)</sup> genannt, auf deren beiden Seiten dieselben Flözgruppen in ganz verschiedener Faltenausbildung aufgeschlossen sind.

Im übrigen zeigen die Verschiebungen annähernd dieselben Eigenschaften wie die Sprünge. Auch kann an Verschiebungsflächen später ein Absinken von Gebirgsschollen erfolgen, so daß die Verschiebung dann in einen Sprung übergeht. Im Ruhrbezirk ist allerdings das Bewegungsmaß und die streichende Erstreckung der Verschiebungen geringer als bei den Sprüngen. Die größte hier bis jetzt beobachtete Verschiebung, die durch die Zechen Kurl und Massen bei Dortmund bekannt geworden ist, hat man auf etwa 5 km Länge bei einer söhligem Verschiebung von 400—500 m aufgeschlossen<sup>1)</sup>.

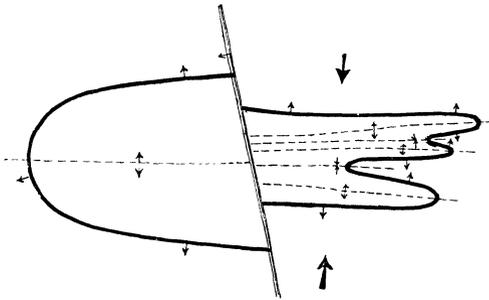


Abb. 33. Grundriß einer vor oder während der Faltung entstandenen Verschiebung.

### c) Die betriebliche Bedeutung der Lageveränderungen für den Bergbau.

43. — **Gebirgsbewegungen und Wert der Grubenfelder.** Die verschiedenartigen Gebirgsbewegungen haben die Mineralführung der Grubenfelder in der mannigfaltigsten Weise beeinflußt und teilweise scharfe Unterschiede hinsichtlich des Wertes der Felder geschaffen. Besonders deutlich tritt dieses Verhältnis im Steinkohlenbergbau hervor. Der Zusammenschub der Schichten durch die Faltung bedeutet im allgemeinen in einem flözreichen Gebirgsmittel eine Erhöhung des Kohlenreichtums. Den Einfluß von Überschiebungen mit ihrer „Doppellagerung“ zeigt Abb. 34. Das Grubenfeld hat hier infolge einer Überschiebung eine wertvolle Flözfolge in geringer Tiefe zweimal zu erwarten. Umgekehrt wird eine Grube in deren Feld ein

<sup>1)</sup> Sammelwerk Bd. I, S. 154. — Jedoch streitet Dr. Lehmann in dem auf S. 30 am Schluß von Anm.<sup>1)</sup> angeführten Aufsatz (S. 27 daselbst) dieser Störung die Eigenschaft einer Verschiebung ab und führt seinerseits als gutes Beispiel die Verschiebung von Zeche Trappe mit rund 500 m Bewegung an.

flözleeres oder flözarmes Mittel doppelt auftritt, stark benachteiligt. Die Bedeutung von Sprüngen zeigt sich namentlich bei Horst- und Grabenver-

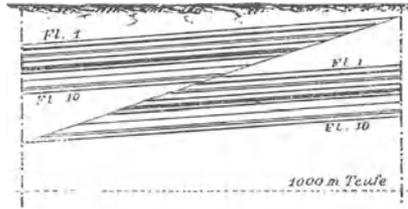


Abb. 34. Erhöhung des Mineralreichtums durch Doppellagerung.

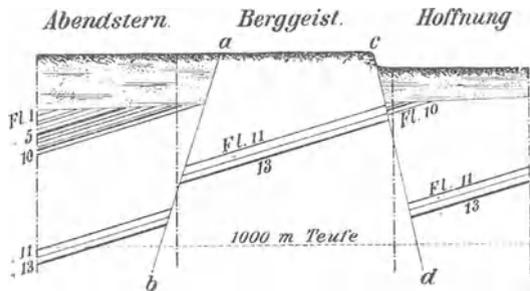


Abb. 35. Beeinflussung des Mineralreichtums durch Verwerfungen.

werfungen. Ein Beispiel gibt Abb. 35, die auch die Beeinflussung der Deckgebirgsverhältnisse durch Verwerfungen erkennen läßt. Die auf dem Horste bauende Grube „Berggeist“ hat in ihrem Felde nur noch ein flözarmes Gebirgsmittel und ist dadurch in der Flözführung erheblich benachteiligt gegenüber der Nachbargrube „Abendstern“, in deren Felde die flözreiche Gruppe durch Absinken an der Kluft entlang erhalten geblieben ist. Dafür ist allerdings hinsichtlich der Deckgebirgsverhältnisse die Grube „Berggeist“ wieder im Vorteil, da außer der reichen Flözgruppe auch das Deckgebirge in ihrem Felde wieder abgetragen worden ist. Besonders ungünstig liegen die Verhältnisse im Felde der Grube „Hoffnung“. Hier ist der Verwurf an der Kluft *cd* erst nach Zerstörung des größten Teiles der reichen Flözgruppe eingetreten und hat dem Meere Zutritt in dies Gebiet verschafft, so daß die hier fast ausschließlich noch in Betracht kommende und ohnehin erst in großer Tiefe zu erwartende kleine Flözgruppe *II—III* erst nach Durchteufung eines rund 150 m mächtigen Deckgebirges erreicht werden kann.

## II. Lagerstättenlehre.

### Allgemeiner Teil.

44. — Einteilung der Lagerstätten. Die Lagerstätten können nach verschiedenen Gesichtspunkten, z. B. nach ihrer Entstehungsweise, nach ihrer äußeren, für die bergmännische Gewinnung bestimmenden Gestalt oder nach den nutzbaren Mineralien, die sie enthalten, unterschieden werden.

Die Entstehungsweise ist gleichzeitig maßgebend für die Beziehungen zwischen Lagerstätte und Nebengestein nach Alter und Lagerung. Allgemein können<sup>1)</sup> die Lagerstätten zunächst eingeteilt werden in solche, die gleichzeitig oder annähernd gleichzeitig mit dem Nebengestein gebildet worden sind (syngenetische Lagerstätten), und in solche, die später als das Nebengestein entstanden sind (epigenetische Lagerstätten).

Die syngenetischen Lagerstätten umfassen folgende Hauptgruppen:

1. Magmatische (Schmelzfluß-)Ausscheidungen. Sie entstanden im Gefolge vulkanischer Vorgänge, indem aus Schmelzflüssen, die in der flüssigen Gesteinsmasse Metallverbindungen enthielten, diese sich beim Erkalten absonderten und ansammelten.

2. Geschichtete Lagerstätten, d. h. solche, die durch Absatz von irgendwelchen Ablagerungen nutzbarer Mineralien entstanden, also auf ihrem Liegenden abgelagert und später von ihrem Hangenden wieder bedeckt worden sind.

3. Seifen<sup>2)</sup>. Sie wurden durch die zerstörende und wieder ablagernde Wirkung eines Gebirgswassers oder auch der Meeresbrandung gebildet, indem bereits vorhandene Lagerstätten nebst ihrem Nebengestein angegriffen und zernagt und Mineral sowohl wie Gestein in größeren und kleineren Bruchstücken als Gerölle fortgeführt und an ruhigeren Stellen in kies- oder sandartiger Form wieder abgelagert wurden.

Zu den epigenetischen Lagerstätten gehören:

1. Hohlräumausfüllungen (besonders die Erzgänge), dadurch gebildet, daß Wasser oder heiße Dämpfe und Gase Spalten und sonstige Hohlräume im Gebirge, in denen sie sich bewegten, mit Mineralausscheidungen der verschiedensten Art ganz oder teilweise ausgekleidet haben.

2. Berührungs- (Kontakt-)Lagerstätten, entstanden durch die Einwirkung der von schmelzflüssigen Eruptivgesteinen ausgehenden Wärmewirkungen im Verein mit Gasen und heißen mineralhaltigen Wassern auf anstehendes Gestein. Hierdurch bildeten sich sowohl entlang der Berührungsfläche (dem „Kontakt“) zwischen den beiden Gesteinsarten als auch in der weiteren Umgebung Erzausscheidungen verschiedenster Art.

3. Metasomatische oder Austausch-Lagerstätten. Diese sind dadurch entstanden zu denken, daß Minerallösungen, die durch irgendwelche Spalten Eingang in das Gebirge fanden, dieses im Wege des Austausches durch Metall- und sonstige Mineralverbindungen mehr oder weniger zersetzt haben, so daß die Metallverbindungen nunmehr größtenteils den Gebirgskörper bilden, während die durch sie verdrängten Verbindungen vom Wasser in Lösung fortgeführt wurden. Derartige Lagerstätten kommen hauptsächlich in dem verhältnismäßig leichtlöslichen Kalkgebirge vor.

4. Tränkungs- (Imprägnations-)Lagerstätten, dadurch gebildet, daß Wasser oder heiße Dämpfe, die mit Metallverbindungen beladen waren, in poröse Gebirgsschichten eingedrungen sind und die Poren mit diesen

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. Beyschlag, Krusch und Vogt: Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine, (Stuttgart, Enke), 1910, I. Band (Erzlagerstätten), S. 13 u. f.

<sup>2)</sup> „Seife“ ist nichts anderes als die westfälische Bezeichnung „Siepen“ für ein ausgetrocknetes Bach- oder Flußtal.

Verbindungen angefüllt (das Gestein „imprägniert“) haben. Solche Lagerstätten sind vorzugsweise an Sand- und Sandsteinschichten gebunden. In diese Gruppe gehören auch die dem Ruhrkohlenbergmann geläufigen Konkretionen, die man sich dadurch entstanden denkt, daß die Metalllösungen nicht gleichmäßig alle Poren durchsetzten, sondern ihre Verbindungen an einzelnen Stellen ablagerten, die besonders günstige Bedingungen dazu boten, insbesondere um Pflanzen- und Tierreste herum. Bekannt sind namentlich die Toneisenstein-Konkretionen (Sphärosiderite). Auch die Petroleumsande im Elsaß, in der Lüneburger Heide und anderswo sind zu den Tränklagerstätten zu rechnen.

Aus diesen verschiedenen Entstehungsvorgängen ergeben sich auch verschiedene äußere Begrenzungen der Lagerstätten. Ebenso ist dadurch auch in gewissem Umfange eine Verschiedenheit der Mineralführung bedingt, da z. B. ein Salzvorkommen niemals durch einen vulkanischen Ausbruch, eine Kohlenlagerstätte niemals als Gang gebildet werden konnte. Faßt man alle diese Gesichtspunkte zusammen, so ergibt sich etwa die nebenstehende Übersicht.

Bezüglich der Mineralführung der Lagerstätten sei noch zusammenfassend bemerkt, daß der Bergmann unterscheidet:

1. Lagerstätten mineralischer Brennstoffe (Stein- und Braunkohle, Erdöl),
2. Lagerstätten von Erzen, d. h. Verbindungen der Metalle, aus denen sich diese erschmelzen lassen,
3. Lagerstätten wasserlöslicher Salze (Steinsalz und Kalisalze verschiedener Zusammensetzung) und
4. Lagerstätten von Mineralien, die verschiedenartigen Verwendungszwecken dienen, wie Asphalt, Glimmer, Asbest, Grafit, Diamanten und Halbedelsteine (Topas, Rubin, Smaragd, Beryll, Granat, Türkis usw.), Meerscham, Bernstein.

### **A. Besprechung der Lagerstätten nach ihrer äußeren Begrenzung<sup>1)</sup>.**

45. — **Flöze.** Unter einem Flöz verstehen wir eine syngenetische Lagerstätte in geschichtetem Gebirge, die eine im Verhältnis zur Länge und Breite geringe Dicke, d. h. eine im Verhältnis zur Flächenausdehnung sehr geringe Mächtigkeit besitzt und sich durch nahezu gleichlaufende Begrenzungsflächen auszeichnet. Als Beispiel für die Größe der Flächenerstreckung im Verhältnis zur Flözstärke sei das Flöz Mausegatt des Ruhrkohlenbezirks genannt, das sich bei einer Mächtigkeit von 1 bis 2 m über eine Fläche von mindestens 2000 qkm (die Falten eingeebnet gedacht) erstreckt, so daß es verglichen werden kann mit einem Blatte feinsten Seidenpapiers ( $\frac{1}{40}$  mm stark), das sich über eine Fläche von etwa 5 m Breite und 7 m Länge ausbreitet. Was die Gleichförmigkeit betrifft, so ist diese allerdings im strengsten Sinne nur ganz ausnahmsweise vorhanden; jedoch verschwinden die örtlichen Schwankungen in der Mächtigkeit vollkommen gegenüber der großen Flächenerstreckung.

<sup>1)</sup> Die Unterscheidung der Lagerstätten nach ihrer Gestalt ist nicht scharf. Die hier gegebene Einteilung beruht auf dem alten bergmännischen Sprachgebrauch; vgl. im einzelnen Veith: Deutsches Bergwörterbuch (Breslau, Korn), 1870.

### Überblick über die wichtigsten Arten der Lagerstätten.

	Bezeichnung der Lagerstätten nach der Entstehung	Bergmännische Benennung nach der Gestalt der Lagerstätten	Inhalt der Lagerstätte an nutzbaren Mineralien	Altersverhältnis zwischen Nebengestein und Lagerstätte. Diese ist
syngenetische Lagerstätten	1. Schmelzfluß-Ausscheidungen	Stöcke, Butzen, Nester	vorwiegend Magneteisenerz und Magnetkies	gleichalterig mit dem Nebengestein
	2 Geschichtete Lagerstätten	Flöze, Lager, Linsen	Stein- u. Braunkohle, Salze aller Art, verschiedene Erze	jünger als ihr Liegendes, älter als ihr Hangendes
	3. Seifen	Seifen	Platin, Gold, Zinnstein, Edelmetalle, Halbedelmetalle, Magneteisenerz, seltene Erden	jünger als ihr Liegendes, älter als ihr Hangendes
epigenetische Lagerstätten	1. Hohlräumausfüllungen	Lager, Gänge, Stockwerke, Stöcke, Butzen, Nester	Erze aller Art	jünger als das Nebengestein
	2. Berührungs- (Kontakt-) Lagerstätten	Lager, Stöcke, Butzen, Nester	Erze aller Art	gleichalterig mit dem Eruptivgestein, jünger als das anstehende Gebirge
	3. Austausch- (metasomatische) Lagerstätten	Stöcke, Stockwerke, Butzen, Nester	Erze aller Art	jünger als das Nebengestein
	4. Tränkungs- (Imprägnations-) Lagerstätten	Stöcke, Butzen, Nester, Lager, Flöze, Konkretionen	Erze aller Art, Salze, Erdöl	jünger als das Nebengestein

Das Einfallen der Flöze kann ganz verschieden sein, da die ursprüngliche, söhliche oder doch nur schwach geneigte Lage in vielen Gegenden im Laufe der Zeit durch die gebirgsbildenden Kräfte in der mannigfachsten Weise geändert worden ist.

Beispiele von Flözlagerstätten bieten die Stein- und Braunkohlenflöze aller Himmelstriche, das seit Jahrhunderten bekannte und gebaute Mansfelder Kupferschieferflöz, die goldführenden Konglomeratflöze Transvaals u. a.

46. — Lager<sup>1)</sup>). Als Lager bezeichnet man geschichtete Lagerstätten,

<sup>1)</sup> Über die Bedeutung des Wortes nach dem bergmännischen Sprachgebrauch vgl. z. B. Lottner: Leitfaden zur Bergbaukunde, (Berlin, Springer), 2. Aufl., 1873, Bd. I, S. 23.

die ihrer Entstehung und ihrem Verhalten nach den Flözen nahestehen, sich von diesen aber durch eine im Verhältnis zur Mächtigkeit geringe Flächenausdehnung und durch eine unregelmäßige, meist nach den Seiten hin sich „auskeilende“ Gestalt unterscheiden (vgl. Abb. 36 u. 37). Ihre

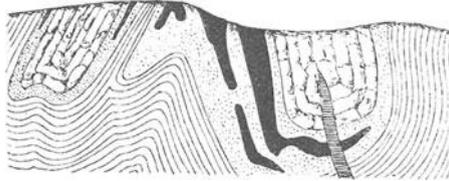


Abb. 36. Schwedisches Eisenerzlager (schwarz). Nach Beck.

Abb. 37. Schematisches Profil durch einen Teil der Minette-Ablagerungen.  
Nach van Werveke.

Mächtigkeit kann unter Umständen außerordentlich groß werden; so finden wir z. B. bei den deutschen Stein- und Kalisalzlagern Mächtigkeiten bis zu etwa 500 m.

Wie die Flöze können auch die Lager, durch spätere Gebirgsbewegungen aus ihrer ursprünglich söhligigen Lage aufgerichtet, ein ganz verschiedenes Einfallen haben, so daß z. B. das altberühmte Kupfer- und Bleierzlager des Rammelsberges bei Goslar sogar überkippt liegt (vgl. auch Abb. 36 links).

Als Lager sind außer den bereits genannten Salz- und Erzlagerstätten u. a. anzusprechen die überaus reichen schwedisch-norwegischen Magnetiseisenvorkommen (Abb. 36). Im übrigen läßt sich zwischen Flözen und Lagern vielfach keine scharfe Grenzlinie ziehen, da auch die ersteren nicht auf beliebige Erstreckungen ihre regelmäßige Gestalt beibehalten und auch oft große Mächtigkeiten zeigen. Braunkohlenlagerstätten z. B. kann man häufig sowohl den Flözen als auch den Lagern zurechnen. Auch für die reichen Brauneisenstein- („Minette-“) Ablagerungen Lothringens (Abb. 37) lassen sich beide Bezeichnungen rechtfertigen. Von den Steinkohlenvorkommen können vielfach diejenigen als Lager bezeichnet werden, deren Grundstoffe nicht an Ort und Stelle gebildet, sondern durch Zusammenschwemmung angehäuft worden sind (vgl. Ziff. 58).

**47. — Gänge.** Die Gänge sind epigenetische Lagerstätten, entstanden durch Ausfüllung von Klüften, wie sie durch die gebirgsbildenden Vorgänge aufgerissen wurden. Die Ausfüllung kann durch kalte oder warme, von oben niederfallende oder von unten aufsteigende Gebirgswasser oder auch durch heiße, aus dem Erdinnern aufsteigende Dämpfe erfolgt und vollständig oder unvollständig sein. Bei den für den Bergmann wichtigsten

Gängen, den Erzgängen, sind Erze aller Art an der Ausfüllung in verschiedenem Grade beteiligt. Die Gänge können also, bildlich gesprochen, mit mehr oder weniger ausgeheilten und vernarbten Wunden der Erdrinde verglichen werden.



Abb. 38. Idealprofil eines Erzganges.

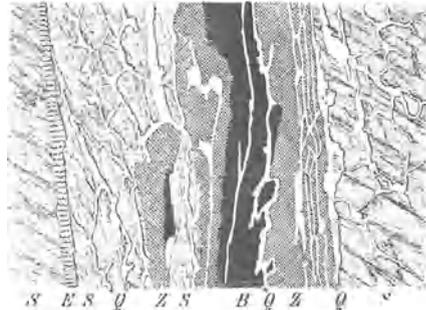


Abb. 39. Firstenstoß in einem zusammengesetzten Erzgang. *S* Nebengestein, *B* Lettenbesteg, *Q* Quarz, *B* Bleiglanz, *Z* Zinkblende.

Verschiedentlich hat man, entsprechend dem Harzer Bergmannspruch „es wachse das Erz!“, den Vorgang der Erzabscheidung in Gangspalten noch jetzt verfolgen können.

Gemäß ihrer Entstehungsweise zeigen die Gänge die folgenden Eigentümlichkeiten:

Ihr Verlauf und ihre Begrenzung ist vollkommen unregelmäßig, indem das Gestein je nach seiner größeren oder geringeren Widerstandsfähigkeit, Härte, Sprödigkeit usw. mehr oder weniger weit entweder glatt oder durch ein Netz von Spalten aufgerissen worden ist. Daher kann der Hauptriß, ähnlich wie die Setzrisse in Häusern, mehr oder weniger abgelenkt, zerteilt oder von Nebenrissen begleitet werden, so daß bald eine einzige breite oder schmale Kluft, bald an deren Stelle ein Netz von schmalen Spalten auftritt, bald Seitenklüfte (Trümmer) von der Hauptspalte ausgehen, die ihrerseits als „Bogentrümmer“ sich weiterhin wieder mit der Kluft vereinigen („scharen“) oder als „Diagonaltrümmer“ die Verbindung mit einem Nachbargang herstellen können usw. (s. Abb. 38). Nach diesem verschiedenen Verhalten unterscheidet man „einfache Gänge“ (Abb. 38), d. h. Ausfüllungen einfacher, glatter Gebirgspalten, und „zusammengesetzte Gänge“ (Abb. 39, die gleichzeitig ein Bild der Ausfüllung gibt), bestehend aus einem vollständigen Netz von erzführenden Klüften, die mehr oder weniger große und mehr oder weniger zertrümmerte Teile des Nebengesteins zwischen sich einschließen. Die ersteren finden ihr Gegenstück in den einfachen Störungsklüften, die letzteren in den breiten „Störungszonen“ des Flözbergbaues. Während die einfachen Gänge deutliche Begrenzungsflächen („Salbänder“) aufweisen, findet man solche bei zusammengesetzten Gängen nur an einer

Seite oder gar nicht, indem es nach einer Seite oder nach beiden Seiten hin der Willkür des einzelnen Beurteilers überlassen bleibt, welche der vielen Teilklüfte er als Grenzklüfte des ganzen Ganges auffassen will. — Die Salbänder sind häufig durch „Lettenbestege“ gekennzeichnet.

Ferner ist das Einfallen der Gänge in der Regel steil, entsprechend dem steilen Einfallen der Gebirgspalten (vgl. Ziff. 34).

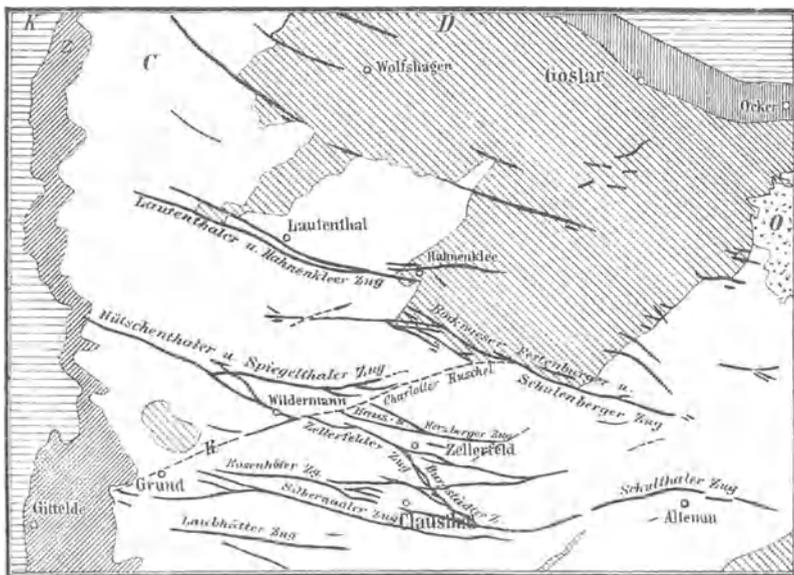


Abb. 40. Gangkärthen des Oberharzes<sup>1)</sup>. Nach Klockmann. C Kulm, D Devon, Z Zechstein, R faule Ruscheln.

Das Alter der Gänge ist verhältnismäßig gering, da ja schon die Spalten selbst bedeutend jünger sein müssen als die umgebenden Gebirgsschichten, die Ausfüllungsmassen der Spalten aber meist wiederum, und zwar vielfach erheblich, jünger sind als diese selbst. Wie die gewöhnlichen Gebirgsklüfte können auch die Gänge ein ganz verschiedenartiges Streichen haben; jedoch ist das Streichen der Gänge einer und derselben Gegend vielfach gleichmäßig, wie z. B. die Darstellung der Gangzüge des Oberharzes in Abb. 40 deutlich erkennen läßt.

Gänge finden wir überall, wo die gebirgsbildenden Kräfte sich haben entfalten können. Als deutsche Gangbergbaugebiete seien genannt: Der Harz (Clausthal, Grund, St. Andreasberg), das sächsische Erzgebirge (Freiberg, Annaberg), Nassau und das Siegerland<sup>2)</sup>, das südlich an den Ruhrbezirk anschließende Gebiet von Velbert, Selbeck, Lintorf, die nördliche Eifel (vgl. auch die Zusammenstellung auf S. 12).

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1899, S. 135; Gebhardt: Beiträge zur Kenntnis der Beziehungen zwischen Erzgängen und faulen Ruscheln des nordwestlichen Oberharzes (Taf. IV, Fig. 1)

<sup>2)</sup> Vgl. die ausführliche Darstellung bei Bornhardt: Über die Gangverhältnisse des Siegerlandes und seiner Umgebung, (Berlin, Geolog. Landesanstalt), 1912.

48. — **Stöcke, Butzen, Linsen, Nester.** Als **Stöcke** (Abb. 40—43) bezeichnet der Bergmann mehr oder weniger große, unregelmäßige, meist un- deutlich begrenzte Gebirgskörper, die nutzbare Mineralien enthalten. Der- artige Mineralvorkommen können, wie die Übersicht auf S. 37 zeigt, sowohl zu den syngenetischen (Abb. 42) als auch zu den epigenetischen Lagerstätten (Abb. 41, 43 und 44) gehören.

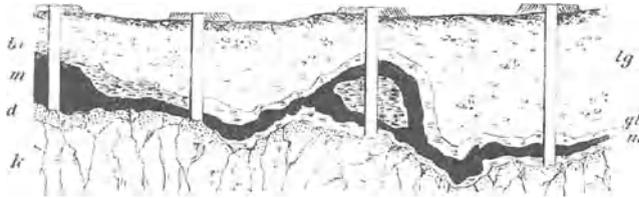


Abb. 41. Stockförmige nassauische Manganerzlagerstätten (epigenetisch). Nach Riemann. *m* Erz, *k* Kalkstein, *d* Dolomit, *t* Ton, *gl* Letten, *tg* Letten mit Geschieben.

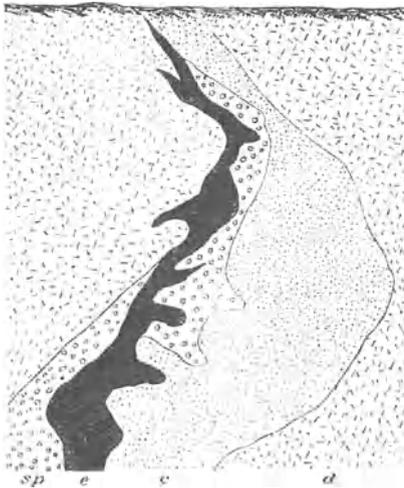


Abb. 42. Kupfererzstock von Monte Catini in Toskana (syngenetisch). Nach G. vom Rath. *e* Erz, *sp* Serpentin, *c* Konglomerat, *d* Diabas.



Abb. 43. Stockförmiges schweizerisches Brauneisenerzvorkommen (epigenetisch). Nach Greßly. *e* Erz, *t* Ton, *k* Kalk, *b* Kalktrümmer.

Stöcke der letzteren Art finden sich aus dem auf S. 35 genannten Grunde vorzugsweise in dem leicht zersetzbaren Kalkgebirge, und zwar treten sie teils mitten im Kalkstein (Abb. 43), teils an der Grenze zwischen diesem und den benachbarten Gebirgsschichten (Abb. 41) auf.

Untergeordnet können Stöcke auch durch nachträgliche Zusammenstauchung von Flözen oder Lagern infolge seitlichen Gebirgsschubes entstanden sein (Salzstöcke in Norddeutschland, vgl. auch Abb. 47 auf S. 43).

Unter Butzen, Linsen und Nestern versteht man Stöcke von geringem Umfange (Abb. 44).

Beispiele für Erzstöcke bieten außer den Abbildungen die Zinkerzlagerstätten (im Kalkstein) von Altenberg bei Aachen, Beuthen in Ober-

schlesien, Raibl in Kärnten u. a. Butzen, Linsen und Nester sind u. a. viele kleine Eisen- und Manganerzlagerstätten in Nassau und Hessen.



Abb. 44. Eisenerz-Lager, -Stöcke und -Nester auf Elba (epigenetisch). Nach Fabri. *e* Erz, *dk* dolomitischer Kalkstein, *gl* Glimmerschiefer, *kes* Kalk-Eisen-Silikatgestein.

**49. — Stockwerke.** Stockwerke sind massige Gesteinstöcke, die netzartig von zahllosen Erzgängen durchschwärmt sind, von denen aus auch die zwischenliegenden Gebirgsmittel mit Erzen durchsetzt sind, so daß die ganze Masse abbauwürdig wird und eine Lagerstätte entsteht, die gegen das Nebengestein nicht scharf abgegrenzt und einem zusammengesetzten Erzgange ähnlich ist.

Die bekanntesten Stockwerke sind die Zinnerzlagerstätten im sächsischen Erzgebirge, teils auf deutschem, teils auf böhmischem Gebiet.

**50. — Seifen.** Die Seifen können nach ihrer auf S. 35 geschilderten Entstehungsweise auch als „Trümmerlagerstätten“ bezeichnet werden. Daß die nutzbaren Mineralien, trotzdem sie vom Wasser gleichzeitig mit den Trümmern des Nebengesteins fortgeführt wurden, sich von diesem absondern und zu regelrechten Lagerstätten zusammengeschwemmt werden konnten, erklärt sich daraus, daß während des Wassertransportes durch Fortführung der leichten (tauben) und Zurücklassung der schweren (erzhaltigen) Trümmerstücke

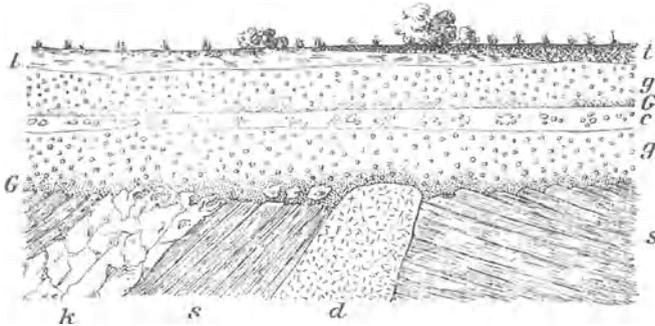


Abb. 45. Idealer Längsschnitt durch eine Goldseife. Nach Beck. *G* Gold, *s* Schiefer, *k* Kalkstein, *d* Eruptivgestein, *g* Kies, *c* Geröll, *l* Lehm, *t* Torf.

gleichzeitig eine natürliche Aufbereitung stattfand. Entsprechend dieser Entstehungsweise ist der Gehalt der Seifen an nutzbaren Mineralien auf solche beschränkt, die diese raue Behandlung ertragen konnten, d. h. die (wie Diamanten und Halbedelsteine) hart genug waren, um der Zermahlung zu Schlamm zu entgehen, oder (wie Gold, Platin, Zinnstein und gewisse Eisenerze) schwer genug, um sich frühzeitig abzusetzen.

Man bezeichnet die Seifen folgerichtig auch als „sekundäre“ („aus zweiter Hand gebildete“) Lagerstätten.

Als bekannte Beispiele von Seifen seien hier vor allem genannt die Goldseifen Kaliforniens und Alaskas (Klondyke), die Gold- und Platinseifen des Uralgebirges sowie die Zinnseifen Cornwalls und der ostindischen Inseln Banka und Billiton. Auch die südwestafrikanischen Diamantvorkommen sind als Seifen gedeutet worden. Sie haben mit anderen Diamantlagerstätten, die als Seifen aufzufassen sind (z. B. brasilianischen), die meist geringe und gleichmäßige Größe der Steine gemeinsam, die auf einen Wassertransport hinzudeuten scheint. In den meisten Flüssen bilden sich noch heute vor unseren Augen Seifen, da der Flußsand fast immer goldhaltig ist und in früheren Zeiten in Deutschland (wie noch jetzt in verschiedenen tropischen Ländern) verschiedentlich auf Gold verarbeitet worden ist.

## B. Unregelmäßigkeiten im Verhalten der Lagerstätten.

51. — Wechsel in der Mächtigkeit. Eine sehr häufige Erscheinung ist der namentlich in Kohlenflözen zu beobachtende Wechsel der Mächtigkeit, indem das Flöz bald (Abb. 46) „verdrückt“ erscheint, bald „sich wieder auf-tut“, bald auch „Stöcke“ oder „Säcke“ von ungewöhnlicher Mächtigkeit bildet (vgl. Abb. 47). Eine Lagerung, die einen ziemlich regelmäßigen Wechsel



Abb. 46. Verdrückung.

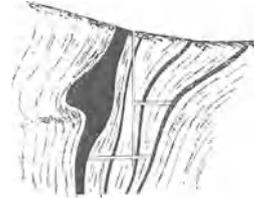


Abb. 47. Die „grande masse“ von Ricamarie bei St. Etienne. Nach Burat.

von Verdrückungen und Anschwellungen zeigt, wird in Nordfrankreich und Belgien, wo sie vielfach beobachtet ist, als „Rosenkranz-Lagerung“ bezeichnet<sup>1)</sup>. Verschwindet eine Lagerstätte vollständig, ohne daß eine Verwerfung vorliegt, so sagt man: „sie keilt sich aus“; vielfach leitet aber in solchen Fällen noch ein Lettenbesteg zu der Fortsetzung der Lagerstätte hin-



Abb. 48. „Mauern“ in Kohlenflözen. Nach Prietze<sup>2)</sup>.

über. Im Saarbezirk ist verschiedentlich das Auftreten von Tonkeilen, sog. „Mauern“, in den Flözen beobachtet worden (Abb. 48). Ähnliche Erschei-

<sup>1)</sup> Demanet: Betrieb der Steinkohlenbergwerke, Übersetzung von Kohlmann u. Grahn, (Braunschweig, Vieweg), 1905, S. 35.

<sup>2)</sup> Der Steinkohlenbergbau d. Preuß. Staat. in der Umgebung von Saarbrücken, (Berlin, Springer), 1904, I. Teil, S. 61.

nungen wie in den Lagerstätten selbst können in den sie trennenden Zwischenmitteln auftreten. Dadurch können dann benachbarte Lagerstätten, die in einer Gegend durch ein starkes Zwischenmittel getrennt sind, an anderen Stellen nahe zusammenliegen oder auch eine einzige Lagerstätte von entsprechender Mächtigkeit bilden, in der das bis auf wenige Zentimeter zusammengeschrumpfte Gesteinsmittel nur noch als dünnes „Bergmittel“ auftritt. Diese Erscheinung ist z. B. im Ruhr- und besonders im Saarbezirk häufig zu beobachten. In großem Maßstabe, nämlich bei ganzen Schichtenfolgen und auf große Erstreckungen hin, tritt sie in der Saarbrücker Fett- und Flammkohlengruppe und in Oberschlesien auf (vgl. die unten folgende Beschreibung dieser Steinkohlenbecken). Erwähnenswert sind auch die Einlagerungen von Geröllen und anderen Mineraleinschlüssen<sup>1)</sup>.

Die Entstehung dieser Unregelmäßigkeiten ist teils auf besondere örtliche Verhältnisse bei der Bildung der Lagerstätten, teils auf spätere Auswaschungs- oder Druck-(Stauchungs-)Erscheinungen zurückzuführen.

**52. — Wechsel in der Mineralführung der Flöze und Lager.** Ebenso wie die Mächtigkeit kann auch die Mineralführung der Flöze und Lager unregelmäßig sein. Kohlenflöze können stellenweise „versteinen“, flözartige Erzlagerstätten „vertauben“. Die letztere Erscheinung liegt in großem Maßstabe beim Mansfelder Kupferschieferflöz vor, das man im Westen und Nordwesten des Ruhrkohlenbezirks erzleer oder doch nur mit geringen Spuren von Kupfer<sup>2)</sup> wiedergefunden hat. Ausnahmsweise kann auch infolge von Durchbrüchen glutflüssiger Massen aus dem Erdinnern eine örtliche Verkokung der Kohle stattgefunden haben, wofür ein von einer Basaltdecke überlagertes Braunkohlenflöz des Hohen Meißner bei Kassel (Abb. 49)

Abb. 49. Braunkohlenvorkommen am Hohen Meißner bei Kassel.  
b Tertiär mit Braunkohle, B Basalt.

ein bemerkenswertes Beispiel bietet, da es bis auf 2—5 m Entfernung vom Basalt in eine mehr oder weniger koksähnliche Masse umgewandelt ist. Im Saarbezirk sind derartige Erscheinungen an den Berührungstellen zwischen Steinkohle und Melaphyr, im Mährisch-Ostrauer Steinkohlenbezirk an den Durchbruchstellen des Basalts in den Steinkohlenflözen beobachtet worden.

**53. — Unregelmäßigkeiten in Erzgängen.** Bei Erzgängen sind hier besonders die Gangablenkungen zu erwähnen, die (Abb. 50) dadurch entstanden sind, daß im Zuge der aufreißenden Gangspalte *G* eine ältere Gangspalte oder eine Schichtfuge *K* übersprungen werden mußte und infolge des hier sich bietenden geringeren Widerstandes der neue Riß auf eine mehr oder

<sup>1)</sup> Glückauf 1904, Nr. 36/37, S. 1164 u. f.; Mentzel: Beiträge zur Kenntnis der Dolomitvorkommen in Kohlenflözen. — 1909, Nr. 32, S. 1137 u. f.; Kukuk: Über Toridolomite in den Flözen der niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenablagerung.

<sup>2)</sup> Glückauf 1912, Nr. 23, S. 909; Kukuk: Über den südlichsten Zechsteinaufschluß im Deckgebirge des rechtsrheinischen Steinkohlengebirges.

weniger große Erstreckung *A* der alten Kluff *K* folgte, ehe er in der bisherigen Richtung weiterging.

Auf die übrigen Unregelmäßigkeiten im Verhalten der Gänge wurde im allgemeinen bereits in Ziff. 47 hingewiesen; im einzelnen ist noch folgendes hervorzuheben. Die Mächtigkeit eines und desselben Ganges ist je nach dem Nebengestein verschieden. In festem Gebirge wie z. B. Quarzit reißen einfache Spalten auf, die lange offen bleiben und sich mit reichen Mineralabsätzen füllen können; in mildem Nebengestein, z. B. Schiefer, „zerschlägt“ sich der Gang, d. h. er bildet ein Netz von Gangspalten, die sich bald wieder zudrücken und keinen Raum für reichhaltige Absätze bieten. Auch die Mineralführung und deren Erzgehalt stehen oft in deutlicher Abhängigkeit vom Nebengestein. Die erzreichen Mittel eines Ganges bilden vielfach säulen- oder linsenförmige Partien, sog. „Erzfälle“, in der Gangmasse, die oft bestimmten Nebengesteinschichten in ihrer Fallrichtung folgen. Besonders reich sind in der Regel die Kreuzungstellen zweier Gänge.

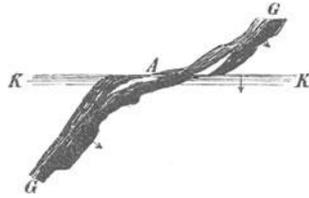


Abb. 50. Gangablenkung.

## Besonderer Teil.

### Die Steinkohle und ihre Lagerstätten<sup>1)</sup>.

#### a) Entstehung der Steinkohle und der Steinkohlenflöze.

**54. — Ausgangstoffe für die Bildung der Steinkohle.** Die Steinkohle ist in der weitaus größten Menge aus Pflanzenteilen gebildet worden. Diese Ansicht gründet sich nicht nur auf die zahllosen Stamm- und Blattabdrücke, die im Nebengestein sowohl wie in der Kohle selbst überall gefunden werden, sondern auch auf die Beschaffenheit der Kohle und auf die Beziehungen der Steinkohlen- zu Braunkohlen- und Torflagerstätten. Sie wird durch den heute noch massenhaft zu beobachtenden Übergang von Pflanzenstoffen in mehr oder weniger kohlige Bestandteile vollauf bekräftigt.

Außer aus Pflanzenresten kann in untergeordnetem Maße Steinkohle nach den Untersuchungen von Potonié<sup>2)</sup>, der sich um die Vertiefung unserer Kenntnisse auf diesem Gebiete sehr verdient gemacht hat, auch aus tierischen Stoffen gebildet worden sein. Auf dem Boden stehender Gewässer bilden sich nämlich allmählich Schlammanhäufungen („Faulschlamm“), die größtenteils aus faulenden Überresten von wasserbewohnenden Lebewesen und im übrigen aus hineingewehten Pflanzenteilen aus der Nachbarschaft, sowie aus hineingeschlammtem Ton und Sand bestehen.

**55. — Allmähliche Umbildung der Ausgangstoffe zur Kohle.** Die Zersetzung abgestorbener Pflanzenteile kann durch Verwesung oder

<sup>1)</sup> Näheres s. bei Kukuk: Unsere Kohlen (Leipzig, Teubner), 2. Aufl., 1920.

<sup>2)</sup> H. Potonié: Die Entstehung der Steinkohle usw., (Berlin, Borntraeger), 5. Aufl., 1910, S. 19 u. f., S. 51 u. f.

durch Verkohlungs<sup>1)</sup> erfolgen. Durch den Verwesungsvorgang, in dem Wasser und Luftsauerstoff vereint zur Geltung kommen, tritt eine fast vollständige Umwandlung der Pflanzenstoffe in Gase und Wasser ein, so daß keine nennenswerten Reste erhalten bleiben können. Dagegen ist die Verkohlung durch Zersetzung unter Luftabschluß gekennzeichnet, indem die abgestorbenen Pflanzenteile teils durch Wasser, teils durch frisch nachwachsende Pflanzen bedeckt und so der Einwirkung des Sauerstoffs entzogen werden. Vorbedingung für das Zustandekommen dieses Vorgangs ist sumpfiges Gelände. Daher tritt er in unseren deutschen Waldungen meist nur in geringem Maße ein. Hier fallen die oberen Laubschichten größtenteils der vollständigen Verwesung anheim; nur in den tieferen Lagen findet eine teilweise Verkohlung statt, die zur Bildung der schwarzen, kohlenstoffreichen sog. „Humuserde“ führt, deren Bestandteile aber durch Regengüsse größtenteils wieder weggeführt werden. Dagegen haben wir in unseren Torfmooren, deren sumpfiger Untergrund ausreichende Gelegenheit zur Zersetzung unter Luftabschluß bietet, noch heute die ersten Anfänge der Kohlebildung deutlich vor Augen, wenngleich die Pflanzen dieser Moore nicht denjenigen unserer Kohlenflöze (vgl. Ziff. 57) entsprechen.

Die im Untergrunde eines solchen Torfmoores vor sich gehende Verkohlung hat als wichtigstes Ergebnis eine fortgesetzte Anreicherung an Kohlenstoff zur Folge. Mit der Fernhaltung des Luftsauerstoffs beschränken sich nämlich die noch möglichen chemischen Zersetzungsvorgänge auf diejenigen, die mit den in der Pflanzenmasse selbst enthaltenen Elementen (hauptsächlich Sauerstoff und Wasserstoff) bestritten werden können, indem diese sich einerseits unter sich und andererseits mit dem Pflanzenkohlenstoff verbinden können. Dadurch entsteht zunächst Wasser ( $H_2O$ ), später im wesentlichen Kohlensäure ( $CO_2$ ); zuletzt, nach dem Verbrauch der Hauptmenge des Sauerstoffs, bilden sich die Kohlenwasserstoffverbindungen, unter denen das leichte Kohlenwasserstoffgas oder Methan ( $CH_4$ , wegen seiner Bildung in Mooren auch Sumpfgas genannt) die wichtigste ist. Die in den Pflanzen enthaltenen mineralischen Bestandteile nehmen an der Umsetzung nicht teil, bleiben also zurück und bilden später die Asche der mineralischen Brennstoffe.

Die zurückbleibenden Pflanzenteile, deren zunehmender Kohlenstoffgehalt an der dunkleren Färbung erkennbar wird, bilden sich auf diese Weise allmählich zu Torf um, der in trockenem Zustande bereits etwa 60 % Kohlenstoff enthält. Man bezeichnet die aus Pflanzenteilen gebildete Kohle als „Humuskohle“.

Der vorhin erwähnte Faulschlamm macht, da er durch das Wasser vom Luftsauerstoff abgeschlossen ist, ähnliche Wandelungen durch, wie sie eben beschrieben wurden. Nur ist, entsprechend der andersartigen chemischen Zusammensetzung, das Ergebnis ein etwas anderes. Es entsteht nämlich eine wasserstoffreichere Kohle, die sich als eine glanzlose, harte, gleichförmige Masse darstellt, viel Asche (herrührend von den Schlammbeimengungen) enthält, leicht entzündlich ist und mit leuchtender, stark rußender Flamme

<sup>1)</sup> Die Verkohlung wird wissenschaftlich auch als „Inkohlung“ bezeichnet, um anzudeuten, daß die Anreicherung des Kohlenstoffgehaltes wegen des Luftabschlusses nur durch innere Umsetzungen vor sich geht.

brennt. Eine solche Kohle wird als „Faulschlammkohle“ bezeichnet. Nach dem äußeren Aussehen nennt man diese Kohle auch „Mattkohle“, wogegen die Humuskohle durchweg als „Glanzkohle“ auftritt. Bei uns wird die Mattkohle, abgesehen von dünnen Streifen zwischen der Glanzkohle, hauptsächlich durch gewisse Kohlenlagen vertreten, die mit dem englischen Namen als „Cannelkohle“ bezeichnet werden. Sie bilden meist nur einzelne „Packen“ in Flözen und treten nur untergeordnet auch als selbständige Flöze auf.

**56. — Bildung von einzelnen Kohlenflözen.** Durch fortgesetztes Nachwachsen neuer Pflanzen verdickt sich nun die vorhin betrachtete Torfschicht fortwährend. Meereseinbrüche oder Flußhochfluten können sie dann unter einer Sand-, Kies- oder Schlammsschicht begraben, die wiederum den Boden für ein neues Torfmoor abgeben kann, während die Zersetzung der alten Torfschicht und ihre Anreicherung an Kohlenstoff fortschreitet. Auf diese Weise können sich verschiedene Kohlenlager bilden, die durch mehr oder weniger mächtige Gesteinsmittel getrennt sind.

**57. — Unterschiede zwischen jüngeren und älteren Kohlen.** Auf den Torf folgt als die nächste Stufe der Entwicklung die Braunkohle, ein braunes Mineral von etwa 70 % Kohlenstoffgehalt in trockenem Zustande, vielfach mit noch deutlich erkennbaren Pflanzenteilen, häufig mächtige Flöze oder Lager mit Sand-, Kies- oder Tonüberlagerung bildend. Je älter aber eine solche Ablagerung wurde und je mehr Deckgebirge sich darüber lagerte, um so weiter mußte die Umsetzung fortschreiten und um so mehr mußte, teils wegen des fortwährenden Stoffverlustes durch Entgasung, teils wegen der stärkeren Zusammenpressung, die Flözmächtigkeit abnehmen. So ergeben sich dann als weiteres Glied in dieser Entwicklungsreihe unsere Steinkohlenflöze; sie führen dementsprechend Kohle von 75 bis 98 % Kohlenstoffgehalt und ziemlich großer Festigkeit, haben aber nur noch verhältnismäßig geringe Mächtigkeiten.

Allerdings würden nun die gegenwärtig bekannten Braunkohlenflöze nicht in Flöze von genau derselben Beschaffenheit wie die Steinkohlenflöze umgebildet werden können, da sie aus einem wesentlich jüngeren Zeitalter der Erdgeschichte stammen. Die Pflanzenwelt hatte sich daher zur Zeit der Ablagerung dieser Braunkohle bereits erheblich weiter entwickelt und war unseren heutigen Pflanzen wesentlich ähnlicher geworden. Das kommt namentlich darin zum Ausdruck, daß in der Braunkohle außer der Humus- und Faulschlammkohle noch eine dritte Art von mineralischer Kohle auftritt, die in der Steinkohle nicht nachgewiesen werden kann. Es ist dies die aus den Wachs- und Harzausscheidungen („Bitumen“) der Pflanzen herührende und daher „bituminös“ genannte Kohle, als deren wichtigste Vertreterin die in der Provinz Sachsen bekannte „Schwelkohle“ zu nennen ist, die „verschwelt“ (d. h. trocken abdestilliert) und auf Braunkohlenteer, Solaröl, Paraffin u. dgl. verarbeitet wird. Die Pflanzen der Steinkohlenzeit haben solche Stoffe nicht ausscheiden können.

Da die Bildung von Kohlensäure derjenigen von Methan vorausgeht, so spielt die Kohlensäure in den Gasausströmungen der (jüngeren) Braunkohlenflöze eine größere Rolle als in denjenigen der (älteren) Steinkohlenlagerstätten. Außerdem folgt aus dem vorstehend geschilderten Entwicklungsgang, daß im allgemeinen der Gasgehalt der Steinkohlenflöze um so

geringer ist, je älter sie sind. Jedoch ist der Gasgehalt noch von anderen Umständen abhängig und also überhaupt um so geringer, je mehr Gelegenheit die Kohle zur Entgasung gehabt hat (s. d. Abschnitt „Grubenbewetterung“).

Ein dritter Unterschied zwischen jüngeren und älteren Kohlen kommt in dem verschieden großen Sauerstoffgehalt zum Ausdruck. Da nach der oben gegebenen Schilderung des Verkohlungsverganges der in den vermodernden Stoffen enthaltene Sauerstoff durch die Umsetzungsvorgänge allmählich verbraucht wird, so muß offenbar der Sauerstoffgehalt mit zunehmendem Alter der Kohle abnehmen. In der Tat sind die Braunkohlen bedeutend sauerstoffreicher als die Steinkohlen, und unter diesen enthalten wieder die jüngsten (im Ruhrbezirk die „Gasflammkohlen“, vgl. S. 55 u. f.) bedeutend mehr Sauerstoff als die ältesten (im Ruhrbezirk „Magerkohlen“ genannt).

Die unterscheidende Benennung der Kohlen nach ihrem verschieden hohen Gasgehalt ist nicht einheitlich. Die eben angeführte Bezeichnung „Magerkohle“, die im Ruhrbezirk eine sehr gasarme Kohle bedeutet, wird z. B. im Saarbrücker und oberschlesischen Steinkohlenbergbau für alle nicht backenden Kohlen benutzt und bezieht sich dort auf die sehr gasreichen Flammkohlen.

**58. — Andere Art der Kohlenbildung.** Die im vorstehenden geschilderte Entstehung von Kohlenablagerungen ist dadurch gekennzeichnet, daß die Pflanzen, die den Kohlenstoff erzeugten, an der Stelle des späteren Flözes selbst gewachsen sind und daß mächtige Ablagerungen durch das Wachsen und Vermodern ungezählter Folgen von Wäldern gebildet wurden. Man bezeichnet diese Bildung als die „autochthone“, d. h. „an Ort und Stelle entstandene“ („bodeneigene“). Im Gegensatz dazu ist auch die Möglichkeit gegeben, daß die für die Flözbildung erforderlichen Kohlenstoffmassen durch Zusammenschwemmung großer Mengen von Treibholz und sonstigen Pflanzenteilen durch Flüsse oder Meeresströmungen angehäuft worden sind. Die so entstandenen Kohlenlager werden als „allochthone“, d. h. „anderswo gewachsene“ oder „bodenfremde“, bezeichnet.

Wie leicht erklärlich, zeichnen die an Ort und Stelle entstandenen Kohlenvorkommen sich durch große Ausdehnung und Regelmäßigkeit und durch großen Gesamt-Kohlenreichtum sowie durch konkordante Ablagerung auf dem Untergrunde aus. Außerdem sind sie in der Regel durch Meereseinlagerungen gekennzeichnet, die darauf schließen lassen, daß die Bildung an flachen Meeresküsten erfolgte und von Zeit zu Zeit durch Meereseinbrüche und -ablagerungen unterbrochen wurde. Daher fällt der Begriff der autochthonen Kohlenbildungen im großen und ganzen mit demjenigen der „paralischen“ (an der Meeresküste entstandenen) Ablagerungen zusammen. Andererseits gehören die allochthonen Steinkohlenflöze durchweg zu den „limnischen“ (Binnensee-)Bildungen, die durch Ausfüllung vorhandener Becken in älteren Gebirgsschichten zu erklären und durch diskordante Ablagerung auf diese, sowie durch geringen Gesamtkohlenreichtum bei großer Mächtigkeit einzelner Flöze, durch raschen Wechsel der Flözreinheit und -mächtigkeit, vorwiegend grobkörnige Beschaffenheit des Nebengesteins und das Fehlen von Meeresschichten gekennzeichnet sind<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Vgl. Dannenberg: Geologie der Steinkohlenlager, (Berlin, Borntraeger), I. Teil, S. 22 u. f.

Zu den Küsten-Kohlenbecken gehören insbesondere: das rheinisch-westfälische mit den daran sich anschließenden Vorkommen bei Aachen, in Holland, Belgien, Nordfrankreich und England, sowie das oberschlesische. Binnen-seebildungen dagegen sind namentlich die sächsischen und böhmischen Steinkohlenablagerungen. Eine Mittelstellung nehmen das Saarbrücker und das niederschlesische Becken ein, die wegen des Fehlens von Meeresablagerungen und wegen ihrer diskordanten Auflagerung auf dem älteren Gebirge sowie wegen der starken Unterschiede in der örtlichen Ausbildung der Flöze Binnenseeprägung tragen, nach Ausdehnung und Flözreichtum jedoch den Küstenablagerungen entsprechen.



Abb. 51. Neuropteris.

**59. — Pflanzenwelt der Steinkohle.** Die Steinkohlen, mit denen wir es zu tun haben, sind nun, wie aus den in ihrer Begleitung gefundenen Pflan-

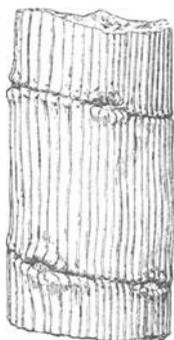


Abb. 52. Calamites.

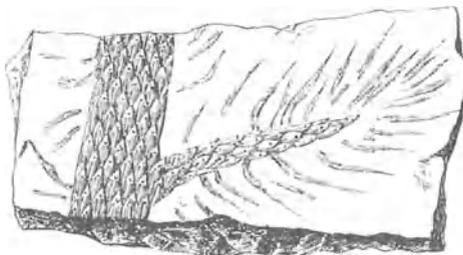


Abb. 53. Lepidodendron.

zen- und Tierresten gefolgt werden muß, nicht aus den in nördlichen Torfmooren heimischen Pflanzen, sondern aus mächtigen, üppig wachsenden Waldungen in Sumpfgenden mit tropischen Klimaverhältnissen entstanden.

Die Pflanzenwelt, um die es sich hier handelt, ist verhältnismäßig arm an Arten, so daß die damalige Landschaft uns heute als sehr eintönig erscheinen würde. Es treten fast ausschließlich fünf Pflanzengattungen auf, nämlich die Farne (Filices, Abb. 51), die Schachtelhalme (Calamariazeen, Abb. 52), die Bärlappgewächse, unter denen man wiederum die Schuppenbäume (Lepidodendren, Abb. 53) und die Siegelbäume (Sigillarien, Abb. 54) zu unterscheiden pflegt, und die schilffartige Blätter tragenden Cordaiten, die als „Nacktsamer“ zu einer höheren Pflanzengruppe gehören. Die ersten vier Gattungen, deren Vertreter heute in unseren Breiten nur in Zwerggestalt auftreten, waren damals größtenteils baumartig entwickelt. Die Cordaiten haben in der heutigen Pflanzenwelt kein Gegenstück.

Zu erwähnen sind noch die sog. „Stigmarien“ (Abb. 55), die man früher als eine besondere Pflanzenart betrachtete, jetzt aber als die Wurzelstöcke

der Schuppen- und Siegelbäume erkannt hat, von denen in radialer Anordnung zahlreiche Saugwurzeln ausgehen.

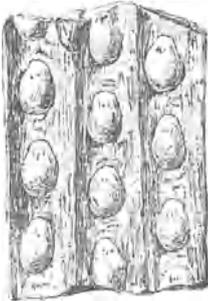


Abb. 54. Sigillaria.

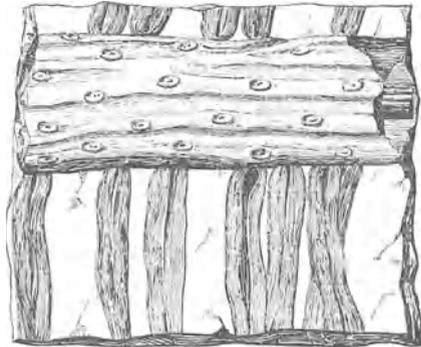


Abb. 55. Stigmaria.

## b) Die wichtigsten deutschen Steinkohlenbezirke <sup>1)</sup>.

### 1. Die Ruhr-Lippe-Steinkohlenablagerung <sup>2)</sup>.

60. — **Begrenzung und Oberflächenverhältnisse.** Das rheinisch-westfälische Steinkohlenbecken (s. Abb. 56) erstreckt sich nach den gegenwärtig durch den Grubenbetrieb und durch Bohrlöcher gemachten Aufschlüssen auf der rechtsrheinischen Seite über einen Flächenraum von rund 3260 qkm. Außerdem ist nach den geognostischen Verhältnissen das flözführende Steinkohlengebirge weiter nördlich noch unter einer Fläche von mindestens 2900 qkm als vorhanden anzunehmen. Für die linke Rheinseite kann die Flächenerstreckung nicht bestimmt angegeben werden, da das Becken hier in die holländischen und Aachener Becken übergeht. Der durch den Bergbau gegenwärtig erschlossene Teil des Gebietes hat einschließlich der linksrheinischen Ablagerungen eine größte Erstreckung von 96 km im Streichen und von 45 km in querschlägiger Richtung. Die Begrenzungslinie dieses Bergbaugesbietes verläuft etwa über die Orte Sprockhövel, Hattingen, Kettwig, Mülheim, Ruhrort, Mörs, Dinslaken, Dorsten, Sinsen, Datteln, Werne, Ahlen, Unna, Aplerbeck und Witten. Der kleinere südliche Teil, in dem auf einer dreieckigen Fläche von rund 500 qkm das Steinkohlengebirge zutage ausgeht, liegt im Gebiet der Ruhrberge, während das größere nördliche Gebiet sich über das ebene oder flachwellige Gelände des Rheintals, des Münsterlandes und der Soester Börde erstreckt und den von jüngeren Deckgebirgsschichten überlagerten Teil der Steinkohlenablagerung in sich schließt.

<sup>1)</sup> Vgl. Dannenberg in dem auf S. 48 in Anm. <sup>1)</sup> erwähnten Werke I. Teil, S. 46 u. f. Eine gedrängte Darstellung gibt auch Willert: Die Geologie der fünf größten preußischen Steinkohlenablagerungen, (Leipzig, Jäneke), 1913.

<sup>2)</sup> Vgl. Sammelwerk Bd. I, S. 3 u. f. — Glückauf 1910, Nr. 35/36, S. 1314; Kukuk: Die tektonischen Verhältnisse der niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenablagerung. — Glückauf 1913, Nr. 1, S. 1 u. f.; Kukuk und Dr. Mintrop: Die Kohlenvorräte des rechtsrheinisch-westfälischen Steinkohlenbezirks. — Zeitschr. d. Deutschen Geolog. Gesellsch., 70. Bd., 1918, Monatsberichte, S. 121 u. f.; Krusch: Die Ausdehnung und Tektonik der nordwestdeutschen Steinkohlengebiete.

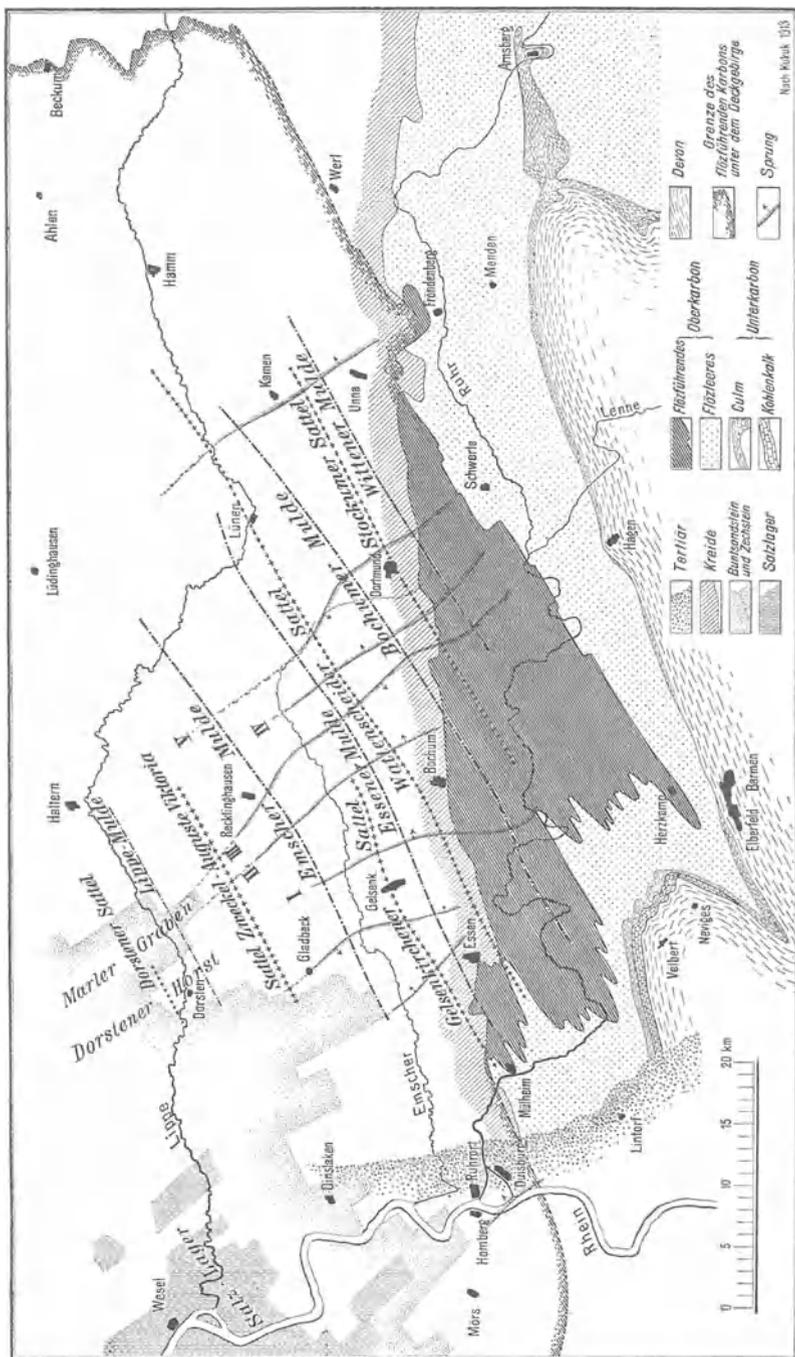


Abb. 5A. Übersichtskärtchen des Ruhr-Lippe-Steinkohlenbezirks.

Die Bedeutung des durch den Rhein abgetrennten westlichen Teiles des Beckens wächst beständig, da hier außer den bereits vorhandenen mehrere große neue Schachtanlagen in der Entstehung begriffen sind.

Der wichtigste Fluß des Bergbaugebiets ist die mitten hindurch fließende Emscher. Ihr geringes Gefälle im Mittel- und Unterlauf hat im Verein mit den unvermeidlichen Bodensenkungen große Übelstände herbeigeführt, denen jedoch durch die bereits größtenteils vollendete Emscher-Regulierung gründlich abgeholfen worden ist.

Von den auf S. 12 aufgezählten Formationen sind für den Ruhrkohlenbezirk außer dem Steinkohlengebirge selbst das seine Unterlage bildende Devon und die als Deckgebirge zusammengefaßten jüngeren Gebirgslieder von Wichtigkeit.

*α) Das Steinkohlengebirge (Karbon).*

**61. — Gliederung und Allgemeines.** Die Flöze des Ruhrbezirks gehören dem sog. produktiven Karbon oder flözführenden Steinkohlengebirge an. Dieses bildet seinerseits wieder die Oberstufe der gesamten, im Ruhrbezirk entwickelten Karbonformation, wie deren nachstehende Gliederung von oben nach unten (vgl. auch S. 12) zeigt:

Oberkarbon: { Flözführendes Steinkohlengebirge,  
Flözleeres Steinkohlengebirge.

Unterkarbon: Kulm bzw. Kohlenkalk.

Das Unterkarbon wird im Ruhrbecken vorwiegend durch den Kulm vertreten, eine Aufeinanderfolge von Schiefertonen, Alaunschiefern, Kiesel-schiefern und Kieselkalken. Sie umfassen als schmales Band den Nord- und Ostabfall des Rheinischen Schiefergebirges. Im Westen tritt an Stelle des Kulms der Kohlenkalk auf, der noch weiter westlich im Aachener und belgisch-nordfranzösischen Bezirk das unmittelbare Liegende des flözführenden Steinkohlengebirges bildet und so den Kulm vollständig ersetzt. Er stellt einen sehr versteinungsreichen Kalkstein dar, der bei uns unter dem Namen „Marmor“ oder „belgischer Granit“ vielfach zu Waschtischplatten, Fensterbänken u. dgl. Verwendung findet.

Die früher als „flözleerer Sandstein“ bezeichnete Unterstufe des westfälischen Oberkarbons trägt ihren Namen nur zum Teil mit Recht, da der Sandstein gegenüber Sand- und Grauwackenschiefer und Schiefertone zurücktritt. Sie wird nach dem Vorschlage von Krusch als „das Flözleere“ bezeichnet. Ihre Mächtigkeit beläuft sich in der Gegend von Barmen auf rund 1000 m.

Als Grenze des Flözleeren gegen das flözführende Steinkohlengebirge sieht die geologische Forschung die unterste „Werksandsteinbank“ der Magerkohlen-gruppe an, die infolge ihrer Wetterbeständigkeit im Gelände vielfach in Gestalt langgestreckter Rücken hervortritt.

Das flözführende Steinkohlengebirge setzt sich zusammen aus einer Schichtenfolge von Schiefertone und Tonschiefer (40—45% der Gesamtmächtigkeit), Sandstein (30—35%), Sandschiefer (10—15%) und Konglomerat (1,5%), die zahlreiche bauwürdige und unbauwürdige Kohlenflöze birgt. Es ist noch nicht in seiner vollen Mächtigkeit bekannt geworden, da

Altersverhältnisse und Leitschichten des Oberkarbons in den wichtigsten deutschen Steinkohlenablagerungen.

Ruhrbezirk	Saarbrücken	Osnabrück	Aachen	Oberschlesien	Niederschlesien	
Obere Abteilung	Ottweiler Schichten	—	—	—	Radowitzer Schichten <sup>1)</sup>	
						<p><b>Hausbrandflöz</b></p>
						<p><b>Hirteler Flöz</b></p>
Mittlere Abteilung	Saarbrücker Schichten	Ibbenbüren und Piesberg	Hangende Flözgruppe der Warm-Mulde	Lazisker Schichten	Obere Schwadowitzer Schichten <sup>1)</sup> (Dastollner Flözzug)	
						<p><b>Schwalbacher Flöz</b> <b>Wahlschieder Flöz</b> (Hangender Flözzug)</p>
						<p><b>Leita-Schicht</b> Flözarme Abteilung <b>Holzer Konglomerat</b></p>
						<p>Hangende Flammkohlengruppe <b>Hangender Tonstein</b> Liegende Flammkohlengruppe <b>Liegender Tonstein</b></p>
						<p>Flözarmes Mittel Fettkohlengruppe <b>Natzmer-Tonstein</b> Rotheller Flöz</p>
						<p><b>Flöz Bismarck</b></p>
						<p>Untere Gasflammkohlengruppe Gaskohlengruppe <b>Flöz Katharina</b> Fettkohlengruppe <b>Flöz Sonnenschein</b></p>
						<p>Obere Magerkohlengruppe <b>Flöz Mausegatt</b></p>
						<p>Untere Magerkohlengruppe <b>Hauptflöz</b></p>
						<p>Flözleeres</p>
Untere Abteilung	—	—	Außenwerke der Inde-Mulde <b>Flöz Traufe</b> Liegende Schichten <b>Witthelmineflöz</b> der Inde-Mulde	Sattelflöz-Schichten <b>Flöz Pochhammer</b>	Waldenburger Schichten (Waldenburger Liegendzug)	
						<p><b>Flöz Nr. 6 „Grube Maria“</b></p>
						<p>Liegende Flöz d. Warm- u. Binnenwerke d. Inde-Mulde</p>
Untere Abteilung	—	—	—	Orzescher Schichten	Untere Schwadowitzer Schichten (Schatzlarer Schichten oder Waldenburger Hangendzug)	
						<p>Rundaer Schichten</p>
						<p><b>Flöz Veronika</b></p>

<sup>1)</sup> Bis jetzt auf deutschem Gebiete nicht angetroffen.

Eigenschaften der Kohlen der wichtigsten deutschen Steinkohlenablagerungen. Nach Broockmann<sup>1)</sup>.

Zusammen- setzung: D. Ver- bren- nung s- Hefert in kg (WE . . . kg Dampf <th colspan="10">Niederschlesien</th>	Niederschlesien												
	Oberschlesien					Aachen							
	Saarbrücken					Ruhrbezirk							
	Flammkohle		Gaskohle	Kokskohle		Magerkohle		Anthrazit					
C . . . . .	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98
H . . . . .	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	3	2	1
O . . . . .	21	19	17	15	13	11	9	7	5	4	3	2	1
	6800	7100	7400	7600	7800	8000	8300	8500	8800	8700	8500	8400	8200
	8,0	8,4	8,7	9,0	9,2	9,4	9,8	10,0	10,4	10,2	10,0	9,9	9,6
Ausbeute in % Koks- Beschaffenheit . . .	50	53	55	60	63	65	70	75	78	80	90	95	98
	Pulver oder ge- sintert	Pulver oder ge- sintert	Pulver oder ge- sintert	Ge- sintert	Ge- backen	Ge- backen	Ge- backen	Ge- backen	Ge- backen	Ge- backen	Ge- sintert	Pulver	Pulver
Gehalt an flüchtigen Be- standteilen in % . . .	50	47	45	40	37	35	30	25	22	20	10	5	2

<sup>1)</sup> Sammelwerk Bd. I, S. 259.

wegen seiner Einsenkung nach Norden hin (s. S. 59) in dieser Richtung bis jetzt immer hangendere Schichten erschlossen worden und noch zu erwarten sind.

Außer den mannigfachen Pflanzenabdrücken enthalten gewisse Schichten des Nebengesteins auch Tierversteinerungen. Diese stellen Reste sowohl von Meeres- wie von Süßwassertieren dar und beweisen damit, daß die Gesteinschichten teils im Meere, teils in Binnenseen und Flußmündungen abgelagert worden sind. Der wichtigste Vertreter der Meeresmuscheln ist *Aviculopecten papyraceus*

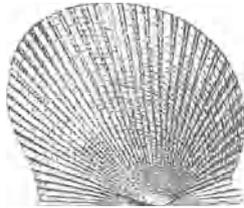


Abb. 57. *Aviculopecten papyraceus*.  
Nach Zittel, Paläontologie.

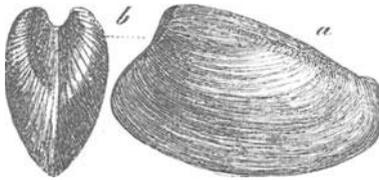


Abb. 58. *Anthracosia carbonaria*.  
Nach Haas, Leitfossilien.

*papyraceus* (Abb. 57), während unter den Süßwassermuscheln die Gattung *Anthracosia* (Abb. 58) am häufigsten auftritt. Einzelne Gesteinsbänke sind sehr reich an solchen Resten, doch beschränken diese sich auf wenige Arten.

**62. — Flözgruppen.** Entsprechend dem oben geschilderten Werdegang der Steinkohle lassen sich auch im Ruhrkohlenbecken nach dem Alter und dem danach sich abstufenden Gasgehalt der Kohle verschiedene Abteilungen innerhalb des produktiven Karbons unterscheiden, über welche die Abb. 59 und die umstehende, in der Reihenfolge vom Hangenden zum Liegenden aufgestellte Übersichtstafel näheren Aufschluß gibt.

Die Abb. 59 hebt die Konglomeratschichten durch punktierte Streifen, die Meeresmuschel-

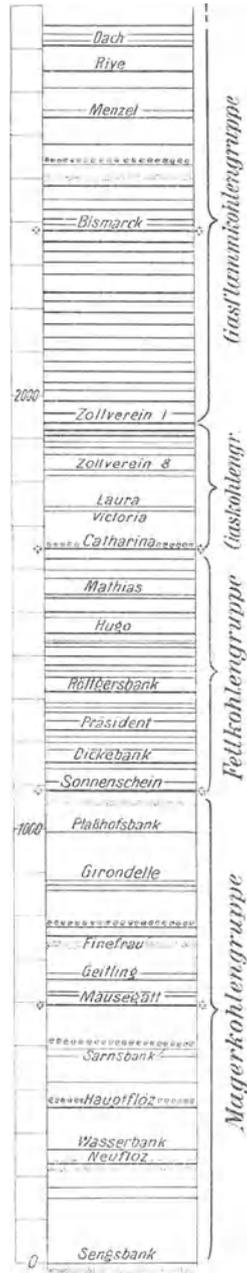


Abb. 59. Normalprofil durch den bisher erschlossenen Teil der Ruhrkohlenablagerrung.

## Übersicht über die verschiedenen Flözgruppen des Ruhrbezirks.

Name	Der Flözgruppe				Der Kohle				Verbrennungsergebnis:				
	gegenwärtiger Anteil an der Förderung %	Leitflöz	durchschn. Mächtigkeit m	Nebengestein	Kohlenreichtum in Prozenten der Gebirgsmächtigkeit	Kohlenvorrat <sup>1)</sup> in bauwürdigen Flözen <sup>2)</sup> Mill. t	äußere Beschaffenheit	Kohlenstoffgehalt %	Gasgehalt %	Verkokungsergebnis: Ausbringen, d. h. Gehalt an festem Kohlenstoff %	Be-schaffenheit des Koks	Flamme	Wärmeeinheiten (theoret.)
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
Gasam-kohlen-kohlen-gruppe	21	Bis-marek	1100 und mehr	hangende Schichten: Sandstein und Konglomerat, liegende: Schieferon	1,5—2,4	9171	hart, stengelig oder würfelig, glatt-flächig, matt-glänzend	72—80	38—45	55—62	ge-sintert	lang, stark rußend	7400—7700
Fett-kohlen-gruppe	67	Sonnen-schein	600	hangende Schichten: vorwiegend Tonschiefer, liegende: Sandstein und Sandschiefer	3,7—4,9	44795	mäßig fest, erdiger Bruch, glänzend	85—90	21—33	67—78	gut ge-backen, fest, silber-glänzend	mäßig lang, rußend	8100—8800
Mager-kohlen-gruppe	12	Mause-gatt und Haupt-flöz	1100	vorwiegend Sandstein, Sandschiefer und Konglomerat	0,5—1,1	22330	mäßig fest, erdiger Bruch, glänzend	90—98	5—20	78—98	ge-sintert bis pulver-förmig	kurz, klar	8200—8800

1) Glückauf 1913, Nr. 1, S. 1 u. f.; Kukuluk und Dr. Mintrop: Die Kohlenvorräte des rechtsrheinisch-westfälischen Steinkohlenbezirks.

2) Bis 1500 m Teufe und 0,30 m unterer Flözmächtigkeit, nur für den rechtsrheinischen Teil.

bänke durch Spiralreihen, die Leitflöze durch beiderseits gesetzte Sternchen hervor.

Die hangendsten Schichten der Gasflammkohlengruppe sind gleichzeitig die hangendsten Schichten des westfälischen Steinkohlengebirges überhaupt und daher aus dem vorhin angeführten Grunde im Ruhrkohlenbecken noch nicht bekannt. Die für die Mächtigkeit angegebene Zahl bezieht sich also lediglich auf den bisher aufgeschlossenen Teil.

In die mit 300 m angegebene Mächtigkeit der Gaskohlengruppe ist das 150—200 m mächtige flözarme Zwischenmittel über Flöz Katharina eingerechnet, das nur die meist unbauwürdigen Flöze Laura und Viktoria führt. Die eigentlichen Gaskohlenflöze sind die sog. „Zollvereiner Flöze“, die sich auf eine wesentlich geringere Gesteinsmächtigkeit verteilen.

Von der Fettkohlengruppe wurde früher der liegende Teil als „Eßkohlenhandelsgruppe“ abgetrennt. Diese Unterscheidung findet sich noch im Kohlenhandel, ist aber von der Wissenschaft verlassen worden.

Unter „Anthrazit“ versteht die Wissenschaft eine sehr gasarme Magerkohle mit etwa 95 % C. Doch ist die Bezeichnung nicht einheitlich; sie wird im Handel auch für diejenige Kohle gewisser Magerkohlenflöze gebraucht, die, in der Höhenlage von Flöz Mausegatt auftretend, einen höchsten Heizwert von 8800 WE aufweist.

Leitflöze sind Flöze, die an kennzeichnenden Merkmalen oder begleitenden Schichten auf weite Erstreckung wieder erkannt werden können. Neben den auf S. 53 genannten fünf Haupt-Leitflözen wird noch eine Reihe weiterer Leitflöze unterschieden. Die Flöze Hauptflöz, Mausegatt, Sonnenschein und Katharina sind gleichzeitig die liegendsten der durch sie gekennzeichneten Gruppen. Außer den Leitflözen dienen auch besondere Leitschichten, wie Konglomerat- und feste Sandsteinschichten sowie versteinungsreiche Schichten, zur Vergleichung (Identifizierung) der auf verschiedenen Gruben aufgeschlossenen Flözgruppen. In dieser Hinsicht sind vor allem die Aviculopecten-Schicht im Hangenden des Flözes Katharina und die „Torfdolomite“ (Dolomitknollen mit versteinerten Pflanzenresten, s. auch S. 44) in den Flözen Katharina und Finefrau-Nebenbank sowie das „hornsteinähnliche“ Bergmittel in einem Flöze der oberen Gasflammkohlengruppe zu nennen.

Unter „Flözreichtum“ ist das Verhältnis der Kohlenmächtigkeit der abbauwürdigen Flöze zur Mächtigkeit der Nebengesteinschichten, in Prozenten der letzteren ausgedrückt, zu verstehen. Am reichsten ausgestattet ist die Gaskohlengruppe im engeren Sinne (Flöze Zollverein I—VIII), in welcher der Prozentsatz etwa 8 beträgt.

Bemerkenswert ist die Ähnlichkeit der sonst so verschiedenen Gasflamm- und Magerkohlen hinsichtlich ihres Koksrückstandes; auch in der Beschaffenheit des Nebengesteins, dem Reichtum mariner Schichten und der Flözverteilung nähern sich diese beiden Flözgruppen einander.

Die Unterschiede in der Flammen- und Rußentwicklung erklären sich durch den verschiedenen Gasgehalt, da eine Flamme nur beim Verbrennen von Gasen eintritt.

Der Gasgehalt in der Kohle nimmt in denselben Flözen im rechtsrheinischen Gebiet nach Westen, im linksrheinischen nach Osten, in beiden Ge-

bieten also nach dem Rhein hin, ab, was Krusch<sup>1)</sup> auf die entgasende Wirkung der großen Bruchspalten des Rheintals zurückführt.

Die auf S. 56 in den Spalten 4., 6., 9., 10. und 13. angegebenen Zahlen sind nur als Durchschnittszahlen zu verstehen. Im einzelnen können mannigfache Abweichungen vorkommen; überhaupt sind die Grenzen zwischen den einzelnen Flözgruppen nicht scharf, da die Beschaffenheit und Zusammensetzung der Kohle sich von Flöz zu Flöz nur allmählich ändert.

Die ganze, zur Zeit bergmännisch erschlossene Mächtigkeit des Ruhrkohlengebirges beträgt rund 3000 m und führt im Mittel 46 unbedingt und 48 wahrscheinlich bauwürdige Flöze mit insgesamt rund 79 m Kohle (etwa 2,6% der Gebirgsmächtigkeit). Doch ist auf Grund der geologischen Verhältnisse, wie sie weiter im Norden erschlossen sind, mit mindestens 4000 m Gesamtmächtigkeit zu rechnen.

Eisensteinflöze treten in allen vier Unterabteilungen auf, haben aber nur in der Mager- und unteren Fettkohlengruppe bergmännische Bedeutung gewonnen. Sie enthalten meist Eisenkarbonat, das entweder durch tonige oder durch kohlige Beimengungen verunreinigt ist. Im ersteren Falle spricht man von „Toneisenstein“ (Sphärosiderit), im letzteren von „Kohleisenstein“ (mit dem englischen Namen „blackband“ genannt).

Durch das Auftreten von Cannelkohle ist besonders die Gasflammkohlen-Gruppe gekennzeichnet.

**63. — Lagerungsverhältnisse.** Hinsichtlich der Faltungserscheinungen nimmt das Ruhrkohlenbecken eine Mittelstellung ein. Die Faltung ist nämlich wesentlich stärker als z. B. im ober-schlesischen und in der Mehrzahl der englischen und amerikanischen Steinkohlenbecken, dagegen bei weitem nicht so kräftig wie im belgisch-nordfranzösischen Kohlenbezirk.

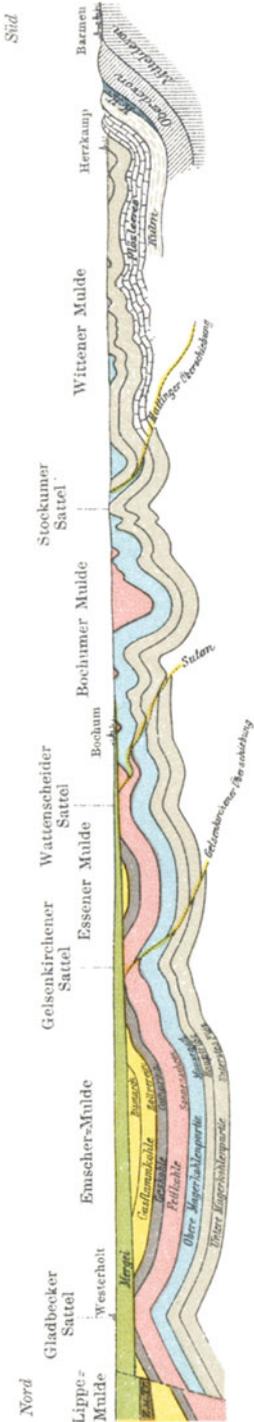
Eine sofort ins Auge fallende Erscheinung ist die Verschiedenartigkeit der Faltung im Süden und Norden des ganzen Gebietes: im Süden zahlreiche und spitze Sättel und Mulden, im Norden eine geringe Anzahl breiter und flacher Falten (vgl. das Querprofil, Abb. 1 auf nebenstehender Tafel). Das Durchschnittseinfallen der Flöze flacht sich daher nach Norden hin ab. Diese Erscheinung erklärt sich offenbar daraus, daß der die Faltung bewirkende Druck von Süden her gekommen ist.

Trotz des auf den ersten Blick als regellos erscheinenden Faltengewirres und des im Streichen unregelmäßigen Verlaufs der einzelnen Falten ist es doch möglich gewesen, die folgenden Hauptmulden- und -sattelzüge zu unterscheiden, deren jeder eine Anzahl untergeordneter Falten zusammenfaßt (vgl. das genannte Querprofil und den Grundriß in Abb. 56, S. 51):

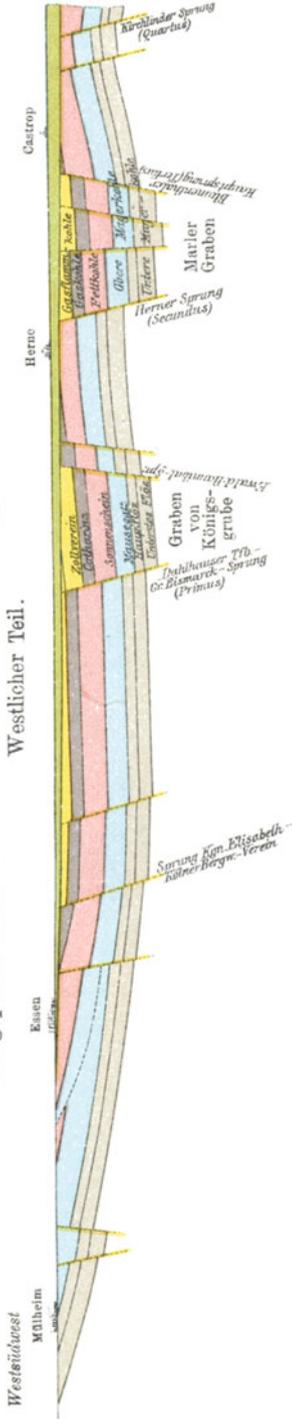
1. Wittener Mulde.
- 1a. Stockumer Sattel.
2. Bochumer Mulde.
- 2a. Wattenscheider Sattel.
3. Essener Mulde.
- 3a. Gelsenkirchener Sattel.

<sup>1)</sup> S. den auf S. 50 am Schluß der Anm. <sup>2)</sup> erwähnten Aufsatz, S. 146.

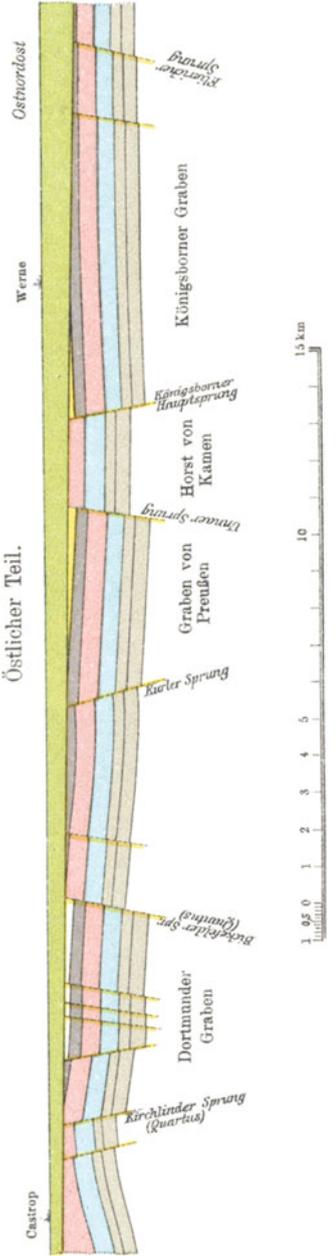
Querprofil durch das Ruhr-Lippe-Kohlenbecken.



Längsprofil durch die Essener Mulde des Ruhr-Lippe-Kohlenbeckens.  
Westlicher Teil.



Östlicher Teil.



4. Emscher-Mulde.
- 4a. Sattel Zweckel-Auguste-Viktoria.
5. Lippe-Mulde.

Die Lippe-Mulde ist seit einigen Jahren ebenfalls in den Bereich des Bergbaues eingetreten und schon durch 6 Schachtanlagen aufgeschlossen.

Entsprechend dem vorhin bezüglich der Druckrichtung Gesagten sind die nördlichen Mulden, die Essener und noch mehr die Emscher-Mulde, im Gegensatz zu den südlichen flache und breite Becken.

Eine nur in einem kleinen Teile der streichenden Länge auftretende und daher den Hauptmulden nicht gleichzustellende Mulde ist die Herzkämpfer Mulde, die dem westlichen Teile der Wittener Mulde nach Süden hin vorgelagert ist.

Bezeichnend ist für den Ruhrkohlenbezirk die Einsenkung des ganzen Steinkohlengebirges mit etwa 5—7° nach Norden hin, wie sie auf dem Querprofil deutlich zu erkennen ist; z. B. liegt das Muldentiefste des Flözes Mausegatt in der Wittener Mulde nur etwa 250 m, in der Bochumer Mulde dagegen schon gegen 1300 m, in der Essener Mulde rund 1900 m und in der Emscher-Mulde gegen 2300 m unter Normal-Null. Da die Ablagerungsfläche des Deckgebirges bedeutend flacher einfällt, d. h. die Oberfläche des Steinkohlengebirges sich viel langsamer als die ganze Schichtenfolge des Karbons einsenkt, so folgt daraus eine ständige Zunahme der Gesamtmächtigkeit nach Norden hin. Demgemäß hat der Bergbau im Norden (querschlägig gerechnet) bis jetzt immer hangendere Flöze erschlossen, so daß die dortigen Zechen fast ausschließlich Gas- und Gasflammkohlenflöze bauen, während im Süden der Bergbau auf den Magerkohlenflözen umgeht. Da auf diese Weise in den bergmännisch erreichbaren Teufen die flözarme Magerkohlengruppe nach Norden hin mehr und mehr durch die flözreicheren oberen Gruppen ersetzt wird, so werden die Grubenfelder nach dieser Richtung hin im allgemeinen flözreicher.

Trotz der zahlreichen Falten ist eine einheitliche Streichrichtung, das sog. „Generalstreichen“, deutlich zu erkennen; sie ist diejenige des gesamten Rheinischen Schiefergebirges von Brilon bis zu den Ardennen und verläuft ungefähr von WSW nach ONO (h. 4).

Das Zurücktreten der Faltungserscheinungen im Norden läßt hier die gleich zu besprechenden Querverwerfungen stärker zur Geltung kommen. Es ergibt sich infolgedessen dort eine deutliche Schollenbildung mit scharf ausgeprägten großen Horsten und Gräben. Daher kann man den nördlichen Teil auch als „Schollengebirge“ im Gegensatz zu dem südlichen „Faltengebirge“ kennzeichnen<sup>1)</sup>. Aber auch der gefaltete Teil der Ablagerung läßt, wie beispielsweise das Längprofil durch die Essener Hauptmulde (Abb. 2 der Tafel bei S. 58) zeigt, deutlich die Bedeutung der Quersprünge erkennen. Man kann in der Richtung von Westen nach Osten unterscheiden: Horst-Emscher-Graben, Graben von Königsgrube, Marler Graben, Dortmunder Graben, Graben von Preußen, Horst von Kamen, Königsborner Graben.

<sup>1)</sup> Glückauf 1910, Nr 35/36, S. 1314 u. f.; Kukuk: Die tektonischen Verhältnisse der niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenablagerung.

**64. — Verwerfungen.** Das Ruhrkohlengebirge ist von verschiedenen großen und vielen kleinen Sprüngen und Überschiebungen zerrissen. Hier seien als die wichtigsten Störungen erwähnt (vgl. das Kärtchen in Abb. 56<sup>1</sup>) sowie die Abb. 2 auf der Tafel).

1. Sprünge (von Westen nach Osten):

- I. Die Verwerfung Dahlhauser Tiefbau—Graf Bismarck (von Ache-pohl „Primus-Sprung“ genannt). Sie ist in der größten streichenden Erstreckung aufgeschlossen, nämlich auf etwa 19 km Länge. Ihre Seiger-verwurfhöhe geht nach Norden von etwa 500 auf 0 m herab; ihr Ein-fallen ist östlich.
- II. Die Herner Verwerfung („Sekundus-Sprung“), die sich aus der Gegend südlich von Herne bis in das Gebiet nördlich von Herten erstreckt, die Schichten stellenweise bis zu 750 m seiger verworfen hat und gleichfalls östlich einfällt.
- III. Die Blumenthaler Hauptverwerfung („Tertius-Sprung“), mit west-lichem Einfallen von Marten über Kastrop nach Recklinghausen verlaufend, mit stellenweise 800—900 m Seigerverwurf.
- IV. Die Kirchlinder Störung („Quartus-Sprung“), von Wellinghofen über Dorstfeld nach Rauxel sich erstreckend, verwirft bei östlichem Einfallen die Schichten in ihrem Hangenden um 150—200 m.
- V. Die Bickefelder Hauptstörung („Quintus-Sprung“). Sie setzt etwas östlich von Dortmund durch; westlich von ihr sind die Gebirgsschichten 600—800 m, seiger gemessen, abgesunken.

2. Überschiebungen (von Süden nach Norden, vgl. Abb. 1 auf der Tafel):

- I. Die Hattinger („Satanella-“) Überschiebung, die den Südflügel des Stockumer Sattels begleitet und stellenweise eine flache Verwurf-höhe von 2000 m hat.
- II. Der Sutan, die bekannteste und in der größten streichenden Erstreckung (von Kettwig bis Werne a. d. Lippe, d. h. auf rund 60 km) auf-geschlossene Überschiebung; er begleitet den Südflügel des Wattenscheider Sattels und verwirft die Schichten stellenweise um 1000—1200 m, flach gemessen. Am Sutan hat Cremer zuerst die Faltung von Über-schiebungen nachgewiesen (Abb. 27, S. 29).
- III. Die Gelsenkirchener Überschiebung auf dem Südflügel des Gelsen-kirchener Sattels mit 900—1000 m flacher Verwurfhöhe.  
In den weitaus meisten Fällen sind die Sprünge jünger als die Faltung und daher auch jünger als die Überschiebungen.

3. Verschiebungen: Von rein ausgebildeten Verschiebungen sind nur wenige bekannt. Erwähnt seien: die Verschiebung von Zeche „Schleswig“ (Abb. 32, S. 32) und diejenige von „Massen-Kurl“ (vgl. S. 33 mit der in Anm. <sup>1</sup>) daselbst gegebenen Einschränkung). Die erstere hat einen Seitenschub von 200—300 m, die letztere einen solchen von 400—500 m herbeigeführt.

<sup>1</sup>) Von einer Darstellung der Überschiebungen auf dem Kärtchen ist wegen ihres teilweise verwickelten und sich auf geringe Teufen schnell ändernden Verlaufs abgesehen worden. Die Sprünge sind auf der Zeichnung durch die gleichen römischen Ziffern wie im Text gekennzeichnet.

β) *Die Unterlage des Steinkohlengebirges.*

**65. — Das Devon.** Das Liegende des Karbons wird durch das Devon gebildet. Seine Schichten setzen zum weitaus größten Teile das Rheinische Schiefergebirge zusammen; insbesondere bilden sie im Sauer- und Siegerlande überall das unter der Ackerkrume anstehende Gestein. Das Devon hat die Faltung des Karbons mitgemacht, wird also vom Karbon konkordant überlagert.

Da das Devon ebenso wie das Steinkohlengebirge sich nach Norden hin einsenkt, so bilden im allgemeinen die liegendsten Schichten (Siegener Grauwacke) den südlichen, die hangendsten (Kramenzelschichten) den nördlichsten Teil des Gebietes.

An Erzlagerstätten im Devon sind die altberühmten Spateisenstein-, Blei- und Zinkerzgänge des Siegerlandes in der Siegener Grauwacke, ferner die Blei-Zinkerzgänge bei *Ramsbeck*, das Schwefelkies- und Schwer-spatlager bei *Meggeln*, sodann die (größtenteils abgebauten) stockartigen Zinkerzlagerstätten im Massenkalk in der Gegend von Schwelm und Iserlohn und schließlich die auch noch durch Kulm und Kohlenkalk hindurchsetzenden Blei-, Zink- und Kupfererzgänge von *Velbert*, *Selbeck* und *Lintorf* zu erwähnen.

γ) *Das Deckgebirge.*

**66. — Allgemeines.** Das weitaus wichtigste und am längsten bekannte Schichtenglied des Deckgebirges ist die obere Kreide, dem westfälischen Bergmann unter dem Namen „Kreidemergel“ bekannt. Die obere Kreide ist in der Stufenfolge der geologischen Formationen (S. 12, vgl. auch Abb. 1) erheblich jünger als das Steinkohlengebirge, so daß zwischen beiden Schichtenfolgen eine ganze Reihe von Schichten fehlt. Von den Zwischenschichten ist jedoch in neuerer Zeit ein Teil im Norden und Nordwesten des Bezirkes aufgefunden worden. — Außerdem kommen noch jüngere Schichten über der Kreide in Betracht, die namentlich in der Rheingegend große Mächtigkeit und Bedeutung erlangen. Dort ist nämlich nach Verlauf einer längeren Zeit seit Ablagerung der Kreideschichten, in der Tertiärzeit, das Meer wieder vorgedrungen und hat in der südlich bis Remagen hin sich erstreckenden „Kölner Bucht“ mächtige, lockere Schichten von Kies, Sand, Ton, Fließsand u. dgl. abgelagert, in die wiederum der Rhein sein Bett eingeschnitten hat. Dabei sind die früher gebildeten Schichten des Zechsteins, des Buntsandsteins und der Kreide größtenteils wieder zerstört worden, so daß wir an vielen Stellen unmittelbar über dem Steinkohlengebirge oder über dem Zechstein das Tertiär antreffen. Das Hauptgebiet der tertiären Ablagerungen ist die linke Rheinseite.

**67. — Lagerungsverhältnisse.** Von der Faltung des Karbons finden wir in den Deckgebirgsschichten kaum eine Spur, ebensowenig von den mit der Faltung zusammenhängenden Überschiebungen. Dementsprechend fallen die Deckgebirgsschichten durch ihre sehr flache Lagerung auf. Während also das Steinkohlengebirge vollkommen konkordant auf dem Devon liegt, wird es seinerseits von den Schichten des Deckgebirges diskordant überlagert. Nur von den Querverwerfungen haben verschiedene auch auf das Deckgebirge eingewirkt, und zwar hauptsächlich im Nordwesten des

Bezirks. Wir müssen daraus schließen, daß die Ablagerung der Deckgebirgsschichten zu einer Zeit vor sich gegangen ist, in der die durch den Zusammenschub des Steinkohlengebirges veranlaßten gewaltigen Umwälzungen (Faltung, Überschiebungen) bereits vollständig zum Abschluß und auch die Bewegungen an den Sprungklüften entlang bereits größtenteils zur Ruhe gekommen waren.

Weiterhin ist die fast durchweg ebene Oberfläche des Steinkohlengebirges unter den jüngeren Schichten bemerkenswert. Sie läßt sich am einfachsten durch die Annahme erklären, daß das während der Kreidezeit an den Küsten des Karbongebirges brandende Meer bei gleichzeitiger langsamer Senkung des Festlandes immer weiter landeinwärts vorgedrungen ist und auf den durch seine zerstörende Tätigkeit („Abrasion“, vgl. S. 7) glattgehobelten Schichtenköpfen des Karbons seine eigenen Sedimente abgelagert hat.

Eine fernere Eigentümlichkeit ist das starke südliche Vordringen der oberen Kreide über die Grenzen der nächst älteren Schichten hinaus, welche Erscheinung als „Transgression“ bezeichnet wird und die unmittelbare Nachbarschaft des Karbons und der soviel jüngeren oberen Kreide zur Folge gehabt hat, wogegen die Zwischenstufen erst viel weiter nördlich auftreten.

Außerdem ist das Streichen des in erster Linie in Betracht kommenden Kreidemergels zum Unterschied von dem WSW—ONO-Streichen der Karbonschichten nahezu westöstlich. Dieser Unterschied der Streichrichtungen hat zur Folge, daß im Osten des Bezirks die sämtlichen Hauptmulden des produktiven Steinkohlengebirges von Mergel überlagert sind, während im Westen die Kreidedecke erst im Gebiete der Emscher-Mulde beginnt. Demgemäß nimmt in dem in der Streichrichtung gelegten Längsprofil durch die Essener Hauptmulde (Abb. 2 auf der Tafel bei S. 58) die Mächtigkeit der Kreideschichten nach Nordosten hin erheblich zu.

**68. — Die Schichten zwischen Karbon und Kreide.** Hierher gehören im wesentlichen der Zechstein und der Buntsandstein. Der Zechstein setzt sich von unten nach oben aus bituminösen, nach oben hin kalkiger werdenden Mergelschiefern, dann aus Kalk- und Dolomitbänken, Letten und Anhydrit zusammen. An der unteren Grenze findet sich meistens eine Konglomeratbank. Sein Verbreitungsgebiet ist auf dem Kärtchen in Abb. 56 ersichtlich. Das in der Mansfelder Gegend altberühmte Kupferschieferflöz ist, wie bereits auf S. 44 erwähnt, auch im Ruhrbezirk vorhanden, jedoch nicht erzführend entwickelt. Wie in Nord- und Mitteldeutschland treten auch im niederrheinischen Zechstein, vornehmlich in seinen mittleren Schichtengruppen, in besonderen Grabengebieten Steinsalz- und Kalisalzlagertätten auf<sup>1)</sup>.

Der Buntsandstein hat seinen Namen von den rötlichen, meist lockeren Sandsteinen, Letten- und Tonschichten sowie (seltenen) Konglomeraten, aus denen er sich zusammensetzt; er ist wie der Zechstein bereits durch verschiedene Schächte (z. B. Rheinbaben, Möller und Zweckel) aufgeschlossen. (Vgl. auch das Profil in Abb. 60.)

<sup>1)</sup> Glückauf 1912, Nr. 3, S. 89; Wunstorf und Fliegel: Die Zechsteinsalze des niederrheinischen Tieflandes.

Die zwischen Buntsandstein und oberer Kreide folgenden Schichten (Muschelkalk, Keup'r, Jura, untere Kreide) sind bisher nur vereinzelt angetroffen und haben in dem für den Bergbau in Betracht kommenden Teile des Beckens nur geringe Bedeutung<sup>1)</sup>.

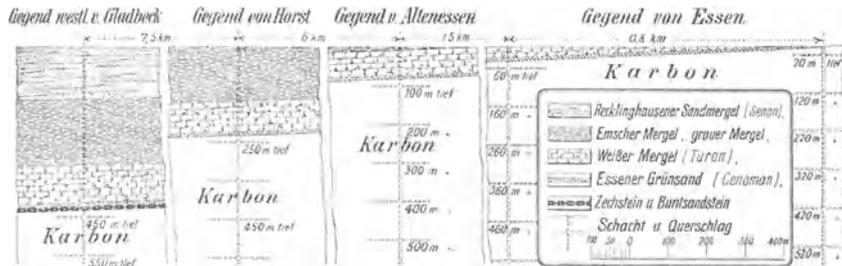


Abb. 60. Das Deckgebirge im Ruhrkohlenbezirk und sein Verhalten von Süden nach Norden.

**69. — Die Kreideschichten.** Im Ruhr-Lippe-Bezirk sind nur die Schichten der oberen Kreide zur Ablagerung gekommen. Ihr Ausgehendes verläuft (Abb. 56) nach einer Linie, die etwa durch die Städte Duisburg, Mülheim, Bochum, Dortmund und Unna bezeichnet wird. Von dieser Linie an zeigt sich nach Norden hin eine auf die obenerwähnte Meeresablagerung zurückzuführende, außerordentlich gleichmäßige Einsenkung der Karbonoberfläche und dementsprechend bei nahezu söhligler Erdoberfläche eine sehr gleichmäßige Zunahme der Mächtigkeit des Mergels, die im Osten des Gebietes etwa 40 m, im Westen etwa 30 m auf 1 km beträgt, entsprechend einer Neigung der Karbonoberfläche von  $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ °. Nach Nordwesten und Westen hin werden jedoch diese Lagerungsverhältnisse unregelmäßiger; die Mächtigkeit der Kreideschichten nimmt ab, und in der Rheingegend sind die Kreideschichten vollständig verschwunden, so daß hier das Tertiär unmittelbar auf dem Karbon lagert.

Die obere Kreide setzt sich ihrerseits wieder (vom Liegenden zum Hangenden) aus folgenden Schichten zusammen (vgl. das Profil in Abb. 60):

1. Essener Grünsand. Er entspricht im wesentlichen der Alterstufe, die geologisch als „Cenoman“, von den belgischen Bergleuten als „Tourtia“ bezeichnet wird, und hat seinen Namen von seiner durch zahlreiche Körner des Minerals Glaukonit bedingten grünen Farbe und seinem starken Gehalt an Quarzkörnern, sowie nach der Stadt Essen, in deren Nähe er zuerst aufgeschlossen worden ist. Bemerkenswert sind die zwischen ihm und der Karbonoberfläche auftretenden deutlichen Spuren alter Brandungstätigkeit: abgerollte Bruchstücke des Steinkohlengebirges (oft große Blöcke bis zu 1 m Durchmesser), stellenweise zu Konglomerat verkittet, an anderen Stellen durch starken Eisengehalt auffallend und so Brauneisensteinlager bildend (fälschlich „Bohnerz“ genannt), vielfach durch die Tätigkeit von Bohrmuscheln mit zahlreichen Löchern bedeckt. Da der Essener Grünsand häufig die Unebenheiten des Untergrundes ausfüllt, schwankt seine Mächtigkeit zwischen wenigen Metern und 20—30 m. Er wird im

<sup>1)</sup> Näheres s. in dem auf S. 50 am Schluß der Anm.<sup>2)</sup> erwähnten Aufsatz von Krusch, S. 135 u. f.

Westen wegen milder Beschaffenheit als wassertragende Schicht angesehen; weiter im Osten verliert er diese wertvolle Eigenschaft, indem er fest und klüftig wird.

2. Weißer Mergel (im wesentlichen das „Turon“ der Geologen), bestehend aus hellen, festen Kalkmergeln und Kalken mit deutlicher Schichtung, die stark zerklüftet und daher vom westfälischen Bergmann, besonders im Osten, als Wasserzubringer gefürchtet sind. Auch die Solquellen von Salzkotten, Werl, Königsborn, Rothenfelde usw. entspringen aus dem weißen Mergel. Er zeichnet sich durch großen Fossilreichtum aus. In dieser Stufe treten noch zwei als „mittlerer“ und „oberer Grünsand“ bezeichnete Bänke auf, die nach Norden und Osten hin undeutlich werden. Die Mächtigkeit des weißen Mergels beträgt meist etwa 100—150 m.

3. Emscher-Mergel, vielfach auch kurz als „Emscher“ bezeichnet, eine zum weißen Mergel in scharfem Gegensatz stehende Gesteinsfolge, die sich durch große Mächtigkeit (350—700 m), gleichmäßige Beschaffenheit und graue Färbung auszeichnet. Die tonigen Mergel des Emscher erinnern vielfach an helle Tonschiefer der Gaskohlengruppe und sind infolge ihrer milden, zähen, dichten Beschaffenheit nicht nur selbst meist wasserfrei, sondern können auch als wassertragende Schicht für die in ihrem Hangenden zuzitenden Gebirgswasser angesehen werden, weshalb der Emscher vom Bergmann, im Gegensatz zum weißen Mergel, gern gesehen wird. Ganz im Westen ist allerdings auch der Emscher klüftig und wasserführend. Der Emscher wird jetzt in der Regel als ein selbständiges Schichtenglied zwischen Turon und Senon aufgefaßt.

4. Recklinghauser Sandmergel und Sande von Haltern. Diese etwa 50—200 m mächtigen Schichten bilden den unteren Teil der geologisch als „Senon“ bezeichneten Schichtenfolge. Sie setzen sich aus einer Wechselagerung von losen Sanden und kalkreichen Mergel- bzw. festen Sandsteinbänken zusammen. Dem Schachtabteufen setzen sie infolge ihrer lockeren Beschaffenheit und starken Wasserführung sowie infolge ihrer festen Einlagerungen große Schwierigkeiten entgegen. Nach Osten und Südosten gehen die sandigen Schichten allmählich in festen Mergel über.

Die nach Norden hin ständig zunehmende Bedeutung des Deckgebirges für den Bergbau veranschaulicht Abb. 60, die im Nordwesten (Gegend von Gladbeck) auch die Zechsteineinlagerung erkennen läßt.

70. — Tertiär, Diluvium, Alluvium. Über dem Kreidemergel treten an manchen Stellen Sand-, Kies-, Ton-, Fließ-, Geröll- und Geschiebeschichten auf, die der Geologe als Tertiär, Diluvium und Alluvium unterscheidet, während der Bergmann sie vielfach, allerdings ungenau, wegen ihrer lockeren Beschaffenheit und ihrer Durchtränkung mit Grundwasser unter der Bezeichnung „schwimmendes Gebirge“ zusammenfaßt. Die größte mit Schächten durchsunkene Mächtigkeit dieser jungen Gebirgsschichten (einschließlich der obersten senonen Schichten) hat bisher rund 400 m betragen, und zwar am Niederrhein.

Das Tertiär beschränkt sich auf die obenerwähnte „Kölner Bucht“; seine östliche Grenze ist etwa in der Gegend von Oberhausen-Sterkrade

zu suchen. Es besteht aus Meeresablagerungen (grauen oder grünen sandigen Mergeln, Quarzsanden und Ton) von vielfach bedeutender Mächtigkeit, die meist unmittelbar auf dem Steinkohlenegebirge auflagern.

Das Diluvium umfaßt Ablagerungen, die auf die gewaltige Vereisung ganz Norddeutschlands zurückzuführen sind, von der zahlreiche Spuren zeugen. Es handelt sich hier teils um Gesteinstrümmen, die durch das Inlandeis selbst zusammengetragen sind (Geschiebemergel, Moränenwälle, erratische Blöcke u. dgl.), teils um Absätze der vom Gletscherfuß abgeflossenen und im Zeitalter des Eistrückzuges zu gewaltiger Stärke angeschwollenen Schmelzwasser. Vielfach sind die heutigen Bäche und Flüsse als kleine Überreste dieser früheren Schmelzwasserläufe anzusehen; in ihrer unmittelbaren Nähe treten infolgedessen auch häufig diluviale Ablagerungen in größerer Mächtigkeit auf. Besondere Beachtung verdienen die vom Eise mitgeführten erratischen Blöcke („Findlinge“), die ungefähr bis zu einer von Werl über Unna, Hörde, Hattingen und Kettwig gezogenen Linie gefunden werden, die ihrerseits gleichzeitig annähernd die Südgrenze des Vordringens des Inlandeises darstellt. Sie bestehen aus Gesteinen, wie sie heute in Skandinavien anstehend gefunden werden, meist aus Granit.

Die jüngste Schicht des Diluviums bildet der über den ganzen Ruhrkohlenbezirk verbreitete lößähnliche Lehm, ein eisenhaltiger, kalkfreier, mit Sand durchsetzter Ton, dessen Mächtigkeit von wenigen Zentimetern bis zu 7—8 m schwanken kann. Seine Entstehung ist noch zweifelhaft, muß aber wahrscheinlich auf den Absatz aus Wasser zurückgeführt werden. Zu gleicher Zeit bildeten sich im Ruhrtale die verschiedenen Flußterrassen, Reste des früheren Talbodens dieses Flusses, entstanden zu einer Zeit, wo die Ruhr, bei stärkerer Wasserführung als heute, sich noch nicht so tief eingegraben hatte.

Die für den Bergmann ungünstigsten Glieder des jüngeren Deckgebirges sind der Fließ- oder Schwimmsand und die erratischen Blöcke. Der erstere ist ein äußerst feiner, von Wasser durchtränkter Sand mit größerem oder geringerem Tongehalt. Er besitzt eine so starke Kapillarität, daß er das in ihm enthaltene Wasser festhält und daher eine zähflüssige Masse bildet, die beim Schachtabteufen außerordentliche Schwierigkeiten verursacht.

Zeichnen schon die Tertiärablagerungen sich durch ungleichmäßige Entwicklung aus, so tritt diese Unregelmäßigkeit bei den Diluvialbildungen noch stärker hervor. Beim Schachtabteufen lassen sich daher vielfach wesentliche Ersparnisse dadurch erzielen, daß man die Diluvialschichten ganz umgeht oder doch die Stellen ihrer geringsten Mächtigkeit aufsucht.

Das Alluvium, wie die heute noch vor unseren Augen sich bildenden Ablagerungen bezeichnet werden, besteht im Ruhrbezirk wie anderwärts aus den von Flüssen und sonstigen Wasserläufen abgesetzten Schotter-, Sand-, Lehm- und Tonschichten.

## 2. Die Steinkohlenvorkommen von Osnabrück.

71. — Übersicht. In der Gegend von Ibbenbüren, westlich von Osnabrück, taucht das westfälische Karbon wieder aus der Decke jüngerer Schichten, unter der es im Kreidebecken von Münster liegt, auf und bildet zwei flache Berggrücken, den Schafberg bei Ibbenbüren und den Piesberg



Nordosten), Forbach (im Südwesten) und Saarlouis (im Nordwesten) als Eckpunkten; die Länge Neunkirchen—Forbach beträgt rund 26 km, die Länge Forbach—Saarlouis rund 18 km. An diesen Kern des ganzen Gebietes schließen sich nach Nordosten hin einige Grubenaufschlüsse in der bayrischen Pfalz, nach Südwesten hin solche in Lothringen. In neuerer Zeit aber, namentlich in den letzten 15 Jahren, ist durch eine lebhaftere Bohrtätigkeit das flözführende Steinkohlengebirge westlich und südwestlich (über die französische Grenze hinaus, bis in die Gegend von Nancy) in erreichbaren Tiefen nachgewiesen worden, woraus sich eine erhebliche Vergrößerung des Beckens gegenüber dem früher bekannten Gebiet ergibt.

Die Oberflächenbeschaffenheit des Geländes ist vorwiegend hügelig, so daß die Errichtung der Tagesanlagen vielfach auf Schwierigkeiten stößt. Andererseits hat diese wellige Tagesoberfläche zahlreiche Gelegenheiten zum Stollenbetrieb geboten, und noch heute werden verschiedene größere Stollen als Hauptförderwege benutzt.

Das Saarbrücker flözführende Steinkohlengebirge unterscheidet sich von dem westfälischen dadurch, daß es lediglich aus Süßwasserbildungen aufgebaut ist. Damit hängt der häufige Wechsel verhältnismäßig dünnbänkiger Gesteinschichten sowie die Annäherung an die Lagerungsverhältnisse der „limnischen“ Becken zusammen, die in der starken Veränderlichkeit der Flöze im Streichen und Fallen infolge häufigen Anschwellens und Auskeilens der Zwischenmittel sich ausprägt. Das Nebengestein ist im wesentlichen dasselbe wie im Ruhrbezirk, nur treten die Konglomerate häufiger auf. Der Flözreichtum ist groß: es sind etwa 85 bauwürdige Flöze mit rund 90 m Kohle aufgeschlossen. Jedoch sind die meisten Flöze infolge des häufigen Auftretens von Bergmitteln unrein.

Über die Altersverhältnisse der Saarablagerung im Vergleich mit den anderen wichtigsten deutschen Steinkohlenbecken gibt die Übersichtstafel auf S. 53 Auskunft (vgl. auch S. 54).

**74. — Flözgruppen.** Wie im Ruhrkohlenbecken werden auch im Saarbezirk nach dem verschiedenen Verhalten der Kohle mehrere Abteilungen oder Flözgruppen unterschieden, nämlich (vom Liegenden zum Hangenden, vgl. S. 53 u. Abb. 61 u. 62):

1. Die Fettkohlengruppe. Sie führt Flöze, deren Kohle durchschnittlich 64% Koks ausbringt und eine Verbrennungswärme von 8500 WE je kg liefert. Diese Flözfolge setzt sich (vom Liegenden zum Hangenden) zusammen aus der ärmeren Rotheller Flözgruppe mit 70 bis 80 Kohlenbänken, jedoch nur wenigen bauwürdigen Flözen, und der reichen Sulzbacher Flözgruppe, die mit 17—20 bauwürdigen Flözen, deren Kohlenmächtigkeit etwa 22 m beträgt, den Haupt-Flözzug des ganzen Saarbrücker Steinkohlengebirges bildet. Das Nebengestein besteht überwiegend aus Sandsteinen und Konglomeraten.

Die Mächtigkeit der Fettkohlengruppe beträgt in der Profillinie von Dudweiler rund 950 m, wovon je etwa die Hälfte auf die eigentliche Fettkohlen- und die Rotheller Flözgruppe entfällt. Jedoch nimmt die Mächtigkeit der ersteren Flözfolge nach Osten hin ab, nämlich von rund 450 m in der Gegend von Sulzbach-Dudweiler auf rund 300 m bei Neunkirchen.

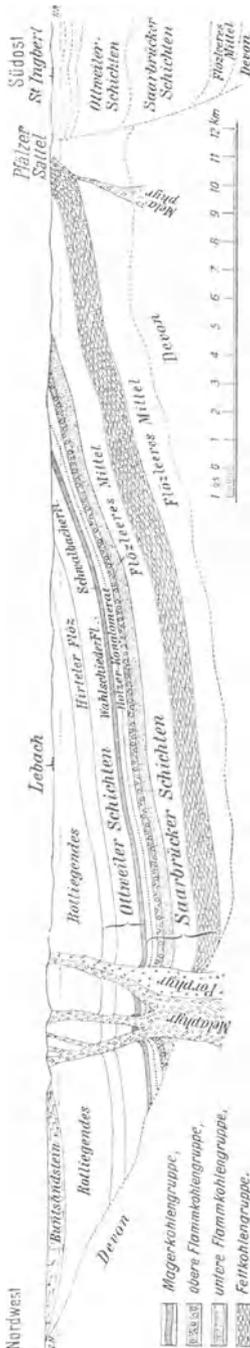


Abb. 62. Querprofil durch die Saarbrücker Steinkohlenablagung nach der Linie St. Ingbert-Lebach.

2. Die untere Flammkohlegruppe, mit 2—3 bauwürdigen Flözen. Die Kohle liefert durchschnittlich rund 60% Koks ausbringen und 8000 WE.

3. Die obere Flammkohlegruppe, 7—10 bauwürdige Flöze mit etwa 9 m Kohle enthaltend. Die Kohle erzeugt im Mittel 7800 WE und liefert rund 60% Koks rückstand.

Diese Flözgruppe ist von der unteren Flammkohlegruppe, wie diese von der Fettkohlegruppe, durch ein flözarmes Mittel getrennt.

Auch die Flammkohlegruppe zeigt die Erscheinung einer starken Verschwächung nach Osten hin: von Grube Gerhard nach Grube Kohlwald hin nimmt die obere Flammkohlegruppe von 830 m bis auf 400 m, die untere von 280 m bis auf 120 m ab, so daß einschließlich des flözarmen Mittels zwischen Flamm- und Fettkohlen die Verschwächung zwischen diesen beiden Stellen  $1630 - 850 = 780$  m beträgt.

Im Nebengestein der Flammkohlegruppe treten gegenüber der Fettkohlegruppe die Sandstein- und Konglomeratschichten mehr zurück.

4. Die Magerkohlegruppe oder der hangende Flözzug, 300 bis 600 m mächtig, 2 bauwürdige Flöze (das Wahlschieder und das Schwalbacher Flöz) führend, die zusammen 2,5 m Kohle enthalten, die im Mittel 7600 WE erzeugt und etwa 62% Koks rückstand hinterläßt.

Oberhalb dieses Flözzuges treten nur vereinzelt noch 1—2 bauwürdige Flöze auf.

Der noch vorhandene Kohlenvorrat des Saarbeckens wird unter Berücksichtigung aller bis 1500 m Tiefe in den Flözen bis zu 0,30 m Mächtigkeit anstehenden Mengen auf 15,5 Milliarden t veranschlagt<sup>1</sup>.

Die Saarbrücker Magerkohlen dürfen nicht mit den westfälischen Magerkohlen verwechselt werden (vgl. oben, S. 48). Überhaupt sind die Saarkohlen sehr gasreich (daher die starke Grubengasentwicklung der Saargruben), da sie grobenteils jüngeren Schichten angehören als die Ruhrkohlenflöze (vgl. die Zusammenstellung auf S. 54).

<sup>1</sup> Frech: Deutschlands Steinkohlenfelder und Steinkohlenvorräte, (Stuttgart, Schweizerbart), 1912, S. 149.

Im Gegensatz zum Ruhrkohlenbecken können im Saarrevier nur ausnahmsweise Kohlenflöze als Leitschichten benutzt werden, da das Verhalten der Flöze sehr stark wechselt. Dafür stehen zur Altersbestimmung für verschiedene Flözgruppen mehrere „Tonstein“-Schichten, Konglomerate und versteinierungsführende Schichten zu Gebote. Der Tonstein ist ein verkieselter Porzellanton. Von den Konglomeraten ist das Holzer Konglomerat, ein lockeres, vorwiegend quarziges Konglomerat von sehr grobem Korn, das wichtigste. Es ist als Grenze zwischen der unteren, flözreichen Abteilung (untere und mittlere Saarbrücker Schichten, Fett- und Flammkohlengruppe) und der oberen, flözarmen Abteilung (obere Saarbrücker und Ottweiler Schichten, Magerkohlengruppe) angenommen worden. An versteinierungsführenden Schichten sind besonders solche mit Schalen eines kleinen Muschelkrebses (*Leaia*) hervorzuheben, die für die unteren Ottweiler Schichten bezeichnend sind.

Eine Eigentümlichkeit, die das Saar-Nahe-Karbon mit dem niederschlesischen gemeinsam hat, ist das Auftreten von Eruptivgesteinen, die meist als Melaphyr anzusprechen sind und teils stockförmig, teils gangartig vorkommen. Hervorzuheben ist besonders der sog. „Grenzmelaphyr“, der im Südosten in den unteren Schichten der Fettkohlengruppe (Abb. 62) auftritt und in ziemlich gleichförmiger Mächtigkeit von rund 5 m auf nahezu 8 km Länge teils als Lagergang, teils etwas spießwinklig die Karbonschichten durchsetzt. Er ist, wie Verkokungserscheinungen in den von ihm berührten Flözen beweisen, erst nach Ablagerung des Steinkohlengebirges in dessen Schichten hineingepreßt worden. Wegen seines gleichmäßigen Verhaltens wird er auch zur Altersbestimmung der Schichten benutzt.

**75. — Lagerungsverhältnisse.** Den Lagerungsverhältnissen nach stellt sich das Saar-Steinkohlengebirge (Abb. 62) als der Nordflügel eines großen Sattels, des sog. „Pfälzer Sattels“, dar, dessen Südflügel durch den „südlichen Hauptsprung“ in eine zur Zeit noch nicht genau bekannte Tiefe (mindestens 2000 m, wahrscheinlich sogar 3000 m tief)<sup>1)</sup> verworfen worden ist, so daß dieser Sprung die Südgrenze des Bergbaugebietes bildet, obwohl an dem Vorhandensein des flözführenden Karbons südlich von ihm kein Zweifel sein kann. Die Streichrichtung ist diejenige des Rheinischen Schiefergebirges. Das an sich schon nicht steile Einfallen des Sattelnordflügels verflacht sich nach Westen sowohl wie auch nach Norden (nach der „Nahe-Mulde“ hin) noch fortgesetzt und trägt daher hier vielfach nur wenige Grade. Entsprechend dieser mäßigen Schichtenaufrichtung sind Überschiebungen selten und nur schwach ausgebildet. An Sprüngen ist außer dem die südliche Grenze bildenden südlichen Hauptsprung besonders der Saarsprung (Abb. 61) zu erwähnen, der, von OSO nach WNW verlaufend, den östlichen Teil des Karbons um etwa 450 m seiger in die Tiefe verworfen hat.

Das Liegende des produktiven Karbons, über das man im Ruhrkohlenbecken genau unterrichtet ist, hat man im Saarrevier auch in dem höher liegenden, durch den Bergbau erschlossenen Nordflügel des Pfälzer Sattels bisher noch nicht angetroffen, da es infolge der flachen Lagerung

<sup>1)</sup> S. das auf S. 48 in Anm. <sup>1)</sup> angeführte Werk von Dannenberg, I. Teil, S. 114.

nirgends in erreichbare Teufen gehoben ist. Wahrscheinlich bilden im südöstlichen Teile Granit und Urschiefer, weiter nach Nordwesten hin kambrische und silurische und erst daran anschließend devonische Schichten den Untergrund (vgl. Abb. 62).

**76. — Deckgebirge.** Die Deckgebirgsverhältnisse sind wesentlich günstiger als im Ruhr-Lippe-Becken. Auf die oberen Ottweiler Schichten folgen die Schichten des Rotliegenden, deren Beschaffenheit denen der oberen Karbongesteine so ähnlich ist, daß sich eine scharfe Grenze nicht ziehen läßt. Jedoch ist das eigentliche Deckgebirge der Buntsandstein, der weit über das weiter nördlich auftretende Rotliegende hinübergreift und daher südlich unmittelbar auf den Schichtenköpfen des Karbons auflagert. Er bildet eine bedeutend günstigere und weniger mächtige Deckschicht als Kreide und Tertiär im Ruhrkohlenbezirk, ist aber überdies in einem großen Teile des Gebiets infolge nachträglicher Abtragung durch Verwitterung und Erosion überhaupt nicht mehr vorhanden. Demgemäß sind Schächte im Saarbezirk billig und daher verhältnismäßig zahlreich. Anders liegen die Verhältnisse allerdings in der südwestlichen Fortsetzung der Ablagerung, in Lothringen, wo der Buntsandstein in wesentlich größerem Umfange erhalten geblieben ist und auch Muschelkalk und Keuper als Deckgebirge auftreten, außerdem das Karbon sich tiefer einsenkt und somit die Mächtigkeit des Deckgebirges zunimmt.

#### 4. Die Aachener Steinkohlenablagerungen.

**77. — Allgemeine Übersicht.** Der Steinkohlenbergbau in der Umgebung von Aachen geht nördlich und südlich dieser Stadt in zwei Haupt-

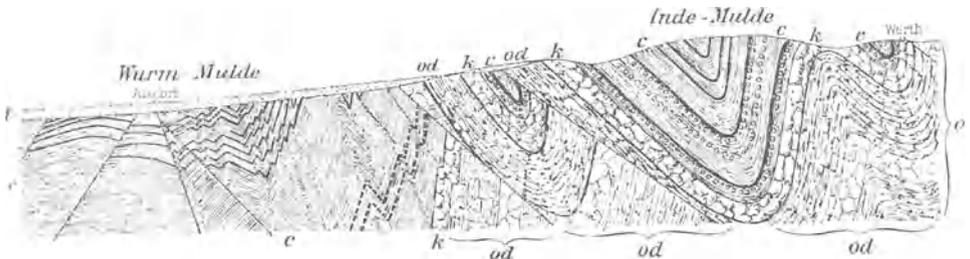


Abb. 63. Ideales Querprofil durch das Aachener Steinkohlengebirge. Nach Holzappel.

mulden, der Wurm mulde (nördlich, bei Kohlscheid) und der Inde-Mulde (südlich, bei Eschweiler) um. Die nördlich an die Wurm-Mulde sich anschließende Limburger Mulde ist zunächst auf holländischem Gebiet erschlossen worden, wo bereits eine Anzahl von Gruben in Förderung getreten ist. Jedoch hat man ihre östliche Fortsetzung, die als „Heerlen-Erkelenzer Mulde“ bezeichnet wird, neuerdings auch auf preußischem Gebiete aufgeschlossen.

Die beiden Hauptmulden sind (vgl. Abb. 63) durch einen devonischen Sattel voneinander getrennt, auf dem die Stadt Aachen liegt; dieser wird allerdings durch die zwischen beiden Mulden durchsetzende große, bereits oben (S. 31) erwähnte Aachener Überschiebung verschleiert.

Die Kohlen des Aachener Bezirks gehören, wie sich aus der Zusammenstellung auf S. 53 ergibt, verhältnismäßig tief liegenden Schichten an. In welchem Altersverhältnis die Flöze der Wurm- zu denjenigen der Inde-Mulde stehen, hat bisher wegen der Zerstörung des Zusammenhangs durch die große Überschiebung nicht mit Sicherheit ermittelt werden können. Jedoch sind zweifellos die Flöze der Inde-Mulde älter als die der Wurm-Mulde, so daß wahrscheinlich die hangendsten Schichten der ersteren mit den bisher aufgeschlossenen liegendsten der letzteren gleichaltrig sind (vgl. S. 53). Dieser Altersunterschied beruht eben auf der Überschiebung, welche die Inde-Mulde bedeutend in die Höhe gerückt hat.

Die Aachener Steinkohlenablagerungen werden von denjenigen des Ruhrkohlenbeckens durch die Tertiär- und Diluvialablagerungen der „Kölner Bucht“ getrennt, die am Nordost- und Südwestrande durch mächtige Verwerfungspalten begrenzt ist. Doch ist es neuerdings durch zahlreiche Bohrungen gelungen, nördlich von Krefeld das zwischen diesen Verwerfungen in die Tiefe gesunkene und den Untergrund der Kölner Tertiärbucht bildende Steinkohlengebirge festzustellen, so daß der Zusammenhang zwischen beiden Steinkohlenbecken nunmehr erwiesen ist<sup>1)</sup>.

Das Steinkohlengebirge legt sich hier um den nach Norden vorspringenden „Krefelder Sattelhorst“ herum, einen vor Ablagerung des Karbons vorhanden gewesen, später durch Verwerfungspalten noch schärfer herausgehobenen Rücken.

**78. — Flözführung und Nebengestein.** In der Inde-Mulde werden etwa 20 Flöze mit rund 15 m Gesamt-Kohlenmächtigkeit, in der Wurm-Mulde 12 Flöze mit etwa 11,5 m Kohle gebaut. Die Inde-Mulde entspricht in ihren liegenden Schichten der westfälischen Magerkohlengruppe, sie führt in den unteren Flözen (den sog. „Außenwerken“) magere Flammkohle mit etwa 9% Gasgehalt. Die hangenderen Flöze („Binnenwerke“) dieser Mulde enthalten dagegen eine vorzügliche Backkohle mit 20—30% Gasgehalt und einem Heizwert, der den aller anderen preußischen Steinkohlen übertrifft. Die Wurm-Mulde wird durch die „Feldbiß“-Verwerfung in zwei verschiedenartige Abschnitte zerlegt, deren westlicher anthrazitische Magerkohle mit 4—7% Gas liefert, während der östliche Flamm- und Fettkohlen mit 15—22% Gas enthält. Die Beschaffenheit des Nebengesteins steht zu seinem Alter in einem ähnlichen Verhältnis wie im Ruhrbezirk; in der älteren Inde-Mulde überwiegen Sandsteine und Konglomerate, während in der jüngeren Wurm-Mulde der Schieferton in den Vordergrund tritt. Auch hinsichtlich des Auftretens verschiedener Meeres- und Süßwasser-Muschelschichten ist eine große Ähnlichkeit mit dem Ruhrkohlenbecken zu erkennen; z. B. hat man in der marinen Schicht im Hangenden des Flözes Nr. 6 der Grube Maria die marine Schicht über dem Ruhrkohlenflöz Katharina wiedergefunden<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Vgl. die Festschrift zum XI. Deutschen Bergmannstage: Der Bergbau auf der linken Seite des Niederrheins, I. Teil, S. 215 u. f.; Wunstorf und Fliegel: Die Geologie des Niederrheinischen Tieflandes; — ferner Zeitschr. d. deutsch. Geolog. Gesellsch., 70 Bd., 1918, Monatsberichte, S. 141; Krusch: Die Ausdehnung und Tektonik der nordwestdeutschen Steinkohlengebiete.

<sup>2)</sup> Glückauf 1909, Nr. 32, S. 1144; Kukuk: Über Torfdolomite in den Flözen der niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenablagerung.

**79. — Lagerungsverhältnisse.** Die Inde-Mulde zeigt eine einheitliche Muldenausbildung mit mäßigem Zusammenschub; der Südflügel ist allerdings stellenweise, namentlich östlich der Sandgewand, überkippt. Die Wurm-Mulde dagegen zeichnet sich durch eine große Anzahl von kleineren und größeren Falten aus und ist durch ihre Zickzackfalten bemerkenswert, deren Flügel sich wie im belgischen Steinkohlengebirge scharf in flach einfallende („Platte“) und steil stehende („Rechte“) scheiden lassen. Die Platten haben durchweg südliches, die Rechten nördliches Einfallen. Beide Steinkohlenbecken senken sich nach Osten hin ein, so daß die Spezialmulden sich nach Westen herausheben. Die Limburger oder Heerlen-Erkelenzer Mulde ist bis jetzt als ein sehr breites und flaches Becken bekannt geworden.

Die größeren Verwerfungen heißen in der Inde-Mulde „Gewand“, in der Wurm-Mulde „Biß“. Die wichtigsten Verwerfungen der Inde-Mulde sind die Münstergewand (Seigerverwurf etwa 100 m) und die Sandgewand (Seigerverwurf rund 500 m), von denen die erstere die Westgrenze bildet, die letztere lange Zeit hindurch als Ostgrenze des Bergbaugesbietes galt. Der zwischen beiden Störungen liegende Muldentheil ist größtenteils abgebaut. In der Wurm-Mulde tritt als wichtigste Verwerfung der Feldbiß (Seigerverwurf rund 300 m) auf, der sowohl hinsichtlich der Kohlenbeschaffenheit als auch hinsichtlich des Deckgebirges eine scharfe Grenze bildet und wahrscheinlich als nördliche Fortsetzung der Münstergewand anzusehen ist. Außerdem hat man hier im Jahre 1900 auch die nördliche Fortsetzung der Sandgewand durchörtert, die auch hier früher die Ostgrenze des Bergbaues gebildet hatte.

Das Aachener Karbon liegt konkordant auf dem Devon. Als Unterkarbon tritt hier im Gegensatz zu dem westfälischen Kulm der Kohlenkalk auf. In geringem seigeren Abstand über diesem liegt bereits das liegendste Kohlenflöz, so daß die Schichtenfolge des flözleeren Sandsteins hier nicht ausgebildet ist.

Das Generalstreichen des Aachener Steinkohlenbeckens entspricht wiederum demjenigen des Rheinischen Schiefergebirges.

**80. — Deckgebirge.** Als Deckgebirge kommen lediglich Tertiär und Diluvium in Betracht. Die Mächtigkeit dieser Schichten steht in deutlicher Beziehung zu den Verwerfungen. Das Steinkohlengebirge der Inde-Mulde trägt erst östlich von der Sandgewand die Decke der jüngeren Schichten, in der Wurm-Mulde beginnt das Deckgebirge östlich vom Feldbiß. Die Mächtigkeit der Deckschichten steigt stellenweise bis zu etwa 600 m, nimmt jedoch nach Süden hin mehr und mehr ab, da das Aachener Steinkohlengebirge ähnlich wie dasjenige des Ruhrbezirks sich von Süden nach Norden allmählich einsenkt. Wegen der schwimmenden Beschaffenheit des Deckgebirges sind die Schwierigkeiten beim Schachtabteufen bedeutend. Auch die aus diesen Schichten, namentlich in der Inde-Mulde, in das Steinkohlengebirge durchsickernden Wasser erschweren den Bergwerksbetrieb. In der Wurm-Mulde allerdings werden sie vielfach durch wassertragende, tonige Schichten unschädlich gemacht, die sich als Verwitterungsrückstände des Steinkohlengebirges zwischen dieses und das Deckgebirge einschieben und als „Baggert“ bezeichnet werden.

### 5. Das oberschlesische Steinkohlenbecken<sup>1)</sup>.

81. — **Allgemeines.** Unter dem oberschlesischen Steinkohlenbecken verstehen wir den rund 3000 qkm umfassenden preußischen Anteil an dem schlesisch-mährisch-polnischen Becken, dessen Gesamterstreckung zu etwa 5700 qkm anzunehmen ist.

Das oberschlesische flözführende Steinkohlengebirge umfaßt (vgl. auch Abb. 64) folgende Schichten (vom Hangenden zum Liegenden):

	Größte <sup>2)</sup> Mächtigkeit m	Abbauwürdige Kohlenmächtigkeit in Prozenten der Gesamtmächtigkeit
Lazisker Schichten . . . . .	680	4,2
Orzescher Schichten . . . . .	1700	1,5
Rudaer Schichten . . . . .	270	13,8
Sattelflöz-Schichten . . . . .	580	6,5
Ostrauer (Rybniker) Schichten . . . . .	3530	1,9

Der bis zu einer Teufe von 1500 m in den Flözen von mehr als 0,50 m Mächtigkeit noch anstehende Kohlenvorrat des preußischen Anteils des Beckens wird auf 101,5 Milliarden t geschätzt<sup>3)</sup>.

82. — **Flözführung und Nebengestein.** Nach vorstehender Übersicht führen diese Schichten in ihrer größten Mächtigkeit rund 190 m Kohle in abbauwürdigen Flözen, stellen also die reichste deutsche Steinkohlenablagerung dar, zumal ja auch die vom flözführenden Karbon eingenommene Fläche sehr groß ist. Das Nebengestein besteht in den Lazisker Schichten und in der Sattelflözgruppe zum größeren Teil aus Sandstein und Konglomerat; in den Orzescher und Rudaer Schichten überwiegt der Schieferton; in den Ostrauer Schichten scheinen, abgesehen von der mehr sandigen Beschaffenheit der obersten und untersten Bänke, beide Gesteinsarten annähernd gleich vertreten zu sein. Während an der Zusammensetzung der Ostrauer Schichten noch Meeresablagerungen beteiligt sind, müssen die höheren Schichtgruppen als Süß- und Brackwasserbildungen angesehen werden.

Die weitaus wichtigste und am längsten bekannte Flözgruppe ist diejenige der Sattelflöze, die in der Gegend von Hindenburg 5—7 bauwürdige Flöze von 1,5—10 m Mächtigkeit mit insgesamt rund 25 m Kohle führt. Ihre streichende Erstreckung von Gleiwitz über Hindenburg, Königshütte, Kattowitz nach Myslowitz fällt annähernd mit derjenigen des oberschlesischen Industriebezirks zusammen. Ihren Namen haben sie

<sup>1)</sup> C. Gaebler: Das oberschlesische Steinkohlenbecken, (Kattowitz, Gebr. Böhm), 1909. — Dannenberg in dem auf S. 48 in Anm. <sup>1)</sup> angeführten Werke, S. 164 u. f. — Der Bergbau im Osten des Königreichs Preußen (Festschrift zum XII. Allg. Deutschen Bergmannstage in Breslau 1913), Bd. I; Michael: Die Geologie des oberschlesischen Steinkohlenbezirkes.

<sup>2)</sup> Die Mächtigkeiten schwanken im oberschlesischen Steinkohlenbecken erheblich.

<sup>3)</sup> S. das auf S. 68 in Anm. <sup>1)</sup> angeführte Buch von Frech, S. 136.

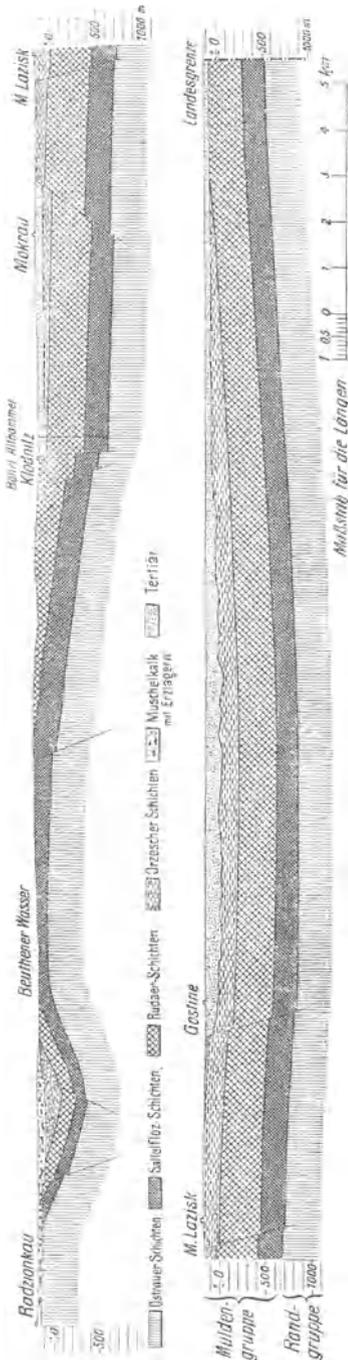


Abb. 64. Querprofil durch das oberschlesische Steinkohlenbecken nach der Linie Pieß-Gostine-Klodnitz-Radzionka.

von dem flachen Sattel erhalten, in dem sie in diesem Gebiete auftreten und der nach Norden in die Beuthener Mulde übergeht (vgl. Abb. 64). Bemerkenswert ist die Abnahme der Kohlenmächtigkeit und das noch wesentlich stärkere Auskeilen der Gesteinsmittel nach Osten hin, wodurch in dieser Richtung die Flözzahl ab- und die Flözmächtigkeit zunimmt (vgl. Abb. 65), bis schließlich bei Dombrowa in Russisch-Polen nur noch ein Flöz mit 15 bis 16 m Kohle vorhanden ist. Auch von Süden nach Norden hin ist eine Verschwächung der Schichten zu erkennen.

Die Kohlen der Sattelflöze sind vorwiegend Flammkohlen, nur wenige Flöze enthalten Kokskohle. Ebenso scheinen die Orzescher, Rudaer und Ostrauer Schichten durchweg Kohlen ohne Backfähigkeit zu führen. So erklärt es sich, daß zur Zeit nur 7—8% der gesamten oberschlesischen Kohlenförderung verkocht werden. Andererseits ist eine wesentliche Eigenschaft der oberschlesischen Kohle das Fehlen der Grubengasentwicklung. Der Bergbau auf den Ostrauer (Rybniker) Schichten beschränkt sich fast ausschließlich auf die westliche Randmulde (s. u.), da diese Schichten in der Hauptmulde meist zu tief liegen. Die Flöze der Orzescher Schichten dagegen werden in der inneren Mulde gebaut.

### 83. — Lagerungsverhältnisse.

Das ganze Steinkohlenbecken zerfällt in zwei scharf geschiedene Teile, nämlich in die den weitaus größten Teil des Gebietes einnehmende „Hauptmulde“ und in die kleine, westliche „Randmulde“. Die Grenze zwischen beiden Mulden wird durch eine breite, gestörte Zone gebildet, die neuerdings von Mladek und Michael nach einer schon vor

längerer Zeit ausgesprochenen Auffassung Bernhardtis<sup>1)</sup> als eine gewaltige, gestörte Falte gedeutet wird, wahrscheinlich entstanden durch den Widerstand, den die Schichten der Hauptmulde dem von Westen kommenden Faltungsschube entgegensetzten. Damit ist die Gaebblersche Auffassung dieser Störungslinie als einer großen Verwerfung aufgegeben worden. Die Zone verläuft in der Richtung NNO—SSW über Gleiwitz und Rybnik nach Orlau in Österr.-Schlesien. Die Schichten der Randmulde liegen etwa 1600 m höher als diejenigen der Hauptmulde. Die Muldenlinie der Randmulde verläuft annähernd nordsüdlich. Diese Mulde enthält nur in einem eng umgrenzten Gebiete in der Nähe von Rybnik noch Flöze der Sattelflözgruppe, im übrigen aber nur tiefer liegende Flöze. Die Hauptmulde (Abb. 64) besteht in ihrem kleineren nördlichen Gebiete aus dem vorhin erwähnten Hindenburg—Myslowitzer Flözsattel und der nördlich sich anschließenden Beuthener Mulde. Der weitaus größere südliche Abschnitt des östlichen Beckenteiles aber wird nach den bisherigen Aufschlüssen von einer breiten, flachen Mulde eingenommen, die sich nach Südosten öffnet und in deren Tiefstem vermutlich die Sattelflözgruppe für den Bergbau unerreichbar ist. Nördlich und westlich dagegen ist der größte Teil dieser Schichten durch die Aufrichtung der Erosion preisgegeben und zerstört worden.

Die Unterlage des flözführenden Steinkohlengebirges ist wegen der flachen Lagerung, wie im Saarbezirk, noch nicht angetroffen worden, da auch das tiefste Bohrloch nicht nur Oberschlesiens, sondern der ganzen Welt, das rund 2240 m tiefe Bohrloch Czuchow, südlich von Gleiwitz, noch nicht durch das flözführende Karbon hindurchgedungen ist.

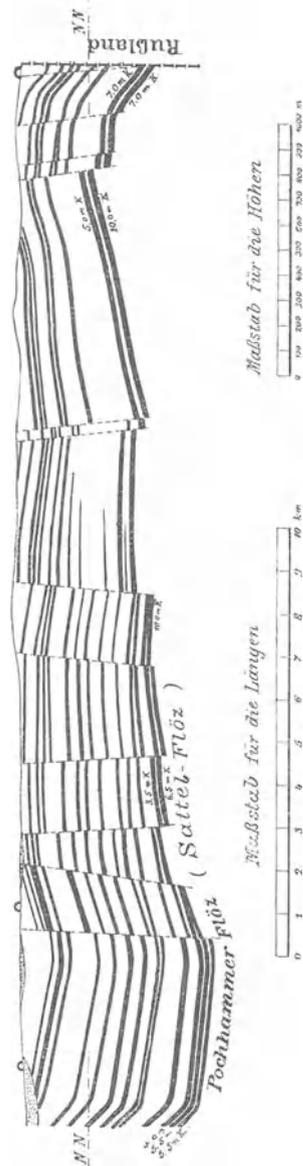


Abb. 65. Längsprofil durch den Hindenburg-Myslowitzer Flözsattel. Nach Küntzel.

<sup>1)</sup> Zeitschr. d. Oberschles. Berg- u. Hüttenmänn. Vereins 1911, Februarheft, S. 53; Neue Beiträge zur Kenntnis der Orlauer Störungszone; — daselbst, Septemberheft, S. 391; Bernhardt u. Mladek: Die Frage der Orlauer Störungszone.

**84. — Deckgebirge.** Das Deckgebirge besteht vorzugsweise aus tertiären und diluvialen Schichten. Das Tertiär ist im allgemeinen 150 bis 200 m mächtig, schwillt aber stellenweise, soweit bisher beobachtet ist, bis auf etwa 400 m an. Die Oberfläche des Steinkohlengebirges unter der Tertiärdecke zeigt zahlreiche, größtenteils auf Auswaschungen zurückzuführende Rinnen und Vertiefungen, während die Oberfläche der Tertiärschichten annähernd söhlig liegt. Es handelt sich hier um Meeresbildungen.

Das Diluvium ist bis zu 50 m mächtig angetroffen worden. Es ist bemerkenswert durch die „Kurzawka“, einen zähflüssigen Schwimmsand, der dem Schachtabteufen große Schwierigkeiten entgegensetzt und an den Stellen, wo das Diluvium unmittelbar über dem Karbon liegt, durch Einbrüche in die Baue wiederholt gefährlich geworden ist.

In einem beschränkten Gebiet, nämlich in der westlichen Randmulde und in der Beuthener Mulde, schieben sich Buntsandstein und Muschelkalk zwischen Karbon und Tertiär ein. Dem Muschelkalk gehören die reichen Beuthener Blei- und Zinkerzlagerstätten an.

#### 6. Das niederschlesisch-böhmische Steinkohlenbecken<sup>1)</sup>.

**85. — Lage und Begrenzung.** Das niederschlesisch-böhmische Steinkohlenbecken erstreckt sich zwischen dem Riesen- und dem Eulengebirge an der Südwestgrenze Niederschlesiens. Es bildet eine mit der Längsachse nordwest-südöstlich gerichtete elliptische Mulde, an deren Südwest-, Nordwest- und Nordostrande das flözführende Steinkohlengebirge zutage ausgeht, während es auf der Südostseite der Mulde durch Schichten des Rotliegenden und der Kreide bedeckt wird. Der nordwestliche und südöstliche Teil der ganzen Mulde gehören zu Preußen, wogegen das Mittelstück fast ganz dem hier weit nach Osten hin vorspringenden Böhmen angehört.

**86. — Gliederung.** Das Liegende des Karbons wird an der westlichen, nordwestlichen und nordöstlichen Grenze durchweg von Urgebirgsschichten (Gneis und Glimmerschiefer) gebildet; im Norden treten außerdem Silurschichten auf. An der Südwestgrenze, auf böhmischem Gebiet, sind infolge verwickelter Störungserscheinungen die Lagerungsverhältnisse wenig klar. Im nordwestlichen Beckenteile schiebt sich auf preußischem Boden ein breites Band von dem sonst nur stellenweise auftretenden Kulm zwischen diese liegenden Schichten und das flözführende Steinkohlengebirge ein.

Das letztere ist aus vier Stufen aufgebaut, die aus der Hauptübersicht auf S. 53 ersichtlich sind. Die kohlenreichsten Schichten, der „Waldenburger Hangendzug“, sind sowohl auf preußischem als auch auf böhmischem Gebiete, die liegendste Gruppe, der „Waldenburger Liegendzug“, dagegen ist bis jetzt nur in Preußen aufgeschlossen. Andererseits sind die beiden hangendsten Flözzüge, nämlich der „Idastollner“ und der „Radowenzer“ Flözzug, nur in Böhmen bekannt geworden und sollen daher hier nicht

<sup>1)</sup> Nach Schütze: Beschreibung der beiden Waldenburger Bergreviere (Festschrift zum V. Allg. Deutsch. Bergmannstage), und Dathé: Geologische Beschreibung der Umgebung von Salzbrunn, 1892. — S. auch Dannenberg in dem auf S. 48 in Anm. <sup>1)</sup> genannten Werke, I. Teil, S. 147 u. f.

weiter berücksichtigt werden. Zwischen den beiden Waldenburger Flözgruppen tritt ein flözleeres Mittel von 400—500 m Mächtigkeit auf.

Das Nebengestein wird vorwiegend durch Konglomerate, Sandsteine und Sandschiefer gebildet. Namentlich der Reichtum an Konglomeratschichten, die in den liegenden sowohl wie in den hangenden Karbonschichten auftreten, ist für das niederschlesische Steinkohlenegebirge bezeichnend. Dagegen tritt der Tonschiefer stark zurück und bleibt vorzugsweise auf die Nachbarschaft der Flöze beschränkt. Außerdem treten hier Eruptivgesteine (vorwiegend Porphyr) noch stärker in den Vordergrund als im Saarrevier; die vulkanischen Ausbrüche haben sich durch das ganze Oberkarbon und Rotliegende hingezogen und ihre schmelzflüssigen Massen in Stöcken und Decken (Lagergängen) in den Karbonschichten verteilt.

Die Steinkohlenflöze wechseln an Zahl und Beschaffenheit stark, so daß die Ablagerung in manchen Zügen das Gepräge der „limnischen“ Becken trägt. Viele Flöze sind weniger als 1 m mächtig; stärkere Flöze führen in der Regel ein Bergmittel. Im liegenden Flözzug treten 4—20, im hangenden 2—22 bauwürdige Flöze auf. Der größte an einer Stelle in bauwürdigen Flözen aufgeschlossene Kohlenreichtum beträgt etwa 15 m im liegenden Flözzug (Morgen- und Abendsterngrube bei Altwasser) und etwa 35 m im hangenden Flözzug (Ver. Glückhilf-Friedenshoffnung-Grube bei Hermsdorf). Wie sich aus diesen Zahlen ergibt, ist nicht nur der Kohlenreichtum, sondern auch die durchschnittliche Flözmächtigkeit im hangenden Zuge größer als im liegenden; auch zeichnet sich der erstere durch bessere Beschaffenheit der Kohle aus. Fett- und Magerkohlenflöze treten wechselweise auf; im Hangenzug überwiegen die ersteren (s. auch die Zahlentafel auf S. 54).

Die jüngeren Gebirgschichten bestehen in der Hauptsache aus dem Rotliegenden und der Kreide; von letzterer ist jedoch nur das Cenoman entwickelt, sie tritt auf der preußischen Seite stark zurück. Diluvialschichten treten nur in den Bach- und Flußtälern auf.

87. — Lagerungsverhältnisse. Die Faltung des Steinkohlenegebirges ist hier in mäßigen Grenzen geblieben. Die ganze Ablagerung (vgl. Abb. 66)

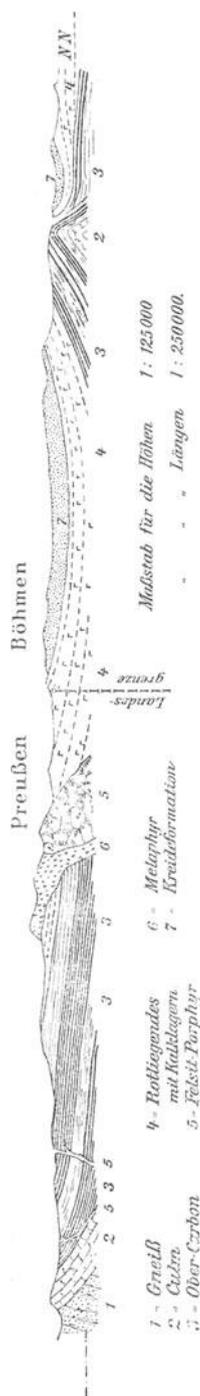


Abb. 66. Ideales Querprofil durch das niederschlesisch-böhmische Steinkohlenbecken nach der Linie Waldenburg-Radowenz. Nach Schütze.

bildet eine große, flache Mulde, deren Nordostflügel den Hauptsitz des preußischen Bergbaues bildet, während der Südwestflügel auf böhmischem Gebiete gebaut wird; hier schließt sich weiter nach Südwesten noch ein Sattel an. Auf preußischem Gebiet sind noch 2 Spezialmulden, die Waldenburger und die Kohlauer, zu unterscheiden, die durch den Porphyrrücken des Hochwaldes getrennt werden und von denen die erstere den größten Kohlenreichtum enthält. Das Einfallen schwankt meist zwischen etwa  $20^\circ$  und  $40^\circ$ , jedoch sind die den Eruptivstöcken benachbarten Teile des Steinkohlenegebirges bis zu  $70\text{--}80^\circ$  aufgerichtet und zeigen so einen deutlichen ursächlichen Zusammenhang zwischen vulkanischen Ausbrüchen und Schichtenaufrichtung.

Vor einigen Jahren sind größere Versuche gemacht worden, auch im Innern der niederschlesisch-böhmischen Mulde das Steinkohlenegebirge zu erbohren. Da jedoch die das letztere sowie das Rotliegende großenteils bedeckenden Eruptivmassen der Mitte der Mulde zugeflossen sind, ihre Mächtigkeit also nach dorthin zunimmt, so hat auch das tiefste Bohrloch, das bis 1570 m Tiefe vorgedrungen ist, noch kein Flöz erreicht. Bergbau kann also hier vorderhand nicht betrieben werden<sup>1)</sup>.

### 7. Das Zwickauer Steinkohlenbecken.

88. — **Vorbemerkung.** Der einzige deutsche Gliedstaat außer Preußen, der über selbständige Steinkohlenablagerungen von einiger Bedeutung verfügt, ist Sachsen. Bayern, das gleichfalls einen kleinen Anteil zur deutschen Steinkohlenförderung beiträgt, baut lediglich auf den Flözen des Saarbrücker Steinkohlenbeckens.

Die sächsischen Vorkommen begleiten den von SW nach NO verlaufenden Nordwestrand des Erzgebirges und enthalten bei Zwickau, bei Lugau-Ölsnitz und bei Döhlen (im Plauenschen Grunde) in der Nähe von Dresden bauwürdige Flöze. Die ersten beiden Ablagerungen gehören dem Karbon an, wogegen die letzte zum Rotliegenden gerechnet wird. Das weitaus bedeutendste dieser Becken ist dasjenige von Zwickau.

89. — **Grundzüge des Zwickauer Steinkohlenbeckens<sup>2)</sup>.** Das Zwickauer Steinkohlenegebirge füllt eine flache Mulde in den kristallinen Schiefen und sonstigen paläozoischen Schichten des Erzgebirges aus. Es liegt daher diskordant auf seinem Untergrunde und stellt dadurch sowie durch die häufigen und raschen Veränderungen der Flöze nach Mächtigkeit und Beschaffenheit sich als durchaus „limnisches“ Becken dar. Seine Oberfläche beträgt nur rund 30 qkm, die Gesamtmächtigkeit des Steinkohlenegebirges nur etwa 400 m.

Die Zwickauer Mulde senkt sich sanft, aber gleichmäßig nach Nordosten hin ein. Das Einfallen beträgt in der Regel etwa  $10^\circ$ . An bauwürdigen Flözen sind 11 vorhanden, die aber nicht im ganzen Bezirk entwickelt und von denen auch die oberen 5 bereits fast ganz abgebaut sind. Die liegenderen Flöze schwellen stellenweise zu großen Mächtigkeiten an; insbesondere ist

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1908, S. 605; Fr. Frech: Wie tief liegen die Flöze der inneren niederschlesisch-böhmischen Steinkohlenmulde?

<sup>2)</sup> Dannenberg in dem auf S. 48 in Anm. <sup>1)</sup> genannten Werke, II. Teil, S. 205 u. f. — Glückauf 1905, Nr. 31, S. 998; J. Treptow: Übersichtskarte des Zwickauer Steinkohlenreviers.

bemerkenswert das Rußkohlenflöz mit bis 9 m, das Planitzer Flöz mit bis 9,5 m reiner Kohle.

Die Abbauverhältnisse sind sehr ungünstig wegen der vielfachen Einlagerung von Bergmitteln wechselnder Stärke in die Flöze und wegen der vielen kleinen Verwerfungen nebst den durch sie veranlaßten mittelbaren Schwierigkeiten: außerordentlich hohem Gebirgsdruck und erheblicher Brandgefahr.

Nach Norden und Osten hin scheint die Ablagerung durch Denudation vernichtet zu sein. In diesen Richtungen keilen die Flöze allmählich aus oder versteinen bald bis zur Unbauwürdigkeit.

Das Deckgebirge besteht aus diskordant aufgelagertem Rotliegenden. Seine Mächtigkeit beträgt im mittleren Teile des Beckens 150—250 m, wächst aber nach Nordosten zu infolge der Einsenkung des Steinkohlengebirges und infolge einer größeren Störung, der „Oberhohndorfer Verwerfung“ (mit 100—200 m Verwurfhöhe), erheblich an, so daß der am Nordostrand stehende Schacht Morgenstern III 750 m Deckgebirge durchteuft hat und mit 1082 m zu den tiefsten deutschen Schächten gehört.

## Zweiter Abschnitt.

# Das Aufsuchen der Lagerstätten. (Schürf- und Bohrarbeiten.)

## I. Schürfen.

1. — **Geognostische Vorarbeiten.** Die geologische Voruntersuchung, die zweckmäßig den Schürfarbeiten vorauszugehen hat, gestaltet sich für den Steinkohlenbergbau wie überhaupt für jeden auf Schichtlagerstätten geführten Bergbau verhältnismäßig einfach. Denn die gesuchten Lagerstätten sind ja an bestimmte Alterstufen der Erdrinde gebunden. Handelt es sich beispielsweise um karbonische Kohlenflöze, so sind (falls nicht etwa eine große Überschiebung anzunehmen ist) Schürfarbeiten in Gegenden, in denen das Devon die Tagesoberfläche bildet, zwecklos. Umgekehrt scheiden auch solche Gebiete aus, in denen zwar zweifellos oder doch höchstwahrscheinlich die gesuchten Lagerstätten vorhanden sind, aber ein zu mächtiges Deckgebirge über ihnen liegt, wie das z. B. südlich des „südlichen Hauptsprungs“ im Saargebiet der Fall ist (s. Abb. 62 auf S. 68).

Der Erzbirgmann ist nicht von vornherein auf ein so enges Gebiet beschränkt, weshalb auch überraschende Erschürfungen von Erzlagerstätten sehr häufig vorkommen. Jedoch gibt es auch für ihn Gebiete, die von vornherein zu Schürfarbeiten anlocken, nämlich Gegenden mit stark gefaltetem und gestörtem Schichtenbau, mit alten und jungen Massengesteinen, Vulkanausbrüchen, heißen Quellen u. dgl., da in allen solchen Gebieten die Wahrscheinlichkeit der Entstehung sowohl wie der Ausfüllung von Spalten und sonstigen Hohlräumen besonders groß ist, auch an den Berührungsfächen von Massen- und Schichtgesteinen (Kontaktzonen) vielfach Erzlagerstätten auftreten. Im übrigen ist besonders das Kalkgebirge, das sehr zur Spalten- und Höhlenbildung neigt, genauerer Erforschung wert.

In vielen Fällen geben auch noch besondere Anzeichen Fingerzeige. Die Lagerstätten können, wenn ihre Mineralfüllung wenig witterungsbeständig ist, als Vertiefungen, im entgegengesetzten Falle als Erhöhungen auffallen; letzteres ist namentlich der Fall bei Gängen mit quarzhaltiger Gangmasse, die sich häufig als „Klippen“ oder „Gangmauern“ von dem umgebenden Gestein abheben (vgl. Abb. 38 auf S. 39). Ferner kann das Ausgehende der Lagerstätten durch Färbungen („Schweife“ oder „Blumen“) an der Erdoberfläche bemerkbar werden. Weitere Anzeichen sind: Solquellen, die auf Salzschiechten hindeuten, Naphthaquellen und Erdgasausbrüche, die auf Erdöllagerstätten im Untergrunde schließen lassen. Im Goldbergbau ist das Vorkommen von „Seifengold“ in Flüssen oder früheren Flußbetten ein Hinweis auf den Gehalt an „Berggold“ in den Gegenden, aus denen die Flüsse kommen.

**2. — Physikalische Hilfsmittel.** In Gegenden mit Eisenerzlagerstätten leistet die Ablenkung einer söhlig oder seiger schwingenden Magnetonadel durch die vom Eisenerz ausgehende Anziehung gute Dienste und wird in besonderen Meßvorrichtungen verwertet<sup>1)</sup>.

In den letzten Jahren ist eine Reihe weiterer Untersuchungsverfahren hinzugekommen, die mit sehr fein abgestimmten physikalischen Hilfsmitteln arbeiten und rasch zu größerer Vollkommenheit gebracht worden sind, nachdem bereits vor einiger Zeit nach den Vorschlägen von Trüstedt, Löwy und Leimbach Meßverfahren mit Benutzung elektrischer Wellen<sup>2)</sup> angegeben waren und zu Erfolgen geführt hatten. Es handelt sich dabei<sup>3)</sup> um Schweremessungen mit der Eötvösschen Drehwage und verschiedenen Pendelvorrichtungen, um die Ermittlung natürlicher und der verschiedenen Beeinflussung künstlicher elektrischer Ströme, um die Verfolgung des verschiedenen Verlaufs elektrischer Wellen im Untergrunde, um radioaktive Wirkungen u. dgl. In Deutschland hat besonders die Aktiengesellschaft „Erda“ in Göttingen sich der Ausgestaltung und Anwendung dieser Verfahren, namentlich der mit elektrischen Strömen arbeitenden, gewidmet; ferner sind hier noch zu nennen die „Exploration“ G. m. b. H. in Berlin, die mit der Drehwage, und die „Seismos“ G. m. b. H. in Hannover, die mit der Verfolgung elastischer, durch Sprengschüsse erzeugter Wellen arbeitet.

**3. — Schürfarbeiten.** Ist einige Aussicht auf Auffindung von Lagerstätten vorhanden, so kann das Schürfen beginnen, worunter man die zum Aufsuchen der Lagerstätten erforderlichen Arbeiten versteht. Das einfachste Mittel sind Schürfgräben, die in den Deckschichten bis zur Oberfläche des mineralführenden Gebirges ausgehoben werden. Sie werden im Flözgebirge querschlägig zum Streichen geführt. Beim Schürfen auf Erzlagerstätten lassen sich keine bestimmten Vorschriften für die Richtung der Schürfgräben geben; hier muß die größere Wahrscheinlichkeit des Fundes zur Richtschnur genommen werden. Bei zu großer Mächtigkeit des Deckgebirges treten Schürfschächte an die Stelle der Gräben. In gebirgigem Gelände können vielfach querschlägige Schürfstollen vom Abhange aus bequemer zum Ziele führen, namentlich wenn Bewaldung der Oberfläche, Grundwasser u. dgl. dem Auswerfen von Gräben entgegenstehen.

In Ländern mit dichter Bevölkerung und alter Kultur jedoch, in denen die oberflächlich zu erschürfenden Mineralien bereits bergmännisch erschlossen sind, sowie in ausgedehnten Ebenen mit jungen Ablagerungen in den oberen Teufen sind das weitaus wichtigste Schürfmittel Bohrarbeiten, auf die im folgenden näher eingegangen werden soll. Und zwar soll zunächst die Ausführung der senkrecht nach unten gerichteten „Tiefbohrung“, dann diejenige der Söhlig- und Schrägbohrung behandelt werden.

<sup>1)</sup> Siehe z. B. Techn. Bl. 1914, Nr. 10, S. 75; Förster: Das Aufsuchen von Lagerstätten mittels magnetischer Messungen; — vgl. auch Mitteilungen der Mecklenburg. Geol. Landesanstalt 1920, Heft 32; Dr. Schuh: Magnetische Messungen im südwestlichen Mecklenburg usw.

<sup>2)</sup> Glückauf 1915, Nr. 14, S. 333; Dr. Leimbach: Physikalische Aufschlußarbeiten im Bergbau.

<sup>3)</sup> Näheres s. Glückauf 1921, Nr. 21, S. 481 u. f.; Dr. Ambronn: Physikalische Aufschlußarbeiten als Hilfsmittel für geologische Forschungen; — ferner Umschau (Frankfurt a. M.) 1922, Nr. 34, S. 529 u. f.; Dr. Ambronn: Die Verwertung der physikalischen Aufschlußarbeiten im Berg-, Tief- und Wasserbau.

## II. Tiefbohrung<sup>1)</sup>.

4. — **Wesen und Zwecke der bergmännischen Tiefbohrung.** Die Tiefbohrung kann außer für Schürfarbeiten auch noch für verschiedene andere Zwecke Verwendung finden. Man unterscheidet nämlich noch:

Bohrungen zur Untersuchung der Lagerungsverhältnisse eines verliehenen Grubenfeldes als Vorbereitung für die bergmännische Inangriffnahme (Aufschlußbohrungen);

Bohrungen zur Erforschung des Deckgebirges, die in erster Linie für das Schachtabteufen von Wichtigkeit sind;

Bohrungen zur Gewinnung nutzbarer Mineralien in flüssigem oder gasförmigem Zustande wie Erdöl, Heilquellen, Sole, Erdgas, Kohlensäure u. dgl.;

Hilfsbohrungen bei bergmännischen Arbeiten, namentlich beim Schachtabteufen, und zwar zur Bildung einer Frostmauer im schwimmenden Gebirge (Gefrierverfahren) oder zum Einpressen von Zement in klüftiges Gebirge (Zementierverfahren), — sowie zur Abführung der Wasser eines im Abteufen begriffenen Schachtes nach unten hin in Unterfahrungsquerschläge u. dgl., um sie von einer bereits vorhandenen Wasserhaltung heben zu lassen.

Als Schürfarbeit hat die Tiefbohrung ihre Hauptbedeutung für die Gebiete mit flöz- und lagerartigen Lagerstätten, also für den Steinkohlen-, Braunkohlen- und Salzbergbau, weil solche Lagerstätten auf Grund geologischer Forschungen auch unter jüngerem Deckgebirge mit einer gewissen Sicherheit im Untergrunde vermutet werden können. Der Erzbergmann hat wegen des sehr wechselnden und unberechenbaren Auftretens seiner Lagerstätten diese früher durchweg nur in Gegenden ohne Deckgebirge mittels einfacher Schürfarbeiten aufgesucht. Neuerdings bedient jedoch auch er sich mit Erfolg der Tiefbohrung in solchen Fällen, in denen unter einem Deckgebirge von geringer Mächtigkeit die Fortsetzungen von bereits unterirdisch aufgeschlossenen Lagerstätten aufgesucht werden sollen. In großem Maßstabe wird diese Aufschlußarbeit z. B. durch die Bergwerksgesellschaft des Altenbergs bei Aachen betrieben, die in manchen Jahren 50—100 Bohrlöcher mit insgesamt rund 2000 m Tiefe hat herstellen lassen<sup>2)</sup>.

Nach den genannten Zwecken sind auch die Bohreinrichtungen verschieden. Handelt es sich um Schürfbohrungen, bei denen im Wettbewerb mit anderen Schürfern gebohrt werden muß, so wird man in erster Linie Wert legen auf rasches Niederbringen der Bohrlöcher ohne Rücksicht auf die Kosten. Bei Bohrungen zur Untersuchung von Lagerungsverhältnissen kommt es auf möglichst genaue Feststellung der Beschaffenheit und Mächtigkeit der durchbohrten Schichten bei mäßigen Kosten an. Bohrlöcher zur Mineralgewinnung müssen vor allem genügende Weite erhalten und gegen Verunreinigungen durch Gebirgswasser u. dgl. möglichst gut gesichert werden. Bei Bohrlöchern

<sup>1)</sup> Bezüglich näherer Einzelheiten sei verwiesen auf die Sonderwerke Tecklenburg: Handbuch der Tiefbohrkunde, (Berlin, Loewenthal), 2. Aufl. 1900—1914; ferner Bansen, Gerke und Herwegen: Das Tiefbohrwesen, (Berlin, Springer), 1912. (Erster Band des Werkes „Die Bergwerksmaschinen“, herausgegeben von H. Bansen.)

<sup>2)</sup> Vgl. „Der Bergbau auf der linken Seite des Niederrheins“ (Festschrift zum XI. Deutschen Bergmannstage), II. Teil, S. 48 u. f.

für das Gefrierverfahren ist die möglichst lotrechte Herstellung von größter Bedeutung usw.

5. — **Einteilung.** Man kann verschiedene Hauptarten der Tiefbohrung unterscheiden, je nachdem drehend oder stoßend und mit zeitweiliger oder ununterbrochener Schlamm- („Schmand-“) Förderung gearbeitet wird. Außerdem nimmt die Durchbohrung der oberen, weichen Gebirgsschichten, die in der Regel das feste Gestein überdecken, eine besondere Stellung ein.

### A. Die Tiefbohrung in milden Gebirgsschichten und geringen Teufen.

6. — **Drehendes Bohren.** Für das Bohren in mildem Gebirge finden vorzugsweise drehend bewegte Bohrgezähe Verwendung. Als Bei-



Abb. 67.  
Spiralbohrer.

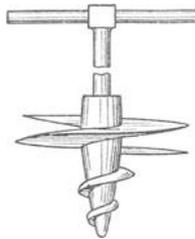


Abb. 68. Bolkens  
Patent-Erdbohrer.

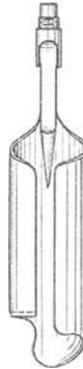


Abb. 69.  
Offene  
Schappe.



Abb. 70.  
Ventil-  
bohrer.

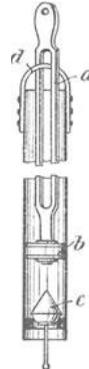


Abb. 71.  
Sand-  
pumpe.

spiele für einfache, an die gewöhnlichen Schlangenbohrer erinnernde Bohrer dieser Art (Schneckenbohrer) seien genannt der Spiralbohrer (Abb. 67) und der Bolkensche Patent-Erdbohrer<sup>1)</sup> (Abb. 68), der zunächst durch die untere, steile Schraube das Erdreich lockert und dadurch das Eindringen der oberen flachen Gewindegänge erleichtert. Ein viel verwendetes, auch für größere Teufen brauchbares Bohrgezähe ist ferner die Schappe, von deren vielen Formen eine in Abb. 69 dargestellt ist. Sie eignet sich besonders für die Durchbohrung toniger Massen und besteht aus einem geschlossenen oder mehr oder weniger weit geschlitzten Hohlzylinder, der unten mit einer gewundenen Schneide („Schnecke“) zum Eindringen in das Gebirge versehen ist, in seinem oberen Teile die erbohrten Massen aufnimmt und mit ihnen nach Füllung zutage gefördert wird. Die geschlossene Schappe ist für die Bohrarbeit in Sand, Feinkies u. dgl., die offene für das Bohren in lettigen und tonigen Schichten vorzuziehen. Die Bohrarbeit mit Schappe und Schneckenbohrern ist wegen der Notwendigkeit, die Bohrwerkzeuge häufig aufzuholen, zeitraubend, ermöglicht aber die Gewinnung von Gebirgsproben.

<sup>1)</sup> Tecklenburg in dem auf S. 82 in Anm.<sup>1)</sup> erwähnten Werke, Bd. I, S. 14.

Die Drehung des Bohrgezähes bewirkt man von Hand, und zwar durch Krückel, die bei Bohrungen von ganz geringer Tiefe den Kopf des Bohrers oder Gestänges bilden (Abb. 68), in der Regel aber unterhalb des Antriebs durch Ösen im Gestänge gesteckt werden. Durch Verlängerung der Krückelarme (Aufstecken von Rohrstücken u. dgl.) kann das gleichzeitige Arbeiten mehrerer Leute ermöglicht werden.

Soll das Loch, wie das fast stets der Fall ist, tiefer werden, als die Länge des Bohrgezähes beträgt, so muß zwischen Bohrer und Krückel ein Gestänge (vgl. Ziff. 14) eingeschaltet und nach und nach durch Aufschrauben neuer Stücke verlängert werden. Die für Gestängebohrung bestimmten Bohrgezähe erhalten einen Gewindekopf, auf den das unterste Gestängestück mit einer Mutterschraube aufgeschraubt wird.

7. — Stoßendes Bohren. In wasserführendem, sandigem Gebirge bevorzugt man das stoßende Bohren mittels des Ventilbohrers oder der Sandpumpe. Ersterer (Abb. 70) ist ein unten zugeschärfter und mit einer Bodenklappe *a* oder einer Kugel verschlossener Hohlzylinder aus Stahlblech, der durch Aufstauchen gefüllt und nach Füllung hochgezogen wird. Letztere, die am Seile hängt, ist außer mit dem Bodenventil *c* mit einem Scheibenkolben *b* ausgerüstet (Abb. 71), der, durch Vermittlung eines gegabelten Bügels *a* hochgezogen, den Behälter durch Ansaugen der losen Gebirgsmassen füllt, worauf dieser mit Hilfe des Bügels *d*, unter den der hochgezogene Gabelbügel *a* faßt, zutage gezogen wird.

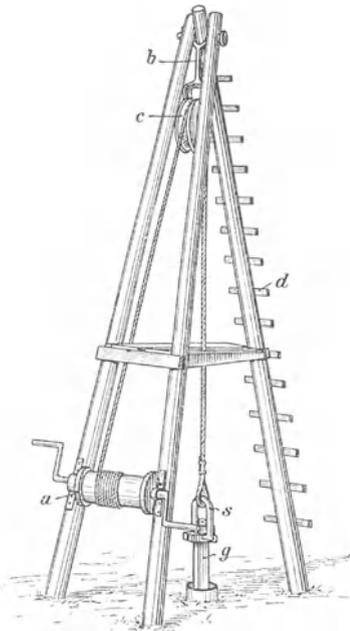


Abb. 72. Dreibein für kleine Drehbohrungen.

Neuerdings macht man von dem zunächst nur für feste Gebirgsarten bestimmten Verfahren der Schnellschlag-Meißelbohrung (vgl. Ziff. 22 u. f.) mit gutem Erfolge auch für mildes Gebirge Gebrauch, da man damit hohe Leistungen erzielen kann. Allerdings verzichtet man dabei auf die Gewinnung von Gebirgsproben, wie sie die genannten Bohrgezähe ermöglichen, und muß sich mit der Beurteilung der durchbohrten Schichten nach dem Aussehen des Bohrschmandes begnügen, die noch dadurch erschwert wird, daß man dann zur Sicherung der Bohrlochstöbe mit Dickspülung (Ziff. 19) arbeiten muß.

8. — Hilfsvorrichtungen. Für mäßige Teufen (bis zu 100 m) genügt ein einfacher, meist 4–10 m hoher, dreibeiniger Bock nach Abb. 72. An diesem wird das Gestänge *g* durch Vermittlung eines Seiles, das sich von einem Haspel-

rundbaum *a* abwickelt und über eine an einem Haken *b* hängende Rolle *c* geführt wird, so aufgehängt, daß es nach Bedarf während des Bohrens nachgelassen werden kann. Der Rundbaum wird, wie die Abbildung zeigt,

auch zum Aus- und Einfördern des Gestänges benutzt. Die Befahrung des Bockes wird durch Leitersprossen *d* an einem Pfosten ermöglicht.

Zur Herausförderung des Bohrschmandes müssen die Bohrwerkzeuge von Zeit zu Zeit zutage geholt werden.

## B. Die Tiefbohrung in größeren Teufen und vorwiegend festem Gebirge.

9. — **Einteilung.** Für die Tiefbohrung in größeren Teufen, in denen feste Gebirgsschichten vorherrschen, aber auch lockere Massen wie z. B. Schwimmsand durch den Druck eine größere Festigkeit annehmen, kommt in erster Linie das stoßende oder Meißelbohren in Betracht, das sich für alle möglichen Festigkeits- und Härtegrade eignet. Jedoch kann in vielen Fällen auch drehendes Bohren mit Vorteil Verwendung finden; nur müssen dann die Bohrgezähe den schwierigeren Arbeitsbedingungen entsprechend anders ausgebildet werden.

Das stoßende Bohren erfolgt am Gestänge oder am Seil. Bei dem weitaus wichtigsten Gestängebohren kann man wieder unterscheiden: das (englische) Bohren mit starrem Gestänge, das (deutsche) Bohren mit Zwischenstücken, das Bohren mit starrem, aber federnd aufgehängtem Gestänge (Schnellschlagbohrung) und das Bohren mit Antrieb im Bohrloch selbst und unbewegtem Gestänge. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß das stoßende Bohren mit absatzweise oder mit ununterbrochen durchgeführter Schlammförderung (d. h. trocken oder mit Wasserspülung) erfolgen kann, wogegen das drehende Bohren immer mit Wasserspülung verbunden ist.

### a) Stoßendes Bohren.

#### 1. Das Gestängebohren.

α) *Ältere Bohrverfahren. (Englisches und deutsches Stoßbohren.)*

aa) Das Bohren ohne Wasserspülung („Trockenbohren“).

10. — **Einleitung.** Das englische Bohren mit steifem Gestänge ist nur in mäßigen Teufen (bis zu etwa 100 m) anwendbar, weil darüber hinaus das Gestänge zu stark auf Knickung beansprucht wird und die Bohrlochstöße zu sehr durch das Schlagen des Gestänges angegriffen werden. Dagegen kann das deutsche Bohren mit Zwischenstücken, die das Gestänge entlasten, auch in großen Teufen noch mit Vorteil Verwendung finden und hat daher bei uns das englische Bohren verdrängt.

11. — **Bohrtürme.** Über Tage ist ein Bohrturm für die Förderung und Aufhängung der Gestängestücke nebst den für Schmiede, Magazin, Schreibstube u. dgl. dienenden Anbauten erforderlich. Der Turm wird in der Regel durch vier starke Eckstützen mit Verstrebung und Verschalung gebildet und wird um so höher und fester gebaut, je tiefer das Bohrloch werden soll. Denn eine möglichst große Höhe des Turmes gestattet auch die Verwendung entsprechend langer Gestängestücke oder Stangenzüge (s. Ziff. 14) und damit eine wesentliche Beschleunigung des Gestängeaufholens und -einlassens, und andererseits bedingen tiefe Bohrlöcher mit ihren großen Gestängelängen eine starke Belastung des Turmes. Für sehr tiefe Bohrlöcher

empfiehlt sich die Herstellung eines sog. Bohrschachtes, der gewissermaßen die untere Verlängerung des Bohrturmes bildet und die Förderung sehr langer Gestängezüge (mit bis zu 30 m Gesamtlänge) ohne übermäßige Höhe des Bohrturmes gestattet.

12. — **Antrieb.** Die stoßende Auf- und Abbewegung des Gestänges kann bei geringen Teufen (in zivilisierten Ländern bis zu etwa 50—70 m) noch durch Menschenkraft erfolgen. Tiefen bis zu etwa 30 m können in der Weise erbohrt werden, daß das Gestänge an einem über eine Rolle geführten Seile hängt, an dessen anderem Ende die Leute ziehen. Im übrigen kommt ein meist aus zähem Holze bestehender Hebel, der sog. Bohrschwengel, zur

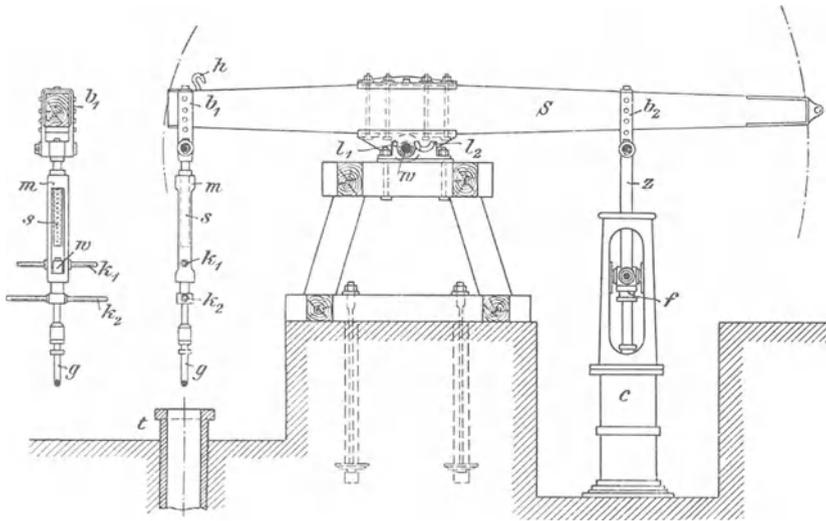


Abb. 73. Bohrschwengel mit Schlagzylinder und Bohrtäucher.

Verwendung, an dem vorn das Gestänge hängt, während hinten an einem oder mehreren Querbäumen die Bohrmannschaft angreift. Der Schwengel ist in einem einfachen Holzgestell, der sog. Bohrdocke, verlagert.

Tiefere Bohrlöcher werden mit maschinellem Antrieb niedergebracht. Und zwar spielt hier, da vielfach im freien Felde gebohrt werden muß, zur Zeit noch die Dampfkraft die Hauptrolle, weshalb bei der Wahl des Aufstellungsortes für den Bohrturm die Möglichkeit billiger Beschaffung von Speisewasser zu berücksichtigen ist. Die Maschinenkraft greift am hinteren Ende des Bohrschwengels an und besteht entweder (Abb. 73) aus einem stehenden Schlagzylinder *c*, dessen Kolbenstange durch den Kreuzkopf *f* mit der Zugstange *z* verbunden ist und durch diese mittels des angeschraubten Bügels *b*<sub>2</sub> das Schwengelende faßt, oder aus einem Kurbelgetriebe, dessen Pleuelstange in ähnlicher Weise am Schwengel angreift und das in der Regel von einer Lokomobile aus durch Treibriemen u. dgl. in Drehung versetzt wird (vgl. die weiter unten beschriebenen Schnellschlag-Bohreinrichtungen, S. 98 u. f.). Das Gestänge wird an einem zweiten Bügel *b*<sub>1</sub> aufgehängt. Soll die Bohrlochmitte, z. B. zum Zweck der Gestängeförderung, freigegeben

werden, so kann der Schwengel am Haken  $h$  hochgehoben und seine Welle  $w$  in das hintere Lager  $l_2$  gelegt werden.

**13. — Obere Zwischenstücke.** Zwischen Schwengelkopf und Gestänge werden bei dem einfachen Schwengelbohren folgende Kopfstücke (Abb. 73) eingeschaltet:

a) Die mittels eines Gelenks aufgehängte Nachlaß- oder Stellschraube, die das allmähliche Nachsenken des Gestänges entsprechend dem Fortschreiten der Bohrarbeit ermöglicht. Sie besteht aus einer Schraubenspindel  $s$ , deren Mutter  $m$  sich unten in eine sog. Schere verlängert, an der das Gestänge angreift.

b) Der unter- oder oberhalb der Stellschraube angeordnete Wirbel  $w$ . Er gestattet das Umsetzen des Gestänges nach jedem Hube, damit der Meißel nach und nach die ganze Bohrlochsohle bestreichen kann. Zu diesem Zwecke wird der durch eine Öse der Krückelstange unterhalb des Wirbels gesteckte Krückel  $k_2$  benutzt. Die Drehung der Stellschraubemutter, die je nach der Gesteinhärte verschieden rasch erfolgen muß, wird bei der in Abb. 73 dargestellten Anordnung durch einen zweiten, durch eine Öse in der Schere gesteckten Krückel  $k_1$  ermöglicht.

Ist die Stellschraube abgedreht, so muß das Gestänge abgefangen, von der Stellschraube gelöst und die letztere wieder hochgedreht werden, worauf zwischen Krückelstange und Gestänge Paßstücke von einer der Länge der Stellschraube oder einem Vielfachen derselben entsprechenden Länge eingeschaltet werden, bis für ein ganzes Gestängestück Platz geschaffen ist.

Dieses Nachsenken des Gestänges mittels Stellschraube ist umständlich und zeitraubend. Für Bohrungen, bei denen es auf Beschleunigung ankommt, sind daher einfachere Nachlaßvorrichtungen, wie solche z. B. beim Schnellschlagbohrverfahren (Ziff. 22 u. f.) angewendet werden, vorzuziehen.

**14. — Gestänge.** An die Stelle des früher meist üblichen Holzgestänges sind jetzt Eisen- und Stahlgestänge getreten. Ersteres wird voll, letzteres hohl hergestellt. Das hohle Stahlgestänge, das für die Spülbohrung das allein in Betracht kommende ist (vgl. Ziff. 21), wird neuerdings auch bei Trockenbohrungen mehr und mehr angewandt, da es bei geringem Gewicht durch große Widerstandsfähigkeit ausgezeichnet ist und ohne weiteres nach Bedarf vom Trocken- zum Spülbohren überzugehen gestattet.

Die Länge der einzelnen Gestängestücke nimmt man bei tieferen Bohrungen möglichst groß, bis zu etwa 8—10 m, um mit möglichst wenig Verbindungsstellen auszukommen und den Zeitverlust beim Einlassen und Aufholen des Meißels möglichst zu beschränken. Aus dem letzteren Grunde vereinigt man für die Förderung auch, falls die Höhe des Bohrturmes es gestattet, nach Möglichkeit mehrere Gestängestücke zu „Stangenzügen“.

Die Verbindung der einzelnen Gestängestücke untereinander erfolgt durch Verschraubung. Und zwar wird dabei durch die Anordnung der Mutterschraube am unteren und der Schraubenspindel am oberen Ende eines jeden Gestängeteils eine Verunreinigung der Gewindegänge durch Bohrschlamm nach Möglichkeit verhütet. Der Bund oder die Verdickung unterhalb eines jeden Gestängekopfes dient zum Abfangen des Gestänges beim Aus- und Einfördern und außerdem nötigenfalls für den Angriff der Fangwerkzeuge.

**15. — Meißel.** Das Gestänge trägt unten das Bohrgezähe, den Bohrmeißel. Der einfache Meißel besteht (Abb. 74) aus dem Spaten oder Blatt

mit der Schneide, aus dem Schaft und dem Bunde mit Schraubenkopf. Die Schneide ist jetzt in der Regel geradlinig, weil sie dann die kräftigste Wirkung des Schlages wegen seiner Verteilung auf die denkbar kleinste Fläche gestattet. Der Winkel, den die beiden Schneideflächen miteinander bilden, kann um so spitzer sein, je milder das Gestein ist. Wegen der starken Beanspruchung des Meißels empfiehlt es sich, ihn aus bestem Tiegelgußstahl



Abb. 74. Einfacher Bohrmeißel.

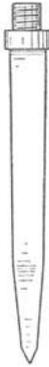


Abb. 75. Meißel mit Nachschneiden.

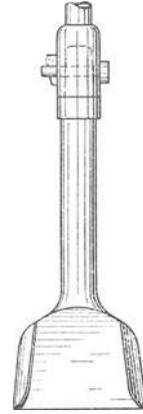
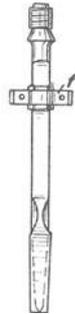


Abb. 76. Meißel mit Ohrenschnitten.

herzustellen und überhaupt keine Kosten zu scheuen, um ihn so widerstandsfähig wie möglich zu machen, da Meißelbrüche die Bohrarbeit außerordentlich aufhalten können. Die Verbindung des Meißels mit dem Gestänge erfolgt entweder durch Verschraubung (Abb. 74 u. 75) oder durch ein Keilschloß nach Abb. 76; letzteres wird in weiten Bohrlöchern vorgezogen, da es widerstandsfähiger ist und schneller befestigt und gelöst werden kann als ein Schraubenschloß. — Eine gute Ausrundung des Bohrlochs wird durch Meißel mit Ohrenschnitten (Abb. 76) ermöglicht. In klüftigem oder steil einfallendem Gebirge finden mit Vorteil Meißel mit Nachschneiden Verwendung, von denen Abb. 75 einen mit quer zum Spaten gestellten Nachschneiden *f* zeigt.

Ein Rundmeißel, der, auf- und abbewegt, zur nachträglichen Beseitigung von Unebenheiten an den Bohrlochstößen dient, ist die Bohrbüchse (Abb. 77).

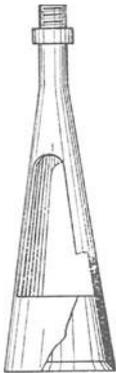


Abb. 77. Bohrbüchse.

Zur Erzielung einer genügenden Schlagkraft ist namentlich bei hartem Gestein ein möglichst großes Meißelgewicht erforderlich. Da der Meißel selbst nicht zu schwer gemacht werden darf, damit er nicht zu unhandlich wird, so gibt man ihm zweckmäßig ein Zusatzgewicht in Gestalt der sog. „Schwerstange“ (auch „Bohrbär“ genannt), d. h. einer

massiven Eisenstange von rundem oder quadratischem Querschnitt, die mit dem Gestänge durch Verschraubung, mit dem Meißel durch Verschraubung oder Keilschloß verbunden wird und eine Länge bis zu etwa 8 m, ein Gewicht bis zu 2000 kg erhält (*c* in Abb. 78).

Die Schwerstange ist für das Bohren mit Freifall (s. Ziff. 16) unentbehrlich, findet aber auch beim Bohren mit Rutschschere meistens Verwendung.

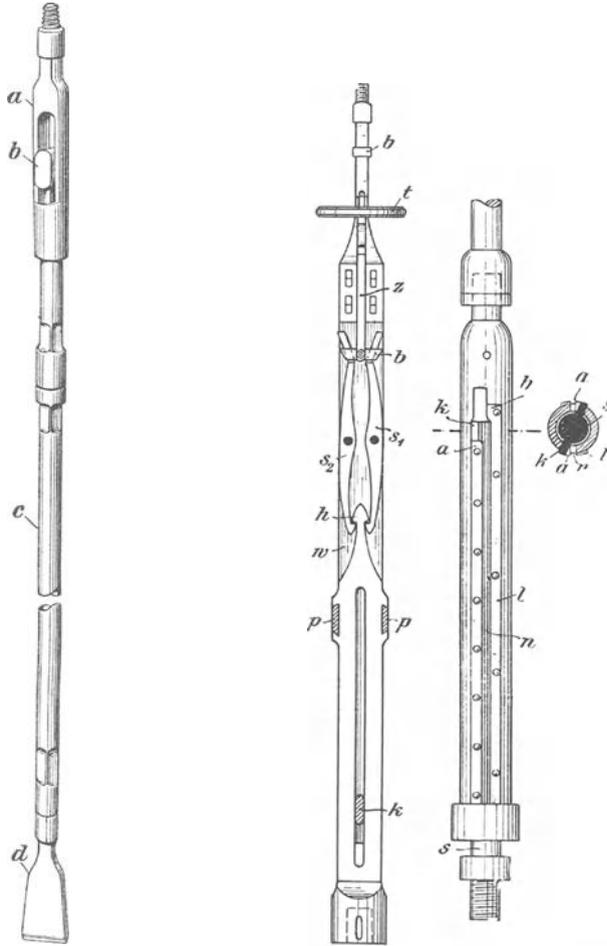


Abb. 78.  
Rutschschere nach  
Fauk mit Schwer-  
stange und Meißel.

a Kind'scher Freifall. b Fabianscher Freifall.  
Abb. 79. Freifallvorrichtungen.

16. — Untere Zwischenstücke beim deutschen Bohren. Das für das deutsche Stoßbohren bezeichnende Zwischenstück kann eine Rutschschere oder ein Freifallgerät sein.

Für die Rutschschere gibt Abb. 78 ein Beispiel. Sie besteht aus zwei gegeneinander verschiebbaren Stücken, von denen das untere Stück *b*, das unten die Schwerstange *c* und den Meißel *d* trägt, sich mit dem Kopfe in dem Schlitz des oberen Stückes *a* führt. An dem letzteren ist durch Ver-

schraubung das Gestänge befestigt, das somit nach dem Meißelschlage sich unbehindert langsam nachsenken kann.

Die Freifallvorrichtungen geben den Meißel während des Schlages vollständig frei. Aus der großen Zahl der verschiedenen Bauarten seien hier nur die beiden folgenden herausgegriffen:

1. Die Freifallvorrichtung nach Kind (Abb. 79 a). Das den Meißel tragende Abfallstück wird mittels des Kopfes  $h$  während des Hochganges des Gestänges von den Haken der Scherenzangen  $s_1 s_2$  festgehalten, welche letzteren um Mittelbolzen drehbar verlagert sind. Diese Bolzen sind in den Wangen  $w$  des Führungstückes befestigt, das seinerseits mit dem Gestänge fest verbunden ist. Geht das Gestänge nach unten, so schiebt der Gegendruck des im Bohrloche stehenden Wassers das auf dem Gestänge gleitende „Hütchen“  $t$  aufwärts, (wobei dessen Hub durch einen Bund  $b$  begrenzt wird), und öffnet dadurch mit Hilfe der Zugstange  $z$  und der Brücke  $b$  die Schere, so daß diese das Abfallstück fallen läßt. Ein seitliches Kippen des letzteren wird dabei durch dessen Klauenstücke  $p$  sowie durch den Führungsschlitz verhindert, in dem der den Fall begrenzende Keil  $k$  gleitet. Die Vorrichtung verlangt also ein mit Wasser (mit nicht zuviel Strömung) gefülltes Bohrloch. Sie wird heute kaum noch zur Tiefbohrung, wohl aber für das Abbohren von Schächten (s. Bd. II, 7. Abschnitt) verwendet.

2. Der Fabiansche Freifall (Abb. 79 b). Er ist nicht auf wassergefüllte Bohrlöcher beschränkt und wegen seiner Einfachheit weit verbreitet, strengt allerdings den Krückelführer stark an, weil dieser beim Umsetzen dem Gestänge einen Ruck geben muß, um das Freifallstück  $s$  abzuwerfen. Dieses trägt oben zwei Flügelkeile  $k$ , die sich in den Schlitzen  $n$  führen und durch den Ruck im Gestänge von ihren Sitzen  $a$  heruntergeworfen werden, auf die sie, wenn das Gestänge nachsinkt, durch die Abschrägungen  $b$  selbsttätig wieder herübergedrängt werden. Die Ränder der Führungsschlitze werden durch Stahlschienen  $l$  geschützt.

Das Abwerfen des Abfallstückes wird durch Prellvorrichtungen am Bohrschwengel unterstützt. Die Hubhöhe beträgt bis zu 0,6 m, die Schlagzahl 25—30 in der Minute. Wegen der Erschütterung des Gestänges beim Abwerfen ist die Vorrichtung für Tiefen über etwa 350 m nicht geeignet.

Die Rutschschere ist in ihrer Schlagkraft von der Bewegung des Gestänges abhängig. Da sie bis zum Augenblicke des Meißelschlages am Gestänge hängt, so hat es wenig Zweck, ihr ein großes Gewicht zu geben, das doch nicht ausgenutzt werden könnte und außerdem beim Wiederanheben des unteren Scherenstückes starke Erschütterungen ins Gestänge bringen würde. Man begnügt sich daher mit einem Gewichte von höchstens 700 bis 750 kg. Auch eine große Hubhöhe nützt wenig, da die ganze beim Niedergang beschleunigte Gestängemasse beim Schlage nicht mitwirkt. Dagegen ist eine größere Schlagzahl möglich als beim Bohren mit Freifall, weil das Wiederanheben des letzteren langsam erfolgen muß; bei mäßigen Teufen gestattet die Rutschschere 60—65 Schläge in der Minute, der Freifall dagegen nur etwa 30. Andererseits kann bei letzterem die Schlagkraft durch eine größere Hub- und Fallhöhe (bis 1,2 m) und durch ein größeres Gewicht des Abfallstückes (1000—2300 kg für Meißel und Schwerstange) gesteigert werden,

wenngleich sie stets durch den Widerstand von Wasser und Schlamm im Bohrloch mehr oder weniger beeinträchtigt wird.

Im ganzen arbeitet man also bei Verwendung der Rutschschere mit einer größeren Anzahl leichterer, bei Verwendung der Freifallvorrichtungen mit einer geringeren Anzahl kräftigerer Schläge. Mit zunehmender Teufe verringert sich wegen der größeren Gestängelast die überhaupt mögliche Hubzahl, so daß dann die Rutschschere gegenüber dem Freifall immer mehr zurücktritt. Im übrigen erfordert letzterer wegen seiner größeren Raumbeanspruchung größere Bohrlochdurchmesser als die Rutschschere.

**17. — Hilfsvorrichtungen.** Von Hilfsvorrichtungen sollen hier die folgenden genannt werden, die allerdings zum großen Teile nicht nur für das stoßende Bohren, sondern für den Bohrbetrieb überhaupt erforderlich sind:

1. Der Bohrtäucher (*t* in den Abbildungen 73 und 94), ein in der Regel eisernes Rohr, das dazu dient, beim Bohren der ersten Meter eines Bohrloches die lotrechte Führung des Bohrgestänges zu ermöglichen.



Abb. 80. Bohrschere.

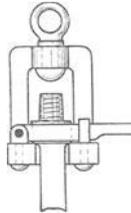


Abb. 81. Förderstuhl.

Abb. 82. Gestängerechen.

2. Die Bohrschere (Abb. 80), bestehend aus zwei durch ein Gelenk verbundenen Schenkeln, die auf das Bohrloch gelegt werden, um das Hineinfallen von Gegenständen in dieses zu verhüten, und die in der Mitte eine Öffnung für das Bohrgestänge freilassen.

3. Die Meißel-Lehre, eine Schablone, mit der die Meißelbreite vor dem Einlassen des Meißels geprüft wird, um letzteren rechtzeitig auswechseln und den Bohrlochdurchmesser gleichmäßig erhalten zu können.

4. Die zum Einlassen und Aufholen der Gestängestücke un- mittelbar und mittelbar verwendeten Geräte, nämlich:

a) Der Förderstuhl (Krükelstuhl, Stuhlkrükel, Ochsenfuß). Er dient zum Anschlagen des Gestänges an das Förderseil. Der in Abb. 81 dargestellte Förderstuhl ist mittels eines Wirbels am Seil befestigt und greift mit seiner Gabel unter den oberen Bund des Gestängestückes, das dann durch eine Klinke festgehalten wird.

b) Die Abfanggabel, die unter den Bund des jeweilig obersten Gestängestückes faßt und das Gestänge während des An- und Abschlagens des nächsthöheren Stückes und des Förderstuhles festhält.

c) Der Gestängerechen (Abb. 82), zur Aufhängung der Gestängestücke oder Stangenzüge dienend.

d) Das Bohrbündel, ein einer Bohrschere ähnliches Klemmstück, das fest an das Gestänge geklemmt werden kann, um in Ermangelung an-

geschmiedeter Bunde oder Wulste einen Halt zu bieten, an den Ketten, Seile u. dgl. angeschlagen werden können.

e) Die Gestängeschlüssel (Abb. 83), die in ein- und zweimännischer Ausführung zum Halten, Drehen, An- und Abschrauben des Gestänges usw. fortwährend gebraucht werden. Vollgestänge erhalten für den Angriff des Schlüssels meist quadratischen Querschnitt über oder unter den Bunden (s. Abb. 78), während ein für Rohrgestänge bestimmter Gestängeschlüssel (Rohrzange) aus Abb. 84 ersichtlich ist.

5. Der Schlammloeffel, eine zylindrische Büchse nach Art der in Abb. 70 (S. 83) dargestellten Klappen- oder Ventilbohrer, zum Herausfordern des Bohrschmandes bestimmt. Er wird nach einem Fortschritt von je 0,5—1 m mehrere Male eingelassen und durch Auf- und Abbewegen gefüllt.

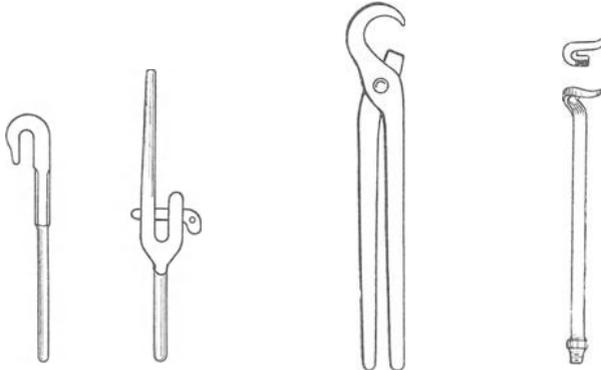


Abb. 83. Gestängeschlüssel für ein- und zweimännischen Angriff.

Abb. 84. Rohrzange.

Abb. 85. Glückshaken.

6) Die bei Betriebsstörungen und Unfällen zur Verwendung kommenden Geräte:

a) Der Glückshaken (Abb. 85). Er wird zum Fangen und Aufholen des Gestänges im Falle eines Gestängebruches, und zwar dann verwendet, wenn der Bruch dicht über einem Bunde liegt, unter den der Haken fassen kann.

b) Die Schraubentute oder Fangglocke (Abb. 86). Dieses Gerätes bedient man sich bei denjenigen Gestängebrüchen, bei denen die Bruchstelle hoch über einem Bunde liegt und somit bei Anwendung des Glückshakens das über diesem aufragende Gestängestück kippen und sich in die Bohrlochstöße einbohren würde. Die Schraubentute schiebt sich zunächst mittels der Fangglocke *g* über das abgebrochene Stück und wird dann in Drehung versetzt, wodurch sie mit Hilfe des Fräsergewindes Gewindegänge auf das Gestänge aufschneidet. Sie kann darauf mit dem Gestänge aufgeholt oder, falls die Widerstände zu groß sind, zum Abschrauben des gebrochenen Stückes benutzt werden. Zu diesem Zwecke müssen die Verschraubungen des Fanggestänges denen des Bohrgestänges entgegengesetzt geschnitten sein.

Eine für das Fangen von gebrochenem Hohlgestänge bestimmte Umkehrung der Schraubentute stellt

c) der Fangdorn dar, eine mit Längsschlitz zur Aufnahme der abgedrehten Eisenspäne versehene, unten spitz zulaufende Fräterspindel

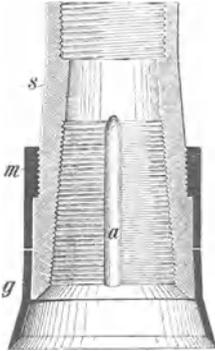


Abb. 86. Schraubentute von Thumann.

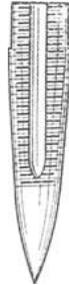


Abb. 87. Fangdorn.

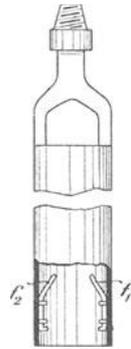


Abb. 88. Federbüchse.

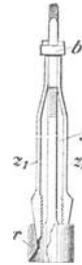


Abb. 89. Fangschere.

(Abb. 87) aus gehärtetem Stahl, die sich in das Gestängerohr hineinschneidet und dann mit diesem hochgezogen wird.

d) Die Federbüchse (Abb. 88), ein inwendig mit federnden Stützen  $f_1/f_2$  versehener Hohlzylinder. Die Federn gleiten über den Kopf eines zu fangenden Gestängestückes hinweg und fassen sodann unter ihn. Die Vorrichtung eignet sich nur für Gestänge von geringer Länge.

e) Die Fangschere (Abb. 89). Sie dient zum Aufholen von Gestänge u. dgl. und schiebt sich mit dem inwendig nach oben und unten konisch gestalteten Ringe  $r$ , der von der Gabel  $g$  getragen wird, über den Kopf des zu fangenden Stückes, das auf diese Weise in den Griffbereich der Zahnbacken gelangt, die mittels der federnden Stangen  $z_1 z_2$  an einem Bunde  $b$  aufgehängt sind. Beim Anheben werden die Zahnbacken durch die Last etwas nach unten in den Konus hineingezogen.

f) Der Fangmagnet, ein kräftiger Elektromagnet, der dort, wo elektrischer Strom zur Verfügung steht, zum Aufholen eiserner Bruchstücke Anwendung finden kann.

g) Die Abdruckbüchse. Man versteht darunter eine unten offene, mit Wachs und Ton gefüllte Büchse, die im Falle von Störungen des Bohrbetriebes dazu dienen kann, einen Abdruck der Bohrlochsohle mit den daraufliegenden Gegenständen zu liefern, außerdem aber auch kleine Teile wie z. B. Eisenbruchstücke oder Bohrdiamanten durch Einpressen in die Füllung zutage zu bringen gestattet.

h) Der Löffelhaken (Abb. 90), eine mit mehreren Widerhaken versehene Eisenstange, zum Fangen von Schlammöffeln und ähnlichen, oben in einen Bügel endigenden Arbeitstücken bestimmt.



Abb. 90. Löffelhaken.

i) Der Fräser, ein dem Fangdorn ähnliches stählernes Gezähstück, das im äußersten Notfalle zu Hilfe genommen wird, um im Falle von Verklemmungen u. dgl. das Bohrloch wieder frei zu machen. Er zerschneidet die auf andere Art nicht zu beseitigenden Hindernisse in kleine Späne, die leicht entfernt werden können.

bb) Das Bohren mit Wasserspülung („Spülbohren“).

18. — **Vorteile der Wasserspülung.** Bei der bisher besprochenen Trockenbohrung muß die Schlammförderung mittels des Schlammlöffels erfolgen. Diese das Bohren jedesmal unterbrechende Beseitigung des Bohrschmandes ist jedoch in neuerer Zeit mehr und mehr durch die ununterbrochene Schlammförderung mit Hilfe der Wasserspülung verdrängt worden. Diese bietet nämlich folgende Vorteile:

1. Der mit dem Löffeln verbundene erhebliche Zeitverlust, der durch das jedesmalige Aufholen und Wiedereinlassen des Meißels verursacht wird und um so schwerer wiegt, je schneller der Bohrfortschritt und je tiefer das Bohrloch ist, fällt weg; das Aufholen des Meißels ist im ungestörten Betriebe nur zum Zwecke einer Schärfung erforderlich. Zu diesem unmittelbaren Zeitgewinn kommt noch ein mittelbarer dadurch, daß infolge des selteneren Aufholens und Einlassens des Gestänges auch die Gefahr von Gestängebrüchen und ähnlichen Störungen wesentlich verringert wird.

2. Die Schlagwirkung des Meißels wird bedeutend erhöht und sein Verschleiß wesentlich verringert, da er nicht erst den Bohrschmand zu durchdringen braucht; hierdurch und durch die aus dem gleichen Grunde sich ergebende Vergrößerung der Hubzahl wird die Bohrleistung stark gesteigert.

3. Das Hohlgestänge bietet gegenüber dem Vollgestänge noch verschiedene Sondervorteile. Seine Widerstandsfähigkeit nämlich gegen Zug, Druck, Knickung, Stoß und Verdrehung ist größer; auch sind die Verschraubungen wegen ihres größeren Durchmessers kräftiger.

4. Für die Erbohrung von Gebirgskernen, die einen vorzüglichen Aufschluß über das durchbohrte Gebirge geben, ist bei festem Gebirge im Dauerbetriebe nur die Spülbohrung geeignet, während bei Trockenbohrung nur ausnahmsweise und mit großem Zeitverlust Kerne erbohrt und gezogen werden können. In dem lockeren Gebirge der oberen Teufen ist hier allerdings die Trockenbohrung überlegen, doch lassen sich auch in diesem mit der Spülbohrung Kerne ziehen, wenn man mit Doppelkernrohr (Ziff. 36) arbeitet.

19. — **Besonderheiten bei der Spülbohrung.** Für das Bohren auf Erdöl wurde früher die Spülbohrung vielfach als unzulässig bezeichnet, da man eine Verwässerung der ölführenden, porösen Gebirgsschichten durch sie befürchtete. Heute dagegen wird z. B. im ganzen Erdölbezirk von Wietze bei Celle nur noch mit Spülbohrung gearbeitet, allerdings nur bis zur Erreichung der ölhaltigen Schichten. Das Spülbohren gestattet nämlich zunächst eine schnellere Feststellung dieser Schichten, da der aufsteigende Spülstrom sie durch Gasblasen, Öltröpfchen und den Geruch schnell verrät. Es ermöglicht ferner auch durch den Vergleich der ein- und ausfließenden Wassermengen die rasche Ermittlung von Wasserquellen, sowie umgekehrt von wasserverschluckenden Klüften, so daß diese für die Ölgewinnung schädlichen Stellen durch Verrohrung abgedichtet werden können.

Beim Bohren im Salzgebirge muß mit gesättigter Sole gespült werden.

Neuerdings wird die Spülbohrung auch für die Durchbohrung weicher Deckgebirgsschichten in solchen Fällen benutzt, in denen es nicht auf die Gewinnung von Gebirgsproben, sondern nur auf möglichst große Bohrleistungen ankommt, insbesondere für die Herstellung von Gefrierbohrlöchern mittels der Schnellschlagbohrung (Ziff. 22). Sie wird dann als „Dickspülung“ durchgeführt, d. h. man benutzt als Spülflüssigkeit eine Aufschlammung von Ton im Wasser, die ein spezifisches Gewicht von etwa 1,3—1,5 hat. Dadurch wird im Bohrloch eine Schlammwassersäule von einem entsprechenden Überdruck gegenüber der bis zum Grundwasserspiegel reichenden äußeren Wassersäule geschaffen und so ein Zubruchgehen der Bohrlochstöße verhütet. Man kann auf diese Weise Hunderte von Metern in Schwimmsand u. dgl. ohne Nachsenkung der Verrohrung bohren. Die Verringerung der Leistung durch den stärkeren Auftrieb und durch die größere Reibung im Bohrloch ist bei der an sich in milden Schichten hohen Bohrleistung nicht von großer Bedeutung.

**20. — Richtung und Erzeugung des Spülstroms.** In der Regel wird der Spülwasserstrom innerhalb des Bohrgestänges abwärts und dementsprechend der Schlammstrom zwischen diesem und der Bohrlochwandung aufwärts geführt. Jedoch kann in festem und kluffreiem Gebirge auch umgekehrt gespült, also der Schlamm im Gestänge hochgeführt werden. Diese „Verkehrtspülung“ gestattet wegen des geringeren Gestängequerschnitts eine schnellere Wasserströmung im Gestänge und dementsprechend die Förderung größerer Brocken sowie das selbsttätige Hochsteigen von Kernstücken. Sie eignet sich besonders für weite Bohrlöcher, in denen man bei gewöhnlicher Spülung viel Wasser benötigt, um die erforderliche Auftriebsgeschwindigkeit zu erzielen. Hier wirkt sie auch sichernd durch den erforderlichen stärkeren Wasserdruck im äußeren Ringraume, der die Bohrlochstöße stützt. Ferner ermöglicht sie die Erkennung einer Lagerstätte in kürzerer Frist nach dem Anbohren<sup>1)</sup>.

**21. — Besondere Einrichtungen beim Spülbohren.** Das Spülbohren erfordert einige Hilfseinrichtungen und Abänderungen der Bohrgeräte:

1. Pumpen zur Beschaffung des Spülstromes. Sie werden bei kleinen Bohrungen von Hand betätigt, bei größeren durch Riementrieb u. dgl. von der Betriebsmaschine aus angetrieben (vgl. Abb. 94 auf S. 98).

Die Klärung und Wiedergewinnung des gebrauchten Spülwassers ist erforderlich, wenn das Wasser knapp oder teuer ist. Sie empfiehlt sich aber auch sonst, weil sie durch Beobachtung des Wasserspiegels im Klärbehälter einen Rückschluß auf Klüfte im durchbohrten Gebirge gestattet: Steigen des Wasserspiegels deutet auf Erbohrung einer wasserführenden, Sinken auf Erbohrung einer trockenen Klufft.

2. Das Gestänge besteht jetzt in der Regel aus nahtlosen Mannesmann-Stahlrohren, seltener aus patentgeschweißten schmiedeeisernen Rohren. Die Verbindung erfolgt durch Verschraubung nach den in der Abb. 91a—f

<sup>1)</sup> Näheres siehe Zeitschr. d. Bohring. u. Bohrtechn. 1921, Nr. 15, S. 113 u. f.; Stein: Die umgekehrte Spülung beim Tiefbohren usw.

gegebenen Beispielen, nämlich entweder durch Vermittlung von Muffen (*a*) oder Nippeln (*b*) oder durch unmittelbare Verschraubung. Die Verbindungen *c* und *f* werden vorzugsweise verwandt. Die verdickten Köpfe der beiden Rohre (*f*) bzw. des oberen Rohres (*e*) sowie die muffenartige Erweiterung nach *c* werden durch „Anstauchen“ in erweichtem Zustande hergestellt. Gestänge mit angestauchten (*e*) oder angeschraubten Muffen (*a*) bieten den Vorteil, daß die Muffen den infolge des Durchbiegens des Gestänges bei größeren Teufen unvermeidlichen Anprall des Gestänges gegen die Bohrlochstöße aufnehmen und daß sie leicht erneuert werden können. Die Rohre nach Abb. 91 *d* haben den Vorteil, daß sie innen und außen glatt sind und der

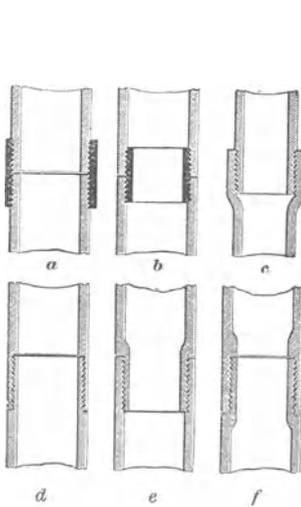


Abb. 91 *a-f*. Gestänge- und Bohrrührverbindungen.

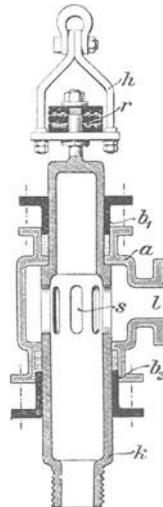


Abb. 92. Drehkopf.

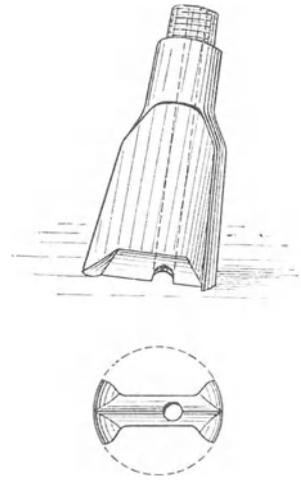


Abb. 93. Meißel mit exzentrischer Spülung.

Spülung keine Widerstände bieten; sie werden aber teuer und schwer, weil die Wandstärke so groß genommen werden muß, daß sie die Schwächung durch das Gewinde erträgt. Die Verbindungen nach Abb. 91 *a* und *c* sind wenigstens innen glatt. Das Gestänge wird in der Regel mit äußeren Durchmessern von 40—80 mm und mit Wandstärken von  $2\frac{1}{4}$ —4 mm hergestellt, wiegt 2—7 kg je lfd. m und kostete früher etwa 4—9  $\mathcal{M}$  je m.

Die Einleitung des Spülstromes in das Bohrloch erfolgt bei innerer Abwärtsspülung durch einen Drehkopf („Holländer“), bei „Verkehrsspülung“ durch eine Stopfbüchse. Im ersteren Falle wird die Druckwasserleitung an das Hohlgestänge so angeschlossen, daß dessen Drehung zum Zwecke des Umsetzens ermöglicht wird. Bei umgekehrter Spülung wird dagegen die Spülleitung mit der festen Verrohrung des Bohrlochs verbunden. Ein einfacher Drehkopf wird durch Abb. 92<sup>1)</sup> veranschaulicht. Die Druckwasserleitung *l* mündet mittels eines seitlichen Stutzens in das Mantelstück *a*, das oben und unten mit einer Stopfbüchse *b*<sub>1</sub> bzw. *b*<sub>2</sub> wasserdicht an das

<sup>1)</sup> Ursinus: Kalender für Tiefbohringenieure usw., (Frankfurt a. M., Vulkanverlag), 1913, S. 90.

Kopfstück *k* des drehbar aufgehängten Hohlgestänges angeschlossen ist. Der Spülstrom tritt durch die Schlitz *ss* in das Gestänge ein. Das Kopfstück ist durch Vermittelung des Kugellagers *r* und des Tragbügels *h* an der Nachlaßvorrichtung aufgehängt (vgl. auch das Gesamtbild in Abb. 104 auf S. 110).

3. Der Bohrmeißel muß eine Bohrung für das Spülwasser erhalten. Diese kann im oberen Teile des Meißels sich nach den beiden Außenseiten verzweigen (vgl. Abb. 107 auf S. 113); sie kann aber auch, um die Spülung wirksam bis auf die Bohrlochsohle zu führen, bei starkem Spülstrom bis in die Schneide selbst durchgeführt werden, in welchem Falle man, wenn keine Kerne gebohrt werden sollen, den Spülkanal neben der Mitte der Schneide endigen lassen muß (Abb. 93).

4. Von Zwischenstücken kommt hauptsächlich der Freifall in Betracht, der hier ebenfalls für den Durchgang des Spülstromes entsprechend gearbeitet und mit einer Stopfbüchse zur Vermeidung von Wasserverlusten versehen werden muß. Die dabei entstehende Reibung verringert die Schlagkraft, muß aber in den Kauf genommen werden. Die einfachsten Spülfreifallgeräte sind die dem Fabianschen nachgebildeten.

Die Freifallbohrung mit Spülung ermöglicht in nicht zu hartem Gestein und mittleren Teufen Stundenfortschritte von 3—5 m.

*β) Neuere Bohrverfahren (Schnellschlagbohrung).*

22. — **Grundgedanke.** Das Schnellschlagbohren hat im letzten Jahrzehnt das Bohren mit Zwischenstücken stark zurückgedrängt. Der Grundgedanke dieser Bohrweise ist der, daß mit starrem Gestänge gebohrt, dieses jedoch federnd aufgehängt oder federnd bewegt und der Aufhängepunkt in solcher Höhe gehalten wird, daß das Gestänge immer nur auf Zug beansprucht wird. Auf diese Weise wird das Gestänge mit dem Meißel einfacher verbunden und mehr geschont als bei Verwendung von Rutschschere und Freifall. Zu beachten ist, daß ein federnd aufgehängtes Gestänge nicht nur den Schwengelhub mitmacht, sondern vermöge der Trägheit der bewegten Massen, welche die Federn abwechselnd stark ausdehnt und wieder zusammendrückt, einen um das Maß dieser Ausdehnung bzw. Zusammenrückung größeren Hub macht, der durch Mitwirkung der Gestängeträgheit die Schlagkraft erhöht. Trotzdem werden aber bei richtiger Bemessung der tiefsten Lage des Aufhängepunktes gefährliche Stauchungen des Gestänges vermieden, da sofort nach Aufschlag des Meißels die dadurch entlasteten Federn wieder zurückschnellen und das Gestänge wieder zurückziehen, ehe es durch den Anprall gefährlich beansprucht werden kann. Die dadurch sich ergebende Wirkungsweise kann am besten mit dem Schnellen eines an einer Gummischnur befestigten Balles gegen den Erdboden verglichen werden. Sie ist übrigens die gleiche wie diejenige der elektrischen Kurbelstoßbohrmaschine (vgl. unten, S. 183 u. f.).

Hiernach liegt der Schwerpunkt des Schnellschlagbohrens in der Gestaltung des Antriebs. Außerdem sind diese neueren Bohrverfahren aber auch durch zweckmäßigere Ausgestaltung der Nachlaßvorrichtungen gekennzeichnet. Gestänge und Meißel dagegen bieten keine erheblichen Besonderheiten.

Das Verfahren wird durchweg als Spülbohrung durchgeführt.

**23. — Allgemeines über den Antrieb.** Die Bewegung des Gestänges erfolgt durch einen Bohrschwengel oder durch ein Seil: auch werden Verbindungen von Schwengel und Seil benutzt. Beim Schwengelbohren wird die erforderliche Federung im Antrieb durch federnde Verlagerung oder Bewegung des Schwengels erzielt, wogegen sie beim Seilantrieb in der Elastizität des Seiles beruht.

Der Aufhängepunkt wird auf eine solche Höhenlage eingestellt, daß der Meißel in der Ruhelage in seiner tiefsten Stellung noch nicht die Sohle

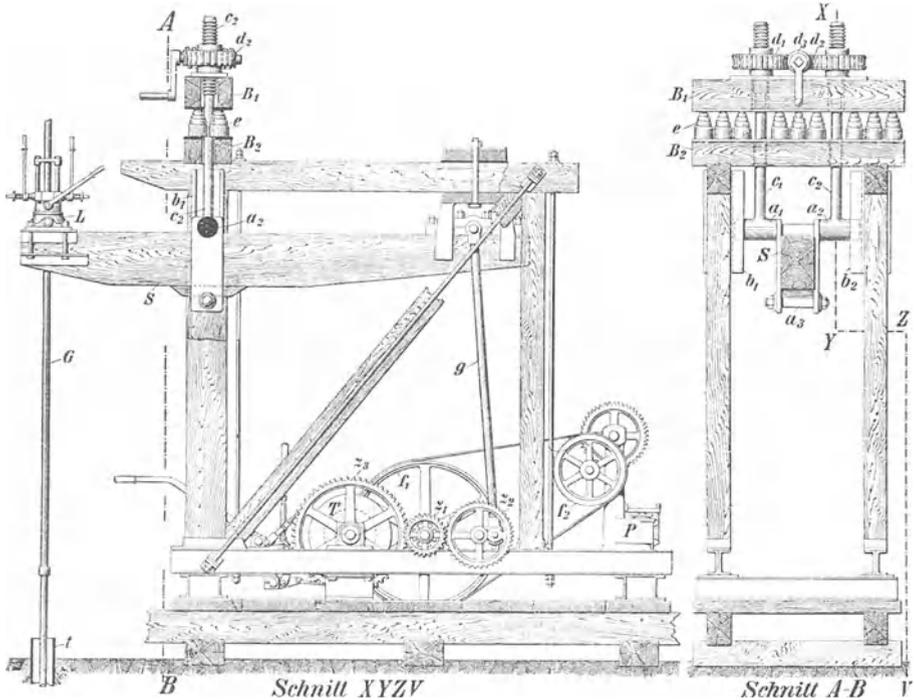


Abb. 94. Bohrschwengel der Internationalen Bohrgesellschaft (nach A. Raky).

berührt, sondern erst nach einer Anzahl von Hüben, während deren das Spiel der Federn immer lebhafter mitwirkt, zum Aufschlagen kommt.

**24. — Bohreinrichtung nach Raky.** Die Wirkungsweise eines Bohrschwengels nach A. Raky, dem wir die Einführung einer regelrecht federnden Aufhängung des Bohrschwengels verdanken, wird durch Abb. 94 veranschaulicht. Der hölzerne Schwengel *S*, der am Kopfe mit einem eisernen Lager *L* zum Tragen des Gestänges *G* ausgerüstet ist, ist drehbar an den Zapfen *a<sub>1</sub> a<sub>2</sub>* aufgehängt, die in den Führungstücken *b<sub>1</sub> b<sub>2</sub>* verschiebbar sind; er wird von den Zapfen durch Vermittlung zweier Wangenlaschen und des unteren Bolzens *a<sub>3</sub>* getragen. Die Zapfen sind ihrerseits mit Stangen *c<sub>1</sub> c<sub>2</sub>* versehen, die oben Gewinde tragen, so daß sie durch Drehung der als Muttern dienenden Schneckenräder *d<sub>1</sub> d<sub>2</sub>* mit Hilfe der Schnecke *d<sub>3</sub>* gehoben

und gesenkt werden und damit die Lagerstellen des Schwengels nach Bedarf höher oder tiefer gelegt werden können. In letzter Linie wird nun das ganze Schwengelgewicht durch die Unterlegscheiben unter den Schneckenrädern auf den oberen Querbalken  $B_1$  übertragen, der seinerseits durch die kräftigen Pufferfedern  $e$  gegen den auf dem Schwengelgerüst ruhenden unteren Querbalken  $B_2$  abgestützt ist. Die Zahl und Stärke dieser Federn richtet sich nach dem Gestängegewicht und kann im Laufe der Bohrung mit dem Aufsetzen neuer Gestängestücke allmählich erhöht werden. Die Einrichtung gestattet also die vollständige Abfederung des Gestänges und die genaue Einstellung der Höhenlage des Schwengelzapfens.

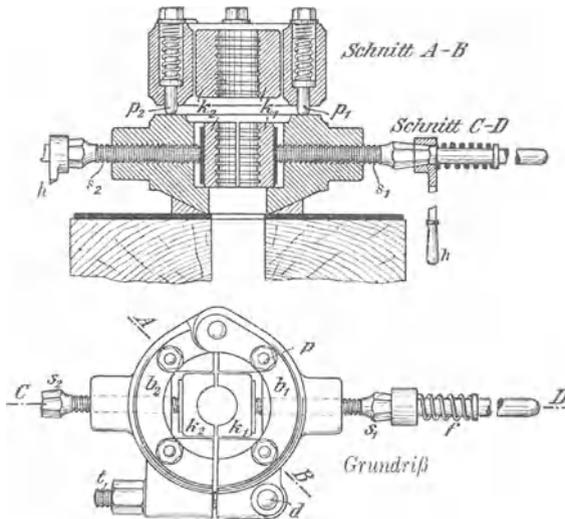


Abb. 95. Springschlüssel der Internationalen Bohrgesellschaft.

Der Antrieb (hier nicht gezeichnet) wirkt auf die Riemenscheibe  $f_1$ , von deren Achse durch das Zahnradgetriebe  $z_1 z_2$  die Zugstange  $g$  in Bewegung gesetzt wird. Eine von der Riemenscheibe  $f_1$  aus durch einen Treibriemen angetriebene zweite Riemenscheibe  $f_2$  liefert durch die Vermittlung zweier Zahnräder den Antrieb für die Spülpumpe  $P$ . Soll Gestänge aus- oder eingefördert werden, so wird nach Einrückung einer Kuppelung mittels des Zahnradgetriebes  $z_1 z_3$  die Seiltrommel  $T$  bewegt.

Eine weitere erhebliche Verbesserung Rakys war die von ihm erfundene Nachlaßvorrichtung, die an die Stelle der alten Stellschraube mit ihren Übelständen getreten ist. Sie wird gekennzeichnet durch die beiden sog. „Springschlüssel“, von denen Abb. 95 eine Ausführung veranschaulicht. Diese bestehen in der Hauptsache aus Klemmbacken  $k_1 k_2$  mit Innennuten, die von Gelenkbändern  $b_1 b_2$  umfaßt werden, die nach Lösung der Klappschraube  $t$  (durch Drehung um einen Gelenkbolzen  $d$ ) geöffnet werden können. Der obere Springschlüssel ruht durch Vermittlung der abgefederten Bolzen  $p_1 p_2$  auf dem unteren, dieser in einer Pfanne des Schwengelkopfes. Die Anpressung der Backen  $k_1 k_2$  an das Gestänge erfolgt mit Hilfe der Schrauben-

spindeln  $s_1 s_2$ , die durch die Handhebel  $h$  etwas gedreht werden können. Für gewöhnlich sind alle vier Klemmbacken fest angezogen und übertragen die Last des Gestänges auf das Lager auf dem Schwengelkopf. Während der Bohrung wird aber in geringen Zwischenräumen, (die um so kleiner sind, je schneller die Bohrung fortschreitet), zunächst das obere und dann das untere Klemmbackenpaar gelöst und sofort wieder angezogen. Die Lösung der oberen Klemme bewirkt deren Hochschnellen um den Betrag der Entspannung der Federn auf den Bolzen  $p_1 p_2$ , die Lösung der unteren Klemme ebenfalls deren Hochrücken unter erneuter Zusammendrückung der Federn. Auf diese Weise wird erreicht, daß die beiden Klemmen fortgesetzt am Gestänge gewissermaßen „hochklettern“, was in Wirklichkeit eine ebenso große Senkung des Gestänges bedeutet. Es kann also ununterbrochen, ohne Einwechseln von Paßstücken, auf eine volle Gestängelänge abgebohrt werden. Ist dann ein Gestängebund auf dem Springschlüssel angekommen, so erfolgt das weitere Senken (um die Höhe der Gestängeverschraubung) durch Nachsenken des ganzen Schwengels mit Hilfe des Schneckenradgetriebes  $d_1—d_3$  (Abb. 94). Sodann werden nach Abfangen des Gestänges die Rahmen  $b_1 b_2$  der Springschlüssel auseinandergeklappt, worauf der Schwengel wieder um die Höhe der Verschraubung heraufgeschraubt und gleichzeitig ein neues Gestängestück aufgeschraubt wird.

Durch diese Verbesserungen ist es Raky gelungen, in mittelfestem Gebirge mit regelmäßiger Lagerung (z. B. im westfälischen Kreidemergel) bei mittleren Teufen Fortschritte bis zu 10 m in der Stunde zu erzielen.

25. — Bohreinrichtung der Kontinentalen Tiefbohrgesellschaft (vorm. H. Thumann). Diese Bohreinrichtung (vgl. Abb. 96) ist eine

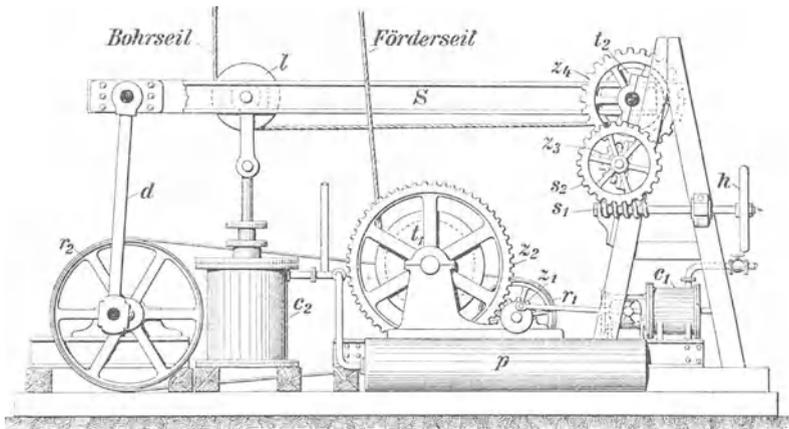


Abb. 96. Bohrkran der Kontinentalen Tiefbohrgesellschaft.

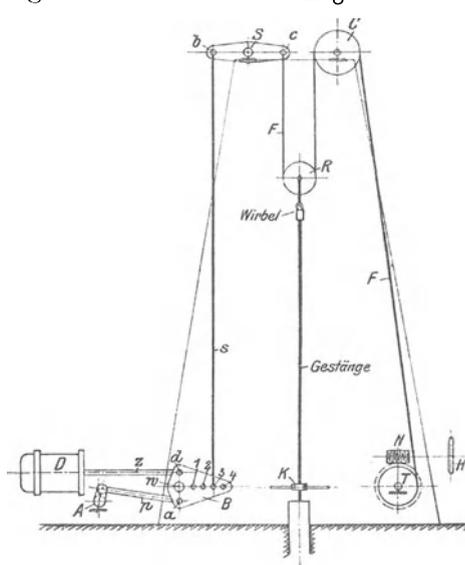
Verbindung des Schwengel-Schnellschlagbohrens mit der Seilaufhängung. Die Bewegung des Gestänges erfolgt nämlich durch den aus zwei kräftigen  $\square$ -Eisen zusammengesetzten Schwengel  $S$ , der als einarmiger Hebel aufzufassen ist, da er an seinem hinteren Ende in einem Gelenk drehbar verlagert ist und an seinem vorderen Ende durch die Pleuelstange  $d$  auf und ab bewegt wird. Das Gestänge hängt am „Bohrseil“. Dieses wird von der Trom-

mel  $t_2$  dem Vorrücken der Bohrarbeit entsprechend nach und nach abgewickelt, indem die Trommel durch das Handrad  $h$  und das Schnecken- und Zahnradgetriebe  $s_1 s_2 z_3 z_4$  gedreht wird. Von der Trommel aus geht das Seil über die Leitrolle  $l$  zur Seilscheibe im Kopfe des Bohrturms (vgl. Abb. 104 auf S. 110). Zur Aufnahme der Stöße beim Bohren dient der Ausgleichszylinder  $c_2$ , dessen Kolben mittels der Kolbenstange an der Welle der Leitrolle  $l$  angreift. Bei der Freifallbohrung mit ihrem entsprechend größeren Hub dient der Dampfpuffer  $p$  als Ausgleichsvorrichtung. Mit zunehmender Teufe und wachsender Gestängelast kann der Dampfdruck gesteigert werden. Der Antrieb erfolgt durch den Dampfzylinder  $c_1$ , der die Riemenscheibe  $r_1$  bewegt. Von dieser aus wird, wenn gebohrt werden soll, durch Verschiebung des Riemens auf der doppelten Riemenscheibe  $r_2$  die Kurbelwelle für die Pleuelstange bewegt. Soll dagegen Gestänge gefördert werden, so schaltet man durch eine Kuppelung das Zahnradgetriebe  $z_1 z_2$  und damit die Förderseiltrommel  $t_1$  ein.

Mit den beschriebenen beiden Bohrvorrichtungen kann auch sehr rasch zum Bohren mit Freifall übergegangen werden; es ist dazu nur notwendig, eine längere Kurbel auf die Kurbelwelle zu setzen und eine entsprechend geringere Anzahl von Schlägen zu geben, so daß mit großem Hub und geringer Hubzahl gearbeitet wird.

Derartige, Bohr- und Fördereinrichtungen in sich vereinigende Anlagen, die sich auch bei anderen Bohrverfahren eingebürgert haben, werden als „Bohrkrane“ bezeichnet.

**26. — Schnellschlagbohrung mit Seil.** Die Grundzüge einer Seilschlagbohrvorrichtung der Deutschen Tiefbohr-A.-G. in Nordhausen sind aus Abb. 97 ersichtlich. Von der Antriebswelle  $A$  aus wird durch die Zugstange  $p$  die Schwinge  $B$  und damit das in einem der Bolzenlöcher  $1-4$  mittels Schäckels befestigte Zugseil  $s$  in hin und her gehende Bewegung versetzt. Diese Bewegung wird durch ein n Schwengel  $S$  auf das Seil  $F$  und dadurch auf die Flaschenzugrolle  $R$  übertragen, an der das Bohrgestänge hängt. Die Befestigung von  $s$  im Loche  $1$  ergibt den kleinsten, die Befestigung im Loche  $4$  den größten Hub. Das Nachlassen des Gestänges wird durch Abwickeln des Seiles  $F$  von der Trommel  $T$  ermöglicht, diese wird durch das Schneckengetriebe  $N$  mittels des Handrades  $H$  gedreht.



Außer der Elastizität des Seiles wirkt auch der am entgegengesetzten Ende mittels der Kolbenstange  $z$  angreifende Dampfzylinder  $D$  mit Kolben federnd.

Dieser Seilschlagbohrereinrichtung ist diejenige von Pattberg<sup>1)</sup> (D. R.-P. 104158) ähnlich, die das Seil unmittelbar mittels einer schwingenden Trommel bewegt.

Andere Seilschlagbohrverfahren sind das „Rapid“- und „Expreß“-Bohrverfahren der Österreicher Fauck und Trauzl.

**27. — Beurteilung der Schnellschlag-Bohrverfahren.** Die Schnellschlagbohrung bietet gegenüber dem einfachen Bohren mit starrem Gestänge den wesentlichen Vorzug, daß gefährliche Stöße vom Gestänge durch die federnde Aufhängung ferngehalten werden. Vor dem deutschen Bohren mit Zwischenstücken hat sie den Vorteil einer einfachen und widerstandsfähigen Verbindung des Meißels mit dem Gestänge voraus. Außerdem wird das Anbohren weicherer oder härterer Gebirgsschichten, das Antreffen von Lagerstätten u. dgl. bedeutend leichter erkannt als beim Bohren mit Zwischenstücken, weil der Krückelführer vorzüglich mit der Bohrlochsohle Fühlung behält. Ferner kann die Antriebvorrichtung mit sehr kurzen Hüten (5—15 cm gegen 60—80 cm bei anderen Verfahren) und entsprechend hohen Schlagzahlen (80—150 in der Minute gegen 60 mit Rutschschere und 30 mit Freifall) arbeiten, wobei trotzdem infolge der elastischen Aufhängung genügend kräftige Schläge geführt werden können. Diese treffen, wie bei dem gleichfalls mit schnellen und leichten Schlägen arbeitenden Bohrhammer, immer nur gegen die oberste, am stärksten gespannte Schicht der Bohrlochsohle, in der verhältnismäßig die größte Wirkung erzielt wird. Infolgedessen ist das Verfahren sehr leistungsfähig.

Für Teufen von weniger als 100 m ist die Schnellschlagbohrung nicht geeignet, weil dann andere Verfahren billiger arbeiten. Andererseits macht sich bei sehr großen Teufen die große Gestängelast, die zu beschleunigen ist, ungünstig bemerklich, so daß dann die Schlagzahl wesentlich verringert werden muß und die Leistungen entsprechend stark sinken. Immerhin kann angenommen werden, daß das Verfahren bis zu etwa 1600 m anwendbar ist. Die günstigsten Verhältnisse liegen etwa bei Teufen zwischen 500 und 800 m.

Die Schlagzahl in der Minute kann für Teufen von wenig über 100 m auf mehr als 200 gesteigert werden. Bei 1500 m kann man immerhin noch mit etwa 120 Schlägen arbeiten.

Was die Gebirgsverhältnisse betrifft, so ist die Schnellschlagbohrung wegen ihrer kräftig absprengenden Wirkung in erster Linie für festes Gebirge bestimmt. Doch steht nichts im Wege, sie auch in weichen Schichten anzuwenden, und in der Tat hat sie für die Durchbohrung von Deckgebirgsschichten in solchen Fällen, in denen es auf möglichst rasche und billige Herstellung der Bohrlöcher ankam, in den letzten Jahren mehr und mehr Anwendung gefunden. Diese Bedingungen liegen insbesondere bei der Niederbringung der Bohrlöcher für Gefrierschächte vor, die z. B. für einen Schacht mit 300 m Deckgebirge bereits etwa 7500—9000 m Bohrungen erfordern. Die Bohrung wird dann zweckmäßig mit Dickspülung (vgl. Ziff. 19) betrieben.

<sup>1)</sup> Glückauf 1901, Nr. 35, S. 753; Mentzel: Tiefbohrverfahren der Zeche Rheinpreußen.

Auf zwei Gefrierschächten der holländischen Staatsgruben bei Heerlen wurden bei der Schnellschlagbohrung mit Dickspülung im Fließsand und tonigen Sand in 22—258 m Teufe und bei Lochdurchmessern, die von 355 mm bis auf 130 mm abnahmen, Durchschnittsleistungen von etwa 1,75 m in der Stunde reiner Bohrzeit erreicht. Die Höchstleistung während sechs Bohrstunden betrug 10 m i. d. Std.

**28. — Vergleich zwischen Schwengel- und Seil-Schnellschlagbohrung.** Die Schnellschlagbohrung mit Aufhängung des Gestänges an einem Seil gestattet nicht eine so genaue Abfederung des Gestänges wie die Schwengelbohrung, da die Elastizität des Seiles sich nicht genau bestimmen läßt und außerdem veränderlich ist. Andererseits aber ist beim Seilschnellschlag die Bohrlochmitte stets frei, so daß die Arbeiten am Bohrloch (Einlassen und Aufholen des Gestänges und der Verrohrung, Fangarbeiten usw.) in keiner Weise behindert werden. Auch vollzieht sich hierbei das Nachlassen des Gestänges in denkbar einfachster und raschster Weise, da eine ganze Bohrturmhöhe ohne Unterbrechung abgebohrt werden kann. Daher hat die Seilaufhängung ständig an Boden gewonnen.

## 2. Das Seilbohren.

**29. — Anwendungsgebiet und Beurteilung.** Das Bohren am Seil ist, was bei seiner Einfachheit nicht wundernehmen kann, bereits seit sehr langer Zeit betrieben worden; die Chinesen sollen schon seit mehr als 2000 Jahren durch dieses Bohrverfahren Sol- und Erdgasquellen in größeren Tiefen erschlossen haben.

Wie in diesen ältesten Zeiten dient auch heute noch die Seilbohrung fast ausschließlich zur Gewinnung von Erdöl und -gas, Sole, Trinkwasser u. dgl. und nur ausnahmsweise zu Schürf- und ähnlichen Bohrungen.

Die weitaus größte Bedeutung hat das auf diesem Gebiete vorbildlich gewordene pennsylvanische Seilbohren erlangt, das zur Erschließung der Erdölquellen in Nordamerika dient und in Teufen von 1600 m vorgedrungen ist. Dagegen hat z. B. das deutsche Seilbohren nur für mäßige Teufen Anwendung gefunden, und zwar hauptsächlich zur Gewinnung von Trinkwasser, weshalb es auch als „Brunnenbohren“ bezeichnet wird.

Als Vorzug des Seilbohrens ist zunächst die Vermeidung des ganzen, durch Gestängeförderung und Gestängebrüche verursachten Zeitverlustes zu nennen, demgegenüber die an sich geringere Schlagwirkung sowie der durch das Schlammlöffeln bedingte Aufenthalt, der hier ebenfalls nur gering ist, zurücktritt. Ferner ist vorteilhaft das gegenüber dem Gestänge bedeutend geringere Gewicht des Seiles und die geringere Beanspruchung der Bohrlochstöße durch dieses. Schwerwiegende Nachteile sind auf der anderen Seite: die Unsicherheit der Hubhöhe bei größeren Tiefen infolge der Dehnung des Seils, das mangelhafte Umsetzen und die daraus oft sich ergebende Entstehung von „Füchsen“ im Bohrloch, der geringe Bohrfortschritt in harten Gesteinsarten. Für Schürf- und wissenschaftliche Tiefbohrungen eignet das Seilbohren sich nicht, da es keine Wasserspülung gestattet und das Erbohren von Kernen schwierig und umständlich ist.

**30. — Einige Einzelheiten des Seilbohrens.** Früher glaubte man wegen des unsicheren Umsetzens nur die eine geringere Schlagwirkung aus-

übenden Kronenmeißel verwenden zu können; später zog man es jedoch vor, Flachmeißel zu benutzen und etwaige unrunde Stellen durch „Nachbüchsen“ mit Hilfe von Hohlzylindern (vgl. auch Abb. 77 auf S. 88), das ja bei Seilbetrieb nur geringen Aufenthalt mit sich bringt, zu beseitigen.

Wegen der Nachgiebigkeit und des geringen Gewichts des Seiles muß der Meißel besonders schwer belastet werden, um eine genügende Schlagwirkung zu erzielen, was durch Schwerstangen von 500—1000 kg Gewicht geschieht.

Eine wichtige Verbesserung, die das Seilbohren in Nordamerika erhalten hat, ist die Einschaltung einer Rutschschere zwischen Meißel und Seil. Diese soll Verklemmungen des Meißels verhüten, indem sie durch ihr Spiel eine gewisse Beschleunigung des hochgehenden Seils vor dem Erfassen des Meißels, d. h. einen gewissen Ruck beim Anheben des letzteren, ermöglicht. Diese Wirkung der Rutschschere wird durch eine zwischen ihrem oberen Gliede und dem Seil eingeschaltete zweite (obere) Schwerstange erhöht, indem diese durch ihre beschleunigte Masse den Ruck verstärkt.

Als Seile werden solche aus bestem Manilahanf oder aus Aloëfaser bevorzugt. Stahldrahtseile haben sich für größere Teufen nicht einbürgern können, da sie dem Rost zu sehr ausgesetzt sind, durch Reibung an den Bohrlochstöben zu rasch verschleifen und die unvermeidlichen, häufigen Rucke und Stauchungen nicht dauernd aushalten können.

Der Antrieb erfolgt durch einen Bohrschwengel, an dessen hinterem Ende ein Kurbelgetriebe angreift, während vorn das Bohrseil durch Vermittlung einer Stellschraube aufgehängt ist und an deren unterem Teile durch eine einfache Klemmvorrichtung festgehalten wird; nach Abbohrung der Stellschraube wird diese wieder in die Anfangstellung gebracht und das Seil nach Abwicklung eines entsprechenden Stückes von der Kabeltrommel von neuem eingeklemmt.

Der Bohrschmand wird durch Löffeln in bekannter Weise beseitigt.

### 3. Die Bohrverfahren mit Antrieb vor Ort des Bohrlochs<sup>1)</sup>.

31. — **Hydraulischer und elektrischer Antrieb.** Der galizische Ingenieur Wolski<sup>2)</sup> hat vorgeschlagen, für die Bohrarbeit den Stoß der Wassersäule zu benutzen, die beim Spülbohren im Hohlgestänge steht, und mit dieser eine nach Art des hydraulischen Stoßwidders arbeitende Schlagvorrichtung zu betreiben. Gleichfalls auf der Ausnutzung des hydraulischen Druckes beruht der „Hydromat“ von v. Vängel (D. R.-P. 255533). Beide Vorrichtungen sind versuchsweise im Betriebe gewesen. — Eine Verbesserung des hydraulischen Schlagbetriebes stellt der Antrieb von Kegel dar (D. R.-P. 320347).

Das Patent 156926 der Deutschen Tiefbohr-A.-G. sieht für die Bewegung des Meißels ein elektrisches Solenoid vor, das in entsprechend langgestreckter Bauart im untersten Teile des Gestänges untergebracht wird.

32. — **Beurteilung.** Diese Antriebsarten bieten grundsätzlich den außerordentlichen Vorteil, daß die Bewegung des Gestänges wegfällt und

<sup>1)</sup> S. auch das auf S. 81 in Anm. <sup>3)</sup> angeführte Buch von Bansen, S. 133 u. f.

<sup>2)</sup> Vgl. Glückauf 1900, Nr. 44, S. 909; Wolski: Über einige neuere Bohrsysteme.

damit an Kraft ganz erheblich gespart, die Veranlassung zu Gestängebrüchen fast ganz beseitigt und die Schlagkraft und -zahl von der Tiefe fast unabhängig gemacht wird. Jedoch haben sich die entgegenstehenden technischen Schwierigkeiten als so bedeutend erwiesen, daß diese Bohrverfahren einstweilen wieder verlassen worden sind.

### b) Drehendes Bohren (Diamantbohrung).

33. — Allgemeines. Für den drehenden Bohrbetrieb kommt fast ausschließlich die Diamantbohrung in Betracht.

Die Diamantbohrung ist 1864 von Leschot in Genf erfunden worden. Während dieser dabei zunächst lediglich an die Herstellung von Sprengbohrlöchern dachte, ist seine Erfindung im wesentlichen nur für die Tiefbohrung ausgenutzt worden.

Das Wesen des Diamantbohrens besteht darin, daß (s. Abb. 98) eine Stahlbohrkrone *a* von ringförmigem Querschnitt, die mit einer Anzahl roher Diamanten besetzt ist, in drehende Bewegung versetzt wird und dadurch in mahlender und schabender Tätigkeit um einen stehenbleibenden Bohrkern *K* herum einen ringförmigen Hohlraum im Gebirge herstellt. Das dabei entstehende Bohrmehl wird durch einen Spülwasserstrom, (der hier schon wegen der notwendigen Kühlung der Bohrkrone zugeführt werden muß), als Schlamm zutage gefördert.

34. — Die Bohrkrone. Auf die gute Beschaffenheit der Bohrdiamanten<sup>1)</sup> kommt sehr viel an. In der Hauptsache kommen die Diamanten aus Brasilien und Südafrika, und zwar werden die brasilianischen Steine durchweg etwas höher bewertet. Als die besten Steine gelten die sog. „Karbonados“ oder „Karbons“, dunkle, abgerundete Knöllchen, die wegen ihrer zähen Beschaffenheit nicht zum Splittern neigen. Ihnen kommen gleich die „Ballas“, die aber seltener gefunden und verwendet werden. Weniger geschätzt (und daher auch nur etwa halb so teuer) sind die „Boorts“, von hellerer Farbe und kristallinischer Beschaffenheit, daher ungleichmäßiger Härte und größerer Neigung zum Splittern.

Die Diamanten werden in verschiedener Weise in den zur Bohrkrone (Abb. 98 und 99) bestimmten Eisen- oder Stahlring eingestemmt. Meist werden sie in einigermaßen passende Löcher des glühend gemachten Ringes eingesetzt und darin durch Verstemmung der Lochränder festgehalten; verschiedentlich werden aber auch die zunächst um den Diamanten vorhandenen Hohlräume vor dem Zustemmen durch Kupfereinlagen ausgefüllt. Eine gänzliche oder teilweise Verdeckung der Steine durch die Verstemmung ist nicht von Belang,

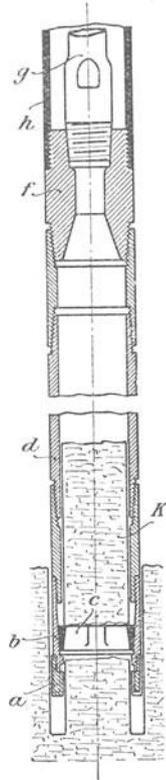


Abb. 98. Diamantbohrkrone mit Kernrohr und Hohlgestänge.

<sup>1)</sup> Näheres s. bei Glockemeier: Diamantbohrungen für Schürf- und Aufschlußarbeiten über und unter Tage, (Berlin, Springer), 1913.

da sie sich im Bohrloch sofort freiarbeiten; jedoch ist auf genau gleiche Höhenlage der Spitzen sämtlicher Steine zu achten, weil sonst einzelne Steine durch den Bohrdruck zu stark belastet werden. Die Steine werden so verteilt, daß die von ihnen bestrichenen Ringflächen sich gegenseitig ergänzen (s. Abb. 99), außerdem läßt man die am inneren und am äußeren Rande der

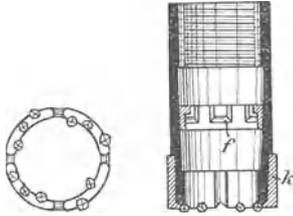


Abb. 99. Diamantbohrkrone mit Kernfänger.

Krone eingesetzten Steine etwas vorragen, um Klemmungen der Krone beim Bohren zu verhüten. Die Krone springt soweit nach außen vor, daß zwischen Bohrlochwand und Gestänge ein genügender Hohlraum für das aufsteigende Spülwasser entsteht. Sie erhält Schlitzes ( $l_1-l_4$  in Abb. 100, vgl. auch Abb. 99) für den Austritt des Spülstroms.

Für eine Krone von 60 mm Durchmesser werden an Steinen etwa 20 Karat, für eine solche von 170 mm Durchmesser etwa 40 Karat gerechnet.

Für geringere Teufen, in denen man mit geringerer Wandstärke von Kernrohr und Verrohrung (s. S. 111 u. f.) auskommt, kann man sich „dünnlippiger“ Kronen bedienen, die nur eine Innen- und eine Außenreihe von Diamanten enthalten. Diese werden dann, da das Verstemmen der Steine bei solchen Kronen schwieriger ist, neuerdings vorteilhaft mit sog. „Diskens“ (vgl. Abb. 100) besetzt. Es sind das eckige oder zylindrische Stahlkörper  $d_1-d_8$ , die mit einem zylindrischen Ansatz in eine entsprechende Bohrung in der Krone eingesetzt und mit etwas Zinn eingegossen werden. Man kann diese

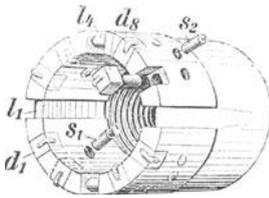


Abb. 100. Diskenkrone der Feiner Maschinenbau-gesellschaft.

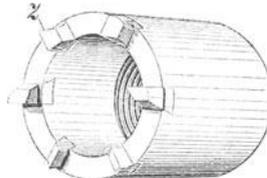


Abb. 101. Bohrkrone mit eingesetzten Stahlzähnen.

Diskens von geübten Arbeitern in der Werkstätte der Bohrgesellschaft besetzen lassen und einzeln verschicken; an Ort und Stelle können sie dann von wenig geübten Leuten eingesetzt werden. Auch die zum Freibohren der Krone innen und außen eingesetzten „Decksteine“  $s_1s_2$  usw. sitzen auf ähnlichen Diskens.

35. — Ersatzmittel für Diamanten. Wegen des hohen Preises der Diamanten, der den Hauptnachteil der Diamantbohrung bildet, sucht man nach Möglichkeit mit anderen Hilfsmitteln auszukommen. In mildem Gebirge (mildem Mergel, weichem Schieferthon u. dgl.) kann man mit Stahlbohrkronen arbeiten, deren Zähne entweder unmittelbar in die Krone eingefräst oder aus besonders hartem Stahl hergestellt und in schwalbenschwanzförmige Einschnitte eingesetzt werden (Abb. 101). Härteres Gebirge (milder

Kalkstein, festerer Mergel u. dgl.) kann mit Kronen durchbohrt werden, die mit ähnlichen Schneidzähnen aus besonders harten Legierungen besetzt werden. Eine solche ist z. B. das von der Gesellschaft Prometheus in Frankfurt a. M. hergestellte „Silundum“. Endlich bohrt man in konglomeratischem Gebirge, das wegen seiner wechselnden Härte für die Diamanten sehr ungünstig ist, auch mit lose auf die Bohrlochsohle geschüttetem Stahlschrot, muß dann aber mit schwacher Spülung arbeiten, um ein Hochspülen der noch nicht genügend abgenutzten Schrotstücke zu verhüten.

**36. — Kerngewinnung.** Mit dem Hohlgestänge ist die Bohrkronen durch Vermittelung des Kernrohres  $d$  (Abb. 98) verbunden. Dieser Rohrsatz hat einen größeren Durchmesser als die Gestängerohre ( $g$  in Abb. 98) und ist in der Regel 15 m, ausnahmsweise aber auch bis 200 m lang. Die Länge der Kernrohre darf nämlich nicht zu klein genommen werden, da sie gleichbedeutend mit der ohne Unterbrechung des Bohrbetriebes zu erzielenden Bohrlänge ist; hat der Kern den oberen Rand des Kernrohres erreicht, so muß er gezogen werden. Außerdem schützt das Kernrohr gegen Nachfall aus den Stößen und wird schon aus diesem Grunde vielfach entsprechend lang genommen, soweit man sich nicht durch Brockenfänger (s. den nächsten Absatz) hilft.

Mit dem Hohlgestänge  $g$  wird das Kernrohr durch das Übergangstück ( $f$  in Abb. 98) mittels beiderseitiger Verschraubung verbunden. Vielfach wird noch ein besonderes Rohr, als „Brockenfänger“ oder „Sedimentrohr“ bezeichnet ( $h$  in Abb. 98), aufgeschraubt, das gewissermaßen eine verlorene Verrohrung ersetzt und Nachfall aus den Stößen verhüten oder wenigstens von der Krone fernhalten, außerdem auch die durch den Spülstrom zunächst mitgerissenen Gesteinsteilchen, die nach oben hin wegen des größeren Ringquerschnitts in einen schwächeren Strom geraten, auffangen soll.

Zum Abbrechen des zu fördernden Kernes benutzt man gewöhnlich den Kernbrecher  $f$  in Abb. 99 ( $c$  in Abb. 98), einen innen mit scharfen Vorsprüngen versehenen oder mit Diamanten besetzten, offenen und daher federnden Stahlring, der beim Anheben des Gestänges in dem zu diesem Zwecke etwas konisch gestalteten untersten Teile des Kernrohres herabrutscht und sich dabei zusammendrückt, so daß seine Zähne in den Kern eindringen. Abb. 98 stellt den Augenblick dar, wo der Kern abgebrochen ist und hochgezogen werden soll. In ungestörtem, zähem Gebirge sind solche Kerne von einer Länge bis zu 90 m erbohrt worden.

In milden Gebirgsarten wie z. B. in Kohlenflözen mit milder Kohle ist die Gewinnung von Kernen in der beschriebenen Weise nicht möglich, da diese durch die Spülung im Verein mit der Drehung des Kernrohres zerstört werden. Hier verwendet man neuerdings Doppelkernrohre, bei denen (Abb. 102) der Kern durch ein inneres Kernrohr  $k_2$ , das in dem äußeren Kernrohr  $k_1$  steckt, geschützt wird. Die Spülung wird durch den Konus  $v$  abgelenkt und auf den ringförmigen Raum zwischen  $k_1$  und  $k_2$  verteilt, von wo aus sie dann durch Schlitze in der Krone  $b$  nach außen tritt. Damit das innere Kernrohr ruhig hängt, ist es in einem Kugellager an dem Tragstück  $z$  aufgehängt, das seinerseits nach oben hin noch durch ein zweites Kugellager reibungsfrei gemacht ist. Der Kautschukring  $d$  dient zur Abdichtung gegen das Spülwasser.

**37. — Antrieb.** Für die Antrieb- und Nachlaßvorrichtung ist eine richtige Belastung der Krone besonders wichtig. Ist nämlich der Bohrdruck auf die Krone zu gering, so schreitet die Bohrung zu langsam vorwärts; ist er zu groß, so leiden die Diamanten. Mit Rücksicht auf diese läßt man den Druck auf die Krone je nach deren Größe nicht stärker als 300—500 kg werden. Wenn nun beispielsweise das Gestänge 5 kg je lfd. m wiegt und die Krone nicht mehr als 400 kg Belastung erhalten darf, so wird bereits bei 80 m Teufe die Grenzbelastung durch das Gestängegewicht erreicht. Bei

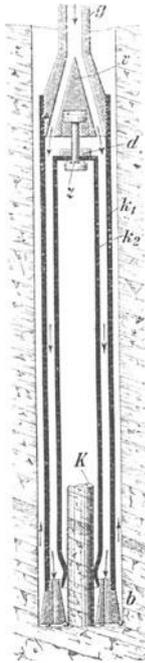


Abb. 102. Doppelkernrohr der Internationalen Bohrgesellschaft.

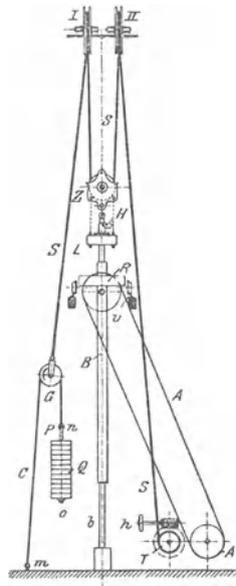


Abb. 103. Schema der Diamantbohrvorrichtung der Deutschen Tiefbohr-A.-G.

weiterem Fortschreiten der Bohrung muß dann also die Bohrkrone durch teilweise Ausgleichung des Gestängegewichts entlastet werden.

**38. — Ausführungsbeispiele.** Im übrigen werden die Bohreinrichtungen je nach der zu erwartenden Teufe verschieden ausgeführt. Nachstehend werden nur die für größere Teufen bestimmten besprochen; für geringere Teufen finden die unter III. behandelten Söhlig- und Schrägboheinrichtungen Verwendung. Bei den deutschen Diamantboheinrichtungen für größere Teufen ist besonders Wert darauf gelegt, daß man möglichst schnell von der Diamantbohrung zur Meißelbohrung (mit Rutschschere, Freifall oder Schnellschlag) und umgekehrt übergehen und dadurch sich den verschiedenartigen Gebirgsverhältnissen anpassen kann. Gerade dieser Möglichkeit, das jeweils passendste und vorteilhafteste Verfahren anzuwenden, sind

zum großen Teil die bedeutenden Erfolge der neueren deutschen Tiefbohrtechnik zuzuschreiben.

Bei derartigen Diamantbohrreinrichtungen wird ein Bohrturm errichtet und der Antrieb auf einem kleinen Wagen oder auf einem in Ketten hängenden und nach Beendigung der Drehbohrung hochziehenden Profilerahmen verlagert, so daß das Bohrloch jederzeit für andere Bohrverfahren freigegeben werden kann.

Am einfachsten läßt sich die nach Ziff. 37 erforderliche Ausgleichung des Gestängegewichtes bei der Aufhängung des Gestänges am Seil (vgl. Ziff. 26) durchführen, indem dieses dann sowohl zum Nachlassen als auch (durch Einschaltung eines Gegengewichts od. dgl.) zum Entlasten der Bohrkronen benutzt wird. Den Grundgedanken einer solchen Anordnung veranschaulicht die nur für die Diamantbohrung bestimmte einfache Bohreinrichtung der Deutschen Tiefbohr-A.-G. (Abb. 103). Hier wird die Bewegung von der Riemenscheibe  $A$  aus auf die Scheibe  $R$  und dadurch mittels eines Kegelradgetriebes auf die quadratische Hohlspindel  $B$  übertragen. Das Getriebe ist wieder auf einem Bohrwagen verlagert, so daß die Bohrlochmitte zur Gestängeförderung usw. freigegeben werden kann. Die Hohlspindel ist unten mit dem Gestänge  $b$ , oben mit einem Ansatzstück verschraubt, das den Drehkopf  $H$  für die Spülwasserzuführung trägt und in dem Kugellager  $L$  hängt. Letzteres wird mittels zweier Ketten von der Flaschenzugrolle  $Z$  getragen, die in das Seil  $S$  eingeschaltet ist. Dieses Seil wird mit seinem einen Ende von der Trommel  $r$  mit Hilfe des Schneckengetriebes  $h$  entsprechend dem Vorrücken der Bohrung abgewickelt, während das andere die Rolle  $G$  mit Gegengewicht  $Q$  trägt. Das Gegengewicht braucht infolge der doppelten Flaschenzug-Übersetzung nur  $\frac{1}{4}$  des Gestänges zu wiegen, um dieses vollständig auszugleichen.

Eine von der Kontinentalen Tiefbohrgesellschaft in Halle a. S. ausgeführte Bohreinrichtung für Schlag- und Drehbohrung zeigt Abb. 104. Diese läßt unten den in Abb. 96 auf S. 100 dargestellten Bohrschwengel  $G$  der Gesellschaft nebst seinem Antrieb wiedererkennen. Jedoch ist jetzt der zur Kurbelscheibe führende Treibriemen abgeworfen und an seine Stelle ein Riemen- und Seiltrieb  $t$  für die auf der zweiten Turmbühne über das Bohrloch gefahrenen oder an Ketten eingehängte Drehvorrichtung  $D$  getreten. Das Gestänge hängt nach wie vor am Bohrseil, doch dient dieses jetzt als Nachlaß- und Ausgleichseil. Damit das Gestänge während der Drehung nachgesenkt werden kann, wird es von der Drehvorrichtung nicht unmittelbar, sondern durch Vermittelung des sog. „Arbeitsrohres“  $a$  mitgenommen. Dieses ist seinerseits mit einer Nut versehen, durch die eine Rippe im Antrieb-Kegelrade hindurchgeht. Das Gestänge ist mit dem Arbeitsrohr durch die beiden Klemmkuppelungen  $k_2$  gekuppelt, die je drei Schrauben haben und daher gestatten, die Achse des Gestänges genau in die Achse des Arbeitsrohres zu bringen. Ist das Arbeitsrohr abgebohrt, so wird es abgekuppelt, hochgezogen und weiter oben wieder mit dem Gestänge verbunden. Das Spülwasser wird von der Pumpe  $P$  angesaugt und durch die Rohrleitung  $w$  und den Schlauch  $s$  in den Drehkopf  $d$  und aus diesem in das Hohlgestänge  $g$  gedrückt. Die Trübe fließt unten aus. Der Betriebsdampf wird durch den fahrbaren Dampfkessel  $L$  geliefert.

Bei der in Abb. 105 dargestellten Drehvorrichtung der Internationalen Bohrgesellschaft wird unter Umgehung eines besonderen Arbeitsrohres die Drehbewegung unmittelbar auf das Gestänge  $g$  selbst übertragen, und zwar mittels der Führungstangen  $f_1, f_2$ , auf denen die an das Gestänge angeklebte und an der Drehung teilnehmende doppelte Rohrschelle  $s$  sich, dem Fortschreiten der Bohrung entsprechend, abwärts schiebt.

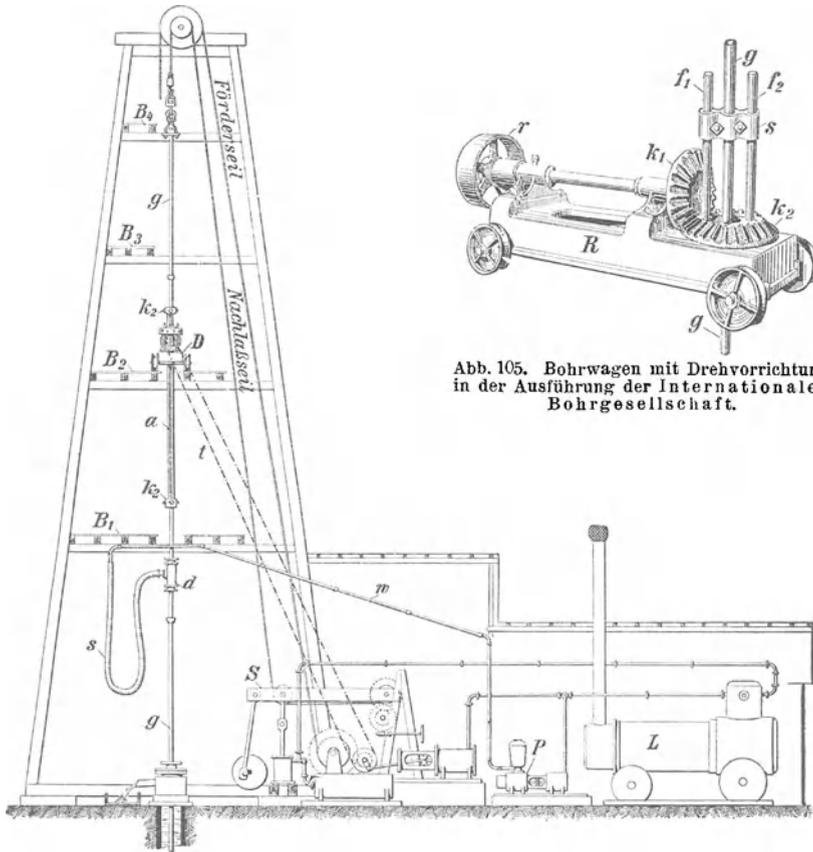


Abb. 105. Bohrwagen mit Drehvorrichtung in der Ausführung der Internationalen Bohrgesellschaft.

Abb. 104. Bohranlage der Kontinentalen Tiefbohrergesellschaft für abwechselnde Meißel- und Diamantbohrung.

Bei den Bohreinrichtungen, bei denen während der Stoßbohrung das Gestänge unmittelbar am Schwengel hängt, kann man diesen während der Drehbohrung als Ausgleichvorrichtung benutzen, indem man den Schwengelschwanz mit Gegengewichten belastet und entsprechend dem Fortschreiten der Bohrung weitere Gewichte auflegt. Statt der Gegengewichte kann auch eine am Schwengelschwanz angreifende Nachlasswinde mit Bremsvorrichtung angewandt werden, welche letztere entsprechend dem wachsenden Gestängegewicht mehr und mehr angepreßt wird. — Die Umdrehungszahl beträgt 200—300 in der Minute.

**39. — Beurteilung der Diamantbohrung.** Das Anwendungsgebiet der Diamantbohrung ist enger begrenzt als das der Stoßbohrung. Sie verlangt mit Rücksicht auf die geringe Festigkeit der Diamanten ein möglichst gleichmäßiges und feinkörniges Gebirge, wie z. B. Kalkstein, Grauwacke, Basalt, eignet sich dagegen nicht für groben Sandstein, Konglomerat, Granit u. dgl. In stark quarzhaltigen Gesteinen wie Quarzit u. a. stellt sich die Diamantbohrung teuer infolge des starken Verbrauchs an Diamanten. Endlich neigt dieses Bohrverfahren wie jede Drehbohrung leicht dazu, aus dem Lot zu kommen, weshalb auch steil einfallende Gebirgsschichten von wechselnder Festigkeit sowie Schichten mit steil einfallenden Klüften für das Diamantbohren ungünstig sind. Außerdem darf das Gestein nicht zu milde sein, weil sonst andere Bohrverfahren vorteilhafter sind, wenn man ohne Kerngewinnung auskommen kann.

Liegen die eben aufgestellten Bedingungen vor, so bietet das Diamantbohren große Vorteile. Es gestattet als ununterbrochen wirkendes Drehbohren eine vorteilhafte Kraftausnutzung, da die abwechselnde Beschleunigung und Verzögerung größerer Massen, wie sie beim stoßenden Bohren notwendig ist, wegfällt. Auch ist, weil nur ein ringförmiger Querschnitt ausgebohrt wird, die Menge des zu zerkleinernden Gesteins geringer als bei der Vollbohrung. Allerdings wird dieser Vorteil durch die feinere Zerkleinerung des Gesteins, wie sie bei der Diamantbohrung eintritt und den Arbeitsaufwand erhöht, teilweise wieder ausgeglichen. Die Gestängebrüche sind wegen der Gleichförmigkeit der Bewegung seltener. Sehr wesentlich ist auch die vorzügliche Kerngewinnung, die genauen Aufschluß über die durchbohrten Schichten gibt und noch bei sehr kleinen Bohrlochdurchmessern möglich ist: aus dem Bohrloch bei Schladebach z. B. wurden in Tiefen von über 1700 m noch gut erhaltene Kerne von nur 12 mm Durchmesser mit einer Krone von 31 mm Durchmesser erbohrt<sup>1)</sup>. Außerdem ist aber auch bei Teufen von mehr als 1600 m die Diamantbohrung — abgesehen von der für unsere Verhältnisse nicht in Betracht kommenden Seilbohrung — das einzige noch anwendbare Bohrverfahren; alle tieferen Bohrlöcher sind also in ihrem untersten Teile mittels der Diamantbohrung niedergebracht worden.

Ein Mangel des Diamantbohrens ist der verhältnismäßig geringe Bohrllochdurchmesser; der Anfangsdurchmesser schwankt im allgemeinen zwischen 60 und 200 mm. Auch sind Erweiterungen der Bohrlöcher, z. B. zum Zwecke des Nachsenkens von Verrohrungen, schwierig und teuer.

Wegen der verhältnismäßig großen Anlagekosten kommt die Diamantbohrung im allgemeinen nur für tiefere Bohrlöcher in Frage.

## C. Besondere Einrichtungen und Arbeiten bei der Tiefbohrung.

### a) Verrohrung.

**40. — Zweck der Verrohrung.** Die Verrohrung von Bohrlöchern soll in erster Linie Störungen und Gefährdungen der Bohrarbeit durch Nachfall ausschalten. Sie ist besonders für die Spülbohrung meist von großer Wichtigkeit, da sie die Zerstörung der Bohrlochstöße durch den Spülstrom

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1888, S. 311; Köbrich: Bergtechnische Mitteilungen über die Tiefbohrung zu Schladebach.

verhütet und Verlusten an Spülwasser im klüftigen Gebirge oder umgekehrt Störungen des Spülstromes durch entgegenwirkende Gebirgsquellen vorbeugt. Außerdem verhütet die Verrohrung in Bohrlöchern, die zur Gewinnung von Erdöl, Sole, Trinkwasser u. dgl. dienen, die Verunreinigung oder Verdünnung dieser Flüssigkeiten durch solche aus anderen Schichten.

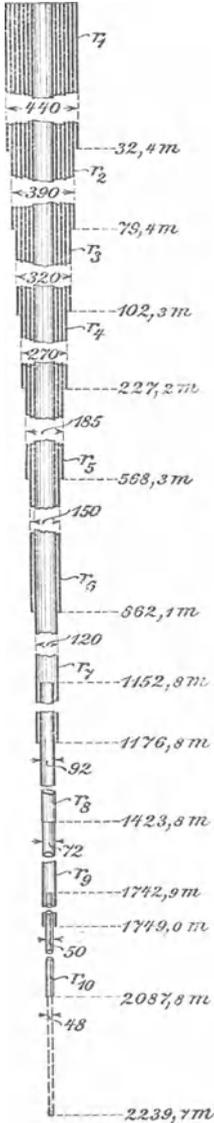


Abb. 106. Profil des Bohrlochs Czuchow II mit seinen Verrohrungen.

Ein Beispiel für die Verrohrung eines tiefen Bohrlochs liefert Abb. 106<sup>1)</sup>, die das Bohrprofil des Bohrlochs Czuchow II bei Gleiwitz, eines der tiefsten Bohrlöcher der Welt, darstellt und gleichzeitig auch die starke Abnahme des jeweilig in mm angegebenen Bohrlochdurchmessers nach der Tiefe hin (s. Ziff. 42) erkennen läßt.

41. — Rohre. Wenn es sich um Sol- oder sonstige Mineralquellen handelt, finden meist Kupferrohre Verwendung, während sonst hauptsächlich schmiedeeiserne und Stahlrohre, seltener die allerdings (trotz größerer Wandstärke) billigeren, aber dafür weniger widerstandsfähigen Gußeisenrohre benutzt werden. Die Verbindung der einzelnen Rohre miteinander kann außer durch die bei den Gestängerohren beschriebenen Arten der Verschraubung (Ziff. 21) auch durch Vernietung erfolgen, wenn die Rohre dauernd im Bohrloch verbleiben sollen. Am besten, allerdings auch am teuersten, sind Rohrverbindungen nach Abb. 91 d auf S. 96, die außen und innen glatt sind. Im übrigen verdienen außen glatte Rohrverbindungen mit inwendig vorspringenden Teilen nach Abb. 91 b und e-f den Vorzug, da sie beim Nachsenken weniger leicht stecken bleiben und nach Beendigung der Bohrung besser herausgezogen werden können.

42. — Einbringen der Verrohrung. Die Verrohrung kann eine „gültige“, d. h. bis zutage gehende ( $r_1$ — $r_7$  in Abb. 106), oder eine „verlorene“, d. h. nur an Ort und Stelle eingebrachte ( $r_8$ — $r_{10}$ ), sein. Bei Spülbohrungen bilden gültige Verrohrungen die Regel. Verlorene Rohrsätze werden meist dann verwendet, wenn nachträglich sich die Notwendigkeit herausstellt, an einer Stelle den Nachfall zurückzuhalten. Bei einer regelrechten und planmäßigen Verrohrung dagegen folgt der Rohrsatz der Bohrung nach, und zwar entweder absatzweise oder ununterbrochen. Letzteres ist in milden Schichten vorzuziehen, weil dann der Nachfall gänzlich ver-

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1911, S. 93; Jäger: Das Niederbringen des 2240 m tiefen Bohrlochs Czuchow II.

mieden wird; jedoch kann man in gutem Gebirge unbedenklich 300—500 m und in schwimmendem Gebirge bei Dickspülung (Ziff. 19) 200—300 m tief bohren, ehe man die Verrohrung nachsenkt.

Soweit für das Nachsinken der Verrohrung deren Eigengewicht nicht ausreicht, kann durch Gewichtsbelastung oder durch Zug- oder Preßvorrichtungen nachgeholfen werden. Die notwendigen Angriffsflächen werden dabei durch Klemmbacken, die sog. „Röhrenbündel“, gebildet, die auch zum Einhängen, Abfangen, Verschrauben, Drehen und Heben der Rohrsätze Verwendung finden. Wird mit Gewichten gearbeitet, so werden diese einfach auf die Röhrenbündel gelegt. Eine durch Schraubenspindeln wirkende Zugvorrichtung ist der sog. „Preßkopf“, ein über das oberste

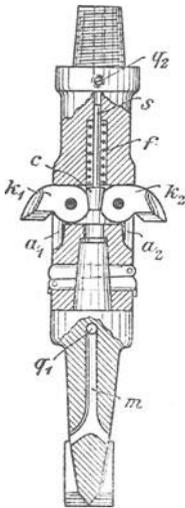


Abb. 107. Erweiterungsbohrer nach Fauck.



Abb. 108. Exzentrischer Meißel.

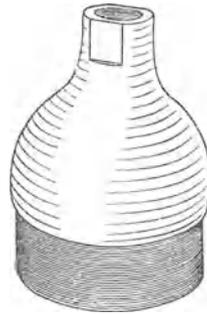


Abb. 109. Rohrheber.

Rohr geschobener Eisenklotz, der durch das Andrehen von Schraubenmuttern heruntergezogen wird und dadurch die Verrohrung herunterpreßt. Er kann als eine Umkehrung der in Abb. 111 auf S. 114 dargestellten Ziehvorrichtung angesehen werden.

Kann eine Verrohrung nicht tiefer gebracht werden, so muß eine zweite von entsprechend geringerem Durchmesser nachgeführt werden, der dann unter Umständen (Abb. 106) eine dritte, vierte usw. nachfolgen muß. Die hierdurch bewirkte Verengung des Bohrlochs sucht man in tiefen Bohrlöchern vielfach zunächst noch durch Tieferbringen des verklemmten Rohrsatzes nach Unterschneiden mit Hilfe eines Erweiterungsbohrers hinauszuschieben. Bei dem Erweiterungsbohrer nach Abb. 107 werden die Seitenschneiden  $k_1$   $k_2$ , die um Bolzen drehbar sind, während des Einlassens durch einen darübergelegten, quer zur Meißelschneide gespannten, dünnen Draht teilweise in die Aussparungen  $a_1$   $a_2$  zurückgedrückt. Unterhalb der Verrohrung wird durch Aufschlagen des Meißels auf die Sohle der Draht

zerschnitten; durch die Schraubenfeder  $f$  werden dann mittels des kegeligen Druckstiftes  $c$  die Schneiden auseinandergetrieben. Die Wasserspülung verzweigt sich von  $q_2$  aus auf beide Seiten und tritt dann durch  $q_1$  und  $m$  aus.

Ein sehr einfaches Gezähe zum Unterschneiden von Verrohrungen ist der exzentrische Meißel (Abb. 108), der ohne weiteres durch die Verrohrung hindurchgeht, unterhalb derselben aber sich nach außen stellt. Derartige Meißel müssen sehr sorgfältig „ausgewogen“ werden, damit ihre Schwerachse stets durch die Schneidenspitze und durch die Mittellinie des Schraubenkopfes geht und dadurch ein Schiefbohren vermieden wird.

Zum Einlassen der Verrohrungen wird die in Abb. 109 dargestellte Bohrrohr-Hebekappe, wegen ihrer flaschenförmigen Gestalt auch als „Rohrpulle“ bezeichnet, viel benutzt. Sie erhält oben als Innengewinde dasjenige des Hohlgestänges und trägt mit dem Außengewinde das einzuhängende Rohr.

**43. — Ausziehen der Rohre.** Für das Ziehen von nicht mehr notwendigen Rohrsätzen, die schon längere Zeit im Bohrloch gesteckt und sich dort

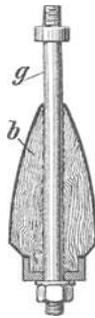


Abb. 110. Fangbirne.

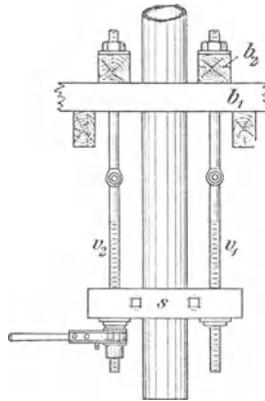


Abb. 111. Rohr-Ziehvorrichtung.

festgeklemmt haben, sind besondere Hilfsmittel erforderlich. Ein früher vielfach zum Ausziehen verwendetes Gezähstück ist die Fangbirne (Abb. 110), bestehend in einem birnenförmigen Holz- oder Eisenstück  $b$ , das ziemlich genau in den Rohrsatz paßt und an einem Vollgestänge  $g$  befestigt ist. Sie wird, an Ort und Stelle angekommen, durch Einwerfen von Sand oder feinem Kies zum Festklemmen gebracht und kann dann bei nicht zu großem Widerstande am Umfange der Verrohrung mit dieser zutage gehoben werden. Da aber eine einmal angeklemmte Birne meist nicht wieder gelöst werden kann, so verwendet man jetzt lieber andere Vorrichtungen. Bei diesen wird meist auf Röhrenbündel, die um die Rohre gelegt sind, eine kräftige Zug- oder Druckwirkung ausgeübt. Das kann geschehen durch einen Dampfkabel, dessen Seil an dem Röhrenbündel befestigt wird, oder durch einfache, untergesetzte Wagenwinden oder durch das Andrehen der Muttern von Zugschrauben ( $v_1 v_2$ , Abb. 111), die oberhalb des Bohrlochs an einer starken

Balkenlage  $b_1$   $b_2$  verankert sind und unter das Röhrenbündel  $s$  fassen. Statt der Schrauben können auch hydraulische Pressen benutzt werden.

44. — **Zerschneiden von Rohren.** Ist trotz aller Bemühungen die Verrohrung nicht in Bewegung zu bringen, so bleibt, um wenigstens Teilstücke wieder zu erlangen, nichts anderes übrig, als sie zu zerschneiden. Das geschieht in der Regel durch Herstellung eines söhliglen Schlitzes mit Hilfe verschieden gestalteter Röhrenschneider oder -sägen, von denen Abb. 112 eine Ausführung zeigt. In Ausschnitten des Rohres  $a$  bewegen sich die (3) Schneidbacken  $e_1$ — $e_3$ , die durch die Stifte  $f$  geführt und während des Einlassens der Vorrichtung durch die Gummiringe  $g$  zurückgezogen werden. An Ort und Stelle angelangt, werden sie dadurch herausgeschoben und zum Einschneiden befähigt, daß der Kolben  $c$  von oben her Wasserdruck erhält und nun die kegelige Spitze der Stange  $b$  zwischen die Schneidbacken treibt. Nach Abstellung des Druckwassers zieht die Feder  $d$  die Stange  $b$  wieder zurück.

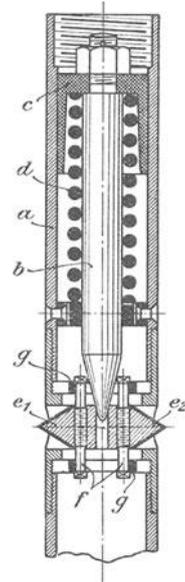


Abb. 112. Rohrsäge der Deutschen Tiefbohr-A.-G.

#### b) Überwachung des Bohrbetriebes. — Verwertung und Deutung von Bohrergebnissen. — Bohrkosten und -leistungen.

45. — **Gesteinsproben.** Die Feststellung der durchbohrten Schichten gestaltet sich am einfachsten bei Bohrungen, die wie die Schuppen- und Diamantbohrung und einige Spülbohrverfahren mit umgekehrter Spülung (Ziff. 20) fortlaufend Kerne liefern. Auch die Spülbohrung ohne Kerngewinnung ermöglicht im laufenden Betriebe eine einigermaßen zutreffende Beurteilung der durchbohrten Schichten aus der Farbe und Beschaffenheit der Spültrübe, die man in einem besonderen Behälter sich absetzen läßt. Jedoch ist diese Beobachtung nicht scharf, da bei tieferen Bohrungen immer erst einige Zeit nach dem Anbohren einer neuen Schichtenfolge deren Schlamm zutage gefördert wird und der Übergang, namentlich bei steilem Einfallen, sich nur allmählich kennzeichnet, auch bei nicht starken Farbenunterschieden oder bei Vermischung mit Nachfall leicht übersehen werden kann. Will man genauer prüfen, so muß man die Bohrung für kurze Zeit einstellen und die Spülung so lange fortsetzen, bis klares Wasser austritt, um dann mit Spülung weiterzubohren. Bei Dickspülung wird die Feststellung durch die Farbe der Spültrübe erschwert.

Bei der Schmandförderung mit Löffeln wird sich der Übergang zu einer anderen Schichtenfolge nur im Groben feststellen lassen.

Die durch Kernbohrung, Spülung oder Löffeln gewonnenen Gesteinsproben werden zweckmäßig unter Angabe der jeweiligen Teufe (meist von Meter zu Meter) in besonderen Kästen mit Unterabteilungen aufbewahrt.

46. — **Stratameter.** Außer der Beurteilung der Beschaffenheit der durchbohrten Gebirgsschichten ist für die Schürf- und Untersuchungsbohrungen auch die Feststellung ihrer Lagerungsverhältnisse von großer Bedeutung. Hierzu gibt die Kernbohrung uns ein wichtiges Mittel an die Hand. Wenn es nämlich gelingt, den Bohrkern über Tage in dieselbe Lage zu bringen, die er im Bohrloch eingenommen hat, so kann man das Streichen und Fallen der Gebirgsschicht, die den Kern geliefert hat, von diesem unmittelbar abnehmen.

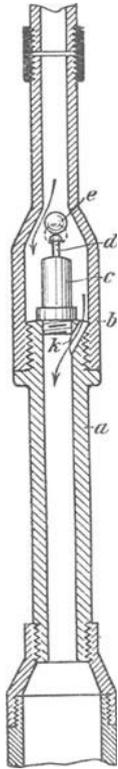


Abb. 113.  
Stratameter  
nach Meine.

Allerdings ist die Erfüllung dieser Bedingung wesentlich schwieriger, als es zunächst den Anschein hat. Da nämlich in einigermaßen tiefen Bohrlöchern das Bohrgestänge stets Schwingungen um seine Längsachse ausführt, die sich der Feststellung entziehen, so ist es selbst bei größter Vorsicht unmöglich, den Kern ohne jede Verdrehung zutage zu ziehen, wie das früher versucht wurde. Man griff deshalb den von dem Amerikaner Vivian ausgesprochenen Gedanken auf, eine mit dem Kern in feste Verbindung zu bringende Magnetnadel in der Stellung, die sie auf der Sohle des Bohrlochs eingenommen hat, zu sperren und dann mit dem Kern zutage zu bringen. Solche und ähnliche Vorrichtungen werden als „Stratameter“ bezeichnet. Ein Beispiel eines einfachen Stratameters, nämlich der von Dr. Meine angegebene (D. R.-P. 154496), sei hier kurz beschrieben. Bei diesem (Abb. 113) ist auf das Kernrohr das Rohrstück *a* mit dem Kompaßgehäuse *c* geschraubt. Nachdem ein kurzer Kern erbohrt ist, hört man auf zu bohren, ohne jedoch die Spülung abzustellen, gibt der Magnetnadel Zeit, sich zu beruhigen, und wirft darauf eine Kugel *e* in das Hohlgestänge, die dem Spülwasser den Weg versperrt und infolgedessen durch den Wasserdruck gegen den Stift *d* gepreßt wird. Dieser ragt oben aus dem Kompaßgehäuse heraus und betätigt, durch die Kugel niedergedrückt, die Sperrvorrichtung für die Magnetnadel. Die Rohrstücke *a* und *b* bestehen wie stets in den Stratametern aus einem die Magnetnadel nicht beeinflussenden Metall (Rotguß, Deltametall u. dgl.).

Neuere genaue Untersuchungen haben jedoch ergeben, daß die Zuverlässigkeit aller mit Magnetnadeln arbeitenden Vorrichtungen nur sehr beschränkt ist. Es hat sich nämlich gezeigt, daß trotz der Vermeidung von Eisen in der Nachbarschaft des Kompasses die eisernen Verrohrungen der Bohrlöcher so stark auf die Magnetnadel einwirken, daß in allen verrohrten Bohrlöchern — und diese bilden die Regel — die Stratameter falsche Ergebnisse liefern.

Aber selbst wenn einwandfreie Stratametermessungen vorliegen, ist die richtige Beurteilung der Ergebnisse von Tiefbohrungen eine schwierige Aufgabe, bei der Irrtümer leicht möglich sind. So kann z. B. ein Bohrloch, das auf eine Störung oder auf einen durch eine diskordante Schichtenfolge bedeckten Luftsattel gestoßen ist, zu der Auffassung Veranlassung geben, daß keine nutzbaren Lagerstätten im Untergrunde vorhanden seien. Das

dreimalige Anbohren einer überkippt-gefalteten Lagerstätte kann zu dem Irrtum verleiten, daß man es mit drei Lagerstätten zu tun habe usw.

Vielfach gestattet daher erst eine größere Anzahl benachbarter Bohrlochaufschlüsse eine einigermaßen zutreffende Beurteilung der Lagerungsverhältnisse.

#### 47. — Abweichungen aus der Lotlage und ihre Bestimmung.

Das lotrechte Niederbringen der Bohrlöcher ist bei einigermaßen schwierigen Verhältnissen (Geröllschichten, steiles Einfallen bei wechselnd festen Schichten, klüftiges Gebirge) mit den heutigen Mitteln überhaupt nicht zu erreichen, auch nicht beim stoßenden Bohren, das in dieser Hinsicht bedeutend größere Sicherheit bietet als das Drehbohren. Daher weichen die meisten tieferen Bohrlöcher mindestens nach einer Richtung mehr oder weniger stark von der Senkrechten ab. In vielen Fällen sind aber auch Abweichungen mit wechselnder Richtung festgestellt worden; selbst korkzieherartig gewundene Bohrlöcher kommen häufig vor. Die Größe der Abweichungen kann sehr beträchtlich sein; durch neuere Messungen sind sogar Abweichungen im Verhältnis 1:10 festgestellt worden, was bei einem nur 100 m tiefen Bohrloch bereits eine Abweichung von 10 m bedeuten würde. Die Feststellung dieser Störungen ist von größter Bedeutung für das Schachtabteufen mit Hilfe des Gefrierverfahrens (s. Bd. II). Auch bei Strata-metermessungen besteht das Bedürfnis, die etwaige Neigung des erbohrten Kernes gegen die Senkrechte nach Größe und Richtung festzustellen, da bei ihrer Vernachlässigung das Streichen und Einfallen falsch ermittelt wird.

Es gibt zahlreiche Vorrichtungen, die eine Lösung dieser Aufgabe, die sich bei genauerer Prüfung als außerordentlich schwierig erweist, anstreben. Am einfachsten ist das durch Abb. 114 veranschaulichte Lotverfahren. Man hängt von einem genau zentrisch oberhalb des Bohrlochs liegenden Punkte  $a$  aus ein Lot an einem auf eine Trommel gewickelten dünnen Kupferdraht ein und mißt die Längen  $ac$ ,  $ae$  und  $bc$ , aus denen man die gesuchte Abweichung  $de = x$  leicht ermitteln kann.

Das Verfahren versagt aber bei Knicken im Bohrloch und ist mit verschiedenen Fehlerquellen behaftet, daher sehr unzuverlässig.

Es sind nun in den letzten Jahren eine große Anzahl der verschiedenartigsten Vorrichtungen zur Bestimmung der Lotabweichungen in tieferen Bohrlöchern vorgeschlagen worden, die alle auf dem Grundgedanken beruhen, ein in irgendeiner Weise betätigtes Meßgerät in das Bohrloch einzulassen und im Bohrloch in regelmäßigen Abständen zur Wirkung zu bringen. Man kann dazu z. B. eine mit einem Pendel versehene Büchse benutzen, in der das Pendel auf einer der Schiefelage des Bohrlochs entsprechend schräg geneigten Fläche einen exzentrischen Eindruck hervorbringt, wenn es durch

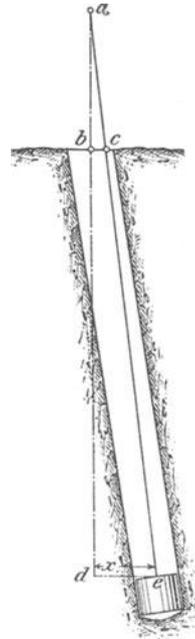


Abb. 114. Ermittlung der Schiefstellung von Bohrlöchern durch Lotung.

eine äußere Kraft, z. B. den elektrischen Strom, ausgelöst wird. Jedoch stößt die Feststellung der Richtung der Neigung wegen der möglichen Verdrehung der Meßbüchse auf ihrem Wege von der Meßstelle bis zu Tage auf dieselben Schwierigkeiten, wie sie oben bei den Stratametern geschildert wurden. Einige Erfinder, z. B. Erlinghagen, haben sich bemüht, diese Fehlerquelle durch besonders gearbeitete, gegen Verdrehung möglichst gesicherte Gestänge zu beseitigen<sup>1)</sup>. Andere haben vorgeschlagen, die Verdrehung zuzulassen, ihren Betrag und ihre Richtung aber durch Festlegung der Verdrehung mittels besonderer Messung zu ermitteln. Die für den letzteren Zweck zunächst verwandten Magnete sind bald als unbrauchbar erkannt worden, da auf die Magnetnadel nicht nur die Eisenmassen des Bohrlochs selbst, sondern auch die der Nachbarbohrlöcher, die beim Gefrierverfahren stets vorhanden sind, in der mannigfachsten Weise einwirken. In den letzten Jahren hat die Lotgesellschaft m. b. H. in Neumühlen bei Kiel gute Ergebnisse mit dem Bohrloch-Neigungsmesser von Dr. Anschütz (D. R.-P. 259 427) erzielt, der namentlich für Gefrierbohrlöcher mannigfache Verwendung gefunden hat<sup>2)</sup>. Er beruht auf der Verbindung eines Kreiselkompasses mit einem Lot; die Abweichungen von der Lotlinie werden durch den Kompaß der Richtung nach, durch das Lot der Größe nach festgelegt und vermittelt elektrischer Übertragung unmittelbar über Tage aufgezeichnet. Solche Beobachtungen können im Bohrloch an beliebig vielen Stellen erfolgen.

**48. — Leistungen und Kosten.** Die Bohrleistungen je Tag oder Stunde sind außer von der Härte des Gesteins auch besonders von den oben erwähnten Zeitverlusten abhängig. Überdies macht sich bei den stoßenden Bohrverfahren auch der Einfluß der Teufe bedeutend stärker bemerklich als bei den drehenden, weil die Schlagzahl sinkt, wogegen bei der Drehbohrung der an sich schon geringere Einfluß der Teufe durch die mit der Teufe abnehmenden Durchmesser ziemlich ausgeglichen wird. Man rechnet im allgemeinen für die Schnellschlagbohrung 10—15 m durchschnittliche Tagesleistung bei Teufen von 500—700 m und 15—20 m bei Teufen von 300—500 m, mittelfestes Gebirge vorausgesetzt. Für die Diamantbohrung belaufen sich die durchschnittlichen Tagesleistungen, da das Kernziehen viel Zeit erfordert, auf etwa 3—8 m. Die besten Stundenleistungen können für die Schnellschlagbohrung mit 7—10 m, für die Diamantbohrung mit 3—4 m angenommen werden.

Die Bohrkosten belaufen sich bei Teufen von 500—1000 m auf etwa 50—80 *M.*, bei Teufen über 1000 m auf 80—130 *M.* je lfd. m. Bei der Diamantbohrung machen die Kosten für Diamanten etwa  $\frac{1}{3}$  der Gesamtkosten aus<sup>3)</sup>.

Der Kraftbedarf beträgt bei der Stoßbohrung in geringen Tiefen (200—300 m) 5—10 PS, in großen Tiefen (1000—1500 m) 30—40 PS. Bei der Diamantbohrung rechnet man für Bohrlöcher von 200—300 m 6—12 PS, für solche von 1000—1500 m 25—30 PS.

<sup>1)</sup> Glückauf 1907, Nr. 24, S. 733 u. f.; Erlinghagen: Die Feststellung des Fallens und Streichens von Tiefbohrlöchern durch Messung.

<sup>2)</sup> Vgl. Glückauf 1914, Nr. 27, S. 1074 u. f.; Haußmann: Der Bohrloch-Neigungsmesser von Anschütz.

<sup>3)</sup> S. das auf S. 81 in Anm. <sup>2)</sup> angeführte Buch von Bansen: Tiefbohrwesen, S. 281.

### III. Die Söhlig- und Schrägbohrung.

49. — **Bedeutung der Bohrung in söhliger und schräger Richtung.** Neuerdings ist durch die Anpassung der Tiefbohrung an das Bohren in söhliger und schräger Richtung das Gebiet der Schürfarbeiten mit Hilfe von Bohrlöchern wesentlich erweitert worden. Während es sich bei der Tiefbohrung fast ausschließlich um Bohrungen handelt, die von der Tagesoberfläche ausgehen, ist nunmehr der Schürfbohrung auch in der Grube ein weites Feld eröffnet, wenngleich in bergigem Gelände ihre Anwendung auch von der Erdoberfläche aus möglich ist.

Die Schürfbohrung verbilligt die Untersuchungsarbeiten bedeutend. Während ein einspuriger Untersuchungsquerschlag 50—100  $\mathcal{M}$  je lfd. m kostet und außerdem nicht unerhebliche Ausgaben für die Unterhaltung einer Schienenbahn, für die Wegförderung der gewonnenen Massen, für die Bewetterung usw. erfordert, kann ein Meter Bohrloch für etwa 8—20  $\mathcal{M}$  hergestellt werden. Dabei ist der Fortschritt der Bohrung erheblich größer als derjenige eines Querschlagbetriebes. Daher empfiehlt die Bohrung sich besonders für solche Gruben, in denen man wegen der Unsicherheit des Erfolges vor den hohen Kosten von Schürfquerschlägen zurückschreckt, insbesondere für Erz- und Kalisalzbergwerke. Am günstigsten liegen die Bedingungen für die Bohrarbeit beim Kalisalzbergbau, wogegen auf Erzgruben die harte und wechselnde Beschaffenheit des Gesteins und seine Klüftigkeit der Bohrung manche Hindernisse entgegenstellen.

50. — **Gemeinsame Grundzüge solcher Bohreinrichtungen.** Da für derartige Schürfbohrungen die Kerngewinnung unerlässlich ist, so beschränkt ihre Ausführung sich auf die Diamantbohrung, abgesehen von der Möglichkeit, in geeigneten Gebirgsschichten vorübergehend auch mit Stahlkronen (vgl. Ziff. 35) bohren zu können, um an Diamanten zu sparen. Die Gestängelast ist von geringer Bedeutung, weshalb hier ein einfaches Bock- oder Rahmengestell für die Verlagerung der ganzen Bohreinrichtung genügt, wie das ja auch schon wegen der beschränkten Raumverhältnisse notwendig ist. In söhliger Richtung ist allerdings nach Möglichkeit für einen gewissen Raum zum Gestängefördern Sorge zu tragen, damit man nicht zur Verwendung sehr kleiner Gestängestücke und demgemäß zur häufigen Unterbrechung der Bohrarbeit gezwungen ist. Doch muß man sich im allgemeinen mit geringeren Gestängelängen notgedrungen begnügen, zumal auch die Handhabung längerer und schwererer Gestängestücke hier Schwierigkeiten macht. Es herrschen demnach Stücklängen von  $1\frac{1}{2}$ —3 m (gegenüber etwa 5 m bei der Tiefbohrung) vor.

Eine Verrohrung würde sich wegen der räumlichen Beengung der Arbeit und wegen des bogenförmigen Verlaufs der Bohrlöcher (vgl. Ziff. 53) schwierig einbringen lassen. Sie erübrigt sich aber auch, weil einmal die Bohrlöcher in der Regel geringere Längen erhalten und nicht lange offen zu bleiben brauchen, ferner die Spülung den Bohrschmand nicht senkrecht hochzubringen und nicht den ganzen Querschnitt zwischen Gestänge und Bohrlochwandung zu erfüllen braucht und daher schwächer sein kann und endlich auch die rückkehrende Spülflüssigkeit nicht den oberen, sondern nur den

unteren Teil des Bohrlochquerschnitts angreift, Nachfall also wenig zu befürchten ist.

Um in beliebigen Richtungen bohren zu können, wird der Antrieb am besten in einem Rahmen verlagert, der unter jedem beliebigen Winkel festgespannt werden kann und als Führung für das Gestänge dient. Dieser Rahmen wird außerdem zweckmäßig so eingerichtet, daß er zur Seite geklappt werden kann, um das Ein- und Ausfördern des Gestänges oder Fangarbeiten u. dgl. zu ermöglichen.

Die Gestängelast wirkt hier nur bei schräg abwärts gerichteten Bohrungen, und auch bei diesen nur teilweise, auf die Bohrkronen. Es muß daher unbedingt für eine Vorrichtung gesorgt werden, die mit regelbarem Drucke das Anpressen des Gestänges und dessen Nachschieben gemäß dem Fortschreiten der Bohrarbeit ermöglicht. Bei abwärts gerichteten Bohrungen von größerer Tiefe muß diese Vorrichtung auch, ähnlich wie bei der Tiefbohrung, eine teilweise Entlastung der Bohrkronen vom Gestängedruck gestatten.

Die Bohrvorrichtungen können ohne weiteres auch für den Fall der senkrecht nach unten gerichteten Tiefbohrung Verwendung finden, da das Bohrgerüst stark genug dazu ist und der Rahmen jede beliebige Neigung des Bohrlochs gestattet (vgl. Abb. 115). Jedoch beschränkt sich die Bohrung dann naturgemäß auf geringere Teufen. Immerhin sind Teufen bis zu 900 m mit deutschen Einrichtungen erreicht worden, während amerikanische noch darüber hinausgegangen sind.

In Deutschland werden solche Bohrvorrichtungen außer von den in Ziff. 51 und 52 genannten Firmen auch von der Internationalen Bohrgesellschaft, von der Kontinentalen Bohrgesellschaft, von Feodor Siegel in Schönebeck u. a. gebaut.

**51. — Bohreinrichtung von Lange, Loreke & Co. in Mügeln i/Sa.** Die Firma hat sich schon seit längeren Jahren mit der Ausführung von Bohreinrichtungen für Söhlige- und Schrägbohrungen beschäftigt und dabei das System des Schweden Craelius weiter ausgebildet.

Die Bauart dieser Bohreinrichtung ergibt sich aus Abb. 115, die eine Bohrmaschine für Handbetrieb darstellt. Soll mit mechanischem Antrieb gearbeitet werden, so braucht nur die Kurbel *b* aus der Kurbelscheibe *a* herausgenommen und auf die letztere ein Treibriemen aufgelegt zu werden. Der das Arbeitsrohr *e* und Gestänge *h* tragende Rahmen ist hier auf einem einfachen Bockgerüst *B* verlagert, und zwar ist er um eine söhlige Achse *c* drehbar, so daß jede beliebige Bohrlocheinigung eingestellt werden kann. Die Freigabe des Bohrlochs geschieht einfach durch Zurückklappen der oberen Hälfte des Rahmens, wie es die Abbildung veranschaulicht, die auch die Gelenkverbindung beider Rahmenhälften erkennen läßt.

Der Antrieb des Arbeitsrohres erfolgt durch die Schraubenräder *d*. Der Vorschub wird durch ein Zahnrad vermittelt ( $r_1$  in Abb. 115 *b*), das auf der Achse *g* sitzt und in die Verzahnung *f* eingreift. Dieses Zahnrad ist durch den Handhebel *l* mit dem auf ihm verschiebbaren Gewicht belastet, sucht also auch die Verzahnung und damit das Gestänge herunterzudrücken. Damit der Hebel *l* immer wieder in die söhlige Lage zurückgebracht werden kann, ohne daß das Gestänge dadurch beeinflußt wird, ist er mit dem

Zahnrad nicht fest, sondern durch ein Sperrrad ( $r_2$  in Abb. 115 *b*) verbunden, in dessen Zähne die federnde Klinke  $ts$  eingreift. Sobald diese durch Andrücken ihres Griffes mit der Hand ausgeschaltet wird, gestattet sie die beliebige Drehung des Hebels. Dieser kann daher also auch um  $180^\circ$  gedreht und gemäß Abb. 115 *b* auf die andere Seite umgelegt werden, was bei abwärts gerichteten tieferen Bohrlöchern geschehen muß, um das Gestänge durch Druck nach oben teilweise zu entlasten. Ein Zurückprallen des Gestänges wird durch die in eine zweite Zahnleiste einschnappende Federklinke  $m$  verhütet. Die Regelung des Druckes auf die Bohrkrone erfolgt einfach durch Verschiebung des Gewichtes auf dem Hebel  $l$ . Das Spülwasser tritt durch den Schlauch  $i$  ein. Da die Zahnstange  $f$  und der Hebel  $l$  um ihre Achsen beliebig drehbar sind, so kann die geschilderte Regelung des Vorschubs auch bei söhligen und ansteigenden Bohrlöchern durchgeführt werden.

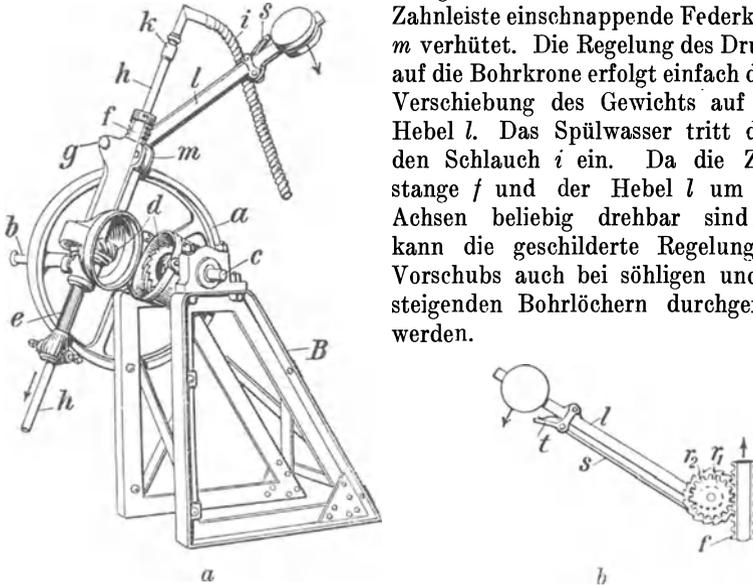


Abb. 115 *a* und *b*. Schürfbohrvorrichtung von Lange, Loreke & Co.

## 52. — Bohrvorrichtung der Peiner Maschinenbaugesellschaft.

Bei der durch Abb. 116—118 veranschaulichten Bohreinrichtung der Peiner Maschinenbaugesellschaft in Peine erfolgt der Antrieb von der Riemenscheibe  $a$  aus durch Vermittelung der Kegelräder  $z_3$  und  $z_4$ . Diese drehen in der bekannten Weise mittels Nut- und Federverbindung das Arbeitsrohr  $b$  und das durch dieses hindurchgehende und mit ihm unten gekuppelte Hohlgestänge  $c$ . Das Arbeitsrohr wird mit Hilfe der Muffen  $d_1$  und  $d_2$  von dem Rahmen  $R$  getragen. Dieser kann

1. um die Achsen  $e_1$   $e_2$  in der Seigerebene geschwenkt werden, um das Bohren unter jedem beliebigen Winkel zu ermöglichen,
2. nach Umklappen der mit ihrem unteren Ende auf einem Drehbolzen ruhenden Lasche  $f_1$  in der söhligen Ebene geschwenkt werden, und zwar um die Zapfen  $g_1$  und  $g_2$ ; dadurch kann das Bohrloch für die Gestängeförderung usw. freigegeben werden.

Der Vorschub des Gestänges wird durch das Gewicht  $k$  ermöglicht, das auf die Laschenkette  $l_1$  wirkt, die ihrerseits an einer am Kopfe des

Arbeitsrohres angeklebten Büchse  $m$  (s. Abb. 116 mit Nebenzeichnung) mittels eines seitlichen Vorsprungs dieser Büchse angreift. Das Schema der Vorschubeinrichtung zeigt Abb. 117. Das Gewicht  $k$  wirkt auf den Hebel  $p$ , der seinerseits an einem Gehäuse angreift, das die Schnecke  $h_1$  trägt und durch diese auf das Schneckenrad  $h_2$  in dem Sinne einwirkt, daß die mit dem letzteren auf einer Achse sitzende Kettenscheibe die Kette in der Pfeilrichtung bewegt, das Arbeitsrohr also belastet (Abb. 117a) oder (infolge Herumwerfens

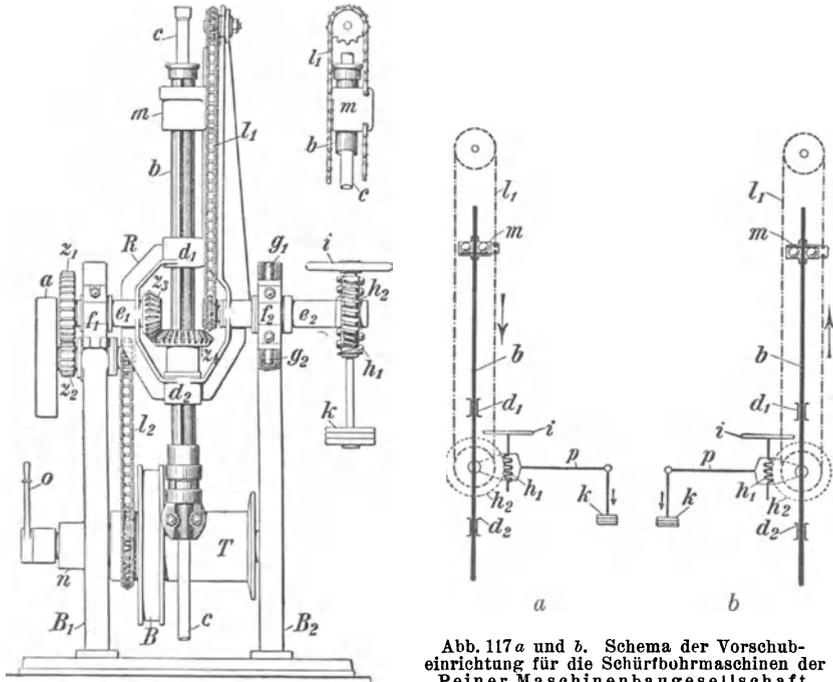


Abb. 116. Schürfbohrvorrichtung der Peiner Maschinenbaugesellschaft.

Abb. 117a und b. Schema der Vorschubeinrichtung für die Schürfbohrmaschinen der Peiner Maschinenbaugesellschaft.

a Zusatzbelastung des Gestänges.  
b Entlastung des Gestänges.

des Hebels  $p$  nebst Schnecke  $h_1$  und deren Gehäuse um  $180^\circ$ , Abb. 117b) entlastet. Mit dem Sinken von Arbeitsrohr und Gestänge stellt der Hebel  $p$  sich hinten schräg, wird aber vom Bedienungsmann durch Drehung der Schnecke  $h_1$  mittels der Kurbel oder des Handrades  $i$  immer wieder in die söhliche Lage zurückgedreht.

Im Falle der Abb. 117b muß das Kugellager  $m$  umgedreht werden, da es jetzt einen nach unten gerichteten Druck abzufangen hat. Die Regelung des Druckes auf das Gestänge erfolgt durch Änderung des Gewichtes  $k$ .

Soll Gestänge gefördert werden, so wird nach Einrückung der Reibungskuppelung  $n$  (Abb. 116) mit dem Handhebel  $o$  die Trommel  $T$  mit der Bremsscheibe  $B$  bewegt, und zwar durch Vermittelung des Stirnradgetriebes  $z_1 z_2$  und der Laschenkette  $l_2$ . Soll das Gestänge herausgezogen

werden, so wird nach Abb. 118 das Seil von der Trommel über die Rolle  $r_1$  zur Klemmkuppelung  $k$  geführt; soll dagegen das Gestänge in das Bohrloch eingeführt werden, so dient (s. die gestrichelte Verbindung) die Rolle  $r_2$  als Umkehrrolle. Die ausgeschwenkte Maschine ist in der Abbildung gestrichelt angedeutet. Das Rohr  $r$  ist fest in das Gebirge eingetrieben und dient als Führung und (mit der Rohrschelle  $b$ ) als Widerlager.

**53. — Die Ablenkung söhliger und schräger Bohrungen.** Während bei der senkrecht nach unten gerichteten Tiefbohrung genau geradlinige Bohrlöcher zwar selten, aber doch möglich sind, erscheinen solche bei den Söhlig- und Schrägbohrungen als ausgeschlossen, da eine gewisse

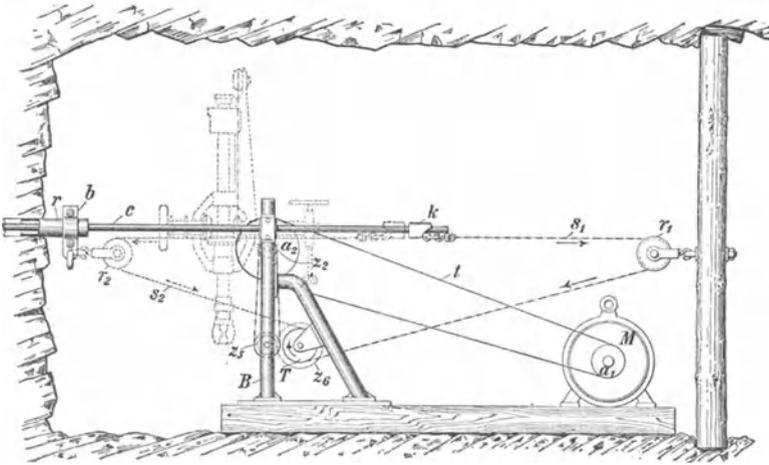


Abb. 118.

Gestängeförderung bei der Schürfbohrmaschine der Peiner Maschinenbaugesellschaft.

Durchbiegung des Bohrgestänges nicht zu vermeiden ist. Diese verschärft sich außerdem noch dadurch, daß die Bohrkronen in ihrem unteren Teile mit stärkerem Drucke auf dem Gebirge liegt und daher nach unten mehr arbeitet als nach oben, zumal auch die Spülung unten kräftiger als oben wirkt. Besonders bei söhligen und schräg aufwärts angesetzten Bohrlöchern macht ein solcher bogenförmiger Verlauf der Bohrung sich bemerkbar, so daß in ihnen Senkungen der Bohrkronen um 40 m und mehr bei 500 m langen Bohrlöchern nicht selten sind. Dazu kommt nun noch die Wirkung von flach geneigten härteren Gebirgsschichten (z. B. von Anhydrit im Salzbergbau) oder von flachen Klüften mit harter Ausfüllungsmasse, da an solchen Widerständen die Bohrkronen entlangzugleiten strebt. Es können auf diese Weise auch unvorhergesehene Knicke im Bohrloch auftreten.

Die Feststellung dieser Richtungsänderungen ist für die Beurteilung der Bohrergebnisse wichtig. Sie stößt aber auf erhebliche Schwierigkeiten, weshalb man sich früher mit Erfahrungszahlen begnügte. Neuerdings erfolgt sie nach dem Patent der Gewerkschaft Burbach bei Helmstedt durch

Messung des hydraulischen Druckes, der die verschiedenen Höhenlagen der einzelnen Bohrlochspunkte widerspiegelt<sup>1)</sup>.

**54. — Leistungen und Kosten der Söhlig- und Schrägbohrung.** Die Leistungen und Kosten hängen von der Gebirgsbeschaffenheit und von dem Durchmesser und der Tiefe der Bohrlöcher ab. Man kann für mittlere Durchmesser und Tiefen (120—180 m) in der achtstündigen Schicht einen Bohrfortschritt von 1,5—2 m in besonders hartem Gestein (Quarzit, Konglomerat), 2—4 m in milderem Gebirgsarten (mittelfester Sandstein, Anhydrit) und 6—8 m in mildem Gebirge (Stein- und Kalisalz) rechnen. Der Kraftbedarf ist dabei mäßig und beläuft sich auf etwa 6—10 PS. Die Kosten sind auf etwa 8—20 *M* je lfd. m zu veranschlagen. Bezüglich der Bohrlöcherdurchmesser sei als Beispiel angeführt, daß die Firma Lange, Loreke & Co. Kronen von 86 mm Außendurchmesser bis herab zu einem solchen von 36 mm verwendet.

Tiefen von 500—600 m sind bei söhlig gerichteten Bohrlöchern häufig erzielt worden; vereinzelt hat man sogar bis auf mehr als 1000 m Länge gebohrt.

## Anhang.

### Die Herstellung von Bohrlöchern zur Wasser- und Wetterlösung.

**55. — Vorbemerkung.** Wie im 4. Abschnitt näher ausgeführt werden wird, muß man beim Auffahren von Strecken oder Querschlägen, die auf unterirdische Ansammlungen von Wassern und schädlichen Gasen stoßen könnten, Bohrlöcher von einer gewissen Länge in verschiedenen Richtungen der Auffahrung voraufgehen lassen, um gegen Überraschungen gesichert zu sein. Die gleiche Vorsichtsmaßregel pflegt in solchen Kohlenflözen angewandt zu werden, in denen plötzliche Grubengasausbrüche zu befürchten sind.

Ferner ist es in Überhauen, die im Flöze hergestellt werden, und in seigeren Aufbrüchen, die eine Sohle oder Zwischensohle mit der nächst höheren verbinden sollen, häufig erwünscht, vorher nach oben hin durchzubohren, um eine vorläufige Wetterverbindung zu schaffen. Dieses Vorbohren muß, um dem Zwecke der Wetterlösung gerecht zu werden, mit verhältnismäßig großem Durchmesser erfolgen. Die erforderlichen Lochweiten liegen zwischen 20 und 30 cm. Die Länge dieser Bohrlöcher ist naturgemäß erheblich größer als die der im vorigen Absatz erwähnten Vorbohrlöcher, für die 3—6 m genügen.

**56. — Bohreinrichtungen zum Vorbohren.** Die zum Vorbohren gegen Wasser- und Wetteransammlungen dienenden Bohreinrichtungen müssen, da beim Anbohren solcher Ansammlungen vielfach mit einem starken Gegen-

<sup>1)</sup> Kali 1913, Nr. 2, S. 32; Thiele: Verfahren zur Ermittlung der Abweichung von Horizontalbohrungen in der Vertikalebene.

druck zu rechnen ist, gegen das gewaltsame Hervorbrechen des Wassers oder der Gase und gegen das Herausschleudern des Bohrers beim Anbohren der Hohlräume gesichert werden. Das geschieht dadurch, daß man das Bohrloch mit einem Rohre auskleidet und den Bohrer mittels einer Stopfbüchse durch dieses hindurchführt. Als Beispiel stellt Abb. 119 eine Bohr-einrichtung dar, die auf der Zeche Viktor bei Rauxel i. W. benutzt wurde, um einen ersoffenen, im Abteufen begriffenen Schacht durch ein von einem Unterfahungsquerschlage aus mit etwa  $40^\circ$  Ansteigen hergestelltes Bohrloch von 100 mm lichter Weite und 10,5 m Länge abzapfen und dadurch das Weiterabteufen von Hand auf der Sohle zu ermöglichen<sup>1)</sup>. Für die Unterfahungstelle wurde ein dickbänkiges Sandsteinmittel ausgewählt. Das erforderliche Widerlager wurde mit Keilwirkung durch einen umgekehrten Konus *b* aus Stampfbeton gebildet, für den ein entsprechender Hohlraum im Gebirge hergestellt war und in den ein vorn sich erweiterndes, starkwandiges Eisenrohr *k* eingestampft wurde. Die an dieses Rohr außerhalb des Gebirges sich anschließende Rohrleitung war mit einem Absperrschieber *s*, einem Ablaufhahn *h* (während des Bohrens für den Abfluß des Spülwassers dienend) und einer Stopfbüchse ausgerüstet. Die letztere wurde durch einen inwendig mit Druckwasser zu füllenden Kautschukschlauch *p* gedichtet, der sich

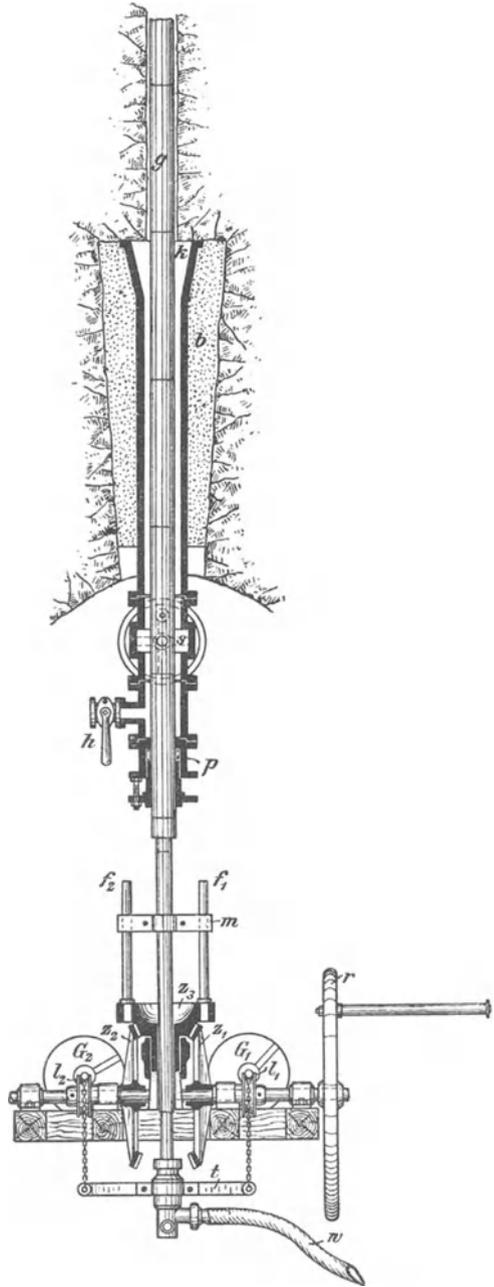


Abb. 119. Anbohren eines ersoffenen Schachtes.

<sup>1)</sup> Glückauf 1899, Nr. 3, S. 41 u. f.; Das Abteufen des Schachtes II der Zeche Viktor bei Rauxel.

als Packung der Stopfbüchse fest gegen das Bohrgestänge legte und so dessen Herausschleudern beim Durchschlag verhütete. Die Stopfbüchse wurde durch ihre feste Verbindung mit dem Rohr  $k$  gehalten; damit wurde der Wasserdruck durch den Betonkeil auf das Gebirge übertragen.

Die Bohrvorrichtung, eine Diamant-Drehbohrereinrichtung von Feodor Siegel in Schönebeck, wurde anfangs von Hand durch das Kurbelrad  $r$  und das Kegelradgetriebe  $z_1 z_3$ , später zur Beschleunigung der Arbeit durch einen links angebauten Preßluftmotor (hier nicht gezeichnet) und das Getriebe  $z_2 z_3$  betätigt. Der erforderliche Druck der Bohrkronen gegen die Bohrlochsohle wurde durch die Gewichte  $G_1 G_2$  (in der Zeichnung von oben gesehen) erzeugt, die durch Vermittelung der über die losen Rollen  $l_1 l_2$  laufenden Ketten ihre Zugkraft auf das mit dem Drehkopf verbundene Querstück  $t$  übertragen.  $w$  ist der Spülschlauch.

Wegen der außen glatten Rohrverbindungen bot der Durchgang des Bohrgestänges durch die Stopfbüchse keine Schwierigkeiten.

Bei dem gewöhnlichen Vorbohren, bei dem im Dauerbetriebe und immer wieder von neuem gebohrt wird, sind die Einrichtungen einfacher, die Vorichtsmaßregeln aber dem Sinne nach die gleichen<sup>1)</sup>.

**57. — Wetterbohrlöcher. Allgemeines.** Eine vorläufige Wetterverbindung kann entweder in der Flözebene selbst hergestellt werden, wobei dann das Loch dem Fallen des Flözes folgt, oder aber es wird ein senkrechtes, die Schichten durchbrechendes Loch gestoßen. Im ersten Falle, also zur Herstellung der eigentlichen Überhaubohrlöcher, pflegt man das drehende Bohren von unten nach oben anzuwenden. Im zweiten Falle kann man sowohl von unten nach oben als auch von oben nach unten bohren, wobei man für die Bohrarbeit nach oben das stoßende oder schlagende Bohren, für die Bohrarbeit nach unten das stoßende Bohren vorzuziehen pflegt.

Löcher bis zu 30—40 m Länge wird man in der Regel von unten nach oben herstellen, weil hierbei die Entfernung des Bohrmehls sich einfach gestaltet und die Bohrarbeit billig ist. Bei längeren, von unten nach oben getriebenen Löchern wächst schnell die Gefahr des Verlaufs, d. h. einer seitlichen Ablenkung aus der beabsichtigten Bohrlochrichtung. Diese Gefahr wird noch größer, wenn das Bohrloch Schichten verschiedener Härte unter einem spitzen Winkel durchbrechen muß, z. B. also bei senkrecht nach oben gerichteten Bohrlöchern, steilem Einfallen der Schichten und verschieden harten Schichten. Auch das Durchbohren von Störungen gefährdet den Bohrerfolg. Es ist vorgekommen, daß das Bohrloch in solchen Fällen bis zu 20% der Höhe aus seiner Richtung abgewichen ist, wenn es überhaupt die vorgesehene Länge erreichte und die Bohrvorrichtung nicht vorher im Loche sich festklemmte. Für solche Fälle ist die Bohrarbeit von oben nach unten vorzuziehen, da die so hergestellten Löcher weniger leicht verlaufen. Zur Entfernung des Bohrmehls muß man dann Wasserspülung anwenden.

**58. — Drehend arbeitende Überhaubohrmaschinen.** Die drehend wirkenden Überhaubohrmaschinen sind in ihrer Anwendung und Wirkung den Handbohrmaschinen (s. 3. Abschn., Ziff. 53 u. f.) ähnlich, nur sind die

<sup>1)</sup> Näheres s. in dem auf S. 81 in Anm. <sup>3)</sup> angeführten Buche von Bansen, S. 455 u. f.; — ferner Glückauf 1909, Nr. 18, S. 617 u. f.; Stegemann: Das Vorbohren als Sicherungsmittel gegen Wasser- und Gasdurchbrüche.

Abmessungen für Bohrer und Gestänge, entsprechend den größeren Lochweiten, stärker. Eine der wohl am meisten gebrauchten Überhaubohrmaschinen, wie sie z. B. von der Maschinenfabrik H. Korfmann in Witten geliefert wird, zeigt Abb. 120. Das oben das Bohrwerkzeug tragende Gestänge *a* wird gegen die Bohrlochsohle gedrückt und durch Handhebel *b* gedreht. Der Vorschub des Gestänges und die Druckregelung während der Bohrarbeit geschieht nicht durch eine Schraubenspindel, die leicht dem Verschmutzen und dem Verschleiß ausgesetzt ist, sondern durch Hochwinden einer in Schlitzen des Rohres *c* geführten Rolle *d* mittels Kette *f*, Windwerk *g* und Ratsche *h*. Die Rolle *d* trägt das Rohr *i* (vgl. Nebenzeichnung), in dem auf einer starken Spiralfeder das Lagerstück *k* ruht, das seinerseits das Widerlager für den Gestängefuß bildet. Dieser ist leicht drehbar auf *k* angeordnet. Das Gestänge besteht aus Rohren, und zwar aus  $\frac{1}{2}$  m langen Stücken; 1 m wiegt etwa 5,5 kg.

Man kann mit solchen Maschinen je nach der Härte der Kohle und der Weite des Loches Leistungen bis zu mehreren Metern stündlich erzielen. Die Handhabung ist einfach und die Vorrichtung selbst wenig empfindlich. Die Umdrehung kann statt von Hand auch mit Maschinenkraft erfolgen.

**59. — Stoßend arbeitende Aufbruchbohreleinrichtungen.** Als Beispiel einer Stoßbohreleinrichtung zur Herstellung von senkrecht nach oben gerichteten Bohrlöchern sei

eine einfache Hebelbohrvorrichtung erwähnt, die des öfteren in Oberschlesien Anwendung gefunden hat (Abb. 121). Ein zweiarmiger, in einer zweiteiligen Spannsäule *a* verlagertes Hebel *b* trägt auf seinem einen Ende in einer Pfanne *c* den Fuß des Bohrgestänges *d*. Der andere Hebelarm ist mit einem Gegengewichte *e* derart belastet, daß das Bohrgestänge mit dem Meißel gegen die Bohrlochsohle gedrückt wird. An dem freien Ende greifen zwei oder mehrere Arbeiter an, die den Hebelarm 20 bis 30 cm anheben, um ihn dann unter der Mitwirkung des Belastungsgewichtes plötzlich stoßweise fallen zu lassen oder, noch besser, niederzudrücken. Das regelmäßige Umsetzen erfolgt mittels Handhebels *f*. Die Einrichtung gestattet verschiedene Ausführungsmöglichkeiten, z. B. kann der Hebel durch Rollen und Seile ersetzt werden<sup>1)</sup>. Die Vorrichtung hat den Vorteil, daß sie mit sehr einfachen Hilfsmitteln arbeitet. Für Bohrhöhen von 20—30 m hat sie sich bei nicht allzu großer Gesteinhärte gut bewährt. In mittel-

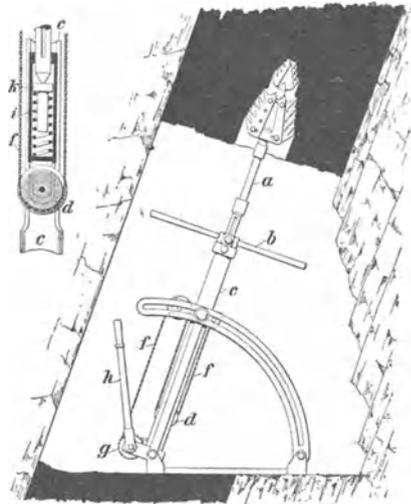


Abb. 120.  
Drehend arbeitende Überhaubohrmachine.

<sup>1)</sup> S. das auf S. 81 in Anm. <sup>3)</sup> angeführte Buch von Bansen, S. 457, Abb. 653.

festem Sandstein lassen sich Leistungen von 1—3 m in der achtstündigen Schicht erzielen.

60. — **Schlagend wirkende Aufbruchbohrmaschinen.** Diese Maschinenart ist erst in den letzten Jahren, begünstigt durch die mit Bohrhämmern erzielten guten Leistungen (s. Ziff. 90 u. f., 3. Abschnitt), in Aufnahme gekommen. Die beiden zur Zeit in Anwendung stehenden Ausführungsformen sind durch die Abbildungen 122 und 123 dargestellt. Bei beiden findet sich das Gemeinsame, daß der 250—300 mm breite Bohrmeißel *a* an seiner Arbeitsfläche einen größeren Durchmesser als der Zylinder *b* des Bohrhammers hat, so daß dieser dem Tieferwerden des Loches ununterbrochen folgen kann<sup>1)</sup>. Der Bohrhammer wird von einem Hohlgestänge *c* getragen, das gleichzeitig zum Zuführen der Preßluft benutzt wird. Bei beiden Ausführungen finden sich ferner zwei Spannsäulen *d*<sub>1</sub> und *d*<sub>2</sub>, die durch einen

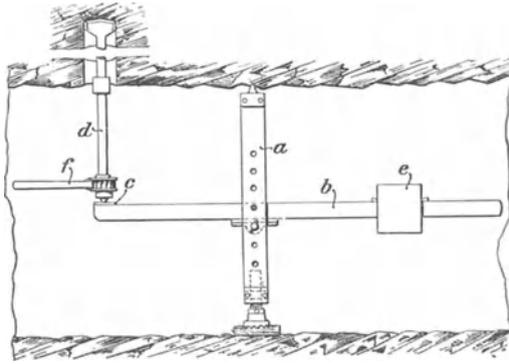


Abb. 121. Stoßbohrvorrichtung zur Herstellung von Aufbruchbohrlöchern.

festen Querarm (Abb. 122) oder, wie nach Abb. 123, durch zwei derartige Arme *e* miteinander verbunden sind.

Die Einrichtung des Vorschubes ist bei beiden Ausführungen verschieden. Nach Abb. 123 geschieht der Vorschub mittels einer die untere Verlängerung des Gestänges bildenden Schraubenspindel *f* durch Drehung der mit Handhebeln *g* versehenen Schraubenmutter *h*, die unter Zwischenschaltung eines Kugellagers auf dem Mittelteil *i* des Querarms *e* verlagert ist. Bei der in Abb. 122 dargestellten Vorrichtung erfolgt der Vorschub selbsttätig. Die als Kolbenstangen ausgebildeten Spannsäulen *d*<sub>1</sub> und *d*<sub>2</sub> tragen zu diesem Zwecke etwa in halber Höhe je einen festsitzenden Kolben *f*. Um die Kolben schließen sich verschiebbare Zylinder *ll* und bilden mit den zwei Querstücken *h*<sub>1</sub> *h*<sub>2</sub> einen Rahmen, der an ihnen durch Preßluft auf und ab bewegt werden kann und dessen unteres Querstück *h*<sub>2</sub> das Bohrgestänge *c* trägt. Um bei etwaigem Festsitzen des Bohrmeißels auch unabhängig von seiner Drallbewegung das ganze Gestänge drehen zu können, ist ein Handhebel *g* vorgesehen. Die Vorschubvorrichtung wird auch zum Heben und Senken des

<sup>1)</sup> Bergbau 1911, Nr. 28/29, S. 434 und 435; Aufbruchbohrmaschinen; — ferner Glückauf 1913, Nr. 32/33, S. 1252 und 1290; Döbelstein: Der gegenwärtige Stand der Hochbohrtechnik.

Gestänges bei der Verlängerung benutzt. Die Luftzuführung  $k_1$  zu den Vorschubzylindern erfolgt getrennt von der für den Arbeitszylinder bestimmten  $k_2$  durch ein selbsttätiges Druckverminderungsventil, mittels dessen der erforderliche Druck der Bohrkrona auf die Arbeitsfläche nach Bedarf eingestellt werden kann.

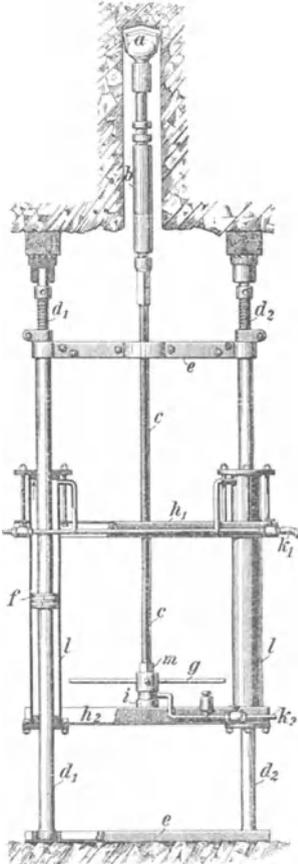


Abb. 122. Schlagend arbeitende Aufbruchbohrmaschine der Fabrik für Bergwerksbedarfartikel in Sprockhövel.

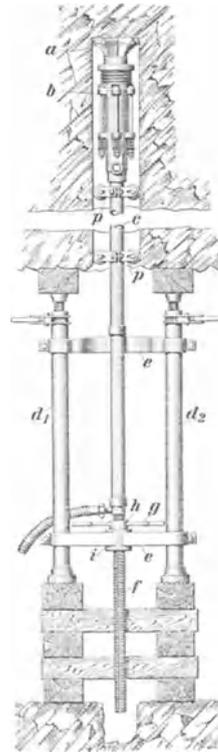


Abb. 123. Schlagend arbeitende Aufbruchbohrmaschine der Aufbruchbohrergesellschaft m. b. H. in Bochum.

Die beiden genannten Vorrichtungen gestatten einen Hub von  $1\frac{1}{4}$  m, so daß die einzelnen Gestängestücke eine entsprechende Länge haben. Für die Verlängerung wird das Gestänge auf dem oberen Querarm  $e$  abgefangen. An dem Gestänge können in Abständen von 3—4 m Führungen  $p$  (s. Abb. 123) angebracht werden.

Es kommt zur Vermeidung der obenerwähnten Ablenkungen vor allem darauf an, daß die Spannsäulen vor Beginn der Arbeit genau lotrecht aufgestellt werden und daß das Loch schon in seinem Anfang möglichst ohne

jede Abweichung von der Senkrechten verläuft. Ferner ist bei jedem Gesteinswechsel vorsichtig und langsam weiterzubohren, damit der Meißel Zeit findet, das Loch gehörig auszuarbeiten.

Die Leistungen mit solchen Vorrichtungen betragen, wenn keine Störungen auftreten, in der achtstündigen Schicht im Tonschiefer etwa 1,75 m, im Sandschiefer etwa 1,10 m und im Sandstein 0,85 m. Man hat auf diese Weise bereits Bohrlöcher von 80—100 m Höhe hergestellt. Die Arbeiten werden zumeist nur von besonderen Firmen, die über eine eingübte Mannschaft verfügen, ausgeführt. Die Kosten für je 1 m Bohrloch betragen nach den bisherigen Erfahrungen etwa 30—40 *M.* In ungünstigem Gebirge ist freilich des öfteren auch das Bohrloch mißglückt, oder es war, falls es die vorgeschriebene Höhe erreichte, so weit aus der Senkrechten abgewichen, daß es oben nicht gefunden werden konnte.

#### 61. — Bohrvorrichtung zur Herstellung von Wetterbohrlöchern von oben nach unten.

Das 3½ m hohe Bohrgerüst, wie es der Bergwerksunternehmer Heinr. Grewen in Essen für solche Arbeiten benutzt, muß unter Tage auf der oberen Strecke, von der aus das Bohrloch niedergebracht werden soll, aufgestellt werden. Nach Abb. 124 wird das Bohrgestänge *a* mittels eines Seiles *b* angehoben, das über die lose Rolle *c* eines Bügels *d* läuft und einerseits mit einem Schwinghebel *e*, andererseits mit einer Nachlaßvorrichtung *f* verbunden ist. Der Bügel *d* trägt das Kopfstück *h* des Hohlgestänges, dem durch den Schlauch *i* Dickspülung zugeführt wird. Das Gestänge kann mittels Handhebels *g* umgesetzt werden. Der Schwinghebel *e* ist durch ein Verbindungsseil an die Kolbenstange *k* eines einseitig wirkenden, schwungradlosen, etwa senkrecht angeordneten Kolbenmotors *l* angeschlossen, der beim Niedergange des Kolbens das Bohrgestänge anhebt. Nach zwangläufiger Umsteuerung entweicht die Druckluft, und das Gestänge sinkt im freien Fall nieder, wobei der Kolben wieder mit nach oben genommen wird. Das Seil *b* ist über eine durch die Bremsvorrichtung *m*, *n*, *o* festgehaltene Trommel *p* gelegt, von der es sich entsprechend dem Tieferwerden des Loches unter Überwindung der Brems-

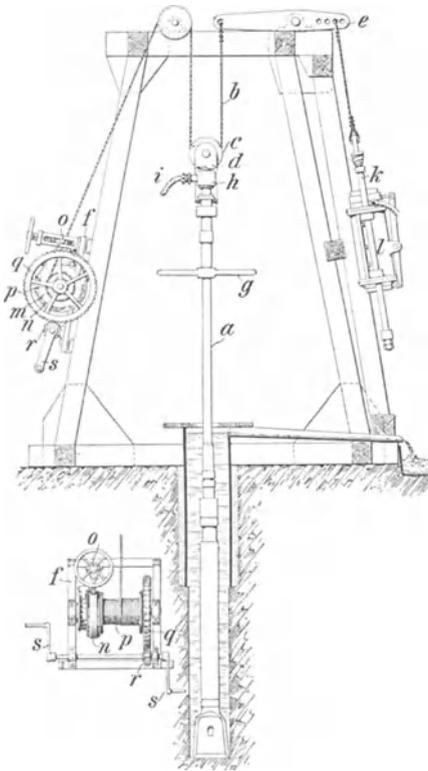


Abb. 124. Bohrvorrichtung zur Herstellung von Wetterbohrlöchern von oben nach unten.

richtung *f* verbunden ist. Der Bügel *d* trägt das Kopfstück *h* des Hohlgestänges, dem durch den Schlauch *i* Dickspülung zugeführt wird. Das Gestänge kann mittels Handhebels *g* umgesetzt werden. Der Schwinghebel *e* ist durch ein Verbindungsseil an die Kolbenstange *k* eines einseitig wirkenden, schwungradlosen, etwa senkrecht angeordneten Kolbenmotors *l* angeschlossen, der beim Niedergange des Kolbens das Bohrgestänge anhebt. Nach zwangläufiger Umsteuerung entweicht die Druckluft, und das Gestänge sinkt im freien Fall nieder, wobei der Kolben wieder mit nach oben genommen wird. Das Seil *b* ist über eine durch die Bremsvorrichtung *m*, *n*, *o* festgehaltene Trommel *p* gelegt, von der es sich entsprechend dem Tieferwerden des Loches unter Überwindung der Brems-

wirkung langsam abwickelt. Zum Wiederaufwickeln des Seiles gelegentlich des Aufsetzens neuer Gestängestücke bedient man sich des Kurbelzahnradgetriebes  $q, r, s$ . Die Meißelbreite beträgt 300 mm und sinkt bei tiefen Löchern auf etwa 250 mm.

Das Verfahren, Wetterbohrlöcher auf diese Weise herzustellen, ist noch neu, hat sich aber in den bisherigen Anwendungsfällen gut bewährt. Es dürfte bei etwa gleichen Leistungen sich teurer als das Aufwärtsbohren stellen; dafür ist der Enderfolg wegen der geringeren Bohrlochabweichungen namentlich bei tieferen Löchern sicherer.

## Dritter Abschnitt.

# Gewinnungsarbeiten.

## I. Einleitende Bemerkungen.

1. — **Allgemeines.** Mittels der Häuer- und Gewinnungsarbeiten werden Grubenbaue aller Art entweder auf der Lagerstätte selbst oder im Nebengestein hergestellt. Die Hilfsmittel sind für beide Gruppen von Arbeiten im wesentlichen dieselben.

Die menschliche Arbeitskraft spielt hierbei eine weit größere Rolle, als sie es z. B. bei der Förderung, Wasserhaltung oder Wetterführung tut. Auf diesen Gebieten wird der Hauptteil der Arbeit durch maschinelle Kraft geleistet. Bei den Gewinnungsarbeiten bleiben wir stets in erster Linie auf den Bergmann selbst angewiesen. Hieran liegt es, daß z. B. im Ruhrbezirk der Lohnanteil an dem Werte der Förderung (ohne Kohlensteuer) rund 57 % beträgt. Während die maschinelle Kraft durch Vervollkommnung der Maschinen im Laufe der Zeit immer billiger wurde, ist die menschliche Kraft ständig im Preise gestiegen. Der Arbeitslohn wächst mit zunehmender Kultur, während gleichzeitig die Verwendung des Menschen für beschwerliche Arbeiten zurückgedrängt wird. Deshalb muß das Bestreben darauf gerichtet bleiben, auch bei den Gewinnungsarbeiten nach Möglichkeit die menschliche durch maschinelle Kraft zu ersetzen.

2. — **Gedinge.** Die Eigenart der bergmännischen Arbeit bringt es mit sich, daß eine dauernde Aufsicht unmöglich ist. Die Bezahlung für die Arbeit muß deshalb tunlichst im Gedinge erfolgen. Anderenfalls würden die Leistungen bald auf ein unerträglich niedriges Maß sinken. Gedingelohn ist auch gerechter als Schichtlohn, insofern als der fleißige und leistungsfähige Arbeiter mehr als der träge und schwache zu verdienen Gelegenheit haben soll.

Den Schichtlohn wird man auf die Fälle beschränken, wo der Arbeiter eine unmittelbare Einwirkung auf das Maß der Arbeitsleistung nicht hat (z. B. bei Bremsern, Maschinenwärtern und unter Umständen bei Anschlägern), ferner wo es auf besonders sorgfältige und nicht auf schnelle Arbeit ankommt (z. B. bei der Aufführung wasserdichten Mauerwerks), oder schließlich, wo es völlig unmöglich ist, die Arbeitsleistung im voraus abzuschätzen (z. B. bei dem Aufwältigen von Brüchen u. dgl.). Die regelmäßigen Häuer- und Gewinnungsarbeiten werden dagegen fast stets im Gedinge ausgeführt.

**3. — Gewöhnliches Gedinge.** Das gewöhnliche Gedinge besteht in der Bezahlung nach einer gewissen Leistungseinheit und wird für einen nicht zu langen Zeitraum, in der Regel für einen Monat, abgeschlossen. Man unterscheidet hierbei hauptsächlich Längen-, Flächen-, Massen- und kubisches Gedinge. Das Längengedinge oder die Bezahlung für das laufende Meter ist namentlich beim Auffahren von Strecken, beim Aufbrechen oder Abteufen von Schächten und in ähnlichen Fällen üblich. Beim Flächengedinge wird der verdiente Lohn nach der Anzahl der verhauenen Quadratmeter berechnet. Das Massengedinge oder die Bezahlung je Tonne Kohle oder Erz ist am häufigsten und wird gewöhnlich in der Lagerstätte dem Flächengedinge vorgezogen. Kubisches Gedinge, das nach der Größe des hergestellten Hohlraumes berechnet wird, bringt man beim Ausschließen von Füllörtern, Maschinenräumen, Pferdeställen u. dgl. zur Anwendung. Im Abbau wird es gern bei unregelmäßigen Lagerstätten (z. B. Erzgängen) benutzt.

Häufig wendet man doppeltes Gedinge an, indem man z. B. beim Streckenauffahren in der Kohle das Gedinge sowohl auf die aufgefahrene Streckenlänge als auch auf die dabei gewonnene Kohle stellt. Der Arbeiter wird sodann bei richtiger Gedingebemessung die Strecke weder zu eng noch zu weit auffahren. Verschieden hohes Gedinge auf Stück- und Feinkohle begünstigt zwar den Stückkohlenfall, doch ist die gesonderte Wägung der Stück- und Feinkohle schwierig. Auch entsteht die Gefahr, daß Feinkohle zurückgelassen wird.

Überhaupt soll man nach Möglichkeit das Gedinge so setzen, daß der Arbeiter seinen Nutzen findet in der zweckmäßigen Ausführung der Arbeit.

Vielfach hat sich auch eine gemischte Entlohnung eingebürgert, die darin besteht, daß der Arbeiter einen festen Grundlohn je Schicht etwa in halber Höhe des zu erwartenden Verdienstes und im übrigen hierzu gewöhnliches Gedinge erhält. Auf diese Weise werden allzu große Schwankungen in den Löhnen vermieden und die Wirkungen einer mißglückten Gedingefestsetzung vermindert.

**4. — Generalgedinge.** Unter Generalgedinge versteht man ein Gedinge, das für einen längeren Zeitraum oder für eine größere Arbeit insgesamt abgeschlossen wird. Als Beispiele mögen das Auffahren eines langen Querschlages, die Herstellung eines Schachtes und der Abbau einer ganzen Abteilung genannt sein. Voraussetzung ist hierbei stets, daß die Natur der Arbeit mit einiger Sicherheit im voraus beurteilt werden kann, sei es, daß es sich um annähernd gleichbleibende Verhältnisse handelt oder daß eintretende Änderungen leicht durch eine Änderung der Vergütung berücksichtigt werden können. Ist dies der Fall, so sollte man möglichst häufigen Gebrauch vom Generalgedinge machen.

**5. — Prämiengedinge.** Das Wesen des Prämiengedinges besteht darin, daß nach Erreichung einer gewissen Leistung der Gedingesatz sich erhöht. Z. B. kann beim Schachtabteufen ein Mindestlohn festgesetzt werden, der in jedem Falle gezahlt wird; übersteigt aber die monatliche Leistung ein gewisses, ziemlich niedrig bemessenes Maß von beispielsweise 30 m, so wird jedes mehr abgeteufte Meter nach einem festen oder sogar steigenden Satze besonders vergütet. Bei Querschlagbetrieben zahlt man wohl ebenso-

viel Mark für ein Meter, wie Meter im Monat aufgefahren sind, so daß mit jedem mehr aufgefahrenen Meter sich der Gedingesatz erhöht. Prämiengedinge wirkt noch mehr als Generalgedinge anspornend auf Fleiß und Leistung der Arbeiter. Durch die Tarifverträge (s. Ziff. 8) ist jetzt das Prämiengedinge abgeschafft.

**6. — Bedeutung des Gedinges.** Wenn man die erziehliche Wirkung des Gedinges ausnutzen will, so darf man größere Unterschiede in den Löhnen nicht scheuen, da man durch alsbaldige Ermäßigung der Gedingesätze bei hohen Löhnen und durch häufige Zulagen bei niedrigen Löhnen den Glauben an die Festigkeit des Gedingevertrages zerstört.

Das Gedinge reizt um so mehr zu hoher Leistung, je kleiner die Kameradschaft ist. Am günstigsten sind die Ergebnisse, wenn man Kameradschaften von nur zwei bis drei Mann bilden kann, und noch mehr, wenn man mit einem einzelnen Manne für seine eigene Person Gedinge abzuschließen in der Lage ist. Die doppelte Förderschicht hat den Nachteil, daß sie zur Bildung größerer Kameradschaften führt, deren einzelne auf den verschiedenen Schichten beschäftigte Mitglieder sich nur wenig kennen lernen und sich jedenfalls nur unvollkommen überwachen können. Der gleiche Nachteil steht dem Abbau mit breitem Blick entgegen.

**7. — Tarifverträge.** Tarifverträge, wie sie besonders im Buchdrucker- und im Baugewerbe schon seit längerer Zeit bestehen, sind Verträge oder Vereinbarungen über die Arbeitsbedingungen, die zwischen den Arbeitgebern eines gewerblichen Bezirkes einerseits und den Arbeitern anderseits für einen längeren Zeitraum abgeschlossen sind. Sie legen die Lohnsätze für die vorkommenden Arbeiten fest, wobei aber Ausbedungen werden kann, daß unter gewissen Umständen, z. B. bei steigenden oder fallenden Preisen für das Arbeitserzeugnis, auch die Lohnsätze eine gewisse Erhöhung oder Ermäßigung erfahren. Nach Ablauf des Vertrages findet ein neuer Abschluß über die Arbeits- und Lohnbedingungen statt. Für den Fall von Streitigkeiten sind in den Verträgen in der Regel Einigungsverfahren, Schlichtungsausschüsse u. dgl. vorgesehen.

Ob durch Tarifverträge der gewerbliche Friede gefördert wird, ist eine umstrittene Frage. Die Anhänger behaupten dies, die Gegner bestreiten es mit dem Hinweis darauf, daß nach den statistischen Feststellungen die Zahl der Streiks in den Gewerben mit Tarifverträgen keineswegs geringer geworden ist. In jedem Falle haben Tarifverträge für den einzelnen Arbeitnehmer den Vorteil, daß sie ihn der Notwendigkeit entheben, mit dem Arbeitgeber in eine Erörterung der Arbeits- und Lohnbedingungen einzutreten. Aus diesem Grunde geht die neuzeitliche Auffassung dahin, den Tarifverträgen immer weiteren Eingang zu verschaffen.

**8. — Anwendung der Tarifverträge im Bergbau.** Freilich stößt die Einführung der Tarifverträge in ihrer reinen Form im deutschen Bergbau auf erhebliche Schwierigkeiten. Der Tarifvertrag setzt nämlich nach dem oben Gesagten voraus, daß man alle vorkommenden Arbeiten im wesentlichen im voraus kennen und abschätzen kann und demgemäß imstande ist, die Arbeitsbedingungen durch eine vollkommen klare und für alle Fälle zutreffende Fassung für einen längeren Zeitraum zu regeln. Jeder Grubenbeamte weiß, wie schwierig es häufig ist, nur für

einen Monat und für einen bestimmten Arbeitsort ein zutreffendes Gedinge zu machen, und wie oft man gezwungen ist, im Laufe des Monats aus unvorhergesehenen Gründen Änderungen eintreten zu lassen. Noch viel weniger aber ist es möglich, die auf einem und demselben Flöze unter anscheinend gleichen Arbeitsbedingungen beschäftigten Leute oder gar die Belegschaft mehrerer Gruben auf das gleiche Gedinge zu setzen, weil der Druck, die Härte der Kohle und das Verhalten des Nebengesteins stets wechselnde Verhältnisse schaffen. Diesen Verschiedenheiten kann durch einen einfachen, für alle Fälle gültigen Tarifvertrag unmöglich Rechnung getragen werden.

Ganz besonders trifft diese Schlußfolgerung für den Ruhrbezirk zu, wo die starken Verschiedenheiten der Arbeitsbedingungen in der Hauptsache durch die Gebirgsfaltung bedingt sind.

Wenn man nun trotzdem Tarifverträge auch für den Bergbau eingeführt hat, so war dies nur für die Schichtlohnarbeiter ohne Schwierigkeit möglich, da sich hier je nach Art der Arbeit, Alter, Beschäftigungsdauer und den sonstigen Nebenumständen einheitliche Vereinbarungen leicht treffen ließen. Dagegen konnte man für die Häuer- und Gewinnungsarbeiten das Gedinge und seine monatliche Festsetzung nicht entbehren. Es blieb der Ausweg offen, daß durch den Tarifvertrag neben einem Grundlohn (s. Ziff. 3, letzter Absatz) die Mindestlohnsätze der Gedingearbeiter, beispielsweise getrennt nach den Kohlenhauern, Gesteinhauern, Lehrhauern, Schleppern verschiedener Grade usw., festgesetzt wurden. Es ist also jede Gruppe sicher, die vereinbarten Mindestsätze zu erreichen. Die vertraglichen Festsetzungen erstrecken sich auch weiter auf die Regelung und Bezahlung der Über- und Feiertagschichten, auf Urlaub, Hausbrand, Wohnungsmieten usw.

**9. — Gewinnbarkeit.** Die Höhe des Gedinges hängt, abgesehen von dem Umfange der Nebenarbeiten wie Ausbau usw., von der Gewinnbarkeit der Gebirgsmassen ab. Unter der Gewinnbarkeit versteht man den mehr oder minder großen Widerstand, den das Gebirge den Gewinnungsarbeiten entgegensetzt. Hierbei sind hauptsächlich die Härte und Festigkeit der Gesteine einerseits und der Zusammenhalt andererseits von Einfluß.

Die Härte äußert sich in erster Linie in rascher Abnutzung der Werkzeuge. Die Festigkeit gibt den Grad des Widerstandes an, den eine Gesteinsart dem Eindringen spitzer Werkzeuge oder scharfer Gezähe entgegensetzt. Der Zusammenhalt des Gebirges ist als derjenige Widerstand zu bezeichnen, den ein Gebirgstück bei seiner Loslösung aus dem Verbände mit dem übrigen Gebirge leistet. Der Bohrmeißel hat hauptsächlich die Härte und die Festigkeit, der Sprengschuß den Zusammenhalt des Gesteins zu überwinden. Der Zusammenhalt hängt nicht in erster Linie von der Härte und der Festigkeit ab, da er durch Spaltbarkeit, Schichtung und Vorhandensein von Absonderungsflächen verringert werden kann. Zäher Ton z. B. ist weich und läßt sich leicht schneiden; er besitzt aber einen großen Zusammenhalt und ist deshalb vielfach schwerer gewinnbar als ein an sich härteres und festeres Gestein.

Je nach dem Zusammenhalte spricht der Bergmann wohl von Gesteinen, die sich gut oder schlecht schießen. Verhältnismäßig weiche Gesteine können sich schlecht schießen, wenn Schichtung und Lagenbildung fehlt (Gips). Massengesteine sind demgemäß im allgemeinen schwerer gewinnbar als

Schichtgesteine Das gute Reißen der geschichteten Gesteine begünstigt die Herstellung rechteckiger Streckenquerschnitte, während der Querschnitt der Strecken in Massengesteinen sich mehr der Kreisform nähern wird.

**10. — Grade der Gewinnbarkeit.** Nach dem Grade der Gewinnbarkeit unterscheidet man wohl rollige, milde, gebräuche, feste und sehr feste Gesteine. Rollige Massen sind Sand, Kies und bereits hereingewonnene Berge, Kohlen oder Erze. Sie können mittels der Schaufel ohne weiteres geladen werden. Milde Gebirgsarten sind solche, die sich mit Schaufel oder Spaten bearbeiten und insbesondere abstecken lassen, z. B. Ton, Lehm und manche Braunkohle. Gebräuche Gesteine können mit der Keilhaue hereingewonnen werden. Hierhin gehört die gewöhnliche Braunkohle, weiche Steinkohle und unter Umständen Tonschiefer. Infolge Gebirgsdruckes kann an sich feste Kohle gebräch werden, so daß sie mit der Keilhaue gewonnen werden kann. Beim Abbau nutzt man den Gebirgsdruck oft in dieser Beziehung aus. Andererseits kann Bergeversatz durch Gebirgsdruck zu festen Massen werden. Feste und sehr feste Gesteine pflegt man zwecks Hereingewinnung zu sprengen. Hierhin gehören feste Steinkohle, Kalk- und Sandsteine, ferner als sehr feste Gesteine Granit, die meisten Konglomerate, Quarzit, Basalt u. dgl.

**11. — Besondere Rücksichten.** Nicht immer steht bei den Häuer- und Gewinnungsarbeiten die Wirtschaftlichkeit des einzelnen Betriebes in erster Linie. Manchmal kommt es ebenso und noch mehr auf Schnelligkeit der Ausführung an. Man wählt dann trotz höherer Kosten den beschleunigten (sog. forcierten) Betrieb. Maßgebend ist hierbei die Rücksicht auf die Gesamtverhältnisse des Bergwerkes, insbesondere die Höhe der zu verzinsenden Werte.

Von Einfluß auf die Art der Arbeit ist schließlich auf Steinkohlengruben die Schlagwetter- und Kohlenstaubgefahr, auf die besonders bei der Sprengarbeit (s. u.) Rücksicht zu nehmen ist.

## II. Gewinnungsarbeiten ohne Verwendung von Sprengstoffen.

**12. — Vorbemerkung.** Im folgenden sollen unterschieden werden: a) die Wegfüllarbeit, b) die Keilhauenarbeit, c) die Arbeit mit Abbauhämmern, d) die maschinelle Schrämarbeit und e) die Hereintreibarbeit durch Keilvorrichtungen oder unmittelbaren Wasserdruck.

Bei den unter a)–c) genannten Arbeiten pflegt die Hereingewinnung in einem einzigen Arbeitsvorgange zu erfolgen, ohne daß dies freilich in jedem Falle notwendig zu sein braucht. In den unter d)–e) genannten Fällen handelt es sich um Arbeitsvorgänge, die einzeln und an und für sich zur Durchführung der Hereingewinnung nicht genügen. So muß z. B. auf die Schrämarbeit noch die Hereintreibarbeit oder die später zu besprechende Schießarbeit folgen, während die Hereintreibarbeit zumeist noch durch die Keilhauenarbeit ergänzt wird.

### A. Die Wegfüllarbeit.

**13. — Allgemeines und Gezähe.** Die Wegfüllarbeit kommt als Gewinnungsarbeit nur bei rolligem Gebirge in Betracht und dient im übrigen zum Einladen der gewonnenen Massen in die Fördergefäße.

Man benutzt als Gezähe Schaufel (oder Spaten) oder Kratze und Trog. Schaufel und Spaten (Abb. 125) bestehen aus dem Blatte aus Stahlblech mit dem Ohre oder der Tülle zur Aufnahme des hölzernen Stieles. Bei der Schaufel bilden Blatt und Stiel zur Verringerung der Anstrengung beim Bücken einen Winkel von 140—150°. Das Blatt wird zweckmäßig vorn spitz gehalten und hinten aufgebogen, wodurch die Schaufel einerseits leicht in das Fördergut eindringt und dieses andererseits gut trägt. Die Füllung der Schaufel soll etwa 7—8,5 kg wiegen. Beim Spaten verlaufen Blatt und Stiel annähernd gradlinig. Man gebraucht ihn mehr über als unter Tage in denjenigen Fällen, wo die Massen zugleich abgestochen werden müssen.

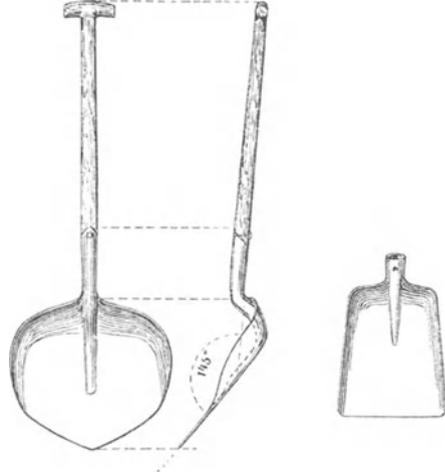


Abb. 125. Schaufel und Spaten.

Zwei verschiedene Kratzenformen sind in den Abbildungen 126a und c dargestellt. Abb. 126a zeigt eine Krückenkratze mit trapezförmigem, Abb. 126c eine Spitzkratze mit herzförmigem Blatte. Am häufigsten wird die Krückenkratze gebraucht, die für loses, kleinstückiges Haufwerk besonders gut geeignet ist. Die Spitzkratze dient gleichzeitig zum Hereinhacken milden Gebirges.

Der Trog (Abb. 126b) ist ein muldenähnliches Gefäß aus Eisen oder Holz mit zwei seitlichen Griffen. Die zu ladenden Massen werden mittels

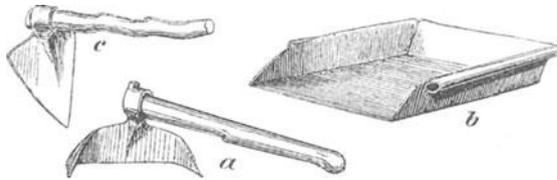


Abb. 126 a—c. Kratzen und Trog.

Kratze in den Trog gezogen, worauf dieser mit Hand in den Förderwagen entleert wird.

Die Arbeit mit Kratze und Trog wird bei grobstückigen Massen, die sich schlecht schaufeln lassen, vorgezogen. Außerdem wird bei Verwendung von Kratze und Trog das Fördergut weniger zerkleinert als bei dem Werfen mit der Schaufel, weshalb man auch bei größerer Entfernung bis zum Förderwagen öfter mit Kratze und Trog arbeitet.

**14. — Leistungen.** Ein Arbeiter ladet unter Tage in der achtstündigen Schicht unter günstigen Verhältnissen 12—18 t Fördergut (Kohle, Salz, Erz),

falls er die Wagen nicht fortzuschieben braucht. Muß er die Wagen noch 50—100 m weit fahren, so wird er kaum über 10 t kommen. Hierbei spielt Größe und Ladegewicht der Wagen eine bedeutende Rolle. Über Tage kann ein Arbeiter in 10—12 Stunden etwa 12 cbm mittelfesten, feuchten Sandes (Stichboden) auf Manneshöhe, ohne Fortbewegung der Wagen, laden; es würde dies einer Leistung von ungefähr 20—22 t entsprechen.

## B. Die Keilhauenarbeit.

15. — **Allgemeines.** Die Keilhauenarbeit ist eine selbständige Gewinnungsarbeit für mildes Gebirge (Braunkohle, Steinkohle in manchen Fällen, Letten, Galmeierde u. dgl.). Im übrigen ist sie eine Hilfsarbeit für die Hereintreib- und Sprengarbeit. Sie dient hierbei zum Schrämen, Schlitzen oder Kerben und zum Abräumen der angerissenen, aber noch nicht aus dem ursprünglichen Verbands gelösten Massen.

16. — **Gezähe.** Gestalt und Form der Keilhauen, im Ruhrbezirk gewöhnlich Keilhacke genannt, sind sehr verschieden. Man unterscheidet die einfache Keilhauen, die doppelte Keilhauen, die Keilhauen mit Einsetzspitzen, das Schrämisen und die Breit- oder Rodehauen. Die einfache Keilhauen (Abb. 127a) besteht aus Blatt und Stiel oder Helm. An dem Blatte aus Stahl befindet sich die Spitze (das Örtchen) einerseits und das Auge andererseits, das zur Aufnahme des Helmes dient. Der mittlere Querschnitt des Blattes pflegt rechteckig zu sein. Die Spitze bildet, um eine allzu schnelle Abnutzung zu verhüten, einen stumpfen Kegel. Die Rückseite des Auges ist, da man die Keilhauen häufig zum Schlagen benutzt, verstärkt. Das Helm wird gewöhnlich aus Eschen- oder Weißbuchenholz gefertigt. Eichenholz ist zu spröde und reibt stark; es „brennt“ in der Hand.

Die Befestigung des Helmes im Auge erfolgte früher durch das sog. Bestecken. Jetzt pflegt man andere Befestigungsarten zu benutzen. Entweder läßt man das Helm nach seinem Ende zu konisch sich verdicken und gibt dem Auge eine entsprechende Form. Dabei ist die Stärke

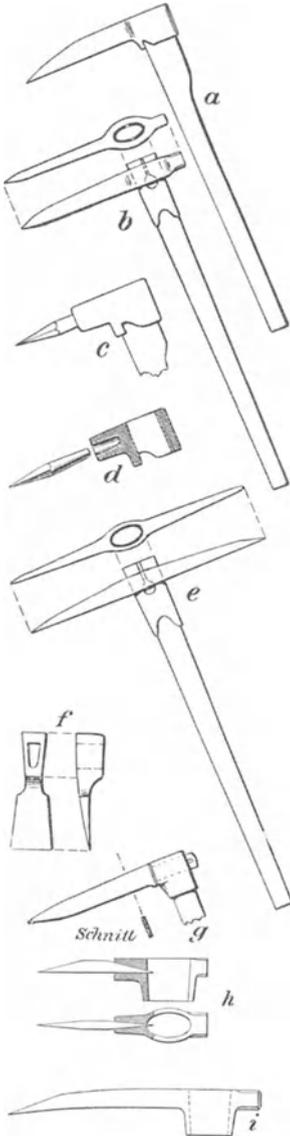


Abb. 127 a—i. Keilhauen.

des ganzen Helmes so bemessen, daß man es von oben durch das Auge stecken kann, bis es mit dem verstärkten Ende im Auge seinen Halt findet. Oder man benutzt eine federnde, nach oben sich verbreiternde Stahlhülse

(Abb. 127*b*). Auch hier zieht sich beim Gebrauche der Keilhaue das konische Auge immer fester um die Stahlhülse und klemmt so das Helm fest. Zur Verhütung des Abstreifens der Hülse versieht man diese wohl mit einer Innenrippe.

Die doppelte Keilhaue oder Doppelhacke (Abb. 127*e*) braucht nur halb so oft als die einfache Keilhaue zum Schärfen in die Schmiede gebracht zu werden. Die Doppelhacke liegt wegen des gleichen Gewichts zu beiden Seiten des Helmes bequem in der Hand, was namentlich bei der Arbeit in liegender Stellung angenehm ist. In engen Bauen ist allerdings die Handhabung behindert.

Durch Verwendung von Einsetzspitzen an der Keilhaue (Abb. 127*e*, *d* und *h*) wird das Schärfen ungemein erleichtert, da nicht die Keilhauen selbst, sondern nur die Spitzen zur Schmiede gebracht zu werden brauchen. Bei der in Abb. 127*g* dargestellten Keilhaue ist nicht allein die Spitze, sondern das ganze Blatt im Auge auswechselbar eingerichtet. Diese Art Keilhauen wird z. B. im Mansfelder Kupferschieferbergbau benutzt. Die Keilhauen mit Einsetzspitzen werden besonders für Schrämzwecke gebraucht, wo mehr die Spitze als das eigentliche Blatt beansprucht wird und es auf möglichst geringes Gewicht ankommt.



Abb. 128. Schrämmeisen.

Das Gewicht der Keilhauen schwankt in den weiten Grenzen von 0,6 bis 4,0 kg. Im Ruhrbezirk sind gleichmäßig auf allen Zechen eingeführt: für Arbeit vor der Kohle die Doppelhacke (Abb. 127*e*), Gewicht etwa 1,25 kg, und für Arbeit vor Gestein die einfache Gesteinshacke (Abb. 127*i*), Gewicht etwa 2,5 kg. Als einfache Kohlenhacken stehen hauptsächlich sogenannte Pinnhacken nach Abb. 127*h* in Gebrauch.

Die Schrämmeisen (Abb. 128) sind schmale, leichte Keilhauen, bei denen das Blatt rechtwinkelig zu einem Stiele umgebogen ist, in dessen Auge das Helm gesteckt wird. Sie werden auch ganz aus Stahl gefertigt. Die Schrämmeisen werden für schmale Schrampacken gern gebraucht. Zu ihrer Ergänzung beim „Ausputzen“ der Ecken benutzt man Schrämmspieße, bei denen der eiserne Stiel und das Blatt gradlinig verlaufen. Die Stange oder der Stiel ist 2—2½ cm stark und 100—160 cm lang.

Bei der Wahl des Gezähes spielt die Gewöhnung der Arbeiter eine große Rolle. Für die Grube im ganzen ist möglichst gleichmäßiges Gezähe mit einheitlichen Formen, Gewichten, Helmbefestigungen und Helmen zu empfehlen. Gewöhnlich findet man auf einer Grube eine schwere einfache Keilhaue, eine schwere und eine leichte Kreuzhacke und eine leichte Keilhaue mit Einsetzspitzen. Für alle genügen zwei verschiedene Arten von Helmen.

Für Arbeiten über Tage in milden Gebirgsarten gebraucht man die Breit- oder Rodehaue, die nicht in eine Spitze, sondern in eine quer zum Helme gerichtete Schneide ausläuft (Abb. 127*f*).

### C. Die Arbeit mit Abbauhämmern und Preßlufthacken.

17. — **Geschichtliche Vorbemerkung.** Die Abbauhämmer, auch Pickhämmer genannt, sind aus den später zu besprechenden Bohrhämmern (s. S. 190, Ziff. 90 u. f.) entstanden. Ein Vorläufer beider Maschinengattungen war die Frankesche Schrämmaschine, die seit Anfang der 1890er Jahre beim Mansfeldschen Kupferschieferbergbau Verbreitung gefunden hat. Es war dies ein leichter Preßlufthammer von nur 4,5 kg Gewicht, der von dem Bergmann mit beiden Händen gehalten und bei der Arbeit im Schram hin und her geführt wurde.

Seit 1920 haben ferner Preßlufthacken — leichte Abbauhämmer mit Stiel — schnelle Verbreitung gefunden.

18. — **Die Einrichtung der Abbauhämmer.** Die Abbildungen 129 u. 130 zeigen ein Beispiel der jetzigen Bauart. Man unterscheidet daran als einzelne Teile

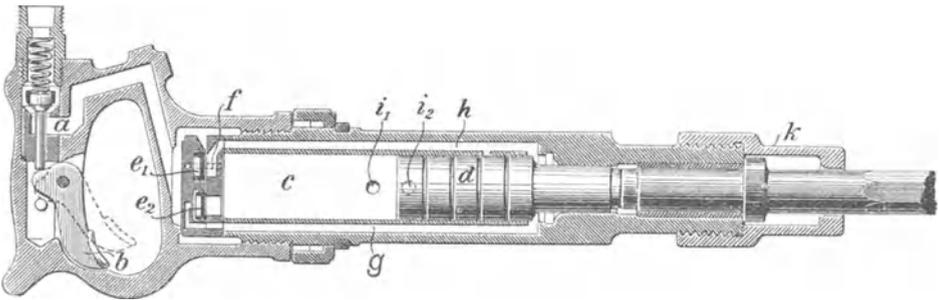


Abb. 129. Schnitt durch den Westfalia-Abbauhammer.

den Griff, den Arbeitszylinder mit Schlagkolben und das spitzkeilartige Werkzeug. Der Griff dient zunächst zum Halten und Lenken der Maschine während der Arbeit und pflegt außerdem für den Anschluß des Druckluftschlauches und für die Aufnahme der Luftabstellvorrichtung benutzt zu werden. Zu diesem Zwecke ist in ihm ein Ventil *a* (Abb. 129) untergebracht, das durch den Luftdruck selbsttätig gegen seinen Sitz gepreßt wird und dadurch die Druckluft von der Maschine abschließt. Die Öffnung des Ventils erfolgt durch Niederdrücken einer vom Zeigefinger des Arbeiters betätigten Klinke *b*, die in den Handgriff hineinragt und hier gegen Stöße vollkommen gesichert liegt. Der Griff endet in eine mit Muttergewinde versehene Hülse, die auf das Zylinderende aufgeschraubt wird.

Arbeitszylinder *c* und Schlagkolben *d* zeichnen sich wegen des Fehlens der bei den stoßenden und schlagenden Bohrmaschinen üblichen Umsetzvorrichtung durch große Einfachheit aus. Die Steuerung ist vielfach die gleiche wie bei den Bohrhämmern (s. d.), wird aber von manchen Firmen auch der besonderen Arbeitsweise der Abbauhämmer angepaßt. Abb. 129 zeigt die von der Maschinenfabrik Westfalia gewählte besondere Ausführung. Es sind *e*<sub>1</sub> *e*<sub>2</sub> zwei kleine und leichte Ventile, die in der Verschlusstellung mittels eines Ringsitzes den Zutritt der Preßluft zu der zugehörigen Zylinderseite absperrn und deren hintere Flächen mittels der Kanäle *f* und *g* unter der Wirkung des auf der anderen Zylinderseite herrschenden Druckes stehen. In

der gezeichneten Stellung ist Ventil  $e_1$  geöffnet, und die durch  $h$  eintretende Preßluft beginnt gerade, den Arbeitskolben zurück (nach links) zu treiben, da die dort befindliche verbrauchte Luft durch den Auspuff  $i_1$  entweichen kann. Das Ventil  $e_1$  wird währenddessen durch den Druck der Frischluft in seiner Lage gehalten, während umgekehrt Ventil  $e_2$  infolge Vorhandenseins des Kanals  $g$  auf seinen Sitz niedergepreßt wird. Überschleift der Arbeitskolben das Auspuffloch  $i_2$  und tritt hinter ihm infolge des Auspuffs Druckentlastung ein, so wirken auf die Ventilkölbchen Kräfte ein, die dem bisher wirkenden Drucke entgegengesetzt gerichtet sind. Es wird sich also Ventil  $e_1$  schließen. Da nun das bisher geschlossene Ventil  $e_2$  auf seinem Sitze ruht und deshalb der Wirkung der Preßluft eine kleinere Fläche darbietet, öffnet es sich etwas später, als sich Ventil  $e_1$  schließt, so daß das gleichzeitige Offenstehen beider Ventile vermieden wird. Die Steuerung bietet den Vorteil, daß die Rückstöße gemildert sind, weil die Drücke in den beiden Zylinderseiten allmählich auf- und abschwellen und plötzliche, unmittelbare Druckschwän-

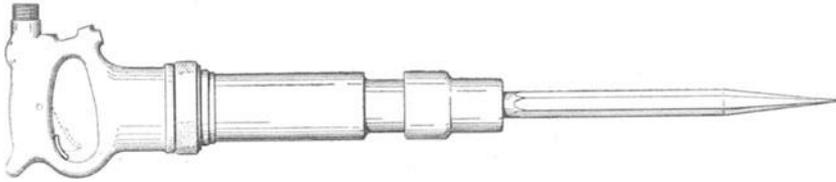


Abb. 130. Ansicht des Westfalia-Abbauhammers.

kungen vom atmosphärischen zum Arbeitsdrucke und umgekehrt ausgeschaltet werden. Das ist gerade bei Abbauhämmern von großer Bedeutung, weil sie vielen Leerschlägen bei der Arbeit ausgesetzt sind. Die Zahl der Schläge, die der Kolben in einer Minute macht, beträgt 1500—2000.

Das arbeitende Werkzeug ist ein Spitzseisen, das vorn in der Art eines Fimmels pyramidenförmig ausläuft (Abb. 130) oder lanzenähnlich gestaltet sein kann. Bei weicher Kohle gibt man der Spitze eine breite Form, damit durch die große Auflagefläche die Keil- und Treibwirkung gut auf die Kohle übertragen wird. In harter Kohle, bei der ein Einschneiden der Kanten weniger zu befürchten ist, kann die Spitze pyramidenförmig spitz zulaufen. Das Kopfende ist genau entsprechend den Abmessungen des Zylinderhalses bearbeitet, so daß es annähernd luftdicht in diesen eingeschoben werden kann. Das äußere Ende des Kopfes ragt einige Millimeter in den Zylinderhals hinein und empfängt hier beim Gange der Maschine in ununterbrochener, schneller Folge die Schläge des Arbeitskolbens. Das Werkzeug wird im Zylinder durch die Überwurfmutter  $k$  gehalten.

Ein Abbauhammer wiegt etwa 5—7 kg, seine Länge ohne Meißel beträgt ungefähr 50 cm.

19. — Die Arbeitsweise. Die Abbauhämmer werden entweder zum Schrämen und zu der darauffolgenden Hereingewinnung der Kohle oder unmittelbar lediglich für den letzteren Zweck benutzt.

Beim Schrämen richtet man den Abbauhammer spitzwinklig gegen den Arbeitstoß und führt ihn daran entlang, indem man Stücke aus der Schrämschicht absprengt. Eine bestimmte Regel für die Ausführung der Arbeit läßt sich aber nicht aufstellen, da die örtlichen Verhältnisse den

Ausschlag geben. Häufig begnügt man sich mit einem nur 20—30 cm tiefen Schram, bisweilen gelingt es aber auch, den Schram bis auf 1 m Tiefe einzuarbeiten. In jedem Falle wird durch das Schrämen die darauffolgende Hereingewinnung der Kohle wesentlich erleichtert.

Bei der Arbeit mit Abbauhämmern hat man die besten Erfolge in einer von Schlechten und Ablösungen durchsetzten Kohle. Man muß dann das Werkzeug auf der Ablösung ansetzen und die Kohle nach der freien Seite hin gleichsam abschälen, wobei die Vorgabe der Treibkraft des Spitzeisens

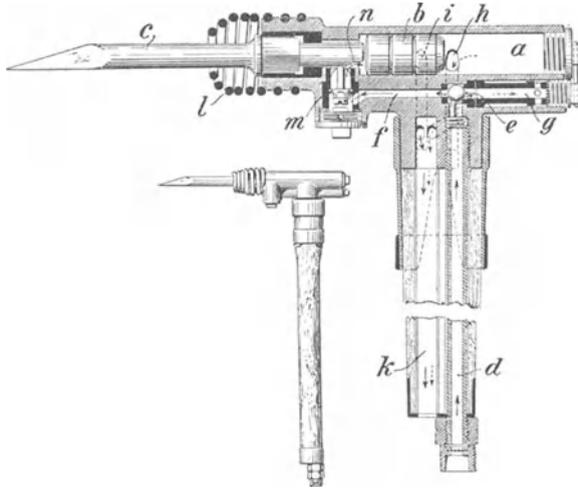


Abb. 131. Preßlufthacke der Hauhineo G. m. b. H. in Essen.

angemessen bleiben muß. Die Gewinnung wird weiter durch etwaige glatte Schichtflächen am Hangenden und Liegenden sehr begünstigt. Bei steiler Lagerung arbeitet man am besten von oben nach unten, da dann das Gewicht des Hammers unmittelbar auf das Werkzeug drückt und der Arbeiter weniger angestrengt wird. Das Gleiche gilt für die Gewinnung der Unterbank eines flach gelagerten Flözes von größerer Mächtigkeit.

Ein dauerndes, festes Andrücken des Hammers ist wichtig sowohl für die Haltbarkeit des Hammers als auch für den Arbeitserfolg und macht außerdem für den bedienenden Mann die Rückstöße weniger fühlbar.

**20. — Die Preßlufthacke** ist ein kleiner, leichter Abbauhämmer mit einem senkrecht zur Arbeitsachse daran befestigten Stiel<sup>1)</sup>. Man arbeitet damit nicht etwa schlagend, sondern so, daß man die Spitze des Werkzeugs gegen die Kohle drückt. In Abb. 131 ist der Arbeitszylinder mit *a*, der Schlagkolben mit *b* und das die Schläge des letzteren empfangende Werkzeug mit *c* bezeichnet. Die Frischluft wird durch das im Holzstiel verlagerte Rohr *d* zugeführt, durch die Kugel *e* umgesteuert (s. Ziff. 91) und durch die Kanäle *f* und *g* zu den beiden Zylinderenden geleitet. Der Auspuff geschieht durch die Öffnungen *h* und *i*, die mit dem

<sup>1)</sup> Glückauf 1921, Nr. 49, S. 1193 u. f.; Wedding: Die Preßlufthacke.

zweiten, im Stiel untergebrachten Rohre *k* in dauernd offener Verbindung stehen. *l* ist die Haltefeder, die ein Abfliegen des Werkzeugs während der Arbeit verhütet. Die Hacke arbeitet nur, wenn die Spitze des Werkzeugs gegen die Kohle gedrückt und das Absperrventil *m* durch die Abschrägung *n* am Werkzeugkopfe in die Öffnungstellung gebracht wird. Der mit der Hacke arbeitende Mann hat also mit dem Öffnen und Schließen eines besonderen Ventils nichts zu tun, und es ist ein sparsamer Luftverbrauch sichergestellt. Der Auspuff am Ende des Stiels liegt günstig, da jede Staubaufwirbelung vermieden wird. Das Gewicht der Hacke ist 6 kg, die Schlagzahl beträgt 1200 bis 1500 in der Minute.

Die Preßlufthacke hat sich im Abbau für die Kohlegewinnung sowohl wie für die Schrämarbeit bewährt. Auch beim Vortreiben von Strecken wird sie mit Erfolg benutzt.

**21. — Anwendbarkeit, Leistungen, Kosten.** Der Abbauhämmer- und Preßlufthackenbetrieb ist im allgemeinen für nicht allzu feste, dabei spröde und von Schlechten durchsetzte Kohle, die gut „springt“, geeignet. In weicher, mulmiger Kohle wird der Keilhauenbetrieb und in harter, zäher, wenig zerklüfteter Kohle die Schießarbeit den Vorzug verdienen. In den Grenzfällen aber, wo es zweifelhaft bleibt, ob noch die Keilhauenarbeit oder schon die Sprengarbeit angebracht ist, pflegt das beste Anwendungsgebiet der Abbauhämmer und Preßlufthacken zu liegen. Insbesondere bewähren sich Abbauhämmer und Preßlufthacken vielfach in dünnen Flözen mit Bergemitteln oder Nachfallpacken im Hangenden, in denen bei Anwendung der Schießarbeit eine starke Verunreinigung der Kohle stattfindet. Hier kann eine gesonderte Hereingewinnung des Bergemittels einerseits und der Kohle andererseits stattfinden; das Hangende wird durch Vermeidung der Schießarbeit weniger beunruhigt, so daß der Nachfallpacken nicht hereinbricht, sondern angebaut werden kann. Überhaupt machen sich die Vorteile der Schrämarbeit (s. Ziff. 22) geltend. Die umfangreichste Verwendung im Ruhrbezirke haben Abbauhämmer auf Zeche Königsborn und Preßlufthacken auf Zeche Neu-Iserlohn I/II gefunden; jene hatte 1920 etwa 700 Hämmer, diese 1922 etwa 330 Hacken in Benutzung.

Sind die Vorbedingungen günstig, so lassen sich mit Abbauhämmern und Preßlufthacken überraschend gute Ergebnisse erzielen. Durchschnittlich kann man wohl annehmen, daß die Hauerleistung um 20—30 %, unter Umständen sogar auf das Doppelte und darüber<sup>1)</sup> steigt. Kegel<sup>2)</sup> berichtet von einer westfälischen Zeche, daß die Leistung gegenüber der früher angewandten Schießarbeit durch Einführung der Abbauhämmer von 2,4 auf 3,4 t je Hauer und Schicht stieg, während die gesamten Selbstkosten, bei einer Steigerung des Hauerlohnes von 5,72 *M* auf 6,54 *M* je Schicht, von 2,45 *M* auf 1,98 *M* je Tonne fielen. Für Zeche Mont Cenis bei Herne, wo Ende 1910 etwa 100 Hämmer in Betrieb standen, hat man die Erhöhung der Hauerleistung auf 25—35% berechnet<sup>3)</sup>. Ähnlich werden

<sup>1)</sup> Montan. Rundsch. 1916, Nr. 19, S. 613; Loos: Über maschinelle Bohr- und Schrämarbeit usw.

<sup>2)</sup> Der Bergbau 1909, Nr. 31, S. 375; Kegel: Über die Verwendung von Abbauhämmern im Steinkohlenbergwerksbetriebe.

<sup>3)</sup> Glückauf 1911, Nr. 12, S. 453; Cabolet: Die Verwendung von Abbauhämmern auf der Zeche Mont Cenis.

die Leistungen der Preßlufthacken bewertet. Auf Zeche ver. Schürbank u. Charlottenburg (Bergrevier Dortmund) z. B. stieg die durchschnittliche Hauerleistung um 50%, während der Sprengstoffverbrauch auf weniger als die Hälfte sank<sup>1)</sup>.

Der Preßluftverbrauch beträgt bei guten Abbauhämmern 100—120 l und bei Preßlufthacken etwa 90 l minutlich, was bei 4 Atm. Überdruck 500 bis 600 bzw. 450 l angesaugte Luft bedeutet. An Kompressorarbeit sind demgemäß für jeden Hammer 30—36 und für jede Preßlufthacke 27 cbm stündlich angesaugte Luft (3,0—3,6 bzw. 2,7 PS) zu rechnen.

#### D. Die maschinelle Schrämarbeit.

**22. — Vorteile der maschinellen Schrämarbeit.** Die Herstellung eines genügend tiefen Schrames mit Hand ist häufig ebenso schwierig wie zeitraubend, so daß bei dieser Arbeit der Ersatz der menschlichen durch maschinelle Kraft schon lange ein dringendes Bedürfnis war. Denn die Vorteile der Schrämarbeit an sich treten beim maschinellen Schrämen in gesteigertem Maße auf. Insbesondere erhöht ein ausreichender Schram den Stückkohlenfall wesentlich, so daß das Gut hochwertiger wird, und ermöglicht Ersparnisse an Sprengstoff-, Ausbau- und Grubenunterhaltungskosten. Die Schüsse können nämlich an Zahl verringert oder mit schwächeren Ladungen abgetan werden; unter Umständen kann sogar die Sprengarbeit ganz fortfallen. Infolgedessen leidet das Gebirge weniger, als wenn ohne genügenden Schram gearbeitet wird. Der Druck wird später rege, und es kann ein leichter Ausbau gewählt werden. Die günstigen Wirkungen machen sich auch bei der späteren Streckenunterhaltung geltend und kommen in verminderten Ausbesserungsarbeiten zum Ausdruck.

Ein besonderer Vorteil der maschinellen Schrämarbeit ist der schnellere Fortschritt der Baue. Die beschleunigte Gewinnung ist für den Abbau mit breitem Blick besonders wichtig; sie hat verminderte Unterhaltungskosten im Gefolge, und der Anteil der Anlage- und allgemeinen Betriebskosten wird verringert. In sicherheitlicher Beziehung ist die leistungsfähige maschinelle Schrämarbeit stets vorteilhaft und wird die Unfallgefahr verringern. Wegen der eingeschränkten Schießerarbeit erfolgt das gefährliche Bereißen der Schüsse seltener. Da das Dach und die Stöße in geringerem Grade zerklüftet werden, stehen sie sicherer und geben weniger zu Unfällen durch Stein- und Kohlenfall Veranlassung. Regelmäßiger Ausbau ist leichter durchführbar. Ja, manche Schrämmaschinen zwingen sogar zu völlig planmäßigem Ausbau. Tatsächlich hat sich überall gezeigt, daß durch Einführung der maschinellen Schrämarbeit die Unfallziffern sinken.

**23. — Vorbemerkungen.** Von Hand angetriebene Schrämmaschinen sind zwar häufig vorgeschlagen worden, ohne aber dauernde Verwendung gefunden zu haben.

Ein Schrämverfahren mittels Wasserstrahls ist namentlich auf obereschlesischen Gruben versucht worden<sup>2)</sup>. Hierbei wird der Schram

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt. u. Sal.-Wes. 1922, S. 5; Versuche und Verbesserungen.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1908, S. 130; Versuche und Verbesserungen.

durch einen ausspritzenden Strahl hochgepreßten Wassers unmittelbar herausgeschnitten und herausgespült. Der Druck des austretenden Wassers beträgt zweckmäßig 180—200 Atm. Die Leistungen, die man mit dem Verfahren erzielen kann, sind befriedigend. Trotzdem dürfte diese Art der Arbeit kaum weitere Verbreitung finden, weil ein Wasserdruck von so beträchtlicher Höhe in den Leitungen sehr lästig ist und weil auch die Bergleute die nasse und schmutzige Arbeit nur ungern verrichten.

Die neuerdings eingeführten, bereits oben besprochenen Abbauhämmer und Präßlufthacken können bei günstigen Flözverhältnissen auch für Schrämzwecke benutzt werden, ohne daß man sie freilich zu den Schrämmaschinen zu rechnen pflegt.

Die sonst für uns wichtigen, für die Schrämarbeit eingeführten Maschinen, die mit mechanischer Kraft angetrieben werden, arbeiten stoßend oder fräsend.

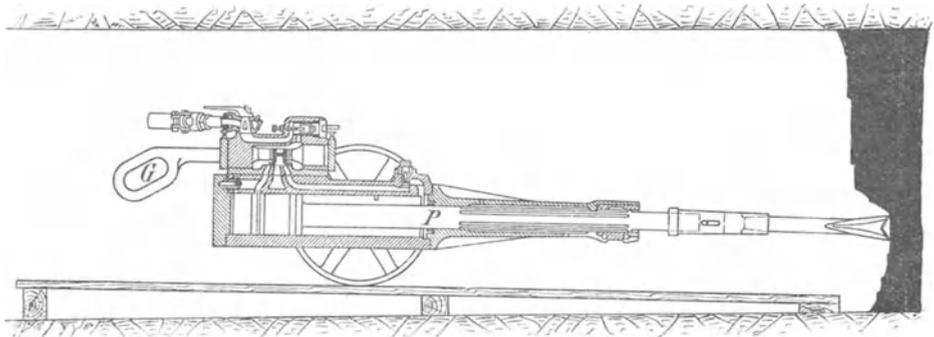


Abb. 132. Fahrbare Stoßschrämmaschine.

### 1. Stoßend wirkende Schrämmaschinen.

**24. — Allgemeines. Fahrbare Stoßschrämmaschinen.** Die stoßend wirkenden Schrämmaschinen sind in Bauart und Arbeitsweise den Stoßbohrmaschinen ähnlich. Es werden sogar zum Teil genau die gleichen Maschinen für Bohren und Schrämen benutzt. Die Wirkung wird nur dadurch anders, daß die Maschine beim Schrämen während der Arbeit hin und her geschwenkt wird. Infolgedessen entsteht nicht ein rundes Bohrloch, sondern ein breiter Schram. Bei den Stoßschrämmaschinen kann man die fahrbaren und die um eine Säule schwenkbaren Maschinen voneinander trennen.

Das Hauptverbreitungsgebiet der fahrbaren Stoßschrämmaschinen ist Nordamerika. Abb. 132 zeigt eine solche Maschine. Es ist eine auf Räder gesetzte und mit 2 Lenkgriffen *G* versehene Stoßbohrmaschine, die während der Arbeit auf einer geeigneten Bohlenunterlage steht und von dem dahinter sitzenden Arbeiter mit den Händen gelenkt wird. Die Kohle der deutschen Steinkohlenflöze hat sich aber für diese Arbeitsweise durchschnittlich als zu hart erwiesen; auch ist der Anteil an Schramklein in Flözen von geringerer Mächtigkeit zu groß.

**25. — Säulen-Schrämmaschinen.** Für die Verhältnisse des deutschen Steinkohlenbergbaues besser geeignet sind die um eine fest aufgestellte

Säule schwenkbaren Stoßschrämmaschinen, wie sie zuerst von Eisenbeis angegeben wurden.

Eine solche Schrämleinrichtung besteht aus einer beliebigen Stoßbohrmaschine mit Schrämstange und Schrämkrone, einer Spannsäule und dem Führungsektor mit Drehstück. Die Abb. 133 läßt deutlich erkennen, wie die einzelnen Teile bei der Arbeit zusammengehören und zusammenwirken. Nachdem die Spannsäule aufgestellt ist, wird der Führungsektor gleichgerichtet zu

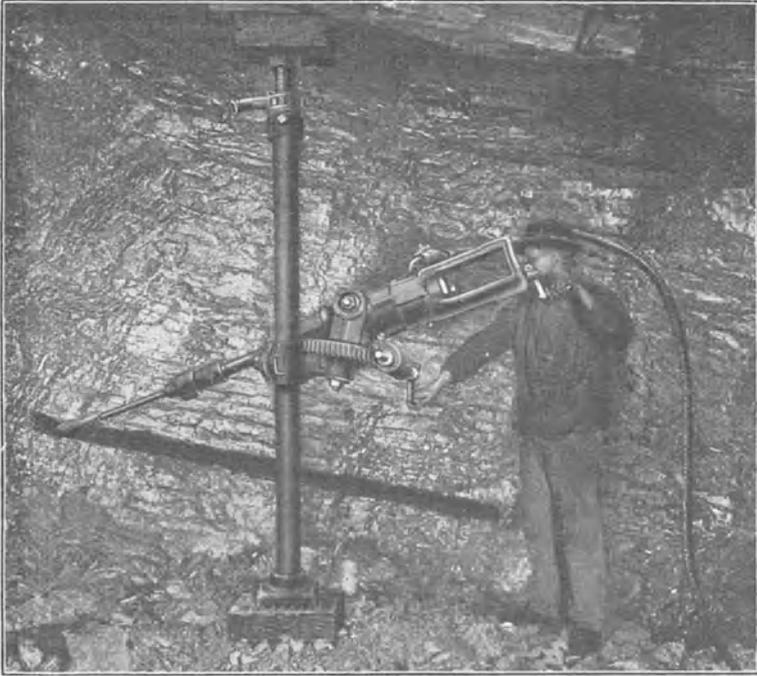


Abb. 133. Säulen-Schrämmaschine, Ausführungsform der Demag.

dem herzustellenden Schram oder Schlitz in der an der Säule verschiebbaren Kluppe befestigt. In dem Auge des Sektors sitzt das Drehstück, in dessen Auge die Bohrmaschine befestigt wird. Das Schwenken der Maschine geschieht mittels einer Kurbel, deren mit Schneckengewinde versehene Achse im Drehstück verlagert ist und in die Zähne des Führungsektors eingreift. Die Kolbenstange trägt die Schrämstange mit der Schrämkrone. Der Vorschub der Maschine erfolgt in der bei der Bohrarbeit üblichen Weise mit der zweiten in der Abbildung sichtbaren Kurbel. Ist der ganze Vorschub der Maschine ausgenutzt, so wird sie zurückgezogen, die Stange herausgenommen und durch eine längere ersetzt, bis der Schram die genügende Tiefe hat.

Die eigenartige Verbindung der einzelnen Teile ermöglicht es, den Schram in jeder Höhe unter beliebigem Winkel herzustellen. Es muß nur der Füh-

rungektor stets parallel dem auszuführenden Schram an der Bohrsäule befestigt werden. Zum Aufstellen und Abrüsten der Schrämeinrichtung sind zwei Mann erforderlich. Das Schrämen selbst wird jedoch nur von einem Manne besorgt. Der andere kann während dieser Zeit die Schußlöcher herstellen und hat ab und zu das Schramklein mit einer Krücke oder einer langstieligen Schaufel aus dem Schram zu entfernen. Die Bedienung der Maschine ist leicht zu erlernen und strengt den Arbeiter in keiner Weise an.

**26. — Vereinfachte Säulenschrämmaschinen.** Durch Fortfall des Schrauben- und Zahnradgetriebes lassen sich solche Schrämmaschinen wesentlich vereinfachen. Es genügen z. B. schon in der sog. Schrämkuppelung zwei Kluppen (Abb. 134), von denen die eine *b* an der Spannsäule *a* und die zweite *c* in dem Auge der ersten befestigt wird. In dem Auge der zweiten Kluppe wird die Maschine hin und her geschwenkt. Letzterer kann hierdurch, wie aus Abb. 134 hervorgeht, jede beliebige Schwenkrichtung gegeben werden. Um die Maschine sicherer schwenken und handhaben zu können, schraubt man an sie hinten einen Handhebel an. Derartige Schrämmaschinen erfordern freilich eine größere Geschicklichkeit des Bergmanns, weil dieser die Maschine unmittelbar am Hebel halten und lenken muß. Auch wird der Arbeiter mehr angestrengt, da er den Rückstoß der Maschine zum Teil aufzunehmen hat.

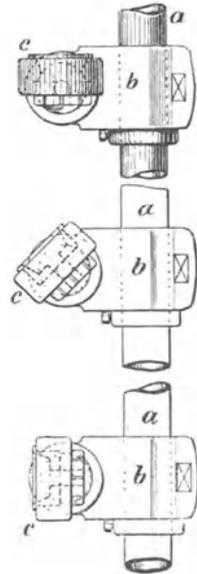


Abb. 134.  
Schrämkuppelung.

Bei einer anderen Anordnung läßt man die Maschine einfach um die Spannsäule selbst schwenken, indem die Kluppe auf einem Stellringe ruht und auf diesem sich drehen kann. Die Spannsäule muß dann aber genau rechtwinklig zur Schramfläche stehen. Solche Aufstellung

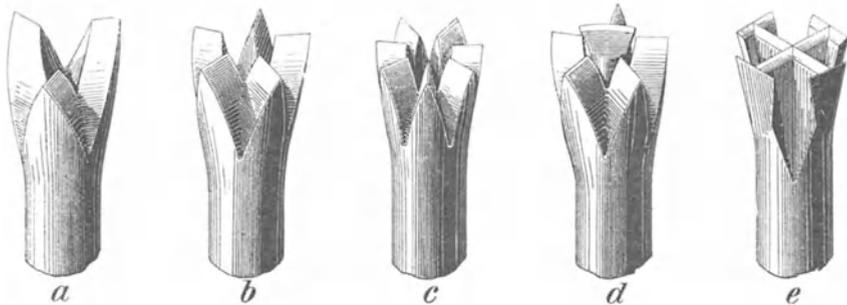


Abb. 135 a—e. Schrämkronen.

macht öfters Schwierigkeiten. Auch hier muß der Arbeiter den Rückstoß der Maschine zum Teil aufnehmen.

**27. — Schrämkronen.** Von besonderer Wichtigkeit für eine gute Schrämleistung ist das eigentliche Schrämwerkzeug: die Schrämkrone. Man braucht Schrämkronen mit drei bis sieben Schneiden (Abb. 135). Die dreischnei-

digen Kronen (*a* in der Abb. 135) zerkleinern die Kohle am wenigsten, indem diese in größeren Stücken abspringt. In einem engen Schram klemmen sie aber leicht fest, während die mehrschneidigen Kronen *b—d* und die Kreuzkronen *e* sich besser frei arbeiten. Besonders sind die vielspitzi- gen Kronen für zähe, mit Schwefelkies durchwachsene Kohle zu empfehlen. Auch gebraucht man Schrämkronen mit auswechselbaren Schneiden, die einzeln herausgeschlagen und durch andere ersetzt werden können.

Der Durchmesser der Schrämkronen schwankt zwischen 65 und 90 mm. Da sich beim Schrämen in der Regel ein gewisser Nachfall einstellt, beträgt die Schramhöhe gewöhnlich 75—120 mm.

**28. — Anwendung und Leistungen.** Von einem Aufstellungspunkte aus kann man mit einer Säulenschrämmaschine einen Schram von 4—5 m Breite und 2—3 m Tiefe herstellen. Ein geübter Arbeiter unterschrämt in der Stunde bequem 2—3 qm. In der achtstündigen Schicht werden mit Einschluß der Pausen 12—15, in einzelnen, besonders günstigen Fällen 20 qm und mehr erzielt. Besonders bewährt haben sich die Maschinen beim Auffahren von Strecken auf der Lagerstätte, da sich mit ihnen ein wesentlich beschleunigter Streckenvortrieb erzielen läßt. Man stellt die Spannsäule in der Mitte der Strecke auf und schrämt nun in der günstigsten Gebirgsschicht die ganze Streckenbreite 1,5—2,0 m tief ab. Es pflegt dies einschließlich des Aufstellens und Abrüstens der Schrämeinrichtung 2—2½ Stunden zu dauern. Gleichzeitig können bereits die Bohrlöcher für die Sprengschüsse fertiggestellt werden. In der zweiten Hälfte der Schicht wird die Kohle hereingewonnen und gefördert und der Ausbau nachgeführt. Häufig sind auf diese Weise bei wesentlich gesunkenen Sprengstoffkosten die Leistungen um 70—80 % gestiegen, so daß das Gedinge bei gleichem oder sogar höherem Verdienste der Leute nahezu auf die Hälfte des früheren herabgesetzt werden konnte. Wenn auch auf der anderen Seite der starke Preßluftverbrauch (s. Ziff. 80, S. 182) in die Wagschale fällt, den eine insgesamt etwa zwei Stunden lang fast ununterbrochen währende Arbeit der Maschine — bei einem Verbrauch von 2—3 cbm minutlich — im Gefolge hat, so bleibt doch oft der erzielte Vorteil recht bedeutend.

Unter besonders günstigen Verhältnissen hat man auf Zeche Holland bei Wattenscheid bei Herstellung eines Aufhauens in einem Flöze mit so starkem Einfallen, daß die nach dem Schrämen hereingeschossene Kohle von selbst nach unten abrutschte, mit Schrämmaschinenbetrieb sogar Streckenvortriebe von 8 bis 9 m täglich erzielt.

## 2. Fräsend wirkende Schrämmaschinen.

**29. — Einleitung. Kettenschrämmaschinen.** Die fräsend wirkenden Schrämmaschinen<sup>1)</sup> arbeiten mit Fräsketten, mit Schrämrädern oder mit Schrämmstangen. In Deutschland haben sich bisher dauernd nur die Stangenschrämmaschinen eingebürgert, und zwar werden sie als Streb- schrämmaschinen, die nach Abb. 136 einen langen Strebstoß bestreichen (vgl. Ziff. 30 u. f.), benutzt.

<sup>1)</sup> Verh. d. Internat. Kongresses für Bergbau usw. in Düsseldorf 1910, Ab- teilung Bergbau, S. 175 u. f.; Schember: Die Entwicklung der maschinellen Schrämarbeit usw.

Kettenschrämmaschinen sind hauptsächlich in Nordamerika verbreitet. Es sind zwei Unterarten zu unterscheiden, nämlich solche, die bei der Arbeit fest aufgestellt werden, und Strebschrämmaschinen. In beiden Fällen sind die arbeitenden Werkzeuge auf einer um einen Rahmen laufenden Kette angeordnet. Bei den fest aufgestellten Maschinen wird der Rahmen durch die Maschinenkraft senkrecht gegen den Arbeitstoß vorgeschoben und arbeitet sich in dieser Richtung in ihn ein. Die Arbeitsweise der Fräsketten-Strebschrämmaschine entspricht etwa der Abb. 136. Die Leistungen der Kettenschrämmaschinen sind zwar hoch. Wegen ihrer Schwere können sie aber nur bei flacher Lagerung gebraucht werden. Auch haben sie einen großen Raumbedarf, so daß gutes Hangendes für ihre Verwendung Vorbedingung ist.

**30. — Radschrämmaschinen.** Bei den Radschrämmaschinen ist das eigentliche Schrämwerkzeug ein Rad, auf dessen Umfang Fräser sitzen, die in den Kohlenstoß den Schram einschneiden. Abb. 137 zeigt eine solche Maschine nach dem System Garforth, wie sie z. B. auf Zeche Dorstfeld bei Dortmund längere Zeit benutzt wurde. Das Fräserad ist an einer Eisenplatte, dem sog. Schmetterling, verlagert, die an dem Gestelle der Maschine befestigt ist und mit in den Schram hineinragt. Es wird durch ein kleines Zahnrad angetrieben, dessen Zähne in einen Speichenkranz des Rades eingreifen. Der Motor ist im vorliegenden Falle eine zweizylindrige Preßluftmaschine,

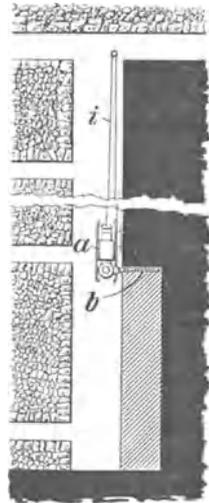


Abb. 136. Arbeitsweise der Strebschrämmaschinen.

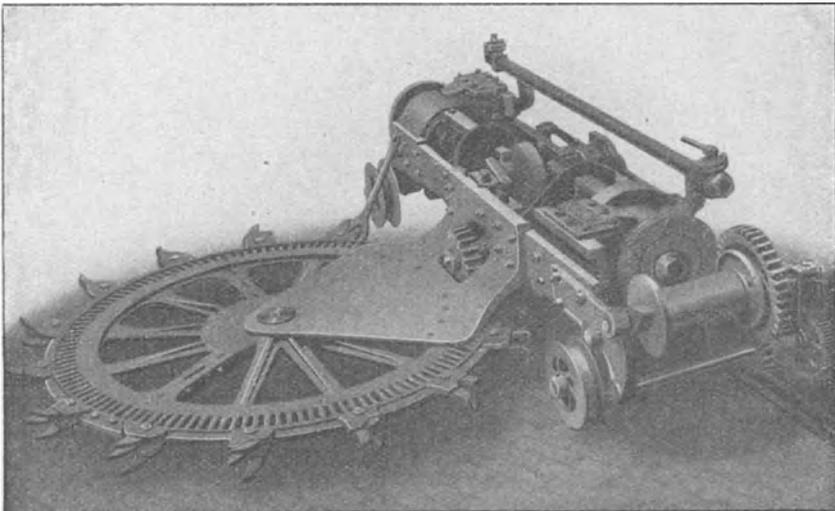


Abb. 137. Radschrämmaschine von Garforth.

deren Zylinder auf den beiden Enden des Wagens gegeneinander versetzt angeordnet sind. Die Maschine fährt entsprechend Abb. 136 auf einem Schienengeleise am Arbeitstoß entlang. Diese Bewegung wird durch die Maschine selbst bewirkt, indem ein am Ende des Strebstoßes befestigtes Seil allmählich auf eine vorn an der Maschine angebrachte Seiltrommel auf- oder von dieser abgewickelt wird. Das Schrämmrad hat einen Durchmesser von 1,6 m, aber die Schrammtiefe beträgt, da ja ein Teil des Rades wegen des Antriebes außerhalb des Schrams verbleiben muß, nur etwa 1,25 m.

In einer 8stündigen Schicht können etwa 100 qm unterschrämt werden.

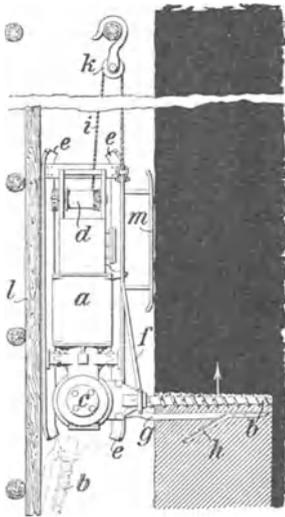


Abb. 138.  
Stangenschrämmaschine.

Störungen im Betriebe sind selten, solange Kohle und Dach gut stehen und die Lagerung regelmäßig ist. Brüchige Kohle und schlechtes Dach hindern dagegen den Betrieb sehr. Bricht nämlich die Kohlenbank zu frühzeitig herein, so wird das Rad festgeklemmt. Besonders unangenehm sind Unregelmäßigkeiten in der Lagerung, da alle kleinen Sprünge oder Falten durch Handarbeit überwunden werden müssen. Verlaufen diese Störungen diagonal, so kann auf eine größere streichende Erstreckung die Anwendung der Maschine unmöglich sein. Wegen dieser Schwierigkeiten, denen die im folgenden zu besprechenden Stangenschrämmaschinen besser gewachsen sind, hat man im deutschen Steinkohlenbergbau die Verwendung von Radschrämmaschinen wieder aufgegeben.

**31. — Stangenschrämmaschinen.** Die in Deutschland zuerst benutzten Stangenschrämmaschinen stammten aus England und wurden unter dem Namen Pick-Quick-Maschinen bekannt. Die erste Maschine dieser Art wurde im Juli 1908 in Deutschland eingeführt und bald danach auf Grube Viktoria bei Louisenthal (Saar) in Betrieb gesetzt. Die Stangenschrämmaschine<sup>1)</sup> besteht im wesentlichen aus vier Teilen (Abb. 138): der eigentlichen Antriebsmaschine *a*, der Schrämmstange *b* mit Vorgelege (Übertragungswerk), das im Kasten *c* untergebracht ist, der Haspelvorrichtung *d* und dem Schlitten *e*.

Die Antriebsmaschine kann mit Preßluft oder elektrischem Strom angetrieben werden (in den Abbildungen 138 und 139 ist eine Preßluftmaschine dargestellt). Die Leistung beträgt etwa 22 PS, wovon etwa 11 PS an der Schrämmstange wirksam werden, 5 PS im Windwerk verbraucht werden und 6 PS im Getriebe verloren gehen. Bei den Preßluftmaschinen sind

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1911, S. 358, und ebenda 1912, S. 389; Dr. Weise: Die Versuchsergebnisse mit der Preßluft- bzw. Drehstrom-„Pick-Quick“-Großschrämmaschine usw.; ferner — ebenda 1906, S. 321; Dr. Tüben: Die Verwendung von Schrämmaschinen usw.

hierfür etwa 1000 cbm vom Kompressor stündlich angesaugte Luft oder 100 PS Kompressorleistung (ohne Undichtigkeitsverluste im Leitungsnetze) erforderlich. Die aus bestem Stahl gefertigte Schrämsange ist im Schneckengange mit 35 Fräsern besetzt. Die schneckenförmige Anordnung bewirkt, daß die beim Schrämen entstehende Feinkohle wenigstens teilweise schon während der Arbeit aus dem Schram geschraubt wird. Die Schrämsange macht außer ihren Umdrehungen bei der Arbeit noch in ihrer Längsrichtung eine hin und her gehende Bewegung mit einem doppelt so weiten Ausschlag, als die Entfernung zwischen zwei Fräsern beträgt. Hierdurch wird erreicht, daß in dem Schram keine Rippen stehenbleiben und daß bei Bruch eines Fräasers dessen Arbeit von den Nachbarfräsern mitgeleistet werden kann. Die Schrämsange ist mittels eines drehbaren Übertragungswerkes um über 180° schwenkbar (Abb. 138), auch kann durch Stellschrauben die Stange etwas höher oder tiefer gelegt werden, um die

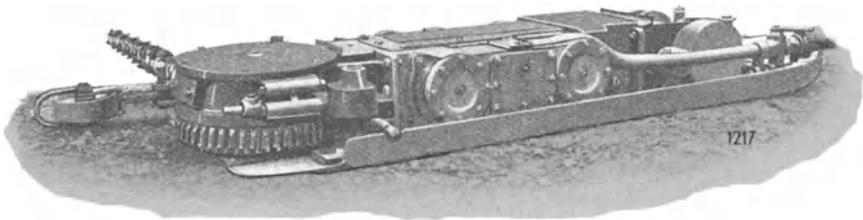


Abb. 139. Ansicht der Stangenschrämmaschine.

günstigste Schramsicht ausnützen zu können. In der Arbeitstellung der Maschine wird die Stange durch einen Arm  $f$  in der rechtwinkligen Stellung festgehalten, so daß das Übertragungswerk entlastet ist. Das Schramklein wird außer durch den Schneckengang der Schrämsange durch einen schräg auf der Stange  $g$  befestigten Räumer  $h$  aus dem Schrame entfernt.

Die Maschine wird durch eigene Kraft am Arbeitstoße entlang bewegt, indem sich das ausgespannte Seil  $i$  um die Haspeltrommel wickelt. Dadurch, daß das Seil unter der Maschine hindurchgeführt und die Rolle  $k$  auf der anderen Seite des Strebstoßes aufgestellt wird, kann die Maschine, ohne zu schwenken, auch rückwärts schrämen. Einer Unterlage als Gleitbahn bedarf die Maschine nicht, vielmehr gleitet sie mittels ihrer Schlittenkufen unmittelbar auf dem Liegenden. Das seitliche Ausweichen wird durch eine an der letzten Stempelreihe angeordnete Spurlattenleitung  $l$  (Abb. 138) verhindert, gegen die sich eine äußere Kufe  $e$  des Schlittens abstützt. In der Regel wird auch eine Abstützung gegen den Kohlenstoß in Gestalt eines angeschraubten kräftigen Bügels  $m$  vorgesehen.

Abb. 139 zeigt die Maschine in der Ansicht. Das Gewicht ist bei mittlerer Größe 1800 kg. Die hierbei erreichbare Schramtiefe ist etwa 1,3 m. Die Leistung beträgt wie bei der Radschrämmaschine etwa 100 qm in der 8stündigen Schicht. Die flache Höhe eines Schrämmaschinenstoßes kann je nach den Verhältnissen 50—200 m betragen.

**32. — Die Anwendbarkeit der Stangenschrämmaschinen.** Da die Schrämslange, wie in Ziff. 32 gesagt und in Abb. 138 angedeutet, um über  $180^\circ$  schwenkbar ist, kann sie an jeder beliebigen Stelle des Strebstoßes sich ohne weitere Hilfsmittel selbsttätig in die Kohle einarbeiten. Ebenso kann natürlich jederzeit die Stange aus dem Schram herausgeschwenkt werden, so daß dann die Maschine bei der Fortbewegung nur noch ihre eigene Breite

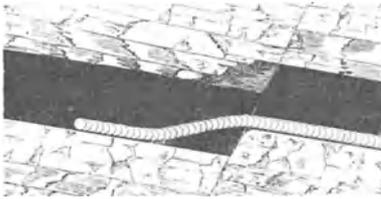


Abb. 140. Überwindung einer Störung mit der Stangenschrämmaschine.

als Raumbedarf beansprucht. Von dem Ein- und Ausschwenken der Schrämslange macht man gern Gebrauch, wenn z. B. im Strebstoße sich Störungen einstellen, die nicht mehr in der in Abb. 140 dargestellten Weise überwunden werden können, sondern ein Unterbrechen und ein Neuansetzen des Schrams notwendig machen. Man kann also solche Störungen leicht überwinden, indem man sie übergeht.

Weiter ist ein besonderer Vorzug der Stangenschrämmaschinen die geringe Breite der Schrämslange. Ein Festklemmen der Stange durch die sich setzende Kohle ist nicht zu befürchten. Selbst wenn die Kohle einmal unmittelbar über der Stange abbrechen und sich auf diese setzen sollte, arbeitet sich die Stange selbst wieder frei. Die genannten Vorzüge begünstigen die Anwendbarkeit auch bei steilen Fallwinkeln. Tatsächlich sind Anwendungsfälle bei  $43^\circ$  Einfallen (Zeche Con-

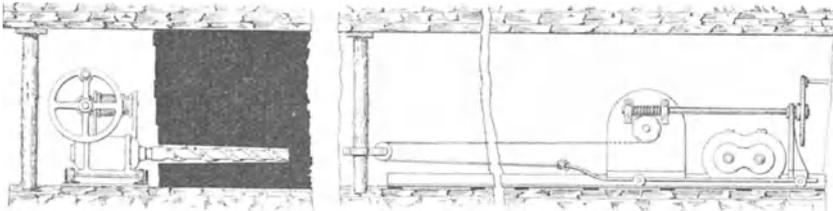


Abb. 141. Kohlenschneider der Westfalia A.-G., Gelsenkirchen.

solidation) und sogar bei  $55^\circ$  Einfallen (Zeche Schlägel und Eisen) bekannt geworden. Bei derartig starkem Einfallen nehmen aber die Schwierigkeiten schnell zu; die Maschine liegt nicht mehr genügend fest auf der Sohle, um die bei der Arbeit auftretenden Erschütterungen mit Sicherheit aufzunehmen; außerdem wächst die der Bedienung drohende Kohlenfallgefahr, und es entsteht schließlich die Gefahr des Abstürzens der Maschine selbst.

**33. — Kohlenschneider.** Im Jahre 1922 hat die Maschinenfabrik Westfalia zu Gelsenkirchen eine neue, von ihr Kohlenschneider benannte, kleine Stangenschrämmaschine auf den Markt gebracht, zu der Bergassessor Dr.-Ing. Beissel die Anregung gegeben hat<sup>1)</sup>. Zum Antrieb der nur 50—60 cm

<sup>1)</sup> Glückauf 1922, Nr. 14, S. 397 u. f.; Cloos: Der Kohlenschneider und seine Erprobung auf Schachtanlage Helene; — ferner ebenda, S. 410 u. f.; Verhandlungen des Ausschusses für Bergtechnik usw.

langen Schrämslange dient eine Drehkolbenmaschine (s. Abb. 159, S. 166) von 4—5 PS Leistung, die sich durch ihr im Verhältnis zur Leistung außerordentlich geringes Gewicht und durch gedrängte Bauart auszeichnet. Abb. 141 zeigt eine solche Schrämmaschine mit Schrämslange in zwei Ansichten. Zur Einleitung der Schrämarbeit drückt man den Kohlenschneider ähnlich wie eine Handdrehbohrmaschine gegen den Kohlenstoß, wobei die Schrämslange als Bohrer sich das erforderliche Loch selbst herstellt. Der Kohlenschneider gleitet während der Schrämarbeit auf einem 2 m langen, durch Winkel- und gelochte Flacheisen gebildeten Bette, auf dem er wie auf einer Zahnstange durch Knarre und Zahnrad mit Hand vorbewegt wird. Durch Verwendung zweier abwechselnd voreinander gelegten Betten (sog. Kletterbetten) kann der Schrämbetrieb ununterbrochen vor sich gehen, wobei das jeweilig benutzte Bett durch leichte Spansäulen festgespreizt wird. Bei längeren Stößen kann man auch nach Abb. 141 mit Hand betätigten Seilzug anwenden.

Die ganze Maschine — ohne Seilzugtrommel und Kurbelgetriebe — wiegt nur 85 kg. Der Motor macht minutlich 1800 Umdrehungen, die durch ein Zahnradgetriebe auf 600 der Schrämslange herabgesetzt werden. Die Schnittgeschwindigkeit der Stange ist 0,3—1,0 m minutlich. In der 7 stündigen Schicht sind bis zu 70 qm unterschrämte Fläche erreicht worden.

. 34. — **Rück- und Ausblick.** Bei jeder Verwendung von Schrämmaschinen ist von vornherein für ausreichende Querschnitte der Preßluftleitungen zu sorgen. Der hohe Luftbedarf der dauernd arbeitenden Schrämmaschinen läßt sonst leicht den Luftdruck in den Leitungen unter das erträgliche Maß sinken, so daß nicht nur die Schrämarbeit selbst, sondern auch der Betrieb der von denselben Leitungen gespeisten Bohrmaschinen, Haspel- und Strahldüsen stark geschädigt wird.

Für den Streckenbetrieb sind wegen des in der Breite beschränkten, aber tiefen Schrames, der von einem festen Standpunkte aus hergestellt wird, die Säulenschrämmaschinen hervorragend geeignet. Sie leisten hierbei Vortreffliches und werden ihren errungenen Platz auch in Zukunft voll behaupten. Aber schon für das Breitauffahren von Strecken macht die alsdann erforderliche mehrfache Umstellung der schweren Säule Schwierigkeiten. Noch mehr ist dies im Abbau der Fall. Hier fehlt eine einfache und leichte Maschine, die einen Schram von geringerer Tiefe über eine Ortsbreite von vielleicht 10—20 m herzustellen in der Lage ist. Der Kohlenschneider scheint berufen, in diese Lücke einzuspringen.

Für beträchtliche Längen des Arbeitstoßes, von etwa 50 m und darüber, kommen die großen Stangenschrämmaschinen in Betracht. Sie sind bei regelmäßiger Lagerung und flachem bis mittlerem Einfallen durchaus brauchbar und entsprechen den Anforderungen. Immerhin ist zu bedenken, daß dieser Schrämmaschinenbetrieb einer streng geregelten Arbeitseinteilung über drei Schichten bedarf (in solchem Betriebe sind etwa 25 Mann beschäftigt) und durch irgendwelche Störungen oder Unregelmäßigkeiten der Lagerung stark leidet. Zudem steht die 1800—2000 kg schwere und 3 m lange Maschine schon an der Grenze der Unhandlichkeit. Es bleibt deshalb eine gleich leistungsfähige, aber leichtere und anpassungsfähigere Maschine zu erstreben. Vielleicht erweist sich auch hier der mit dem Kohlenschneider beschrittene Weg als gangbar, indem der bisherige, allzu schwere Motor durch einen Drehkolben-

motor ersetzt und so die ganze Schrämmaschine leichter und handlicher gemacht wird. Man wird hierfür in vielen Fällen eine Verringerung der Schrammtiefe in den Kauf nehmen können.

### E. Hereintreibarbeit.

**35. — Allgemeines.** Die Hereintreibarbeit bezweckt die Gewinnung von Gesteins- und Kohlenmassen durch Abkeilen oder Abtreiben. In früheren Jahrhunderten, als man die Sprengarbeit noch nicht kannte, war das Hereintreiben mit Schlägel und Eisen die hauptsächlichste und wichtigste bergmännische Arbeit. An ihre Stelle ist später im wesentlichen die Sprengarbeit getreten. Immerhin kommt jene als Hilfsarbeit bei dieser noch mehr oder weniger regelmäßig zur Geltung. Außerdem wendet man die Hereintreibarbeit an, wenn die Zerklüftung der Gebirgstöße durch Sprengschüsse vermieden werden soll. Solche Fälle sind z. B. das Ausspitzen von Wider-



Abb. 142. Handfäustel.

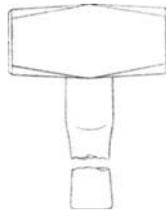


Abb. 143. Treibfäustel.



Abb. 144. Spitzkeil.



Abb. 145. Breitkeil.

lagern für Brand- und Wasserdämme, die Herstellung von ebenen Flächen für Pumpenträger und Keilkränze in Schächten und das nachträgliche Wegspitzen des Gebirges unter dem Fuße von Schachtmauerungen oder gußeisernen Schachtverkleidungen.

Besonders wichtig ist die Hereintreibarbeit für Schlagwettergruben, wenn es darauf ankommt, aus sicherheitlichen Gründen die Sprengarbeit zu ersetzen.

Für die genannten Arbeiten werden neuerdings mit hervorragendem Erfolge Abbauhämmer<sup>1)</sup> benutzt (s. Ziff. 17 u. f. dieses Abschnitts). Nur wo diese nicht anwendbar erscheinen, wird man noch auf die nachstehend beschriebenen Verfahren zurückgreifen.

**36. — Die Arbeit mit Fäustel und Keil.** Es ist dies in nahezu unveränderter Gestalt die uralte Arbeit mit Schlägel und Eisen. Der Schlägel trägt jetzt den Namen Fäustel; statt des mittels eines Stieles gehaltenen Eisens bedient man sich eines einfachen Keils.

Man unterscheidet Handfäustel, die einhändig, und Treibfäustel, die zweihändig gebraucht werden. Erstere (Abb. 142) sind 1—3 kg (im

<sup>1)</sup> Zeitschr. d. Oberschles. Berg- u. Hüttenm. Ver. 1910, Märzheft, S. 87 u. f. Gerke: Die Anwendung der Abbauhämmer usw.

Ruhrbezirk 2,5 kg) schwer, letztere (Abb. 143) erhalten ein größeres Gewicht (im Ruhrbezirk 5 kg). Die Handfäustel sind dieselben, wie sie für das schlagende Bohren mit Hand benutzt werden. Der Keil ist entweder ein gewöhnlicher Spitzkeil oder Fimmel (Abb. 144) oder ein Breitkeil (Abb. 145). Letzterer wird besonders bei deutlich ausgeprägten Schichten im Gestein oder in der Kohle benutzt.

So unentbehrlich in vielen Fällen die Arbeit mit Fäustel und Keil ist, so wenig ist sie doch zur Hereingewinnung größerer Massen geeignet, weil ihre Leistungsfähigkeit zu gering ist und die Wirkung des Keiles sich immer nur auf verhältnismäßig kleine Gebirgstteile erstreckt.

**37. — Treibkeile.** Das einfachste Mittel, die Wirkung des Keiles zu erhöhen, ist die Verwendung von sog. Legeisen. Die Legeisen sind Eisenbleche oder kurze Eisenplatten, die in einen mit der Keilhau

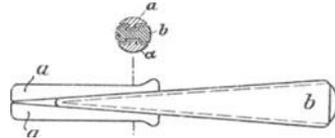


Abb. 146. Treibkeil.

oder mit Fäustel und Fimmel hergestellten Schlitz gesteckt werden. Zwischen sie wird der Breitkeil eingetrieben, der so weniger Reibung findet, als wenn er unmittelbar in die Kohle oder das Gestein selbst eindringen muß.

Lassen sich mit Bohrmaschinen genügend weite, runde Löcher herstellen, so verwendet man Treibkeile, die der Form des runden Bohrlochs angepaßt sind (Abb. 146). Solche Keile haben 40—60 mm Durchmesser.

Die Keile der englischen Hardy Pick Co. sind fünfteilig. Ihre Anwendung setzt ein 55 mm weites Bohrloch voraus. Zuerst werden die beiden halbrunden, äußeren Legekeile mit dem dicken Ende nach vorn eingeführt, zwischen die sodann das zweite Paar gleichzeitig eingetrieben wird. Schließlich folgt der mittlere Plattkeil. Da die Keile sehr schlank sind, besitzen sie eine große Treibkraft.

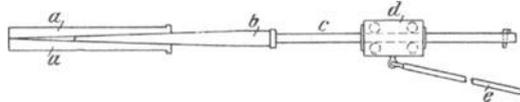


Abb. 147. Rammkeil von François.

**38. — Rammkeil von François.** Um beim Eintreiben des Keiles eine kräftige Schlagwirkung zu erzielen, versieht François seine Keile (Abb. 147) mit einer Rammvorrichtung, die an dem zwischen die Außenbacken *a a* einzutreibenden Keile *b* selbst angebracht ist. An diesen ist hinten eine viereckige Stange *c* als Gleitbahn angeschweißt, auf der ein kleiner Rammbar *d* auf Rollen hin und her laufen kann. Dieser wird mittels einer Stange bewegt und nach vorn gegen den Eintreibkeil geprellt. In Belgien hat man mit solchen Keilen viel, aber wirtschaftlich unbefriedigend gearbeitet. Mehrere Versuchsreihen, die zu verschiedenen Zeiten und auf verschiedenen Gruben mit diesen Geräten durchgeführt wurden, ergaben z. B. beim Streckenachreißen einen täglichen Arbeitsfortschritt von 1,34 m bei 4,64 Fr. Kosten gegenüber 1,88 m Arbeitsfortschritt und 3,55 Fr. Kosten bei Benutzung von Sprengstoffen.

**39. — Bosseyeuse von Dubois und François.** Im Lütticher Kohlenbecken hat man stellenweise gute Erfolge mit der Bosseyeuse der Firma

Dubois & François erzielt, die sogar wegen der besonderen Schlagwettergefahr für Querschlagarbeiten benutzt worden ist. Bei dieser Vorrichtung wird der Keil auch eingerammt, aber nicht durch die Kraft des Arbeiters, sondern mittels Preßluft. Mit einer gewöhnlichen Stoßbohrmaschine wird zunächst ein genügend tiefer Schram hergestellt und sodann in entsprechender Entfernung ein Bohrloch von 80—100 mm Durchmesser gebohrt. In das Bohrloch schiebt man die Keilbacken. Man ersetzt nun an der Bohrmaschine den Meißelbohrer durch einen Rammklotz und treibt durch die so umgestaltete Maschine den Eintreibkeil in das Loch. In wirtschaftlicher Beziehung konnten die Leistungen freilich auch hier nicht befriedigen. Beim Querschlagbetriebe haben z. B. die tägliche Leistung 29% weniger und die Kosten 43% mehr gegenüber Leistung und Kosten bei Verwendung von Dynamit betragen.

**40. — Schraubenkeile, hydraulische Keile.** Eine andere Gruppe von Keilvorrichtungen sind diejenigen, bei denen man die mechanisch sehr wirksame Verbindung von Keil und Schraubenspindel ausnutzt. Solche Keile sind zwar bei nicht allzu großer Vorgabe brauchbar, haben aber in wirtschaftlicher Beziehung mit der Sprengarbeit ebenfalls nicht in Wettbewerb treten können.

Bei der Levetschen Keilvorrichtung endlich lag der eigentliche Keil mit seinem dicken Ende im Bohrlochtiefsten zwischen zwei Außenbacken und wurde durch hydraulischen Druck unter Verwendung einer Preßpumpe mittels eines mit dem Keile verbundenen Kolbens und Zylinders herausgezogen. Die Keilvorrichtung gestattete zwar eine große Kraftentfaltung, war dafür aber auch recht unhandlich und schwer.

**41. — Höchstdruck und Hub der Keile.** Bei den bedeutenden Reibungsverlusten, die alle besprochenen Keilvorrichtungen besitzen, wird man unter Berücksichtigung der Größe der aufeinander gleitenden Flächen und deren zulässiger Belastung annehmen können, daß etwa nur ein Höchstdruck von 30 000—40 000 kg erzielbar ist. Der Hub beträgt 2—3 cm. Für manche Kohlen genügt ja eine solche Kraftentfaltung und solcher Hub, jedoch ist dies vielfach nicht der Fall. Für harte Kohle ist der Höchstdruck und für weiche Kohle der Hub zu gering, um ein Ablösen der Vorgabe zu bewirken.

**42. — Druckwasser-Abtreibevorrichtungen.** Eine besondere Gattung von Abtreibevorrichtungen beruht auf der Wirkung der Druckwasserpresse. Hier wird jedoch der Wasserdruck nicht wie beim Levetschen Keil dazu benutzt, eine Keilvorrichtung in Bewegung zu setzen, sondern er wird unmittelbar auf das Gebirge übertragen<sup>1)</sup>. Das hat den Vorteil, daß die hohen Reibungsverluste der unter starkem Druck bei zumeist ungenügender Schmierung aufeinander bewegten Keilflächen in Wegfall kommen. Tatsächlich sind somit höhere Drücke erzielbar.

Eine solche „Sprengpumpe“ besteht aus einer Anordnung von acht parallelen hydraulischen Preßkolben, die im zusammengeschobenen Zustande in das etwa 100 mm weite Bohrloch eingeführt werden. Durch Betätigung einer Pumpe werden die Kolben aus ihren Zylindern getrieben, wobei der

<sup>1)</sup> Glückauf 1907, Nr. 31, S. 957; Mentzel: Hereingewinnung unterschämter Kohlenstöße mittels hydraulischer Sprengarbeit auf Gruben des Saarbezirks.

erzeugte Druck unmittelbar auf das Gestein oder die Kohle wirkt. Die Sprengpumpe hat bei Abbrucharbeiten über Tage, wo es darauf ankam, Sprengungen zu vermeiden, mehrfach mit Vorteil Anwendung gefunden. Unter Tage hat sie sich bisher nicht dauernd einbürgern können, namentlich weil es bei den hohen angewendeten Drücken, die unter Umständen bis 600 Atm. stiegen, schwierig war, die Dichtungen zwischen Kolben und Zylindern und in den sonstigen Verbindungen betriebsfähig zu erhalten.

**43. — Anwendbarkeit der Keile und Abtreibevorrichtungen im allgemeinen.** Eine Hauptbedingung für die erfolgreiche Anwendung von Keilen und Abtreibevorrichtungen ist die Herstellung eines genügend tiefen Schrammes oder das Vorhandensein von freien Flächen, wie sie sich z. B. beim Streckennachreißen und manchmal beim Abbau ohne weiteres ergeben. Man kann wohl „aus dem Vollen“ schießen; es ist aber unmöglich, in entsprechender Weise mit Keilen oder Abtreibevorrichtungen wirtschaftlich zu arbeiten. Überdies muß man beachten, daß keine mechanische Vorrichtung genügende Festigkeit besitzt und hinreichenden Druck erzeugen kann, um das geschlossene, gesunde Gebirge auseinander zu reißen. Wenn man mit solchen Vorrichtungen Erfolge erzielen will, so müssen natürliche Kluff- oder Schichtflächen mit guten Lösungen vorhanden sein. Auf diesen Flächen des geringeren Zusammenhaltes kann es gelingen, die Schichten nach dem Schram hin aufzuspalten und auseinander zu treiben. In weicher Kohle versagen die Keile, weil sich die Backen ohne Erfolg eindrücken. Es ist deshalb bisher nur ausnahmsweise möglich gewesen, die Sprengarbeit mit wirtschaftlichem Nutzen durch Abtreibevorrichtungen zu ersetzen.

**44. — Hereingewinnung durch unmittelbaren Wasserdruck<sup>1)</sup>.** **Allgemeines.** Das schon im Jahre 1890 von Meißner angegebene Verfahren der Tränkung von Kohlenstößen durch Druckwasser sollte zunächst lediglich die Kohlenstaubgefahr bekämpfen. Es geht von dem Gedanken aus, die Staubbildung überhaupt zu verhüten, indem der Staub noch vor der Entstehung, also schon im Flöze selbst, unschädlich gemacht wird. Zu diesem Zwecke bohrt man in die demnächst zu gewinnenden Kohlenstöbe Löcher von etwa 1 m Tiefe. In diese wird durch einen abdichtenden Verschuß ein Eisenrohr eingeführt, das mit der Druckwasserleitung verbunden wird. Man läßt nun durch die Rohre Wasser mit 10—20 Atm. Druck in die Bohrlöcher eintreten, das ungefähr sechs bis acht Stunden lang auf die Kohle einwirkt. Es dringt auf den feinsten Klüften und Spalten in die Kohle ein und durchfeuchtet sie so weit, daß bei der danach erfolgten Gewinnung kein Staub mehr fällt.

Bei günstiger Beschaffenheit der Kohle ist das Verfahren in der beschriebenen Weise und mit dem gewünschten Erfolge durchführbar. Bei sehr harter Kohle aber dringt das Wasser nicht in nennenswertem Maße in die Kohle ein, so daß diese schon in geringerer Entfernung vom Bohrloche trocken bleibt. Bei klüftiger Kohle entweicht das Wasser zu schnell, ohne die Kohle genügend zu durchfeuchten.

<sup>1)</sup> Verh. d. Internationalen Kongresses für Bergbau, Hüttenwesen usw. in Düsseldorf 1910, Abt. Bergbau, S. 234; Trippel: Über Stoßstränken und hydraulische Kohlensprengung in Steinkohlenflözen usw.

Das Verfahren kann weiter auch zur Lockerung und Lösung der anstehenden Kohle, also zur Hereingewinnung, benutzt werden, wenn man tiefere Löcher, eine bessere Abdichtung und höhere Wasserdrücke anwendet.

45. — **Die Arbeitsweise.** Die Löcher werden etwa rechtwinklig zum Arbeitstoße angesetzt und 2—3 m tief abgebohrt. Danach wird das Wasserzuführungsrohr mit der Abdichtungsvorrichtung eingeführt. Als beste Abdichtung hat sich die von Bergassessor Trippe auf Zeche Dorstfeld benutzte mittels Gummikörpers bewährt. Auf dem vorderen Ende des Druckwasserrohres *a* (Abb. 148) ist ein Bund *b* angebracht, der für den 10 cm langen Gummikörper *c* ein Widerlager bildet; das hintere Ende besitzt bei *d* Schraubengewinde. Über das Druckrohr *a* ist ein äußeres Rohr *e* geschoben, das mittels der mit Handgriffen versehenen Schraubenmutter *f* mehr oder weniger gegen den Gummikörper gepreßt werden kann. Dieser wird beim Anziehen der Schraube durch den Druck des Rohres *e* aufgetrieben und wasserdicht schließend gegen die Bohrlochwandung gepreßt.

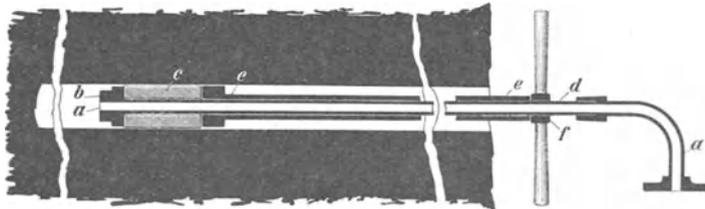


Abb. 148. Bohrlochabdichtung nach Trippe, Zeche Dorstfeld.

Zur Einführung des Wassers bedient man sich der Berieselungsleitung, mit der das Einführungsrohr durch einen Schlauch verbunden wird. Voraussetzung ist, daß in der Berieselungsleitung der erforderliche Wasserdruck zur Verfügung steht. Die Verwendung von Handdruckpumpen zur Erzeugung des Wasserdruckes ist wenig empfehlenswert, weil die Arbeit des Pumpens die Leute sehr anstrengt und weil in der Regel eine für einen so hohen Druck gebaute Pumpe zu wenig Wasser liefert. Die Wirkung des auf den Kohlenstoß drückenden Wassers macht sich bei günstigen Verhältnissen bald durch ein Knistern, Reißen, Brechen und zuweilen lautes Knallen in der Kohle bemerkbar, bis nach einiger Zeit das Wasser in Tropfenform an dem Stoße ausschwitzt und auf den sich öffnenden Schichten und Lösen ausfließt. Alsdann ist die Tränkung beendet, und das Druckwasser wird abgestellt. Die Dauer dieser Einwirkung beträgt 10, 20, 30, 40 Minuten bis zu mehreren Stunden. Das Gefüge der Kohle ist nun bis zu einer Entfernung von 2—3 m vom Bohrloche so weit gelockert, daß sie mit Handarbeit gewonnen und die Sprengarbeit völlig vermieden oder doch stark eingeschränkt werden kann.

Oberingenieur Mack hat vorgeschlagen, das Verfahren weiter dadurch zu verbessern, daß man auf die Wasserfüllung des Bohrlochs eine plötzliche Drucksteigerung wirken läßt. Betriebsmäßig ist jedoch das Verfahren noch nicht eingeführt<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Ing. 1922, Nr. 24, S. 628; Herbst: Die maschinelle Gewinnung und Förderung im Steinkohlenbergbau unter Tage.

**46. — Vor- und Nachteile.** Das Verfahren hat zunächst die mit der Unterdrückung der Schießarbeit verbundenen Vorteile, die auch die oben besprochenen Hereintreibvorrichtungen besitzen. Im vorliegenden Falle kommt hinzu, daß die Staubbildung vermieden wird, so daß nicht allein die sicherheitlichen, sondern auch die gesundheitlichen Zustände der Grube verbessert werden. Außerdem ist das Verfahren häufig bei weitem leistungsfähiger und wirkungsvoller als die übrigen Ersatzmittel der Sprengarbeit.

Nachteilig ist andererseits zunächst, daß das Verfahren nicht auf allen Flözen und an den verschiedenen Betriebspunkten gleichmäßig verwendbar ist. Die Kohle muß porös, darf aber nicht klüftig sein, weil sonst das Wasser ohne besondere Wirkung abläuft. Am besten bewährt sich die Tränkung auf den Fettkohlenflözen, während sie in der harten, aber klüftigen Gaskohle in der Regel versagt. Es ist auch vorgekommen, daß auf einem bestimmten Flöze stellenweise Erfolge mit dem Verfahren erzielt wurden, während es an anderen Stellen ohne Wirkung versucht wurde<sup>1)</sup>. Besonders ungünstig liegen die Verhältnisse, wenn das Wasser infolge der Natur des Gebirges in das Nebengestein eindringen und dieses aufweichen kann. In solchen Fällen kann eine starke Beunruhigung des Gebirges und Verunreinigung der Kohle die Folge sein.

Trotzdem das Verfahren in einzelnen Fällen sich in mehrjährigem Betriebe bewährte, hat man es schließlich doch wieder fallen lassen, weil die Wirkung nicht sicher genug war und die Leute ungern damit arbeiteten.

### III. Sprengarbeit.

**47. — Geschichtliches.** Die Erfindung der Sprengarbeit — d. i. der Benutzung einer im Bohrloche eingeschlossenen Sprengladung zur Lösung des Gebirges — ist einer der Marksteine in der Entwicklung menschlicher Kultur. Der heutige Bergbau beruht zum allergrößten Teile auf dem Gebrauche und der Verwendung der Sprengstoffe. Die erste sichere Nachricht über die Verwendung des schon einige Jahrhunderte früher bekannten Pulvers zur Sprengarbeit findet sich in einer Niederschrift des Schemnitzer Bergrichtsbuches vom 8. Februar 1627, wonach ein Tiroler Bergmann, namens Kaspar Weindl, an diesem Tage im Oberbiberstollen bei Schemnitz in Ungarn die erste Sprengung durchgeführt hat. Bald darauf wurde die Sprengarbeit auch in anderen Bergwerksbezirken eingeführt.

Bis 1865 wurde für die Sprengarbeit allein das Schwarzpulver benutzt. Zwar war schon 1845 von Schönbein die Schießbaumwolle und 1847 von Sobrero das Sprengöl (Nitroglyzerin) erfunden. Aber erst im Jahre 1864 fand Nobel, daß das Sprengöl im Bohrloche durch Aufsetzen einer Pulverladung oder einer Sprengkapsel zur Explosion gebracht werden kann. Nobel erfand weiter 1866 das Gurdynamit und 1878 die Sprenggelatine. In der Mitte der 1880er Jahre erschienen die ersten Sicherheitsprengstoffe, die jetzt Wettersprengstoffe genannt werden, auf dem Markte.

<sup>1)</sup> Glückauf 1911, Nr. 27, S. 1053 u. f.; Meißner: Neue Erfahrungen mit dem Stoßtränkverfahren auf der Zeche Consolidation; — ferner ebenda 1911, Nr. 28, S. 1097 u. f.; Quiring: Neuere Versuche mit dem Stoßtränkverfahren usw.

Ähnlich wichtig wie die Vervollkommnung der Sprengstoffe war die Einführung der maschinellen Bohrarbeit. Die Erfindung der Bohrmaschinen fällt in die zweite Hälfte der 50er Jahre des vorigen Jahrhunderts. Im größeren Maßstabe wurden Bohrmaschinen seit 1861 beim Mont Cenis-Tunnel benutzt. Es handelte sich um Maschinen von Sommeiller. Ihre Einführung hatte zur Folge, daß der 12,2 km lange Tunnel in der Hälfte der veranschlagten Zeit (im Jahre 1870) fertiggestellt wurde.

## A. Herstellung der Bohrlöcher.

48. — **Allgemeines.** Die Herstellung der Bohrlöcher erfolgt drehend, stoßend oder schlagend. Das drehende Bohren erscheint insofern vorteilhaft, als es die mit dem Zurückziehen der Bohrer oder Bohrmaschinenteile unvermeidlich verbundenen Arbeitsverluste, die auf annähernd 50% geschätzt werden können, vermeidet. Auch ist der Verschleiß und die Ausbesserungsbedürftigkeit bei den drehenden Bohrmaschinen geringer als bei den stoßenden und schlagenden. Trotzdem besitzen diese im harten Gestein eine unzweifelhafte Überlegenheit, weil der erforderliche Druck des Bohrmeißels gegen das Gestein einfacher durch Stoß oder Schlag als durch Dauerwirkung erzielt werden kann.

### a) Drehendes Bohren.

49. — **Vorbemerkung.** Wenn man von der Diamantbohrung (s. Ziff. 65) absieht, so muß beim drehenden Bohren das Werkzeug während der Arbeit

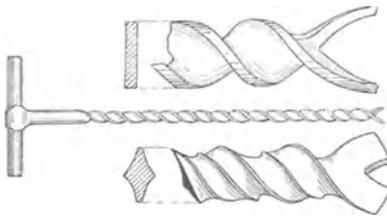


Abb. 149. Schlangenbohrer.

so stark gegen das Gestein gedrückt werden, daß die Schneiden fassen können. Das drehende Bohren wendet man hauptsächlich in weicheren Gesteinsschichten an, ohne aber damit auf diese beschränkt zu sein, da auch in den härtesten Gesteinen drehend gebohrt werden kann.

Man bohrt entweder mit Hand oder aber mittels Maschinenkraft.

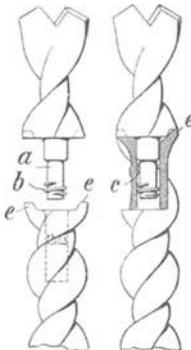


Abb. 10. Einsatzschneide.

50. — **Der Schlangenbohrer.** Zum drehenden Bohren benutzt man fast ausschließlich den Schlangenbohrer (Abb. 149). Dieser ist aus einer stählernen Stange mit rechteckigem oder rautenförmigem Querschnitt nach Art eines Holzbohrers spiralförmig gewunden. Erstere Form schafft das Bohrmehl besser aus dem Loche, letztere verdreht sich weniger leicht, ist also fester und für härteres Gestein geeigneter. Der arbeitende Teil des Schlangenbohrers wird bei mildem Gebirge durch zwei lang ausgezogene Spitzen (s. Abb. 149 oben), bei festem durch zwei unter einem stumpfen Winkel gegeneinander geneigte Schneiden (s. Abb. 149 unten) gebildet.

Die starke Abnutzung der Bohrerschneiden bei der maschinellen Bohrarbeit macht die Verwendung von

Einsatzschneiden erwünscht. Die Abb. 150 zeigt eine vom Betriebsführer Vullride zu Berka (Werra) angegebene Einsatzschneiden-Befestigung. An der Einsatzschneide befindet sich ein abgesetzter Schaft *a* mit einem auf dem dünnen Ende befindlichen, kurzen Gewindestück *b*, der in eine Bohrung mit entsprechendem Muttergewinde *c* gesteckt wird, indem man das Gewindestück durch das Muttergewinde hindurchschraubt. Eine Lösung kann bei Rechtsdrehung des Schlangenbohrers nicht eintreten, da das Gewinde gleichsam als Bund wirkt. Im übrigen ist das Gewinde völlig entlastet; das Mitnehmen der Einsatzschneide durch den Schlangenbohrer bei der Bohrarbeit geschieht durch die Ohren *ee*. Ähnliche Einsatzschneiden werden von allen Bohrmaschinenfirmen geliefert.

Die Einsatzschneiden werden zur Erhöhung der Haltbarkeit aus bestem Werkzeugstahl gefertigt. Dauerversuche auf Kalisalzgruben haben ergeben, daß mit Einsatzschneiden die Bohrleistung um 30—40% höher ist als mit gewöhnlichen Schlangenbohrern<sup>1)</sup>. Hierzu kommt die Annehmlichkeit, daß man nicht die langen Bohrer, sondern nur die kurzen Schneiden täglich zur Schmiede zu bringen braucht.

### 1. Drehendes Bohren mit Hand ohne und mit Benutzung von Handbohrmaschinen.

**51. — Ausführung der Bohrarbeit.** Am hinteren Ende des Schlangenbohrers ist das Auge angeschmiedet, durch das ein Holzgriff gesteckt wird.

An Stelle des Griffes benutzt man auch Kurbeln. Der erforderliche Druck kann (Abb. 151) mittels eines drehbar auf der Kurbel *b* sitzenden Brustbleches *a*, gegen das sich der Arbeiter mit der Brust lehnt, erzeugt werden.

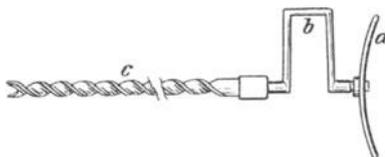


Abb. 151. Schlangenbohrer mit Kurbel und Brustblech.

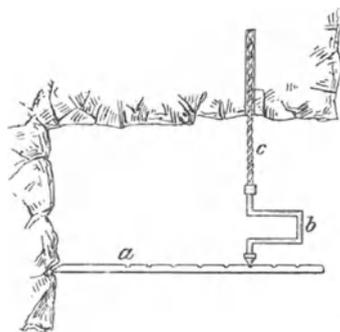


Abb. 152. Schlangenbohrer mit Kurbel und Bohreisen.

Viel angewandt wird das Bohren mit dem Bohreisen (Abb. 152). Es ist dies ein Flachkeil, der mit einer Spitze gegen einen Gesteinsvorsprung gesetzt wird. Das Bohreisen trägt als Widerlager für die Endspitze der Kurbel einzelne Aushöhlungen. Bei der Arbeit wird das freie Ende des Bohreisens und damit die Kurbel gegen das Gestein gedrückt, während die Kurbel gedreht wird. Entsprechend dem Tieferwerden des Bohrloches sucht man für die Spitze des Bohreisens neue Stützpunkte.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1914, S. 91; Versuche und Verbesserungen; — ferner Kali 1913, Nr. 24, S. 603; Mänicke: Die Verwendung von auswechselbaren Bohrschneiden usw.

**52. — Leistungen.** Die Leistungen des drehenden Handbohrens mit dem Schlangenbohrer sind sehr gut, solange der vom Arbeiter ausgeübte Druck von etwa 10—20 kg für das Eingreifen der Bohrerschneide in das Gebirge genügt. Auf 1 m Bohrloch kann man unter solchen Verhältnissen 10—30 Minuten Bohrzeit rechnen. Greift die Schneide bei dem angegebenen Drucke nicht mehr ein, so kann man bei sonst günstigem Gebirge zur Verwendung von Handbohrmaschinen übergehen.

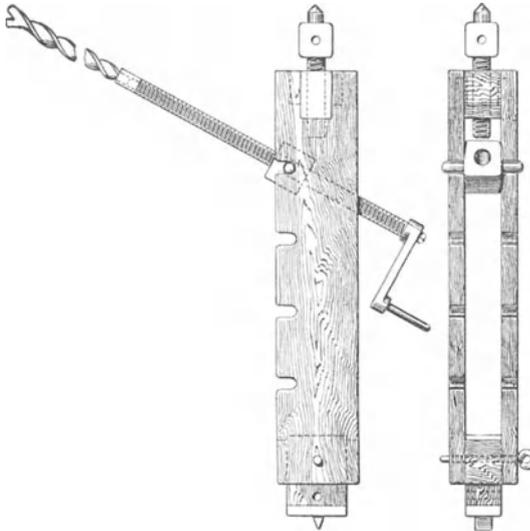


Abb. 153. Handbohrmaschine einfachster Art.

**53. — Handbohrmaschinen.** Durch die Entwicklung der Bohrhämmer (S. 190 u. f.) und der Freihand-Drehbohrmaschinen (S. 165 u. f.) haben die sogenannten Handbohrmaschinen wesentlich an Bedeutung verloren. Sie werden jetzt im wesentlichen nur noch dort angewandt, wo weder Druckluft noch Elektrizität als Kraftmittel zur Verfügung stehen. Die Handbohrmaschinen haben ihren Namen daher, daß bei ihnen einfache Kraftübertragungen (Schrauben, Hebel u. dgl.) zwischen Hand und Bohrer eingeschaltet werden. Zur Erzielung eines höheren Bohrdruckes, als er beim gewöhnlichen Handbohren erzeugt werden kann, werden die Handbohrmaschinen zwischen dem Gebirgsstoß und einem festen Widerlager eingespannt.

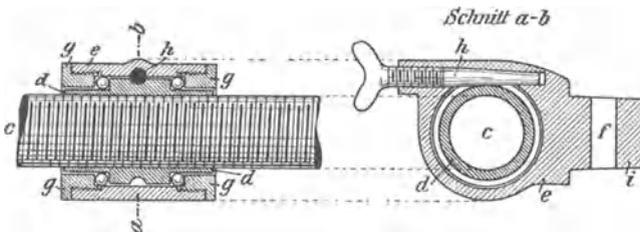


Abb. 154. Germania-Bohrmaschine von H. Korfmann jr. in Witten.

Die einfachste Handbohrmaschine (Abb. 153) besteht aus einer den Schlangenbohrer tragenden Schraubenspindel und der Schraubennutter, die mit 2 Zapfen in das als Widerlager dienende Gestell eingehängt wird. Die Schraubenspindel wird mittels Kurbel oder einer Bohrratsche (Knarre) gedreht. Die Kurbel ist bei genügendem Raum bequemer und läßt sich

schneller drehen, während die Knarre die Maschine unmittelbar am Stoße aufzustellen und, da sie einen größeren Hebelarm zuläßt, einen höheren Druck auszuüben gestattet. Mit jeder Umdrehung schiebt sich die Schraubenspindel mit dem Schlangenbohrer soviel voran, wie die Gewindesteigung beträgt. Man bemißt den Vorschub auf  $2\frac{1}{2}$ —5 mm auf eine Umdrehung.

Vielfach hat man auch die Mutter zweiteilig eingerichtet, so daß die beiden Teile aufgeklappt oder voneinander bewegt werden können. In solchem Falle wird zum Zwecke des Bohrerwechsels die Spindel einfach zurückgezogen.

Um den Vorschub besser, als es allein durch die gewählte Höhe der Gewindesteigung geschieht, der wechselnden Härte des Gesteins anpassen zu können, hat man die Vorschubmutter nicht fest, sondern drehbar verlagert, wobei sie jedoch durch eine Bremskraft festgehalten wird, die durch den bei größerer Gesteins-härte eintretenden Gegendruck überwunden wird. Die Spindel schiebt sich dann nur um das Maß des Unterschiedes zwischen ihrer und der Mutter Drehung vor.

Diese Vorschubregelung wird durch Abb. 154 veranschaulicht, wonach die Bremsung der auf Kugeln im Gehäuse *eg* verlagerten Mutter *d* durch Vorschrauben der konischen Spindel *h* erfolgt. Bemerkenswert an der Maschine ist noch, daß sie mittels nur eines Zapfens *i* in einem gekröpften Gestelle (Abb. 155) befestigt wird.

**54. — Verlagerung der Handbohrmaschinen in Standrohren und Maschinenhaltern.** An Stelle der Befestigung der Maschine im Gestell zieht man häufig die Verlagerung in einem Standrohre vor, das mit dem Fuße gegen ein beliebiges Widerlager, z. B. eine Kappe, einen Stempel oder dergl., abgestützt wird. Abb. 156 zeigt eine solche Anordnung. Die Vorschubmutter *b* ist frei drehbar unter Zwischenschaltung eines Kugellagers auf das Lagerstück *e* des Standrohres gesetzt, das an seinem unteren Ende einen gezackten Fuß besitzt. Die Vorschubregelung geschieht im vorliegenden Falle dadurch, daß der Bergmann das mit der Mutter *b* fest verbundene Handrad *c* mit der linken Hand festhält und nur bei zu starkem Gesteinswiderstande freigibt, um den Bohrer ohne Vorschub sich wieder frei arbeiten zu lassen.

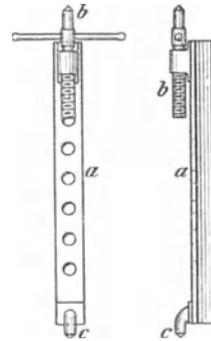


Abb. 155. Einseitiges, gekröpftes Gestell für Handbohrmaschinen.

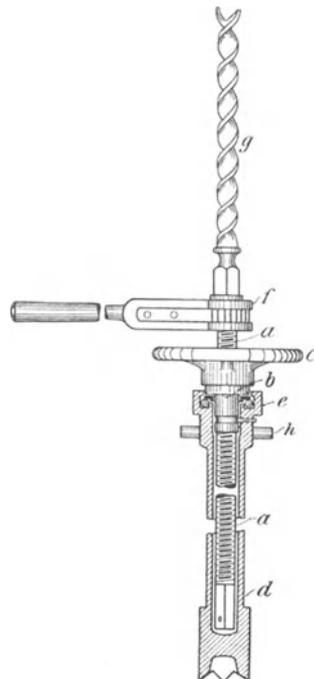


Abb. 156. Handbohrmaschine Westfalia mit Handrad.

Die Standrohrverlagerung wird allgemein in Aufbrüchen angewandt, hat sich aber auch in Streckenbetrieben und Abbauen bewährt, da ein geeignetes Widerlager für den Standrohrfuß in der Regel leicht hergerichtet werden kann.

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika ist die Bohrarbeit mit Maschinenhaltern viel verbreitet, die in dem Ortstoße selbst befestigt werden (Abb. 157). Neben dem zu bohrenden Loche wird zunächst ein 12 bis 15 cm tiefes Befestigungsloch gebohrt, in das der Fuß des Maschinenhalters *c* gesteckt und durch Eintreiben eines Keils *d* festgeklemmt wird. An dem freien Ende ist der gabelförmige Halter *e* zwecks Aufnahme der eigentlichen Bohrmaschine befestigt. Bei uns haben sich die Maschinenhalter noch nicht einbürgern können. Allerdings erfordern die Herstellung der Befestigungslöcher und das Festmachen der Halter darin einige Übung.

**55. — Leistungen.** 1 m Bohrloch läßt sich mit Handbohrmaschinen in mildem Gebirge (Tonschiefer, Kohle) in 5—10 Minuten, in festeren

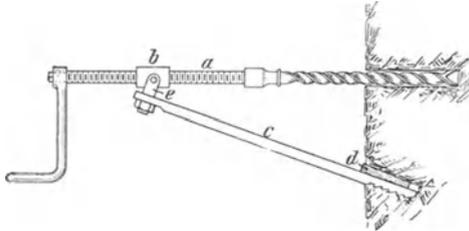


Abb. 157. Maschinenhalter mit Handbohrmaschine.

Schichten (z. B. Sandschiefer) in 10—20 Minuten reiner Bohrzeit (d. h. ohne Anrechnung der Zeit für Aufstellen und Fertigmachen der Bohreinrichtung und ohne Berücksichtigung der unvermeidlichen Arbeitspausen) abbohren. Insoweit dies nicht gelingt, wird man meistens zweckmäßig eine andere Art der Bohrarbeit wählen; weil in solchem Falle das Gestein für Handbohrmaschinen bereits zu hart ist. In mittelfestem Sandstein pflegen die Handbohrmaschinen schon zu versagen.

## 2. Drehendes Bohren mit mechanisch angetriebenen Bohrmaschinen.

### *α) Drehbohrmaschinen mit Preßluftantrieb.*

Der Motor einer Preßluft-Drehbohrmaschine ist entweder auf einem besonderen Wagen aufgestellt oder unmittelbar an die eigentliche Bohrmaschine angebaut.

**56. — Maschinen mit fahrbarem Motor.** Steht der Motor auf einem Wagen, so können Zylinder und Kolbenfläche groß genug bemessen werden, daß der Motor ohne Übersetzung ins Langsame die Bohrmaschine anzutreiben imstande ist (Abb. 158). Der Motor *M* wird zweckmäßig so aufgebaut, daß die von ihm angetriebene Kurbelwelle *K* etwa in der Mitte der Streckenhöhe liegt, um von hier aus annähernd gleichmäßig den Arbeitstoß in der unteren und oberen Hälfte beherrschen zu können. Die eigentliche, an einem Gestell *G* befestigte Bohrmaschine *B* entspricht in der Bauart und

Wirkungsweise den Handbohrmaschinen, nur ist sie kräftiger und größer gebaut. Bohrmaschine und Kurbelwelle des Motors pflegen durch eine Doppelgelenkstange *St*, an deren Stelle auch eine biegsame Welle treten kann, miteinander verbunden zu sein. Durch das Vorrücken der Bohrspindel wird der Motorwagen selbsttätig auf den Schienen nachgezogen.

Eine solche Bohreinrichtung ist sehr wenig ausbesserungsbedürftig und ist, solange die Festigkeit des Gebirges diejenige des gewöhnlichen Sand-schiefers nicht übersteigt, außerordentlich leistungsfähig. In etwa 10 Minuten reiner Bohrzeit läßt sich in solchem Falle ein Loch von 1 m Tiefe in der Regel bequem herstellen. Nachteilig ist, daß die losgeschossenen Berge

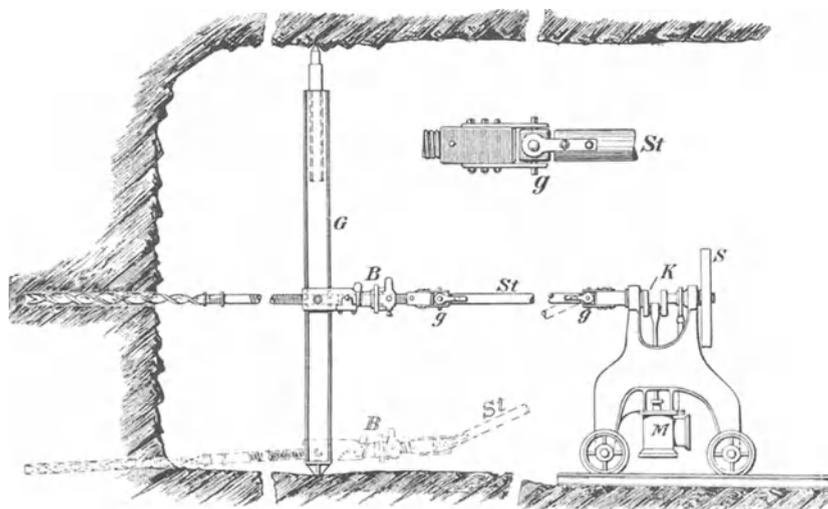


Abb. 158. Drehbohrmaschine mit fahrbarem Motor.

völlig weggefördert sein müssen, ehe mit dem Bohren der neuen Löcher begonnen werden kann. Lästig ist ferner die Größe und der Umfang der ganzen Bohreinrichtung, da die Gelenkstange allein schon, um nicht allzu scharfe Ablenkungswinkel in den Gelenken zu erhalten, etwa 2 m lang sein muß. Die Kosten der Gesamteinrichtung stellen sich auf ungefähr 2000 *M*. Derartige Bohranlagen eignen sich daher nur für größere Arbeiten, z. B. für Querschlagbetriebe, für die sie sich verschiedentlich gut bewährt haben.

57. — **Maschinen mit angebautem Preßluftmotor. Freihand-Drehbohrmaschinen.** Billiger, einfacher und handlicher werden die Maschinen, wenn man den Motor unmittelbar an die eigentliche Bohrmaschine anbaut. Die ersten derartigen Maschinen ließ man durch ein Gestell oder eine Spannsäule tragen. Später gelang es, die Maschinen so leicht zu bauen, daß der Arbeiter selbst sie halten und während der Bohrarbeit handhaben kann. Diese „Freihand-Drehbohrmaschinen“ haben in den letzten

Jahren eine schnelle Verbreitung gefunden.<sup>1)</sup> Sie zeichnen sich gegenüber den Bohrhämmern (s. Ziff. 90 u. f.) durch geringen Preßluftverbrauch und

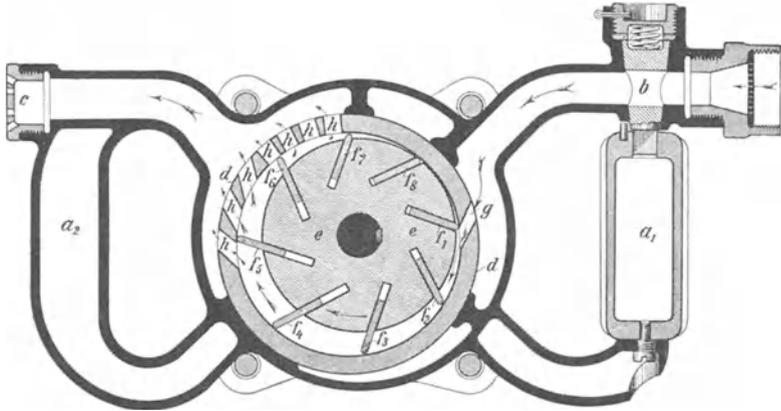


Abb. 159. Westfalia-Freihand-Drehbohrmaschine im Schnitt.

Wegfall der Staubentwicklung, der lästigen Erschütterungen und des starken Geräusches aus. Dabei sind die Leistungen in gleichmäßigem, mildem Ge-

birge (z. B. in schwefelkiesfreier Kohle, Carnallit) sogar höher und erreichen 0,5—1,6 m in der Minute; freilich versagen die Maschinchen in Gebirge von größerer und insbesondere von wechselnder Härte, so daß man in solchem Falle ohne Bohrhämmernicht auskommt. In Oberschlesien und in den Kalibezirken sind sie zu vielen Hunderten in Gebrauch; aber auch im Ruhrbezirk, wo die natürlichen Verhältnisse ungünstiger für sie liegen, haben sie Eingang gefunden.

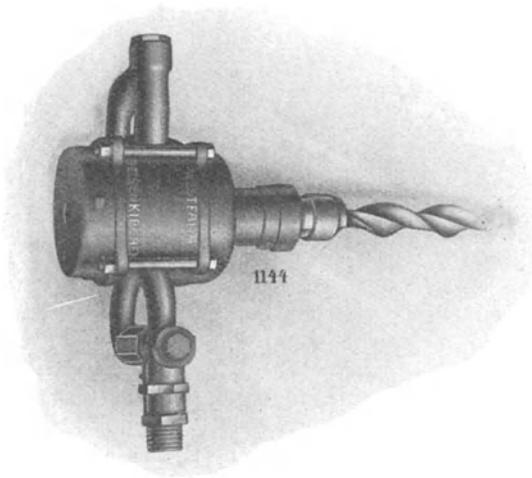


Abb. 160.

Ansicht der Westfalia-Freihand-Drehbohrmaschine.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes 1913, S. 147; Versuche und Verbesserungen; — ferner Glückauf 1913, Nr. 35 und 36, S. 1396 u. f.; Richter: Die Verwendung von Freihand-Drehbohrmaschinen usw. in Oberschlesien; — ferner Kohle und Erz 1914, Nr. 24, S. 594; Bansen: Der gegenwärtige Stand des Baues und der Verwendung von Freihand-Drehbohrmaschinen.

58. — **Beispiele.** Die Abbildungen 159 und 160 zeigen in Schnitt und Ansicht die Freihand-Drehbohrmaschine der Westfalia-A.-G. zu Gelsenkirchen. Der eine der beiden Handgriffe ( $a_1$ , Abb. 159) dient zur Zuführung der Frischluft, die über einen durch Drehung der Hand betätigten Einlaßhahn  $b$  dem Maschinchen in der Richtung der Pfeile zuströmt. Der zweite Handgriff  $a_2$  läßt die Abluft über einen Schalldämpfer ins Freie entweichen. Der Antrieb ist als Drehkolbenmaschine gebaut. In dem Zylinder  $d$  ist exzentrisch ein kleinerer zylindrischer Drehkolben  $e$  verlagert, der 8 durch Schleuderwirkung nach auswärts gedrückte, an den Stirnflächen und dem Zylindermantel abdichtend anliegende Aluminiumschieber  $f_1$ — $f_8$  trägt. Die durch  $g$  in den Zylinder eintretende Frischluft drückt auf die freien Schieberflächen und setzt unter Expansionswirkung den Drehkolben in der Richtung des nicht

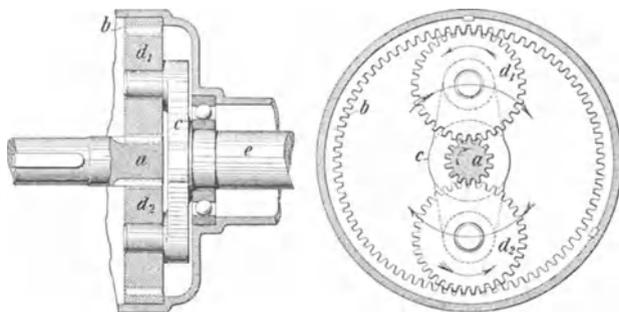


Abb. 161. Planetengetriebe.

gefederten Pfeiles in Umdrehung. Die Ausströmung aus dem Zylinder erfolgt durch die Öffnungen  $h$ .

Die Übertragung der Drehgeschwindigkeit ins Langsame geschieht durch ein sog. Planetengetriebe (Abb. 161), das keinerlei seitliche Achslagerung erfordert. Um die Ritzelwelle  $a$  kreisen zwei mit dieser und dem feststehenden Außenzahnkranz  $b$  in Eingriff stehende und untereinander durch eine Mitnehmerbrücke  $c$  verbundene Zahnräder  $d_1$   $d_2$ , wobei die Achse  $e$  der Brücke als Hülse zur Aufnahme des Schlangenbohrerkopfes ausgebildet ist. Die Umdrehungszahl des Motors von 3000 wird so für den Schlangenbohrer auf 500 herabgesetzt. Das Gewicht der Maschine ohne Bohrer ist 11 kg. Der Preßluftverbrauch ist etwa 170 l minutlich.

Für sehr harte Kohle baut die Westfalia langsamlaufende Freihand-Drehbohrmaschinen, bei denen mittels eines doppelten Planetengetriebes die Umdrehungszahl des Schlangenbohrers auf 125 minutlich herabgesetzt wird.

Ähnliche Freihand-Drehbohrmaschinen bauen die Firmen Frölich und Klüpfel zu Unter-Barmen, Demag zu Duisburg und Heinr. Korfmann jr. zu Witten.

Die Freihand-Drehbohrmaschine der Fabrik für Bergwerksbedarfsartikel zu Sprockhövel (Abb. 162) besitzt zwei schwingende, doppeltwirkende Zylinder  $a_1$   $a_2$ , deren beide Kolbenstangen  $b_1$   $b_2$  an einem gemeinschaftlichen Kurbelzapfen  $c$  angreifen. Die Außenflächen der Zylindergehäuse sind als Zylindermäntel ausgebildet und sind drehbar in den Lagerschalen

$d_1-d_4$  gelagert. Diese sowohl wie die Zylindergehäuse tragen die Steuerkanäle für die Frischluft  $e_1-e_4$  und diejenigen für die Abluft  $f_1-f_4$ . Der Anschluß der Frischluftleitung ist mit  $g$ , der Auspuff mit  $h$  bezeichnet. Die Steuerung erfolgt in der aus der Abb. 162 leicht ersichtlichen Weise durch die Drehung des Zylindergehäuses in den Lagerschalen. Die in Kugellagern laufende Kurbelwelle trägt ein gestrichelt angedeutetes Zahnrad  $o$ , das ein zweites größeres, in der Mittelachse  $m$  den Bohrer tragendes Zahnrad  $a_1$

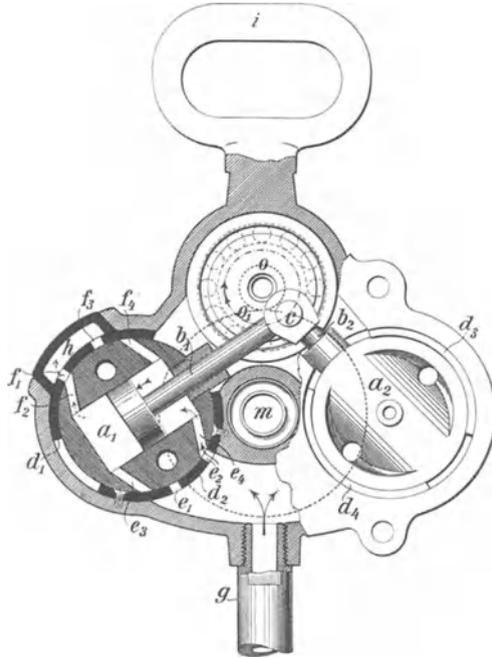


Abb. 162. Freihand-Drehbohrmaschine (in Schnitt und Ansicht) der Fabrik für Bergwerksbedarfsartikel zu Sprockhövel.

(ebenfalls gestrichelt angedeutet) antreibt. Bei der Arbeit wird das Maschinen an dem Griffe  $i$  und Rohr  $g$  gehalten und mittels eines Brustbleches nachgedrückt.

*β) Drehbohrmaschinen mit elektrischem Antrieb.*

**59. — Allgemeines.** Die elektrisch angetriebenen Drehbohrmaschinen entsprechen in der allgemeinen Anordnung den beschriebenen Preßluftbohrmaschinen. Auch bei ihnen finden wir den Unterschied zwischen Maschinen mit getrenntem und mit angebautem Motor. Man pflegte bei den ersteren den Elektromotor tragbar statt fahrbar zu machen und ihn durch eine biegsame Welle mit der Maschine zu verbinden. In den letzten Jahren sind aber diese Bohreinrichtungen, hauptsächlich wegen der Schwierigkeiten und hohen Kosten, die die biegsame Welle verursachte, verschwunden, so daß man jetzt allgemein die einfacheren, betriebs sichereren und billigeren Maschinen mit an-

gebautem Motor vorzieht. Bei diesen unterscheidet man Freihand- und Säulen-Drehbohrmaschinen. Für erstere gilt das in Ziff. 57 über die Freihand-Drehbohrmaschinen mit Preßluftantrieb Gesagte.

60. — **Beispiele.** Derartige Maschinen werden unter anderen von den Siemens-Schuckertwerken und der Allg. Elektrizitätsgesellschaft zu Berlin geliefert, und zwar bauen beide Firmen sowohl Freihand- wie Gestellbohrmaschinen. Als Beispiel einer Freihand-Drehbohrmaschine sei diejenige der Siemens-Schuckertwerke (Abb. 163 und 164) kurz erläutert, die vom Arbeiter an den zwei Griffen  $g$  während der Bohrarbeit gehalten und mittels eines federnden Brustbleches  $a$  nachgedrückt werden

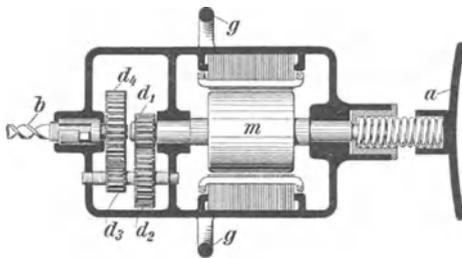


Abb. 163. Elektrisch angetriebene Freihand-Drehbohrmaschine der Siemens-Schuckertwerke im Schnitt.



Abb. 164. Ansicht der Freihand-Drehbohrmaschine der Siemens-Schuckertwerke.

kann. Der eine Griff enthält die durch einen Hebel zu betätigende Schalteinrichtung. Die 1500 minutlichen Umdrehungen des Ankers  $m$  werden durch ein doppeltes Rädervorgelege  $d_1-d_4$  auf 250 der Bohrspindel  $b$  herabgesetzt. Die erzielbaren Bohrleistungen liegen zwischen etwa 50 und 100 cm in der Minute. Hierbei beträgt die Leistungsaufnahme etwa 0,6 PS. Das Gewicht ist 12,5 kg. Die Maschinen werden für alle Niederspannungen, und zwar für Drehstrom und Gleichstrom, geliefert. Nach Abnahme des Brustschildes kann eine Schleifscheibe auf die Drehachse gesteckt werden, so daß man in schlagwetterfreien Gruben die stumpf gewordenen Bohrerseiden unmittelbar vor Ort nachschleifen kann. Die Maschine hat in Oberschlesien sehr starke Verbreitung gefunden.

Als Beispiel einer Säulen-Drehbohrmaschine sei diejenige der A. E. - G. aufgeführt. Die Abb. 165 zeigt die allgemeine Anordnung der Teile und gibt die Hauptmaße an, die Abb. 166 veranschaulicht den Antrieb besonders, während die Abb. 167 die Maschine im Gestell vor Ort darstellt. Der Motor treibt das Vorgelege  $a_1 a_2$  und mittels der Zahnräder  $b$  und  $c$  (Abb. 166) gesondert die Vorschubmutter und Spindel an. Die Mutter läuft langsamer als die Spindel, so daß der Vorschub von dem Unterschied der beiden Geschwindigkeiten abhängt (Differentialvorschub). Da das Zahnrad  $b$  auf seiner Achse nicht fest gekuppelt sitzt, sondern nur durch Bremsung gehalten wird, kann der Vorschub zeitweilig zum Stillstand gebracht werden, wenn wegen zu großer Gesteinhärte der Bohrer nicht mehr genügend vorrücken kann und der Bohrdruck eine gewisse Grenze übersteigt.

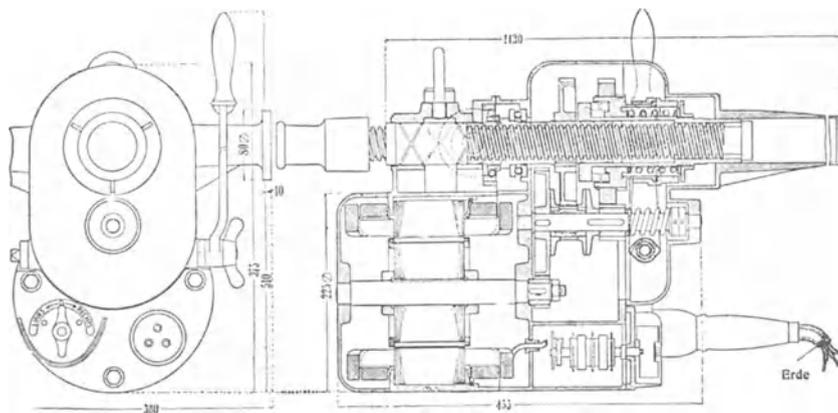


Abb. 165. Elektrisch angetriebene Säulen-Drehbohrmaschine der A. E.-G. im Schnitt.

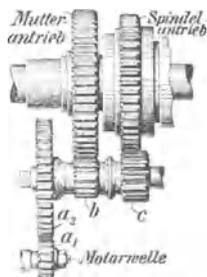


Abb. 166. Antriebsvorgelege der A. E.-G.-Drehbohrmaschine.

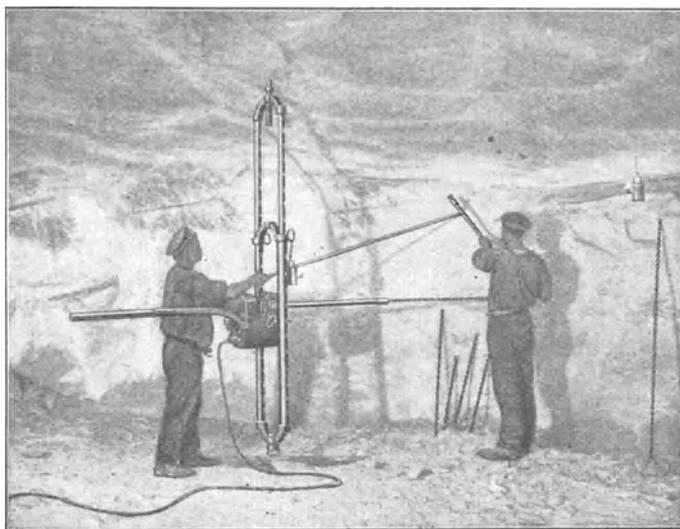


Abb. 167. Die elektrisch angetriebene A. E.-G.-Bohrmaschine vor Ort.

Je nach der Wahl des Motorvorgeleges kann die Bohrspindel mit etwa 110—300 Umdrehungen minutlich laufen, wobei der volle Vorschub zwischen 120—1040 mm liegt. Die Leistung der Maschine ist 1,5 PS, das Gewicht 90 kg.

Die Leistungen der elektrischen Drehbohrmaschinen in günstigem, gleichmäßigem Gebirge sind sehr hoch. In reinem Steinsalz, Carnallit und in Minette, die nicht von Kalknieren durchsetzt ist, sind 75—100 cm in der Minute erreichbar. In Hartsalz pflegen Leistungen von 36—50 cm minutlich erzielt zu werden. Auf einem Kalisalzwerke hat man mit einer A. E.-G.-Maschine in Hartsalz sogar 21,32 m in 62 Minuten abgebohrt. Auch die Gesamtleistungen in einer Schicht können außerordentlich hoch sein, was sich besonders zeigt, wenn man Gelegenheit hat, die Maschine voll auszunutzen. Das Verwendungsgebiet liegt hauptsächlich im Salz- und Minettebergbau, da dieser mit einem genügend gleichmäßigen Gebirge rechnen kann.

**61. — Drehendes Bohren in hartem Gebirge.** Da gut gehärteter Bohrstaal härter als Quarz ist, erscheint drehendes Bohren mit einem Stahlbohrer auch für die härtesten, im Bergwerksbetriebe vorkommenden Gesteine als anwendbar. Tatsächlich dringt unter genügend hohem Druck die Stahlschneide in alle Gesteinsarten ein, und das Gestein bricht und splittert ab. Für sehr harte Gesteine muß der Druck des Bohrers allerdings mehrere tausend Kilogramm betragen. Vorbedingung ist aber, damit die Schneide nicht glühend wird, daß die Umdrehung nur langsam erfolgt und für eine ausgiebige Kühlung Sorge getragen wird.

Die bisher besprochenen Drehbohrmaschinen sind für hartes Gestein nicht verwendbar. Weder die Gestelle noch die Bohrer und die Maschinen würden den erforderlichen Druck aushalten. Es fehlt ferner an der Kühlung der Bohrschneide. Auch die beschriebenen Antriebsmaschinen sind nicht geeignet, da sie weder für eine so geringe Umdrehungszahl in der Minute, noch für eine dem hohen Bohrdruck entsprechende starke Drehwirkung gebaut sind.

**62. — Druckwasser-Drehbohrmaschine von Brandt.** Es gibt nur eine drehende Bohrmaschine, die den Anforderungen für hartes Gestein entspricht. Es ist dies die mit Druckwasser angetriebene Bohrmaschine von Brandt, die von der Maschinenfabrik Gebr. Sulzer zu Winterthur geliefert wird. Die Maschine ist seit dem Jahre 1879 bekannt und hat im Tunnelbau eine große Bedeutung erlangt, ist aber früher auch im Bergwerksbetrieb mehrfach angewandt worden.

Die Maschine arbeitet mit Druckwasser von 20—150 Atm. Am besten eignet sich ein Druck von 60—80 Atm. Das Kraftwasser kann in Gruben, falls die erforderliche Druckhöhe vorhanden ist, unmittelbar aus der Steigleitung der Wasserhaltung entnommen werden. Ist dies nicht möglich, so wird eine besondere Maschinenanlage zum Pressen des Kraftwassers aufgestellt.

Das Druckwasser hat in der Brandtschen Maschine eine doppelte Aufgabe zu erfüllen; es muß den Bohrer drehen sowie vorschieben und zurückziehen. Dem Abwasser fällt außerdem die Aufgabe zu, das Bohrmehl aus dem Bohrloche zu spülen und die Bohrkronen zu kühlen.

Durch das Druckwasser wird (Abb. 168) eine zweizylindrige Wassersäulenmaschine betrieben, die mittels zweier Kurbeln eine Schnecke *a* in Umdrehung versetzt. Diese Schnecke dreht das Schneckenrad *b*, das fest mit dem Zylinder *c*, dem sog. Mitnehmerzylinder, verbunden ist, so daß dieser an der Drehung des Schneckenrades teilnehmen muß. Innerhalb des Mitnehmerzylinders liegt als feste Achse des Ganzen der Vorschubzylinder *d*, um den sich Mitnehmerzylinder und Schneckenrad drehen. Der Vorschubzylinder *d* ist hinten mittels des Spannrings *g* schwenkbar an der Spannsäule *S* befestigt, die in der Regel zwei Maschinen trägt und auf einem kräftigen Bohrwagen verlagert ist. Die Maschine liegt, wie die Abbildung zeigt, nicht seitlich der Spannsäule, sondern vor dieser, so daß keine Drehwirkung auf die Säule ausgeübt wird. Innerhalb des Vorschubzylinders *d* befindet sich der vor- und rückwärts verschiebbare Hohlkolben *e* (Druck- oder Preßkolben). Zwischen dem vorderen Teile des Kolbens *e* und der Wand des Vorschubzylinders verbleibt ein schmaler, ringförmiger Raum *r*, so daß der Kolben hinten eine große Druckfläche und vorn eine kleine besitzt. Das durch die Rohrleitung *f* zugeführte Druckwasser wirkt auf beide Kolbenflächen, weshalb der Kolben mit dem Differentialdrucke nach vorn gepreßt wird. Soll der Kolben zurückgehen, so wird durch ein Dreiwegstück der hintere Zylinderraum von der Druckwasserleitung abgesperrt, während man gleichzeitig das in ihm befindliche Wasser austreten läßt.

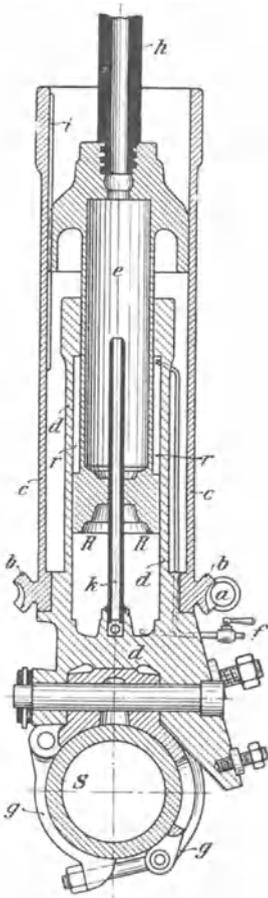


Abb. 168. Schematischer Schnitt durch die Brandtsche Bohrmaschine.

Der Hohlkolben trägt in seiner Verlängerung nach vorn das Bohrohr *h*. Auf diesem wird der eigentliche Bohrer befestigt. Der Bohrer muß somit dem Vorwärts- und Rückwärtsgange des Kolbens *e* folgen. Die Drehung des Bohrers wird dadurch erzielt, daß der Mitnehmerzylinder *c* mit einer Feder *i* in eine entsprechende Längsnut des verbreiterten Kopfes der Kolbenstange *e* eingreift. Die Wassersäulenmaschine erteilt also mit dem Schneckenrade *a* und dem Mitnehmerzylinder *c* gleichzeitig dem Kolben *e* und dem darauf befestigten Bohrer *h* eine Drehbewegung, während der Vorschub durch den im Vorschubzylinder auf die Kolbenfläche *R* wirkenden Druck des Kraftwassers erfolgt. Rohr *k*, das durch eine Stopfbüchsen-dichtung bis in den Hohlkolben *e* geführt ist, leitet das Abwasser der Wassersäulenmaschine zum Hohlbohrer. Das Wasser tritt am Umfange der Bohrkronen aus, kühlt die Schneiden und entfernt das Bohrmehl aus dem Bohrloche.

Der Bohrer ist aus zähem Stahl gefertigt und erhält zwei, drei oder vier Zähne, je nach der Härte des Gesteins. Die Weite der Bohrlöcher beträgt 65—88 mm. Der sich in das Bohrrohr schiebende Gesteinskern bricht meist von selbst ab und wird nachher mit dem Bohrer herausgezogen.

Die Bohr- oder Spannsäule, an der die Bohrmaschine befestigt ist, besteht aus einem Zylinder und einem darin verschiebbaren Tauchkolben. Beide Teile werden mittels Wasserdruckes auseinandergeschoben und pressen sich so mit großer Gewalt gegen die Gesteinstöße fest.

**63. — Umdrehungszahl, Kraftverbrauch und Leistungen.** Der Bohrer macht in der Minute nur etwa fünf Umdrehungen. Die Maschine verbraucht sekundlich 1—2 l Wasser. Bei mittlerem Wasserdruck kann der Kraftverbrauch einer Maschine mit etwa 15 PS angenommen werden.

Die Leistungen der Brandtschen Bohrmaschinen sind auch in hartem Gestein recht befriedigend. In sehr hartem Konglomerat kann man in einer Minute nutzbarer Bohrzeit immer noch 1,2 cm, in Gneis bis zu 4 cm und in festem Sandstein 4—5 cm Bohrfortschritt erzielen. Im Mansfeldschen hat man im Jahre 1888 in 292 Arbeitstagen 1694 m Strecke aufgefahren, durchschnittlich also 5,8 m an einem Tage. Bei günstigem Gebirge stieg der Tagesfortschritt im monatlichen Durchschnitt auf 6,2 m. Dabei ist stets nur mit zwei Maschinen vor Ort gearbeitet worden, und für zwei Streckenbetriebe mit zusammen vier Maschinen genügte eine einzige als Aushilfe. Daraus ergibt sich eine große Haltbarkeit und geringe Ausbesserungsbedürftigkeit der Maschinen. Nach fünfjährigem Gebrauche sind sie noch tadellos erhalten gewesen.

Noch höhere Leistungen sind beim Auffahren des Simplontunnels erzielt worden. Hier wies die höchste Wochenleistung sogar einen durchschnittlichen täglichen Arbeitsfortschritt von 9,02 m auf.

**64. — Vor- und Nachteile des Betriebes.** Die Arbeit selbst ist wegen der großen Nässe nicht gerade angenehm. Es läßt sich nicht vermeiden, daß die Streckensohle mehr oder weniger unter Wasser steht. Für den Bergbau kommt hinzu, daß die Abwasser nicht tieferliegende Baue gefährden dürfen und eine Wasserhaltung vorhanden sein muß. Häufig muß schon aus diesem Grunde die Verwendung Brandtscher Maschinen außer Betracht bleiben.

Ein Vorteil der Maschinen sind die weiten Bohrlöcher, die es gestatten, die Hauptmasse der Sprengladung tief in das Gestein zu bringen. Die Sprengwirkung ist deshalb sehr gut. Allerdings stellt sich dabei der Übelstand heraus, daß das Gestein um das Bohrlochtiefste herum arg zerschlagen wird. Ein nachträgliches Erweitern oder sorgfältiges Bereißen der Strecke ist deshalb angebracht.

**65. — Diamantdrehbohrmaschinen.** Als drehende Bohrmaschinen für festes Gestein sind schließlich noch Diamantbohrmaschinen verwendbar in der Art, wie sie für Tiefbohrungen und für Untersuchungslöcher (s. S. 119 u. f.) benutzt werden. Während der Meißel der Brandtschen Maschine in das Gestein hineingedrückt wird und dieses durch Beanspruchung auf Abscherung wegbricht, schabt oder schleift die Diamantkrone das Gestein fort. Tatsächlich lassen sich so hohe Bohrleistungen erzielen.

Wenn trotzdem solche Bohrmaschinen für die Zwecke der Sprengarbeit nicht Eingang finden, so liegt es an dem hohen Diamantverbrauch und den hieraus entstehenden Kosten. Man wird die Diamantkosten in hartem, quarzigem Gestein mindestens auf 50—60 S, je 1 m Bohrloch und z. T. noch höher<sup>1)</sup> schätzen können.

**66. — Rückblick.** Im allgemeinen kann man sagen, daß das Verwendungsgebiet für drehendes Bohren, wenn man von den Brandtschen Bohrmaschinen absieht, in verhältnismäßig weichem und gleichmäßigem Gebirge liegt. In festerem Gesteine dagegen und namentlich dann, wenn die Härte wechselt, versagen die gewöhnlichen Drehbohrmaschinen, und es eröffnet sich das Feld für die stoßenden und schlagenden Bohrmaschinen.

### b) Stoßendes Bohren.

**67. — Vorbemerkung.** Während beim drehenden Bohren die Schneide des Bohrers dauernd gegen das Gestein gepreßt und dieser gleichzeitig gedreht wird, verläuft der Arbeitsvorgang beim stoßenden Bohren derart, daß

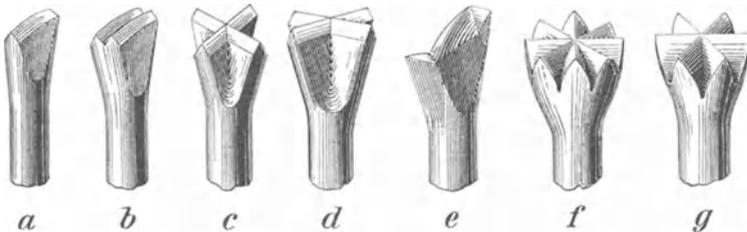


Abb. 169 a—g. Meißelformen für stoßendes und schlagendes Bohren.

der Bohrer eine stoß- oder wurfartige Hin- und Herbewegung macht, wobei der Meißel jedesmal mit der Schneide auf das Gestein trifft und von diesem kleine Teilchen absplittert. Es wird also die lebendige Kraft des nach vorn gestoßenen Bohrers ausgenutzt. Der Erfolg der Bohrarbeit hängt einerseits von der Kraft des einzelnen Stoßes und andererseits von der Zahl dieser Stöße ab.

Die stoßende Hin- und Herbewegung des Bohrers erfolgt entweder unmittelbar mit Hand oder durch Maschinenkraft.

**68. — Bohrer.** Die Bohrer bestehen (wie übrigens auch in fast gleicher Weise beim schlagenden Bohren) aus runden oder sechs- oder achtkantigen Stahlstangen von 18—30 mm Dicke, an deren einem Ende die Schneide ausgemietet wird. Nach der Form der Schneide unterscheidet man Meißel-, Doppelmeißel-, Kreuz-, Z- und Kronenbohrer, von denen die verbreitetsten Formen in Abb. 169 dargestellt sind. Am häufigsten sind die einfachen Meißelbohrer. Die Schneide bildet bei ihnen eine gerade oder gebogene oder gebrochene Linie. Die höchste Bohrleistung erzielt man mit der einfachen geraden Schneide, weil bei ihr die lebendige Kraft des Bohrers auf einer ver-

<sup>1)</sup> Glückauf 1907, Nr. 17, S. 502: Die Verwendung von Gesteinsbohrmaschinen in Oberschlesien; — ferner Jahrb. f. d. Berg- u. Hüttenw. im Kgr. Sachsen 1890, S. 95 u. f.

hältnismäßig kleinen Fläche zur Wirkung kommt. In hartem Gestein pflegt man aber Meißel mit einer gebogenen oder gebrochenen (Abb. 170) Schneide vorzuziehen, weil die Ecken besser geschont werden. Die beiden Schneidflächen sind bei Bohrern für härteres Gestein, wie dies Abb. 170 veranschaulicht, unter einem Winkel von etwa  $90^\circ$  gegeneinander geneigt. Je härter das Gestein ist, desto stumpfer wählt man den Schneidenwinkel.

Die sonstigen Meißelformen haben den Vorzug, daß das Bohrloch leichter rund zu halten ist. Diese Schneiden sind aber schwieriger herzustellen, und ihre Wirkung sinkt, da sich der Druck auf eine größere Fläche verteilt.

Da man für die Fertigstellung eines Bohrloches mehrere Bohrer anwenden muß und das Bohrloch wegen der andauernden Abnutzung der Meißelcken fortgesetzt enger wird, gibt man den Schneiden der einzelnen Bohrer eine verschiedene Breite, derart, daß die kürzesten Bohrer („Anfänger“) die breiteste Schneide haben.

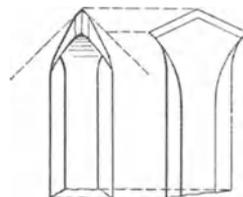


Abb. 170. Zuschärfung des Bohrmeißels bei einem Meißelbohrer.

### 1. Stoßendes Bohren mit Hand.

**69. — Die Arbeit mit Bohrstangen.** Beim stoßenden Bohren mit Hand wird der Bohrer, der hier als Bohrstange ausgebildet ist, mit beiden Händen gefaßt und unter fortwährendem Umsetzen gegen die Bohrlochsohle gestoßen. Das Bohrmehl wird durch Wasserspülung oder einen Krätzer entfernt. Damit die Bohrstange ein angemessenes Gewicht erhält und in jeder Stellung bequem gehandhabt werden kann, wird sie auf 1,5 m und

Abb. 171. Stoßbohrer.

darüber verlängert; um die Bohrer nicht zu oft zur Schmiede schicken zu müssen, pflegt man sie an beiden Enden mit Schneiden zu versehen (Abb. 171).

Die Leistungen sind je nach der Gesteinhärte sehr verschieden. Man kann auf 1 m Bohrloch 10—60 Minuten rechnen.

In engen Grubenräumen ist die stoßende Bohrarbeit mit Hand wenig angebracht. Am besten hat sie sich auf den mächtigen Flözen Oberschlesiens und beim Schachtabteufen bewährt. Aber auch in diesen Fällen ist sie mehr und mehr durch die Arbeit mit Bohrhämmern verdrängt worden.

**70. — Stoßende Handbohrmaschinen.** Mehrfach sind stoßend wirkende Handbohrmaschinen vorgeschlagen und versucht worden<sup>1)</sup>. Bei diesen wird mit Hilfe einer Kurbel nebst Schwungrad der Bohrer zurückgezogen und gleichzeitig eine Feder gespannt. Nach Abgleiten eines Nockens von einer Daumenwelle schnellt die Federkraft den Bohrer frei vor, so daß er gegen das Gestein schlägt. Trotz vieler Versuche haben sich solche Maschinen bei uns nicht einbürgern können.

<sup>1)</sup> Handbuch der Ingenieurwissenschaften, (Leipzig, Engelmann), 4. Teil, Baumaschinen, 2. Abteilung, VI. Kap., Gesteinsbohrmaschinen, 1903, S. 256 u. f.

## 2. Mechanisch angetriebene Stoßbohrmaschinen.

Die mit mechanischer Kraft arbeitenden Stoßbohrmaschinen werden mit Preßluft oder mit elektrischem Strom angetrieben.

### *α) Preßluftstoßbohrmaschinen.*

**71. — Arbeitsweise.** Bei den Preßluftbohrmaschinen wird die Tätigkeit des Arms durch einen Treibkolben ersetzt, auf dessen Kolbenstange ein Meißelbohrer aufgesetzt ist. Der Kolben wird in einem Zylinder durch den Druck der abwechselnd an dem einen und anderen Ende eintretenden Preßluft schnell hin und her geschleudert. Der Bohrer muß nach jedem Stoße regelmäßig umgesetzt werden. Außerdem muß ein Vorschub des Arbeitszylinders entsprechend dem Tieferwerden des Loches stattfinden. Demgemäß sind drei gesondert zu betrachtende Arbeitsvorgänge zu unterscheiden.

**72. — Das Spiel des Arbeitskolbens.** Beim Hin- und Hergang des Arbeitskolbens mit dem Meißelbohrer wird Nutzarbeit nur beim Vorstoße des Bohrers in dem Augenblicke geleistet, wenn die Bohrerschneide mit der im Arbeitskolben, in der Kolbenstange und im Bohrer aufgespeicherten lebendigen Kraft gegen das Gestein trifft. Der Rückzug des Bohrers dient nur dazu, den Schlag vorzubereiten. Deshalb kann, während der Vorstoß des Bohrers möglichst kräftig und schnell erfolgen soll, der Rückzug mit verminderter Kraft vor sich gehen. Ein gewisser Kraftüberschuß ist allerdings auch beim Rückgange des Kolbens erforderlich, damit etwaige Klemmungen des Bohrers im Loche, besonders in ungleichmäßigem Gebirge, überwunden werden.

Diese Verschiedenheit der Kraftäußerung wird dadurch erzielt, daß die Preßluft beim Vorstoße des Bohrers auf die ganze hintere Kolbenfläche, dagegen beim Rückgange nur auf die durch den Querschnitt der Kolbenstange verminderte Kolbenfläche wirkt.

**73. — Zylinderdurchmesser, Hublänge, Schlagzahl.** Die Schlagkraft der Maschine hängt außer vom Zylinderdurchmesser auch von der Länge des Hubes ab. Denn je länger die Preßluft Zeit hat, auf den Kolben zu wirken, um so größer wird die ihm erteilte Geschwindigkeit. Ein langer Hub wirkt ferner dadurch günstig, daß das Bohrmehl mehr aufgerührt und besser aus dem Bohrloche befördert wird. Dieser Vorzug des langen Hubes macht sich besonders bei tiefen, annähernd wagerecht verlaufenden Löchern geltend, die sonst schwer vom Bohrmehl frei zu halten sind. Stehen nur schwache Luftdrücke zur Verfügung, so können große Zylinderdurchmesser von Vorteil sein, weil sie trotz geringen Druckes einen verhältnismäßig starken Schlag ermöglichen.

Nicht immer jedoch sind die größten Zylinderdurchmesser und Hublängen am vorteilhaftesten. Denn die Widerstandsfähigkeit des Gesteins gegen das Eindringen des Bohrmeißels ist an der Oberfläche am geringsten. Es ist deshalb sehr wohl möglich, daß drei schwächere Schläge, die jedesmal das Gestein an anderer Stelle der Oberfläche treffen, mehr Masse absprengen und so eine größere Wirkung haben als ein einziger, starker Schlag, in dem die dreifache lebendige Kraft zur Äußerung kommt. Dabei ist zu beachten, daß schwächere Schläge schneller aufeinander folgen können als kräftigere,

da die zu beschleunigenden Massen geringer sind. Je leichter die Maschine gebaut ist, um so höher ist die Schlagzahl. Der Preßluftverbrauch schließlich hängt unmittelbar von den Abmessungen der Maschinen und von der Schlagzahl ab.

Die üblichen Maschinen haben Zylinderdurchmesser von 55—100 mm und Hublängen von 150—280 mm, die Schlagzahlen liegen zwischen 280 und 400 minutlich.

**74. — Die Steuerung. Maschinen ohne bewegte Steuerungsteile.** Man kann zweierlei Steuerungsarten unterscheiden: Entweder fehlen bewegte Steuerungsteile gänzlich, und der Kolben steuert sich selber dadurch um, daß er je nach seiner Stellung im Zylinder Luftkanäle öffnet oder schließt, oder die Steuerungsteile werden durch die Preßluft bewegt.

Maschinen der ersten Art zeichnen sich durch besondere Einfachheit und geringe Ausbesserungsbedürftigkeit aus. Als Beispiel mag die „Triumph“-Bohrmaschine der Ruhrthaler Maschinenfabrik zu Mülheim a. d. Ruhr kurz beschrieben werden (Abb. 172).

Die einströmende Luft tritt bei der in der oberen Abbildung gezeichneten Stellung des Kolbens durch den Ringraum *a*, die Schlitzeb, den Ringraum *c* und vier Kanäle *e* vor den Kolben, um diesen infolge des geringen freien Querschnitts mit verhältnismäßig kleiner Kraft nach rechts zu treiben. Hat die linke Fläche des Kolbens die Reihe der Luftaustrittslöcher *g* erreicht, so pufft die Luft vor dem Kolben aus. Zugleich ist der mit den 5 Kolbenkanälen *d* in Verbindung stehende zweite Ringraum *c* vor die Zuführungsslitze *b* getreten, der Kolben hat die in der unteren Abbildung gezeichnete Stellung erreicht, und nun gelangt die Preßluft von *a* durch *c* und *d* hinter den Kolben und schleudert ihn mit dem vollen, der Kolbenfläche entsprechenden Drucke vorwärts, bis der Bohrer auf das Gestein aufschlägt und seine in der oberen Abbildung gezeichnete Anfangslage wieder einnimmt. Die Abmessungen der einzelnen Teile sind so gewählt, daß die Luft nur auf etwa ein Drittel des Kolbenvorschubes mit vollem Drucke wirkt und sich dann entspannt. Hervorzuheben an der Bauart ist noch, daß sie die Anbringung von Abdichtungsfedern // auf dem Kolben nicht verhindert.

Alle Maschinen dieser Art haben den Nachteil, daß bereits bei geringem Verschleiß der Luftverbrauch schnell zu- und die Schlagkraft abnimmt, da dann ein Teil der Preßluft sich unmittelbar nach dem Auspuff hin durchdrückt. Außerdem sind die Maschinen für einen langen Hub und stärkere Füllungsgrade nicht geeignet, so daß sie für hartes Gestein nicht leistungsfähig genug sind. Aus diesen Gründen haben sie sich nicht allgemein einbürgern können.

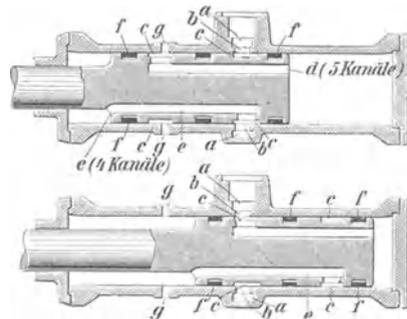


Abb. 172  
Steuerung der „Triumph“-Bohrmaschine  
der Ruhrthaler Maschinenfabrik.

**75. — Steuerungen mit bewegten Teilen.** Von den Steuerungen mit Betätigung durch Preßluft sind am meisten verbreitet die Kolbensteuerungen.

Als Beispiel sei die von der Deutschen Maschinenfabrik zu Duisburg an ihren Maschinen angewandte Steuerung an der Hand der Abb. 173 erläutert. Der Steuerkolben trägt drei gleich große Bunde  $a_1$ — $a_3$  und nimmt in den zylindrischen Bohrungen der Endbunde die kolbenartigen, feststehenden Stopfen  $b_1 b_2$  in sich auf. Als für die Umsteuerung wirksame Räume kommen die Ringräume  $f_1 f_2$  und die zylindrischen Räume  $g_1 g_2$  in Betracht. Die Kanäle  $h_1 h_2$  setzen die Ein- und Ausströmungskanäle  $c_1 c_2$  mit den Ringräumen  $f_1 f_2$  in Verbindung, so daß hier wie dort wechselseitig gleiche Drücke herrschen. In der Abbildung ist die linke Endstellung des Steuerkolbens dargestellt. Die Kanäle  $e_1 e_2$  stehen dauernd unter Frischluftdruck, so daß die

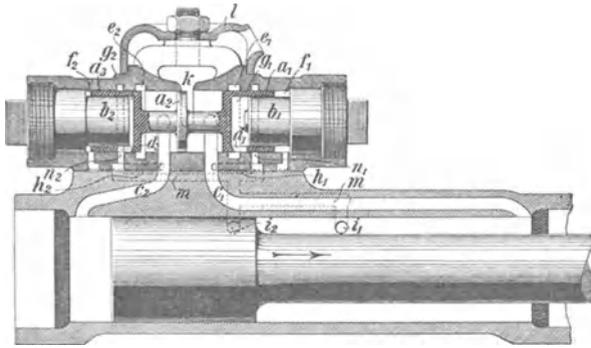


Abb. 173. Bohrmaschinensteuerung der Demag.

Frischluft einerseits von  $e_2$  über  $c_2$  in den Arbeitszylinder strömt, um den Arbeitskolben nach rechts zu treiben, und anderseits über den Schlitz  $d_1$  in den zylindrischen Stellerraum  $g_1$  tritt. Da der Raum  $g_2$  über  $d_2$ , die Kanäle  $m, i_1$  und den Auspuff entlastet und die Druckfläche des Raumes  $g_1$  größer als die des Ringraumes  $f_2$  ist, wird der Steuerkolben in seiner linken Endlage sicher festgehalten. Die Ringfläche  $f_1$  ist über den Kanal  $h_1$  zum Auspuff hin entlastet. Die Abluft aus dem Arbeitszylinder bläst über  $c_1$  und  $k$  durch den drehbaren Auspuff  $l$  ins Freie ab. Hat der vorwärtsfliegende Arbeitskolben den Kanal  $i_2$  überschritten, so gelangt Frischluft aus dem Arbeitszylinder über  $i_2, m$ , Ringkanal  $n_2$  und Schlitz  $d_2$  in den Raum  $g_2$ , so daß jetzt der in den Räumen  $f_2$  und  $g_2$  vorhandene Druck den Steuerkolben gegen den Frischluftdruck in  $g_1$  umsteuert. Sobald der Steuerkolben in seine rechte Endlage gelangt ist, beginnt das Spiel unter sonst gleichen Verhältnissen von neuem.

Bei allen Kolbensteuerungen muß der Arbeitskolben die Steuerkanäle öffnen oder schließen, ehe er noch seinen Weg ganz beendet hat. Damit er nun trotzdem seinen Weg vollenden und den vollen starken Schlag ausüben kann, sind die Kanäle so angeordnet, daß der Steuerkolben dem Arbeitskolben etwas nachhinkt. Besonders gilt dies für die vordere Endstellung, damit der Schlag „sitzt“.

**76. — Umsetzvorrichtung.** Das Umsetzen erfolgt bei allen Maschinen selbsttätig und nach etwa demselben Grundgedanken, wie er in der Abb. 174 zum Ausdruck kommt.

Im hinteren Teile des Arbeitszylinders sind an der Endplatte  $p$  ein Sperrad  $a$  und Sperrklinken  $b$  in solcher Anordnung angebracht, daß das Sperrad sich wohl nach einer Richtung hin frei drehen kann, nach der anderen Richtung aber an jeder Drehung verhindert wird. Die Federn  $c$  drücken

Abb. 174. Umsetzvorrichtung.

ständig auf die Sperrklinken und halten diese mit dem Rade in Eingriff. Das Sperrad trägt eine Drallspindel  $d$  mit steilgängigem Gewinde, die in der Achsrichtung in den Zylinder hineinragt und an der Drehbewegung des Sperrades teilnimmt. Auf das steilgängige Gewinde der Drallspindel greift das entsprechende Gewinde einer Schraubenmutter  $e$ , die im Innern des Arbeitskolbens untergebracht und mit diesem fest verbunden ist. Eine Bohrung im Arbeitskolben und in der Kolbenstange gestattet, daß sich die Drallspindel gänzlich in den Kolben hineinschieben kann.

Während der Rückwärtsbewegung des Kolbens verhindert das Gesperre die Drehung des Sperrades und der Drallspindel. Es müssen sich also Mutter, Kolben und der auf der Kolbenstange sitzende Bohrer drehen. Bei der Vorwärtsbewegung des Bohrers dagegen wird die Drallspindel an der Drehung durch das Gesperre nicht gehindert. Der Arbeitskolben fliegt mit dem Bohrer ohne Drehung geradeaus, während Drallspindel und Sperrad, durch die Mutter gezwungen, eine entsprechende Drehbewegung machen. Dieses Spiel wiederholt sich fortwährend, so daß der Bohrer beim jedesmaligen Rückgange sich dreht und beim Vorstoße mit einer anderen Meißellage das Gestein trifft. Die Kraft des Schlages wird, weil der Kolben während der Vorwärtsbewegung frei geradeaus fliegen kann, nicht geschwächt.

Statt der Sperrklinken werden bei manchen Maschinen Rollen- oder Kugelgesperre, ähnlich dem „Freilauf“ bei Fahrrädern, benutzt (Abb. 175).

**77. — Vorschubeinrichtung.** Der jetzt bei allen Maschinen in gleicher Weise angewandte Vorschub erfolgt durch Drehung einer Kurbel (s. Abb. 176). Der Arbeitszylinder ist unten mit einer Vorschubmutter fest verbunden, so daß er bei Drehung der im Schlitten verlagerten Vorschubspindel mittels der Kurbel voranrücken muß. Der Zylinder wird während des Vorschubs durch besondere Nuten im Schlitten geführt. Da die Führungsnuten im Schlitten bei den fortwährenden Stößen der Maschine und unter der Wirkung des unvermeidlichen Staubes stark verschleifen, pflegt man sie jetzt nachstellbar einzurichten.

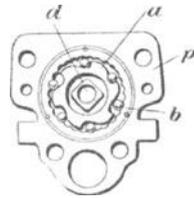


Abb. 175. Sperrad mit Kugelgesperre.

**78. — Die Maschinenausführung im allgemeinen.** Als ein Beispiel für die Bauart von Preßluftstoßbohrmaschinen sei die schon erwähnte Bohrmaschine der Deutschen Maschinenfabrik (Demag) zu Duisburg aufgeführt, deren Steuerung schon in Ziff. 75 beschrieben ist. Abb. 173 (S. 178) stellt die Maschine im Längsschnitt und Abb. 176 in der Ansicht dar.

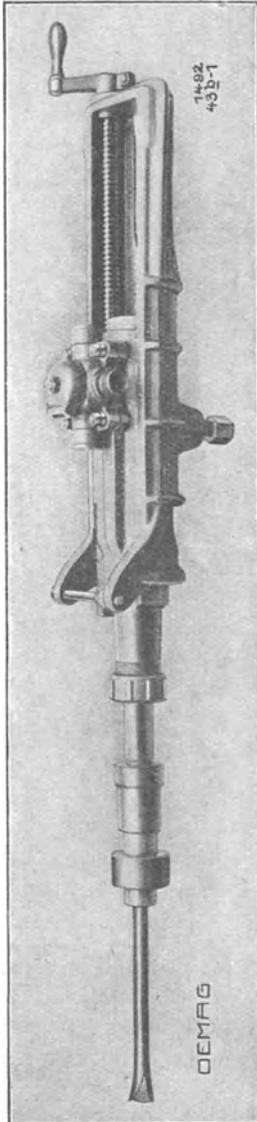


Abb. 176. Ansicht der Demag-Stoßbohrmaschine.

Die Luftzuführung erfolgt seitlich des Steuergehäuses. Dessen Lage am hinteren Zylinderende gestattet der Preßluft einen unmittelbaren Zutritt zur Kolbenfläche durch einen sehr kurzen Kanal, so daß der Schlag des Kolbens plötzlich und mit voller Gewalt erfolgen kann. Oben in den Abbildungen ist der „Schalldämpfer“ sichtbar, der das Geräusch der auspuffenden, verbrauchten Druckluft verringert und als Haube drehbar angeordnet ist, um dem ausblasenden Luftstrom jede beliebige Richtung geben zu können.

Eine Eigentümlichkeit ist die Hubbegrenzung des Arbeitskolbens nach vorn (Abb. 177), die hier durch den Kolben selbst bewirkt wird. Ist man mit dem Vorschub der Maschine der Vertiefung des Bohrlochs nicht entsprechend gefolgt, so schlägt der Kolben soweit nach vorn, daß hinter ihm der Kanal *a* bloßgelegt wird. Die Preßluft tritt nun hinter und (über die Nut *b*) auch vor den Kolben und hält diesen fest. Die Maschine kommt also außer Tätigkeit. Sobald sie aber mit der Vorschubkurbel etwas voran

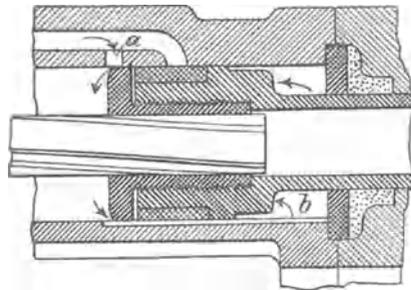


Abb. 177.  
Hubbegrenzung der Demag-Bohrmaschine.

geschoben wird, so daß der Kolben den Kanal *a* wieder verdeckt, arbeitet sie selbsttätig weiter.

Die Maschinen werden in vier Größen mit 60, 75, 90 und 100 mm Zylinderdurchmesser gebaut und wiegen 48—115 kg.

Die Demag-Maschine erhielt bei den in Transvaal von der Johannesburger Bergwerkskammer 1909—1910 veranstalteten und beaufsichtigten achtmonatigen Dauerversuchen unter Berücksichtigung der Bohrleistung, des Luftverbrauchs und der Unterhaltungskosten einen der beiden Preise von 50000 *M.*

**79. — Wasserspülung bei Stoßbohrmaschinen.** Um das Bohrloch vom Bohrmehl zu befreien, sucht man, soweit irgend möglich, Wasser in das Bohrloch tiefste zu bringen. Bei abwärts gerichteten Löchern geschieht dies durch Schöpfen aus einem Eimer. Bei stärker aufwärts gerichteten Löchern ist Wasser nicht erforderlich, weil das Bohrmehl ohne Nachhilfe herausfällt. Am schwierigsten gestalten sich die Verhältnisse bei annähernd söhligen oder nur schwach ansteigenden Löchern. Hier sucht man sich durch einen unter starkem Druck eingespritzten Wasserstrahl zu helfen. Berieselungsleitungen werden gern dafür ausgenutzt. Wo derartige Leitungen nicht vorhanden sind, gebraucht man wohl eine besondere Pumpe, oder man füllt das Wasser in einen allseitig geschlossenen Behälter,

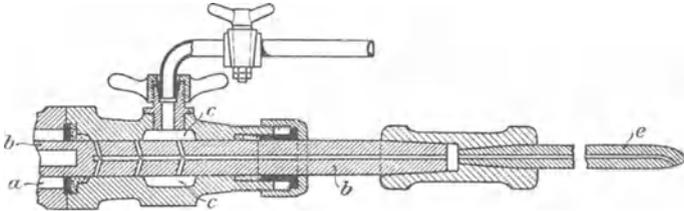


Abb. 178. Wasserspüleinrichtung an Stoßbohrmaschinen.

aus dem es durch den Druck der hineingeleiteten Preßluft herausgedrückt werden kann. Das Mundstück des Strahlrohres wird dicht neben der hin und her gehenden Bohrstange auf das Bohrloch gerichtet, damit der Strahl möglichst tief in das Loch hineinspritzt. Immerhin kann bei tiefen Löchern die Beseitigung des Bohrmehls unvollkommen bleiben.

Man hat deshalb mehrfach versucht, Hohlbohrer mit Wasserspülung anzuwenden. Vor dem Arbeitszylinder *a* (Abb. 178) ist eine die Kolbenstange *b* umgebende, beiderseits durch Stopfbüchsen abgedichtete Wasserkammer *c* gebildet, aus der das Wasser in die durchbohrte Kolbenstange und dann weiter in die hohle Bohrstange *e* übertritt. Freilich macht es bei dem rauhen Bohrbetriebe Schwierigkeit, die Stopfbüchsen dauernd einigermaßen dicht zu halten. Die Hauptvorteile der Wasserspülung zeigen sich bei Löchern, aus denen sonst das Bohrmehl nur schwer herauszubringen ist. Insbesondere sind in feuchtem Gebirge, wo das Bohrmehl für gewöhnlich teigig und schmierig wird, erheblich höhere Bohrleistungen — bis zu 30 % mehr — erzielbar. Allerdings leidet die Haltbarkeit des Bohrstahls infolge des Längskanals, der auch das Nachschärfen erschwert, und die Bauart der Maschine verliert an Einfachheit.

**80. — Kraftbedarf der Preßluftstoßbohrmaschinen, Leistungen.** Der Kraftbedarf einer Preßluftbohrmaschine, ausgedrückt in der erforderlichen Arbeit des Luftkompressors, ist wegen der sehr schlechten Kraft-

ausnutzung verhältnismäßig hoch und beträgt 12—18 PS, was einer angesaugten Luftmenge von 2—3 cbm minutlich entspricht. Bei den größten Maschinen mag er noch darüber hinausgehen. In nutzbarer Arbeit, d. h. zur Gesteinszertrümmerung, werden von dieser Arbeit nur etwa 5—10% verbraucht.

Dem hohen Kraftbedarf stehen freilich auch sehr hohe Bohrleistungen gegenüber. In festem Granit kann man mit großen Stoßbohrmaschinen infolge ihrer starken Schlagkraft 18—20 cm in einer Minute reiner Bohrzeit wohl erreichen, wenn ein genügend hoher Preßluftüberdruck (von etwa 6 Atm.) zur Verfügung steht. Es ist dies eine Leistung, die mit den später zu besprechenden Bohrhämmern nicht erzielt werden kann. Auch die Gesamtleistungen beim Auffahren von Tunneln sind entsprechend hoch. Z. B. hat man mit Meyerschen Stoßbohrmaschinen bei dem Bau des Lötschberg-tunnels in festem, schwarzem Hochgebirgskalk in dem Richtstollen von 7 qm Querschnitt Monatsleistungen von 242—302 m und durchschnittliche Tagesfortschritte von 8,07—10,41 m erzielt.

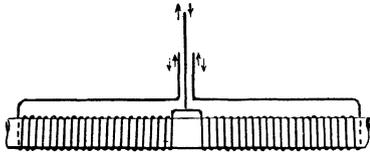


Abb. 179. Schema der Solenoid-Bohrmaschine von Marvin.

Je weicher freilich das Gestein ist, in um so erfolgreicheren Wettbewerbtreten mit den Stoßbohrmaschinen die Bohrhämmer und die Drehbohrmaschinen, die alsdann mit Aufwand geringerer Kraft mehr leisten. Im Steinkohlengebirge, das ja fast ausnahmslos durch verhältnismäßig milde

Gesteine gekennzeichnet ist, sind schon jetzt die Stoßbohrmaschinen fast ganz verdrängt worden.

### β) Elektrische Stoßbohrmaschinen.

**81. — Solenoid-Maschinen.** Die ältesten elektrischen Bohrmaschinen waren elektromagnetische oder Solenoid-Maschinen. Bereits im Jahre 1879 hat Werner Siemens das erste Patent auf eine solche Bohrmaschine genommen, ohne aber in der Folge zu einer betrieblich brauchbaren Ausführung des Gedankens zu gelangen. Tatsächlich ausgeführt wurden solche Maschinen nach den Vorschlägen von van Depoele und Marvin. Bei der Marvin'schen Maschine waren zwei Spulen und drei Stromleitungen nach der in Abb. 179 dargestellten Anordnung vorhanden. Durch die beiden Spulen ließ man abwechselnd in umgekehrter Richtung Gleichstrom fließen, wodurch der Eisenkern in eine hin und her gehende Bewegung versetzt wurde. Die Maschine war in einem eisernen Rohre untergebracht. Nach vorn wurde der Hub lediglich durch das Aufschlagen des Meißels gegen das Gestein begrenzt. Der Rückschlag wurde von einer Spiralfeder aufgefangen und teilweise für den Vorstoß wieder nutzbar gemacht. Umsetz- und Vorschubvorrichtung waren, wie bei den Preßluftbohrmaschinen üblich, ausgeführt.

Nachteilig war, daß die Maschine wegen der Eigenart des zur Verwendung gelangenden Stromes — es ist dies ein wellenförmig auf- und ab-schwellender Gleichstrom — einer besonderen Stromerzeugungsanlage bedurfte und daß der Strom nicht ohne weiteres zu anderen Zwecken verwandt werden konnte. Mit Rücksicht auf die starke Erhitzung bei der Arbeit mußte

man eine Aushilfsmaschine zur Hand haben, um nach  $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ stündigem Betriebe die Arbeitsmaschine auswechseln zu können. Wegen dieser Nachteile hat man die Herstellung der Maschinen wieder aufgegeben.

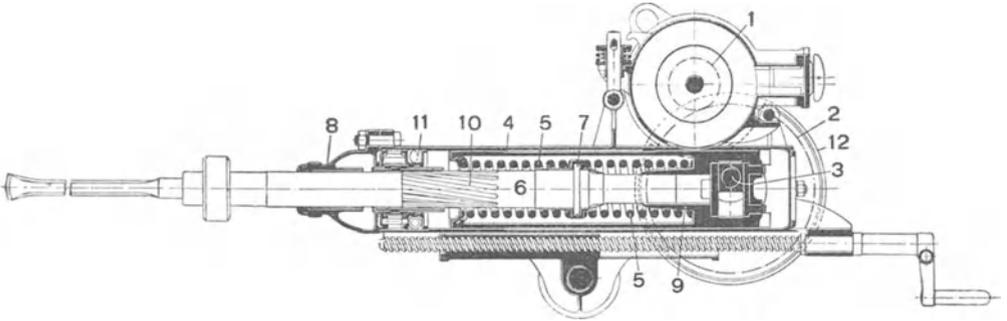


Abb. 180. Kurbelstoßbohrmaschine der Siemens-Schuckertwerke im Schnitt.

**82. — Kurbelstoßbohrmaschine.** Bei der Kurbelstoßbohrmaschine, wie sie von den Siemens-Schuckertwerken zu Berlin gebaut wird, ist der den Solenoid-Maschinen zugrunde liegende Gedanke gänzlich fallen

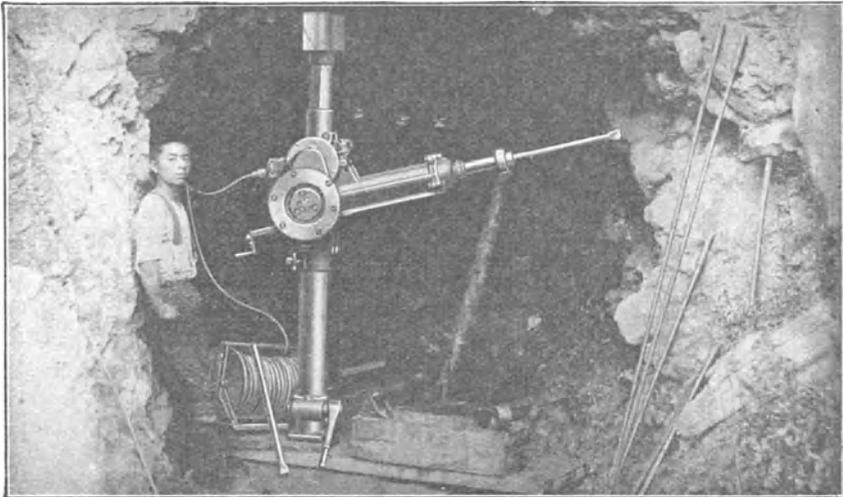


Abb. 181. Kurbelstoßbohrmaschine der Siemens-Schuckertwerke mit Spannsäule und Leitungstrommel in der Ansicht.

gelassen. Hier wird vielmehr ein gewöhnlicher Elektromotor, der bekanntlich einen hohen Wirkungsgrad besitzt, zum Antriebe der Stoßbohrmaschine benutzt.

Bei dieser Maschine ist der Motor (Abb. 180) auf dem hinteren Teil des Gehäuses leicht abnehmbar gelagert. Von ihm wird mittels eines Räder-

paares **1, 2** eine doppelt gelagerte Kurbelwelle **3** angetrieben, die mittels Kurbelschleife einen Schlitten **4** hin- und herbewegt. In diesem Schlitten wird durch starke Spiralfedern **5** der den Bohrmeißel tragende Stoßkolben **6** gehalten, so daß der Stoßkolben die hin und her gehende Bewegung des Schlittens mitmacht. Infolge der zwischengeschalteten Federn ist der Schlag des Kolbens, wie bei der Schnellschlagbohrung (s. 2. Abschn., Ziff. 22), elastisch und von größerem Hub als der des Schlittens. Man bohrt im allgemeinen mit einem Hub von etwa 6 cm und einer Schlagzahl von 450 in der Minute. Durch ein Schwungrad **12** auf der Kurbelwelle wird verhütet, daß die Stöße des Stoßkolbens durch die Zahnräder auf den Motor übertragen werden. Die Umsetzungs Vorrichtung **10, 11** und der Vorschub bieten gegenüber den Preßluftmaschinen keine Besonderheiten.

Abb. 181 zeigt die auf einer Spannsäule befestigte Maschine mit zugehöriger Kabeltrommel in der Ansicht.

Die Kurbelstoßbohrmaschine hat bei zwar genügender, immerhin aber nicht besonders großer Schlagkraft einen nur geringen Kraftverbrauch, der 1 PS nicht übersteigt. Auch das gegenüber einer Preßluftmaschine geringe Geräusch, das sie bei der Bohrarbeit verursacht, kann als Vorteil betrachtet werden. Dem stehen allerdings gewichtige Nachteile gegenüber. Vor allen Dingen leidet die Maschine nicht unbeträchtlich unter Verschleiß und unter Brüchen und Betriebsstörungen, die namentlich an den Federn auftreten. Sie ist in dieser Beziehung den gewöhnlichen Preßluftstoßbohrmaschinen nicht gewachsen, so daß sie mit diesen auf Gruben mit Preßluftleitung wohl nicht den Wettbewerb aushalten kann. Lästig ist auch das bedeutende Gewicht.

*γ) Stoßbohrmaschinenbetrieb mit Verwendung von Preßluft und elektrischer Kraft.  
(Gemischter Betrieb.)*

**83. — Der Betrieb mit einem fahrbaren, elektrisch angetriebenem Kompressor.** Die zweifellos erheblichen Vorteile, welche die elektrische Kraftübertragung an und für sich bietet, und die Vorzüge, die auf der andern Seite die Preßluftbohrmaschinen infolge ihrer Schlagkraft, Einfachheit und Betriebsicherheit besitzen, führten zu dem Bestreben, die beiden Betriebskräfte zu vereinigen. Die an beliebiger Stelle erzeugte elektrische Kraft wird mittels Kabels bis in die Nähe des Arbeitsortes gebracht. Durch einen Elektromotor wird hier unter Zwischenschaltung einer Zahnradübertragung ein fahrbarer Kompressor betrieben, der die Preßluft für die vor Ort arbeitenden Bohrmaschinen liefert. Eine verhältnismäßig kurze Rohrleitung führt die Preßluft vom Kompressor bis vor Ort.

Der Kompressor kann entweder dauernd in der Nähe der Betriebspunkte aufgestellt sein, oder er wird in schußsicherer Entfernung vom Arbeitsorte dem Vorrücken des Betriebspunktes entsprechend nachgerückt. Auch in letzterem Falle kommt man mit Rohrleitungen von etwa 100 m Länge aus. Zum Druckausgleich dient ein fahrbarer Behälter.

Ein Kompressor von 52 PS nebst Motor und Behälter läßt sich so bauen, daß nirgendwo das Querprofil eines Förderwagens überschritten wird. Ein solcher Kompressor pflegt für vier Bohrmaschinen auszureichen, da sich deren Betriebszeiten nicht decken und selten mehr als zwei Maschinen gleich-

zeitig in Betrieb stehen. Mit vier Bohrmaschinen kann man einen Querschlag in beschleunigtem und zwei Querschläge in gewöhnlichem Betriebe auffahren.

Bei dieser Betriebsweise erhält man durch die elektrische Leitung billige Kraft bis nahe an die Verwendungstelle. Der hohe Druck der Preßluft kommt nahezu ohne Spannungsabfall den Bohrmaschinen zugute, so daß diese mit einem Drucke von 5—6 Atm. arbeiten und sehr gute Bohrleistungen erzielen können. Die Erwärmung der Luft bei ihrer Zusammenpressung geht nicht vollständig verloren, sondern wird zum Teil in den Bohrmaschinen wieder ausgenutzt. Allerdings macht diese Erwärmung in tiefen Gruben sich ungünstig bemerkbar.

Derartige Anlagen sind deshalb für nicht zu tiefe Gruben, die ein elektrisches Leitungsnetz, aber keine allgemeine Druckluftrohrleitung besitzen, sowie für Tagebaue, Steinbrüche u. dgl. durchaus empfehlenswert und haben sich bereits vielfach bewährt.

84. — **Elektro-pneumatische Bohrmaschinen, Pulsatormaschinen**<sup>1)</sup>. Mit noch einfacheren Hilfsmitteln arbeiten die sog. Pulsatormaschinen, die ebenfalls die Vorteile der elektrischen Kraftübertragung mit der Einfachheit und Betriebsicherheit der Preßluftbohrmaschinen verbinden. Kompressor, Luftleitungen und Luftbehälter fallen ganz fort. Dafür wird unmittelbar am Arbeitsorte selbst durch einen Elektromotor in einem Zylinder ein Kolben schnell hin und her bewegt,

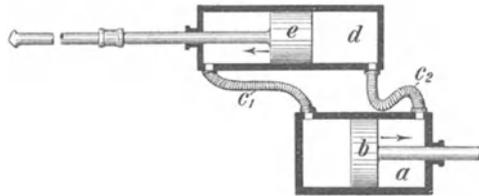


Abb. 182.  
Schema einer elektro-pneumatischen Bohrmaschine.

wobei die von diesem beiderseitig pulsschlagartig fortgeschobenen Luftsäulen auf den Kolben der Bohrmaschine selbst wirken. Die Abb. 182 veranschaulicht den der Bohreinrichtung zugrunde liegenden Gedanken. Die von dem Kolben *b*, der durch einen Elektromotor angetrieben wird, in dem Zylinder *a* (dem Pulsator) hin und her geschobenen Luftsäulen werden durch Schläuche *c*<sub>1</sub> und *c*<sub>2</sub> in den Arbeitszylinder *d* der Bohrmaschine geleitet und kommen so auf den Schlagkolben *e* zur Wirkung. Dadurch, daß man dem Zylinder *a* einen größeren Durchmesser als dem Zylinder *d* gibt, kann man den Hub des Schlagkolbens im Verhältnis zu demjenigen des Kolbens *b* verlängern. Bringt man an den beiden Enden des Zylinders *a* Saugventile an, die der atmosphärischen Luft den Eintritt in den Zylinder, aber nicht den Austritt aus diesem gestatten, so wird das Entstehen eines Unterdruckes in dem Zylinder verhütet, und es stellt sich ein erhöhter Luftdruck ein, der trotz des gleichfalls stärkeren Gegendruckes eine bessere Wirkung der Bohrmaschine im Gefolge hat. Letztere kann sowohl als Stoßbohrmaschine wie auch als Bohrhammer ausgebildet sein.

<sup>1)</sup> Vgl. Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Ing. 1922, Nr. 11, S. 251; Goetze: Druckluft-Bohrmaschinen usw.

Der diesen Bohreinrichtungen zugrunde liegende, schon im Jahre 1900 von der Schuckert-Gesellschaft zum Patent angemeldete Gedanke ist später insbesondere von der Demag in Duisburg ausgebaut worden. Abb. 183 zeigt die grundsätzliche Anordnung der von dieser Firma gelieferten Maschinen. Der Pulsator besitzt zwei Kolben, und zwar einen Stufenkolben  $a_1$  und einen gewöhnlichen Tauchkolben  $a_2$ . Die Stufe des Kolbens  $a_1$  dient als Hilfspumpe, die Luft aus dem Freien über Ventil  $b_1$  ansaugt, um sie verdichtet über Ventil  $b_2$  in die Luftvorratskammern  $c$  zu drücken. Die Hilfspumpe stellt so den günstigsten Anfangsdruck (etwa  $2\frac{1}{2}$ —3 Atm.) in den

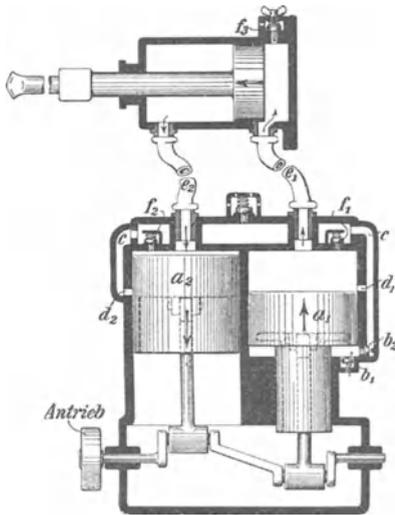


Abb. 183. Demag-Pulsatormaschine.

Luftleitungen her. Aus den Vorratskammern nehmen die beiden Zylinder in der tiefsten Stellung der Kolben vorgepumpte Luft durch die Öffnungen  $d_1 d_2$  auf, um sie weiterzupressen und in die beiden Schläuche  $e_1 e_2$ , die mit den Zylinderräumen der Bohrmaschine verbunden sind, zu leiten. Sicherheitsventile  $f_1, f_2$  und  $f_3$  lassen bei zu hohen Drücken die Luft aus den Druckzylindern in die Vorratskammern und aus dem Bohrmaschinenzylinder ins Freie entweichen. Die Maschinen sind bisher hauptsächlich in solchen Fällen in Benutzung genommen worden, wo man zwar elektrische Kraft zur Verfügung hatte, aber die Kosten und Umständlichkeiten der Aufstellung eines Kompressors und der Legung von Preßluftleitungen scheute. Über die Leistungen der Maschinen ist wenig bekannt. Nachteilig ist außer dem großen Raumbedarf vor Ort die starke Erhitzung der Schläuche  $e_1$  und  $e_2$ , die auf die Reibung der schnell hin und her bewegten Luftsäulen zurückzuführen ist.

#### δ) Verlagerung der Bohrmaschinen.

85. — **Vorbemerkung.** Als Träger der Stoßbohrmaschinen [bei der Bohrarbeit verwendet man Bohrsäulen, Bohrwagen und Dreifüße. An diesen Tragevorrichtungen werden die Maschinen so befestigt, daß ihnen möglichst alle Stellungen gegeben werden können. Am besten ist es, wenn man die Maschinen in zwei zueinander senkrechten Ebenen schwenken kann. Zu diesem Zwecke wird bei der am häufigsten vorkommenden Säulenaufstellung an der Säule eine Klemmbacke (ein „Spannkloben“) befestigt, die zweckmäßig, um ihr Schwenken zu erleichtern, durch einen Stelling gestützt wird (s. Abb. 188 auf S. 188).

86. — **Bohrsäulen.** Die Bohrsäule (Bohrspreize, Bohrgestell, Spannsäule) kommt für den Bergbau am häufigsten zur Anwendung. Die Bohrsäulen sind tragbar. Damit zwei Mann die Säule bequem handhaben und

befördern können, soll das Gewicht jedenfalls 100 kg nicht übersteigen. In nicht allzu weiten Strecken passen die Bohrsäulen sich den Verhältnissen gut an. Wenn jedoch die Strecken mehr als 3 m hoch und breit werden, muß die Säule eine unhandliche Schwere erhalten, damit sie die nötige Biegefestigkeit besitzt.

Die einfachste Form einer Bohrsäule besteht aus einem Stahlrohr, aus dessen einem Ende eine Streckschraube herausgeschraubt wird. Dieses geschieht entweder nach Abb. 184 durch Drehung einer Mutter *c* mittels Schraubenschlüssels oder Bohrknarre *d*, oder aber bei feststehender Mutter durch Drehung der Spindel (Abb. 185). Damit die Mutter bei den fortwährenden Stößen der Maschine sich nicht lockert, ist gewöhnlich noch eine Gegenmutter *e* (Abb. 184) angebracht, die gegen die erste Mutter geschraubt wird und diese in ihrer Lage festklemmt.

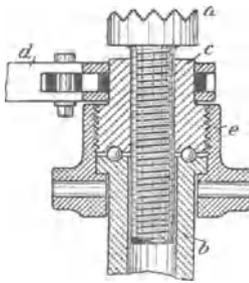


Abb. 184. Kopf einer Bohrsäule mit drehbarer Mutter.

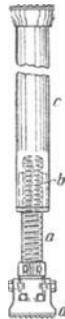


Abb. 185. Bohrsäule mit drehbarer Spindel.

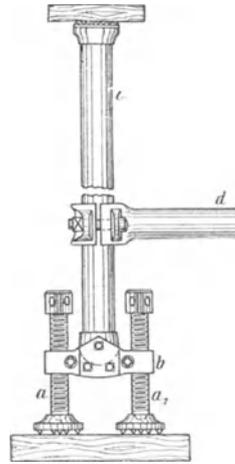


Abb. 186. Doppelschraubensäule mit Bohrarm.

Um die beim Bohren auf die Säulen ausgeübte Drehwirkung unschädlich zu machen, werden für schwere Maschinen Doppelschraubensäulen angewandt, bei denen aus einem unteren Querhaupt der Säule zwei Schrauben heraustreten (Abb. 186). Wegen der größeren Widerstandsfähigkeit gegen seitlich wirkende Drehkräfte können solche Säulen mit besonderen Bohrarmen *d* ausgerüstet werden. Die Bohrmaschinen können somit bei einem und demselben Stande der Säule auch seitlich verschoben werden, so daß eine größere Fläche bestrichen werden kann.

Fester als Schraubensäulen lassen sich Druckwassersäulen einspannen (Abb. 187 und 188). Sie bestehen aus zwei fernrohrartig ineinander steckenden Rohren, von denen das innere gegen das äußere durch eine Ledermanschette abgedichtet ist. Am Fuße des äußeren Rohres befindet sich ein Kasten *a* mit Preßpumpe, die durch einen Handhebel *b* bedient wird (Abb. 187). Das Pümpchen drückt das Wasser aus dem Kasten in den Röhrenschaft, wodurch die beiden Rohre mit bedeutender Gewalt auseinandergeschoben werden. Wenn man das Rücklafröhrchen *g* durch Drehung des Ventils *f* öffnet,

fließt das Wasser wieder in den Kasten zurück, und die beiden Rohre lassen sich zusammenschieben.

Nachteile solcher Säulen sind, daß sie schwerer, teurer und ausbesserungsbedürftiger als Schraubensäulen sind, sich bei Undichtigkeit leicht lockern und sich wegen der Lage des Preßpümpchens zum Wasserspiegel nicht in jeder Lage einspannen lassen.

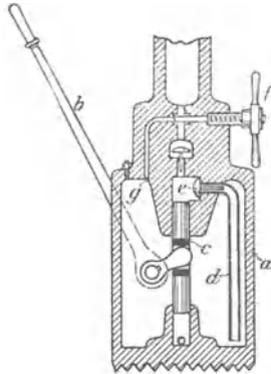


Abb. 187. Fuß einer Druckwasser-Spannsäule im Schnitt.



Abb. 188. Ansicht einer Druckwasser-Spannsäule.

87. — **Bohrwagen. Dreifüße.** Für beschleunigten Vortrieb in weiten Streckenquerschnitten wendet man bei umfangreichen Arbeiten, die größere Anlagekosten rechtfertigen, Bohrwagen an, die die Bohrsäulen nebst zwei

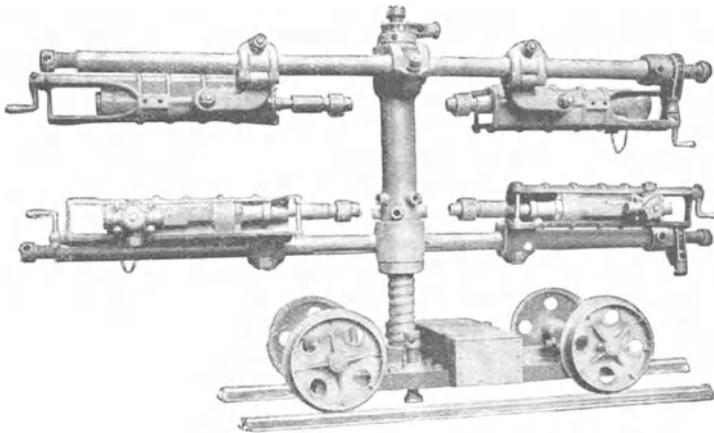


Abb. 189. Bohrwagen der Demag, fertig zum Abfahren.

bis vier Maschinen tragen, so daß die ganze Bohreinrichtung zusammen vor Ort geschoben und von dort zurückgezogen werden kann.

Die Abb. 189 zeigt einen Bohrwagen der Deutschen Maschinenfabrik A.-G. zu Duisburg. Zwei wagerechte Spreizen können an einer Mittelsäule.

und zwar in jeder beliebigen Höhenlage, durch Schrauben gegen die Stöße abgespreizt werden. Jede wagerechte Spreize trägt zwei Bohrmaschinen. Beim Festspannen der Mittelsäule werden die Wagenräder durch Fußschrauben soweit angehoben, daß sie frei schweben. Bei der Fortbewegung des Wagens sind die wagerechten Spreizen in der Richtung der Mittelachse des Wagens eingeschwenkt.

Dreifußgestelle mit beschwerten Füßen werden für die Verlagerung der Bohrmaschinen in Tagebauen, sehr weiten Schächten und Steinbrüchen gebraucht, wo es an einer Gelegenheit zum Festspannen von Bohrsäulen mangelt.

### e) Schlagendes Bohren.

**88. — Vorbemerkung.** Beim schlagenden Bohren steht der Bohrer mit seiner Schneide auf der Bohrlochsohle und empfängt in dieser Stellung durch ein Fäustel oder einen Kolben unter regelmäßigem Umsetzen Schläge, die bewirken, daß die Schneide etwas in das Gestein eindringt und Gesteinstückchen abtrennt. Im Gegensatz zum stoßenden Bohren sind also Bohrer und Schlaggewicht getrennt, und dieses allein macht die Hin- und Herbewegung, während der Bohrer selbst an dem Schläge nicht teilnimmt.

Die Bohrarbeit erfolgt mit der Hand oder mit Maschinenkraft.

#### 1. Schlagendes Bohren mit Hand.

**89. — Gezähe und Leistungen.** Das Gezähe für das schlagende Bohren ist Fäustel und Bohrer. Außerdem benutzt man für abwärts gerichtete Bohrlöcher den Krätzer und einen Wassereimer mit Schöpfgefäß. In letzterem Falle pflegt man auf den Bohrer eine „Bohrscheibe“ aus Leder zu schieben.

Das Fäustel aus Stahl (Abb. 142 auf S. 154) ist entsprechend dem Schwingungshalbmesser von etwa 50 cm schwach gekrümmt. Die Endflächen oder Bahnen des Fäustels müssen rechtwinklig zur Krümmungslinie verlaufen, damit kein Prellen entsteht. Das Helm besteht aus Weißbuchen- oder Eschenholz. Das Gewicht eines Fäustels beim einmännischen Bohren beträgt etwa  $1\frac{1}{2}$  kg; nur beim Bohren von unten nach oben (sog. Schlenker- oder Hopserbohren) werden schwerere Fäustel (bis zu 4 kg) verwandt.

Zweimännisches Bohren pflegt in Bergwerken nur selten geübt zu werden. Über Tage, in Steinbrüchen, findet man es häufiger. Alsdann werden gleichfalls Fäustel von 3—4 kg Schwere gebraucht.

Der Bohrer besteht aus einer runden oder sechs- oder achtkantigen Stahlstange von 18—20 mm Dicke. Bezüglich der Form der Meißel gilt dasselbe, was bereits in Ziff. 68 auf S. 174 u. 175 in dem Abschnitt über stoßendes Bohren gesagt ist.

Auf 1 m Bohrloch kann man bei Verwendung von Meißelbohrer und Fäustel in festem Sand- oder Kalkstein oder in Konglomerat 1—4 Stunden Arbeitszeit, entsprechend einer Durchschnittsleistung von 1,6—0,4 cm minutlich, rechnen.

## 2. Schlagbohrmaschinen.

90. — **Allgemeines.** Die mit Preßluft betriebenen Schlagbohrmaschinen, „Bohrhämmer“ und „Hammerbohrmaschinen“, haben in den letzten 15 Jahren beim deutschen Bergbau eine bemerkenswert schnelle Verbreitung gefunden. Sie haben in kurzer Zeit die Verwendung der Handbohrmaschinen außerordentlich zurückgedrängt, sind vielfach an die Stelle der elektrischen Drehbohrmaschinen getreten und haben schließlich auch in überraschender Weise einen erfolgreichen Wettbewerb mit den Stoßbohrmaschinen aufgenommen.

Als Vorläufer der Schlagbohrmaschinen kann der Frankesche Schrämmhammer (s. Ziff. 17, S. 140) gelten, der etwa im Jahre 1890 im Mansfeldschen eingeführt wurde. Es folgte erst im Jahre 1905 der Bohrhämmer der Firma Flottmann & Co. zu Herne, der das Verdienst der ersten Einführung dieser Art der Bohrarbeit in Deutschland gebührt. Seither haben fast

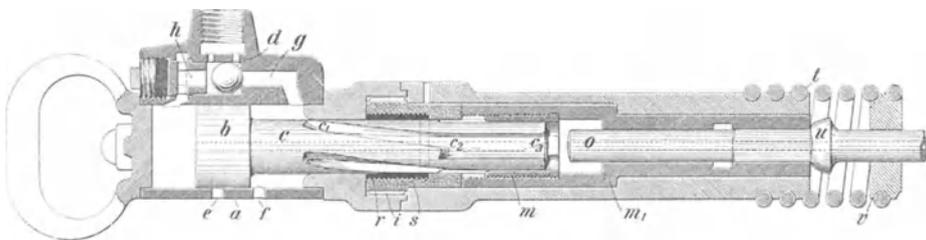


Abb. 190. Flottmannscher Bohrhämmer.

sämtliche Bohrmaschinenfirmen die Herstellung und den Vertrieb solcher Maschinen aufgenommen.

Die eigentliche Bohrmaschine besteht aus dem Arbeitszylinder mit Schlagkolben, der Steuerung, der Umsetzvorrichtung und der Einsteckhülse zur Aufnahme des Bohreres. Dieses ragt soweit in den Zylinder hinein, daß es die Schläge des Arbeitskolbens empfängt. Es wird also die Arbeit des Fäustelbohrens nachgeahmt. Der Bohrmeißel bleibt ständig in Berührung mit der Bohrlochsohle, während er von dem Schlagkolben eine sehr große Zahl von Schlägen (1200—2500 minutlich) erhält.

Als Bohrhämmer pflegt man diejenigen Maschinen zu bezeichnen, die mit einem Handgriff versehen sind und demgemäß bei der Arbeit in der Regel frei mit der Hand gehalten und entsprechend dem Tieferwerden des Loches nachgedrückt werden, wenn auch eine gelegentliche Verwendung in Vorschubvorrichtungen nicht ausgeschlossen ist. Dagegen spricht man von „Hammerbohrmaschinen“, wenn die Maschinen ohne Handgriff geliefert und in dauernder Verbindung mit einer Vorschubvorrichtung gebraucht werden. Die leichten, für mildes Gestein bestimmten Maschinen werden gewöhnlich als Bohrhämmer, die großen, schweren und für hartes Gestein geeigneten als Hammerbohrmaschinen gebaut. Im übrigen sind sich die Bohrhämmer und Hammerbohrmaschinen in ihrer Wirkungsweise gleich.

In beiden Fällen ist von besonderer Wichtigkeit die Steuerung. Sie muß in Rücksicht auf die hohe Schlagzahl außerordentlich leicht und schnell

arbeiten, und es ist insbesondere für einen schnellen, durch nichts gehinderten Auspuff der Abluft Sorge zu tragen. Man kann unter den verschiedenen Steuerungen die Kugel-, Linsen- und Klappensteuerungen, die Kolbensteuerungen und die Steuerungen ohne bewegte Teile unterscheiden.

**91. — Die Kugel-, Linsen- und Klappensteuerungen.** Die nähere Einrichtung der Steuerungen der ersten Gruppe soll an Hand der Flottmannschen Maschine (Abb. 190) erläutert werden. In einem Zylinder *a* bewegt sich der Kolben *b* hin und her, dessen vordere Kolbenstange *c* als Schlagkopf ausgebildet ist. *g* und *h* sind die Einströmkanäle für die frische Luft. Die Umsteuerung erfolgt durch eine leicht bewegliche Kugel *d*, die zwischen den zwei nahe beieinander befindlichen kreisförmigen Öffnungen der Kanäle *g* und *h* hin und her rollt und abwechselnd die eine und die andere dadurch verschließt, daß sie sich auf die Ringsitze auflegt. Der Auspuff erfolgt durch die Löcher *e* und *f*. Nach der Abb. 190 tritt Preßluft durch *h* hinter den Arbeitskolben und treibt diesen nach vorn. Die Öffnung *f* ist noch frei,

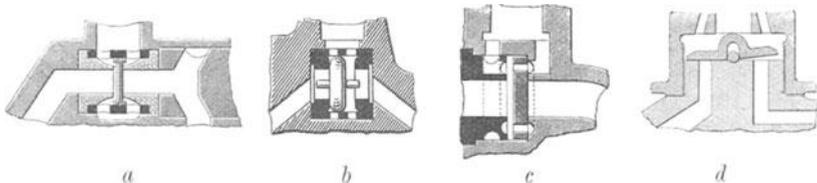


Abb. 191 a—d. Bohrhämmersteuerungen: *a* der Maschinenfabrik H. Korfmann, *b* der Demag, *c* der Bohrmaschinenfabrik Glückauf (Klerner), *d* der Westfalia-A.-G.

so daß die Luft vor dem Kolben ausströmen kann. Sobald der Kolben seinen Lauf fortsetzt, das Loch *f* überschleift und dagegen das Loch *e* für den Auspuff freigibt, tritt vor dem Kolben Kompression und hinter ihm Druckentlastung ein. Infolge dieser Wirkung wird die Steuerkugel *d* auf den gegenüberliegenden Sitz hinübergeschleudert, und das Spiel wiederholt sich von neuem.

Bei den Bohrhämmern der übrigen Bohrmaschinenfabriken finden wir ganz ähnliche Steuerungen; nur ist die Kugel durch platte Scheiben, konkave oder konvexe Linsen oder ähnliche Steuerkörper ersetzt. Die Abb. 191 zeigt eine Anzahl derartiger Steuerungen, die nach dem Gesagten ohne weiteres verständlich sind. Hierhin gehört auch die von der Maschinenfabrik Westfalia zu Gelsenkirchen bevorzugte Klappensteuerung, die zwar ein etwas anderes Aussehen, aber genau die gleiche Wirkungsweise hat (Abb. 191 d).

Alle diese Steuerungen haben den Nachteil, daß der Steuerkörper in seinen Mittelstellungen zwischen den beiden Ventilsitzen, also stets, wenn er in Bewegung ist, der Preßluft den Zutritt zu beiden Zylinderseiten gestattet. Es ist klar, daß damit stärkere Rückstöße, Preßluftverluste und verminderte Leistungen verbunden sind.

**92. — Kolbensteuerungen,** die man wegen der erwähnten Nachteile der rohen Steuerung mittels Kugel, Linse u. dgl. nach dem Vorbilde der Steuerung bei Stoßbohrmaschinen, nur in entsprechend leichterer Ausführung, einzuführen versucht hat, haben nicht in größerem Umfange Verbreitung gefunden. Der Grund hierfür liegt darin, daß die kleinen, leichten Steuer-

kölbehen empfindlich gegen unvermeidliche Verunreinigungen, mitgerissenen Staub oder Rost sind und allzu häufig zu Betriebsstörungen Anlaß geben. Zugunsten der höheren Betriebsicherheit pflegt man deshalb bei den vielfach sehr rauh behandelten Bohrhämmern auf den besseren Wirkungsgrad zu verzichten. Nur da, wo von vornherein eine gute Instandhaltung und Pflege der Maschine verbürgt ist (z. B. bei den schweren, an einer Säule befestigten Hammerbohrmaschinen, ferner auch bei Abbauhämmern, die dauernd in der Hand eines und desselben Arbeiters verbleiben), haben sich Kolbensteuerungen gut bewährt.

**93. — Steuerungen ohne bewegte Teile.** Die Ausführung entspricht etwa der in Ziff. 74 (s. Abb. 172), S. 177 gegebenen Beschreibung. Insbesondere haben die Firmen Korfmann zu Witten, Frölich & Klüpfel zu Unterbarmen und die Fabrik für Bergwerksartikel zu Sprockhövel diesen Weg beschritten. Bohrhämmer mit solchen Steuerungen arbeiten mit einer verhältnismäßig hohen Schlagzahl, die bei günstigem Gestein in einer entsprechend erhöhten Wirkung zum Ausdruck kommt. Namentlich ist dies der Fall, solange die Maschine neu ist und der Kolben keinen Verschleiß aufweist. Auch der Luftverbrauch ist verhältnismäßig nicht hoch. Sobald freilich Abnutzung eintritt, sinkt die Leistung und der Luftverbrauch steigt, so daß es geraten ist, den Arbeitskolben durch einen neuen zu ersetzen. Die Gleichmäßigkeit in Leistung und Luftverbrauch ist jedenfalls geringer als bei den Maschinen mit bewegten Steuerungsteilen.

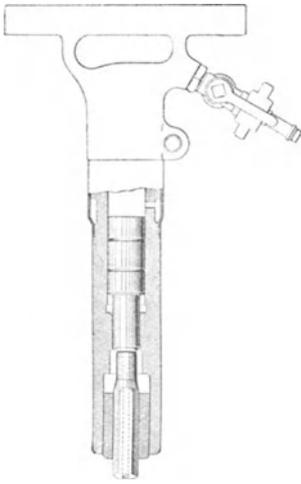


Abb. 192.  
Bohrhammer für Handumsetzung.

**94. — Die Umsetzvorrichtung.** Bei Bohrhämmern und Hammerbohrmaschinen für hartes Gestein läßt man vielfach die Umsetzvorrichtung ganz fort, und das Umsetzen findet mit Hand statt. Bei Bohrhämmern pflegt man zu diesem Zwecke den Griff nach Abb. 192 zu erbreitern, so daß er bequem mit beiden Händen gefaßt und gehandhabt werden kann. Bei Hammerbohrmaschinen bringt man Hebel an (vgl. Abb. 198, S. 197), mittels deren die Drehung der Maschine leicht erfolgen kann. Durch das Fehlen jeder Hemmung in der Bewegung des Schlagkolbens erfolgen die Schläge außerordentlich kräftig und sind von großer Wirkung. Auch darf das Umsetzen gerade in hartem Gestein ohnehin nur verhältnismäßig langsam erfolgen, da der Meißel bei dem einzelnen Schläge nur ganz wenig in das Gestein eindringt. Vorteilhaft ist schließlich die Verringerung der verschleißenden Teile.

In mildem Gestein kann man dagegen auf die regelmäßige selbsttätige Umsetzung nach jedem Schläge nicht verzichten. Die Einrichtungen hierfür sind in ihrer allgemeinen Anordnung denjenigen für Stoßbohrmaschinen ähnlich (vgl. Ziff. 76 auf S. 179). Da aber der Schlagkolben der Bohrhämmer nicht starr mit der Bohrstange verbunden ist, sind besondere Vorkehrungen nötig, um die dem Kolben erteilte Drehbewegung auf den Bohrer zu über-

tragen. Ferner pflegt man das Sperrad vor den Schlagkolben zu verlegen und die Züge der Drallspindel auf die Kolbenstange selbst zu schneiden, um nicht den Kolben durch die hintere Bohrung für die Drallspindel allzu sehr zu schwächen und sein Schlaggewicht zu vermindern.

Die übliche Bauart erhellt aus der Abb. 190. Das Sperrad ist mit  $i$  und die Drallmutter mit  $r$  bezeichnet. Auf die Kolbenstange  $c$ , und zwar von  $c_1$  bis  $c_2$ , sind die Drallzüge für die Drallmutter  $r$  und außerdem von  $c_2$  bis  $c_3$  die gerade verlaufenden Nuten für die einspringenden Nasen der Hülse  $m$  eingeschnitten. Diese letztere vermittelt in Gemeinschaft mit dem fest mit ihr verbundenen Stück  $m_1$  die Mitnahme des Bohrmeißels durch den beim Rückgange gedrehten Kolben, indem sie mit vorspringenden Nasen in Längsnuten der Bohrstange  $c$  eingreift und so auch den in  $m_1$  verlagerten Bohrer zur Drehung zwingt.

**95. — Die Befestigung der Bohrer in der Maschine.** Zur Aufnahme des Bohrers dient die Einsteckhülse. Die Verbindung zwischen dieser und dem Bohrer muß so beschaffen sein, daß der Bohrer an der Drehung der Hülse teilzunehmen gezwungen ist, im übrigen aber eine gewisse Vorwärtsbewegung machen kann, sobald er durch den Schlag des Arbeitskolbens getroffen wird. Diese freie Beweglichkeit nach vorn muß aber begrenzt sein, denn zum Zwecke des Herausziehens des Bohrers aus dem Loche muß der Bohrer auch der Rückwärtsbewegung der Maschine folgen.

Den genannten Bedingungen entspricht der gewöhnliche Bajonettverschluß, der öfter angewandt worden ist. Da er aber eine umständliche und sorgfältige Schmiedearbeit zur Voraussetzung hat, zieht man vielfach andere Verbindungen vor, die dem Bohrerende eine einfachere Gestalt zu geben gestatten. Nach Abb. 190 auf S. 190 ist der Bohrer in seinem im vorderen Hülsenende steckenden Teile als Vierkant ausgebildet, so daß hierdurch die freie Drehbarkeit beseitigt ist. Außerdem trägt er einen Bund  $u$ , der beim Herausziehen des Bohrers aus dem Loche sich gegen das von der Feder  $t$  gehaltene Endstück  $v$  legt. Die Bohrung in diesem muß so eng sein, daß sie dem Bunde den Durchgang nicht gestattet, wird aber im übrigen entsprechend der Form des Meißels etwas aufgeschlitzt, so daß man diesen hindurchstecken kann. Bei dem jedesmaligen Bohrerwechsel muß die Feder  $t$  abgeschraubt werden. Mit der gleichen Wirkung wendet man auch geschlossene Überwurfhülsen an, die auf das Maschinenende aufgeschraubt werden. Solche Hülsen sind dauerhafter als Federn; dafür wird ihr Schraubengewinde leicht schlotterig.

**96. — Der Zusammenbau der Teile zu einem Bohrhammer.** Den Zusammenbau der einzelnen Teile und das äußere Aussehen der Maschine zeigt Abb. 193. Der Griff, der Zylinder, der Vorderteil mit Überwurffeder, das Steuergehäuse und der Einlaßhahn sind daran gut kenntlich. Bemerkenswert sind noch die seitlichen Schraubenbolzen, die den Griff und den hinteren Zylinderdeckel mit dem Vorderteil unter Einschaltung von Pufferfedern verbinden. Diese federnde Verbindung der Endstücke mit dem Zylinder ist unbedingt erforderlich, damit die Rückstöße verringert werden und bei den im Gebrauche unvermeidlichen Leerschlägen der Maschine der Zylinder nicht in kürzester Zeit zertrümmert wird.

Im allgemeinen sucht man der Maschine glatte Außenformen zu geben, die die Handhabung erleichtern und dem haltenden Arbeiter nicht lästig werden.

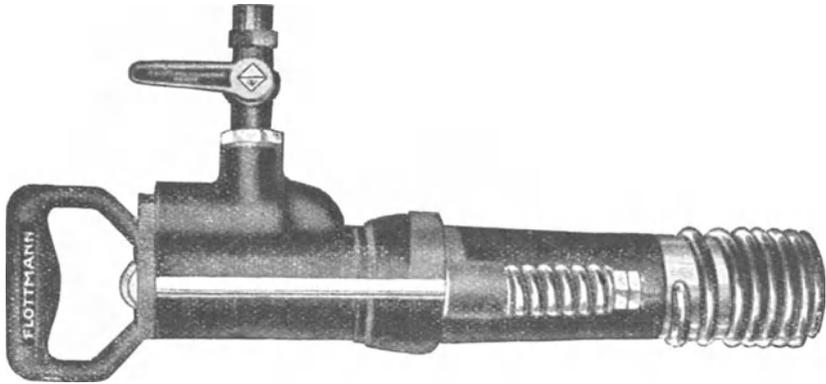


Abb. 193. Ansicht des Flottmannschen Bohrhammers.

97. — **Elektrisch betriebene Bohrhämmer.** Auch bei den Bohrhämmern hat man sich verschiedentlich bemüht, den Preßluftantrieb durch elektrischen Strom zu ersetzen, um so die Unwirtschaftlichkeit der Preßluft und insbesondere ihre unbequemen Leitungen zu vermeiden. Freilich ist der Elektromotor seiner ganzen Eigenart nach für die Arbeitsweise der Bohrhämmer noch weniger als für Stoßbohrmaschinen geeignet. Es bietet allzuviel Schwierigkeiten, die an sich gleichförmige und regelmäßige Umdrehung eines Elektromotors auf einfache Weise in eine minutlich etwa 1500fach wiederholte, hin und her gehende Wurf- oder Schlagbewegung mit ihren plötzlichen Geschwindigkeitsänderungen und Umkehrungen der Bewegungsrichtung umzuwandeln. Wie bei den elektrischen Stoßbohrmaschinen (s. S. 182 u. f.) sind auch hier einerseits elektromagnetische Hämmer und andererseits Hämmer mit Kurbelantrieb vorgeschlagen worden<sup>1)</sup>. Die bisherigen Versuche mit diesen Bauarten haben aber nicht zu einem dauernden Erfolge geführt. Die Hämmer besaßen zu viele und dazu einem starken Verschleiße ausgesetzte Teile. Auch blieben die Leistungen hinter denen der Preßluftschlämmer zurück.

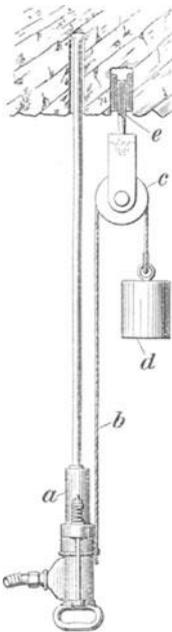


Abb. 194. Vorschubvorrichtung für Bohrhämmer mittels aufgehängten Gegengewichtes.

98. — **Einrichtungen zur Erleichterung des Vorschubes von Bohrhämmern.** Bei nicht zu hartem Gestein, in dem das Loch in wenigen Minuten abgebohrt wird, und insbesondere bei abwärtsgerichteten Bohrlochern, bewährt sich der einfache Vorschub mit der

<sup>1)</sup> Zeitschr. d. Oberschles. Berg- u. Hüttenm. Ver. 1915, Nov.-Dez.-Heft, S. 239; Gerke: Zur Frage des elektrischen Bohrhammers.

Hand. Dagegen wächst der durch das Halten und das Andrücken des Hammers erforderliche Kraftaufwand um so mehr, je härter das Gestein, je schwerer der Hammer und je steiler das Bohrloch nach oben gerichtet ist. Man sucht alsdann nach Hilfsmitteln, den Vorschub zu erleichtern, wenn man nicht überhaupt zur Verwendung von sog. Hammerbohr-

maschinen (s. Ziff. 99) übergeht. Die einfachste Einrichtung zur Erleichterung der Handhabung und des Vorschubes der Bohrhämmer sind Gegengewichte. Ein Beispiel hierfür gibt die Abb. 194. Der Bohrhämmer *a* wird von einem dünnen Drahtseile *b* gehalten, das über eine Rolle *c* geführt ist und an seinem anderen Ende das Gegengewicht *d* trägt. Die Rolle hängt an einem Keilstück *e*, das in einem besonders gebohrten kurzen Bohrloche festgeklemmt ist.

In Aufbrüchen wird gern der Preßluftvorschub, der auch bei den Hammerbohrmaschinen wiederkehrt, benutzt. Ein Zylinder und ein Kolben, auf dessen herausragendem Ende der Bohrhämmer befestigt wird, stecken fernrohrartig ineinander. Dadurch, daß man Preßluft in den Zylinder führt, treibt man den Kolben heraus, und der Bohrhämmer mit dem Bohrer wird gegen das Gestein gedrückt und folgt dem Tieferwerden des Loches. Der Zylinder erhält einen Fuß und wird nach Art der Standrohre bei den Handbohrmaschinen benutzt, indem man ihn gegen ein Widerlager setzt.

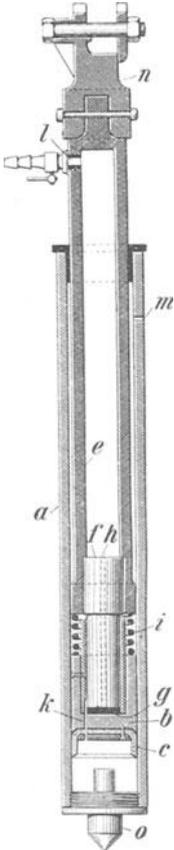


Abb. 195.  
Vorschubvorrichtung  
für Bohrhämmer  
mittels Preßluft in  
Standrohrabausbildung.

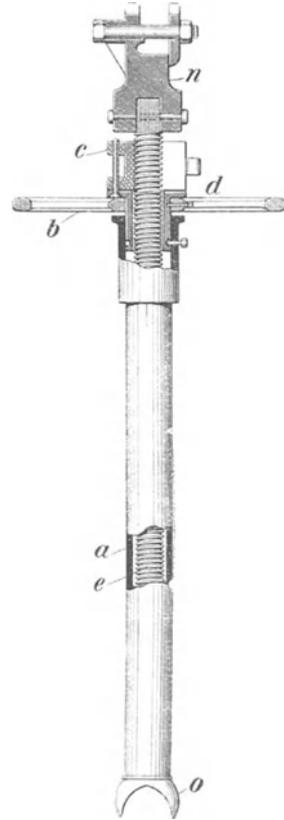


Abb. 196.  
Schraubenvorschub-  
vorrichtung  
für Bohrhämmer.

Bei dem Preßluftvorschube muß man mit der Schwierigkeit rechnen, daß der Druck, mit dem die Maschine gegen das Gestein gepreßt wird, je nach den Verhältnissen entweder zu groß oder zu gering und nur in Ausnahmefällen gerade passend ist. Namentlich für weiches Gestein wirkt der Preßluftvorschub vielfach zu kräftig. Flottmann wendet deshalb Vorschubsäulen an, bei denen der zur Wirkung kommende Druck der Preßluft eingestellt werden kann. In dem Zylinder *a* (Abb. 195) bewegt sich der

hohle Kolben *e*, auf dem oben mittels des Klemmstückes *n* der Bohrhammer befestigt werden kann. Der Hohlkolben ist unten durch den zylindrischen Stopfen *f* geschlossen, der mit einer Längsbohrung *h* versehen ist und auf der Gummiplatte *g* steht. Diese wieder liegt auf dem den Abdichtungstulp *c* tragenden Kolben *b*. Zwischen *b* und *e* ist eine Feder *i* eingeschaltet, die auf denjenigen Druck eingestellt wird, mit dem man bohren will. Die von oben

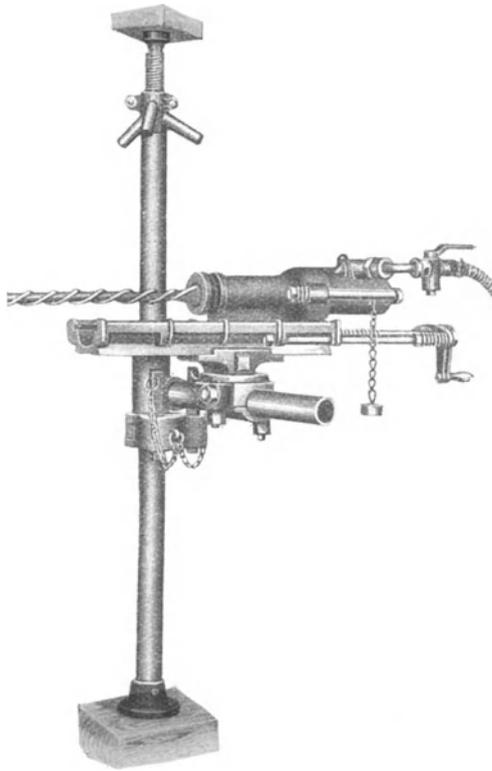


Abb. 197.  
Hammerbohrmaschine von H. Flottmann.

durch den Anschlußstutzen *l* zugeführte Preßluft strömt über den Kanal *h* und die Bohrung *k* unter das Stück *b* und hebt dieses und den Kolben solange an, bis der Bohrer gegen das Gestein stößt und der Zylinder *f* gegen die Gummiplatte gepreßt wird. Alsdann kann keine Druckluft weiter unter den Kolben treten. Sobald aber beim Bohren das Bohrloch tiefer wird, kann die Feder *i* sich ausdehnen und wiederum Preßluft unter den Kolben treten und diesen anheben. Es kann also immer nur ein durch die Spannkraft der Feder *i* bedingter Preßluftdruck unterhalb des Kolbens herrschen.

Einfacher sind die Aufbruch-Schraubensäulen, wie sie z. B. ebenfalls von Flottmann geliefert werden (Abb. 196). Das Nachrücken der auf einer Schraubenspindel befestigten Maschine wird durch Drehung der Schraubenmutter *c* mittels des Handrades *d* bewirkt. Der Arbeiter lernt es leicht, dem Tiefer-

werden des Loches durch Betätigung der Schraubenmutter zu folgen. Man kann sich so besser, als es bei dem Preßluftvorschube möglich ist, dem wechselnden Verhalten des Gebirges anpassen.

Schließlich kann man auch den Bohrhammer in Verbindung mit einer Spannsäule, einem Vorschubschlitten und einer Vorschubspindel benutzen, indem man ihn in das Gleitstück des Vorschubschlittens einlegt und hier festklemmt. Man erhält so die durch Abb. 197 dargestellte Wirkungsweise einer Hammerbohrmaschine, nur mit dem Unterschiede, daß der Bohrhammer jeweilig aus dem Gleitstück gelöst und auch allein für sich verwendet werden kann.

### 99.—Die Hammerbohrmaschinen.

Wie schon oben gesagt, besteht bei den Hammerbohrmaschinen eine dauernde Verbindung zwischen der eigentlichen Bohrmaschine und der Vorschubeinrichtung. Diese kann aus einem an einer Spannsäule oder einem Dreifuß befestigten Schlitten mit Vorschubspindel oder aus einer Preßluftvorschubsäule bestehen.

Die erste Art der Verlagerung zeigt Abb. 197. Der hiernach ohne weiteres verständliche Vorschub entspricht völlig demjenigen der Stoßbohrmaschinen (s. Ziff. 77). Außer dem Spindelvorschub hat die Maschine eine weitere Verstellbarkeit in der Richtung des Bohrloches dadurch, daß der Schlitten selbst mit den an seiner unteren Seite vorgesehenen Führungsleisten in einem Halter verschiebbar gelagert ist. Durch Ausnutzung beider Verschiebungsmöglichkeiten kann ein Gesamtvorschub von 1230 mm erreicht werden.

Einen Preßluftvorschub besitzt die durch Abb. 198 dargestellte Hammerbohrmaschine der Demag. Bei Aufbrucharbeiten wird die Maschine einfach mit dem Fuße gegen ein Widerlager gesetzt, in Streckenbetrieben wird der Vorschubzylinder etwa so, wie dies Abb. 200 zeigt, an einer Spannsäule befestigt. Der Luftanschluß *b* befindet sich am Vorschubzylinder *c*, aus dem die Luft über einen besonderen Hahn *d* zur Steuerung *e* der Maschine gelangt. Eine selbsttätige Umsetzvorrichtung ist nicht vorhanden, vielmehr wird der Bohrer mit Hand mittels des Hebels *f* umgesetzt. Die Maschine wird sowohl für Luft- als auch für Wasserspülung gebaut; die letztere ist in der Abbildung dargestellt. Der Anschluß des Wasserschlauches *g* befindet sich am vorderen Zylinderdeckel *h*. Durch Auswechseln dieses Deckels, des Zwischenkolbens *i* und der Zwischenführung *k* kann die Maschine in eine solche mit Luftspülung umgewandelt werden.

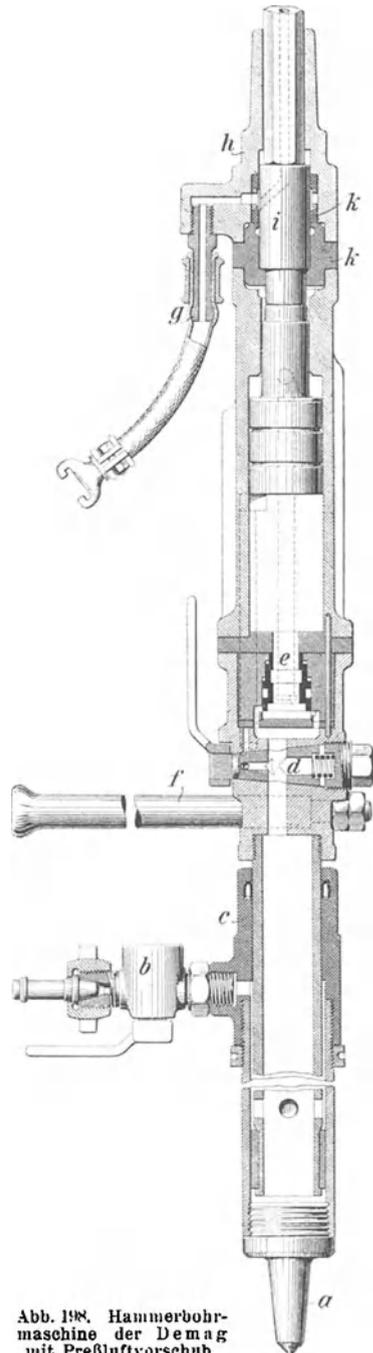


Abb. 198. Hammerbohrmaschine der Demag mit Preßluftvorschub.

Die Hammerbohrmaschine wiegt 37 kg und besitzt 450 mm nutzbaren Vorschub. Der Luftverbrauch stellt sich auf 1,5—1,6 cbm angesaugte Luft je Minute.

Durch besondere Eigenart zeichnet sich die Hammerbohrmaschine der Siegener Maschinenbau A.-G., Abt. Eiserfeld, aus, deren Preßluft-Vorschub-einrichtung für die Befestigung an Spannsäulen bestimmt ist (Abb. 199 und 200).

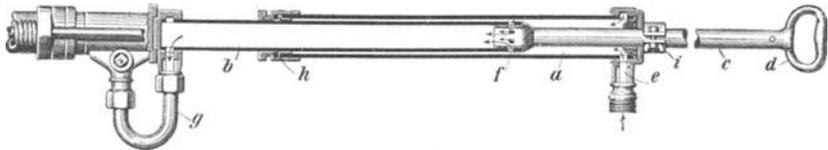


Abb. 199. Schnitt durch die Preßluft-Vorschubvorrichtung der Siegener Maschinenbau A.-G. (Vgl. Abb. 200.)

Der Vorschubzylinder *a* wird an einer Spannsäule befestigt, die von leichter Bauart sein kann, weil die Erschütterungen der Maschine hauptsächlich von dem Luftpolster des Zylinders aufgenommen werden und somit auf die Säule selbst nur gemildert zur Wirkung kommen. Der Vorschubkolben *b*, der an seinem vorderen Ende die Maschine trägt, ist hohl und nach hinten zu einer herausragenden Stange *c* mit Griff *d* verlängert. Die bei *e* eintretende Preßluft

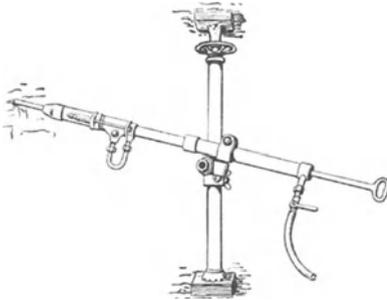


Abb. 200. Ansicht der Preßluft-Vorschubvorrichtung nach Abb. 199.

wird über die Löcher *f* in den Hohlkolben und von diesem über das Anschlußrohr *g* zum Bohrhammer geführt, so daß die den Vorschub bewirkende Luft dem Werkzeuge zuströmt. Beim Ansetzen des Loches hilft man durch Halten des Griffes *d* etwas nach, wobei man noch nicht den vollen Luftdruck wirken zu lassen pflegt. Ist das Loch angesetzt, so öffnet man den Hahn ganz, und das Bohren geschieht selbsttätig. Hat der Kolben seinen Vorschub vollendet, so bleibt die Maschine stehen, da die

Löcher *f* in die Stopfbüchse *h* treten und so der Luftzutritt zur Maschine abgesperrt wird. Damit in minder harten Schichten der Vorschubdruck nicht zu groß wird, ist an der Kolbenstange eine Bremse *i* angebracht. Mittels dieser kann der Vorschubdruck stets der Gesteinhärte entsprechend geregelt werden.

Dem Nachteile der Hammerbohrmaschinen, daß sie schwer und unhandlich sind, steht der Vorteil gegenüber, daß sie den Bergmann während der Bohrarbeit entlasten, gegen die Rückschläge sichern und in größerer Entfernung vom Bohrloche halten, also vor dem Staube schützen. Namentlich in Aufbrüchen und bei Ortsbetrieben im festen Gestein werden deshalb die Hammerbohrmaschinen gern und mit Nutzen angewandt.

**100. — Die Fortschaffung des Bohrmehls aus dem Bohrloche.** Die Beseitigung des Bohrmehls macht bei den Bohrhämmern und Hammer-

bohrmaschinen größere Schwierigkeiten als bei den Stoßbohrmaschinen, weil der Rückzug des Bohrers fehlt und deshalb das Bohrmehl weniger in Bewegung gehalten wird. Deshalb pflegt man nur bei aufwärts gerichteten Löchern, aus denen das Bohrmehl frei herausfällt, die gewöhnlichen, aus glatten, runden Stahlstangen bestehenden Bohrer zu benutzen.

Bei wagerecht und einfallend verlaufenden Löchern wendet man mit großem Vorteil Schlangenbohrer an. Die selbsttätige Umsetzvorrichtung der Maschinen bewirkt, daß die Bohrer etwa 100—180 Umdrehungen in der Minute machen, wobei das Bohrmehl durch die Schlangenwindungen ebenso wie bei den Drehbohrmaschinen herausgeschraubt wird.

Ist man in der Lage, das Loch dauernd mit Wasser gefüllt zu halten, so gelingt es sogar, mit dem Schlangenbohrer senkrecht nach unten gerichtete

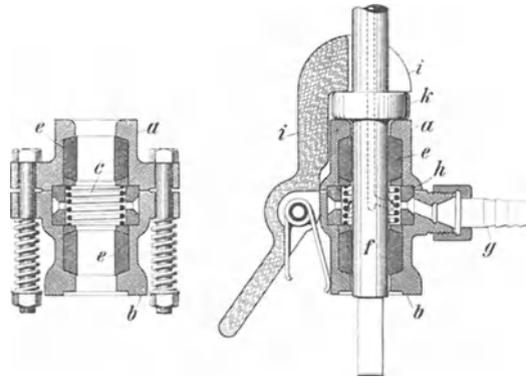


Abb. 201. Flottmannsche Wasserspülvorrichtung für Bohrhammer.

Bohrlöcher von 1,0—1,5 m Tiefe ohne Unterbrechung und ohne Auswechslung des Bohrers herzustellen. Sonst arbeitet man bei abfallenden Löchern gern mit Luftspülung, indem man Hohlbohrer anwendet und die Abluft zum Teil durch den Bohrer abführt und durch ein an der Bohrerschneide seitlich angebrachtes Loch entweichen läßt.

Statt der Luftspülung wendet man öfter auch Wasserspülung an. Sie hat neben der Beseitigung des Bohrmehls noch die Vorteile, daß Staubbildung verhütet, der Bergmann hierdurch weniger belästigt und der Bohrer gekühlt wird. Andererseits ist aber die Anbringung eines Wasseranschlusses an den Hohlbohrer immerhin lästig, da es wegen der Erschütterungen beim Bohren sehr schwierig ist, den Anschluß dauernd gut abzudichten.

In Ziff. 99 ist bereits eine Wasserspülvorrichtung für Hammerbohrmaschinen kurz beschrieben. Abb. 201 zeigt die Flottmannsche Wasserspülvorrichtung. Die Vorrichtung besteht aus einer quer zur Längsachse geteilten Muffe *a b*, in deren Innerem eine Spiralfeder *c* vorgesehen ist, die die aus Lederpackungen *e e* bestehenden Dichtungen fest gegen ihren Sitz und an die Bohrstange preßt. Das Wasser gelangt aus der Anschlußleitung *g* durch mehrere Öffnungen des Führungsringes *h* in das Innere des Gehäuses unmittelbar vor die Öffnung des Hohlbohrers und durch diesen bis auf die Sohle des Bohrlochs. Das aus der Vorrichtung herausragende

Vierkantstück des Bohrers wird in den Bohrhammer gesteckt. Die gabelförmige Klinke *i* am Gehäuse greift vor den Bund *k* des Bohrers und schützt so die Muffe vor Verschiebungen auf der Bohrstange.

101. — Die Staubbildung und ihre Bekämpfung. Bei der Arbeit mit Bohrhämmern wird das zerbohrte Gebirge in viel höherem Grade zu feinstem Staube zertrümmert und gleichsam zermahlen, als dies bei den

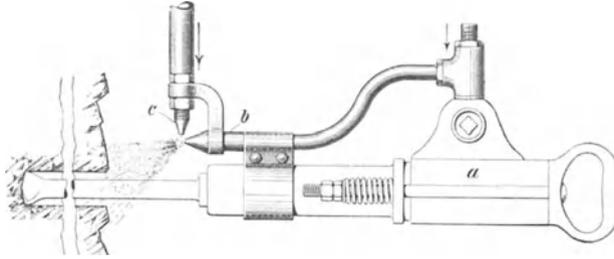


Abb. 202. Wasserspritzvorrichtung an Bohrhämmern der Maschinenfabrik Glückauf.

Drehbohrmaschinen und auch bei den langsamer arbeitenden Stoßbohrmaschinen geschieht. Die Staubbildung ist bei Anwendung der Luftspülung und außerdem bei aufwärts gerichteten Löchern am größten, während sie bei der Verwendung von Schlangenbohrern, die das Bohrmehl bei annähernd wagerecht verlaufenden Löchern verhältnismäßig langsam herausschrauben, weniger lästig fällt. Der bedienende Mann ist dem Staube namentlich

dann sehr ausgesetzt, wenn er beim Bohren die Maschine selbst in den Armen hält und deshalb in nächster Nähe des Bohrloches stehen muß.

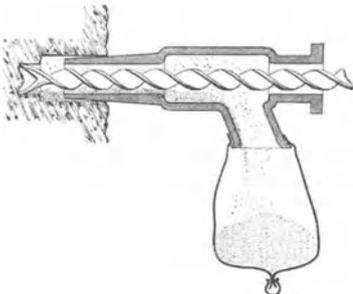


Abb. 203. Staubauffangvorrichtung für Bohrhämmer der Maschinenfabrik Glückauf.

Von den verschiedenen Abhilfemaßnahmen wirkt am durchgreifendsten die Wasserspülung, bei deren Anwendung der Staub völlig unterdrückt wird. Freilich wird dadurch die Maschine umständlicher in der Handhabung, und der Bedienungsmann muß die Belästigungen durch die Nässe mit in den Kauf nehmen. In der Ausführung einfacher, im Erfolge freilich nicht ganz so durchschlagend ist die Verwendung

des Wassers in Gestalt eines fein verteilten Wasserstrahls, der seinen Sprühregen gegen die Bohrlochmündung richtet und den Staub beim Herausquellen aus dem Loche niederschlägt. Die Strahldüse kann zu diesem Zwecke an der Maschine selbst oder auch an dem etwa vorhandenen Gestell befestigt werden. Abb. 202 zeigt eine Vorrichtung der Bohrmaschinenfabrik Glückauf in Gelsenkirchen, wonach ein Strahl der aus *b* ausblasenden Preßluft saugend auf das in einem Wasserbehälter endigende Rohr *c* wirkt und das austretende Wasser in feinem Sprühregen gegen die Bohrlochmündung treibt. Noch einfacher, aber weniger wirksam ist es, wenn man ein mit Wasser getränktes Tuch dicht vor der Bohrlochmündung um den Bohrer legt.

Man hat ferner nach Abb. 203 versucht, den Staub schon beim Austritt aus dem Loche abzufangen. Dem gleichen Zwecke dienen federnde Hülsen aus Segelleinen, die über den Bohrer geschoben werden und sich zwischen Gesteinswand und Bohrhämmer einspannen. Es muß dann aber die Maschine entgegen dem beim Tieferwerden des Loches wachsenden Drucke der Spiralfeder vorgeschoben werden.

Besonders brennend ist die Frage der Staubbeseitigung in Aufbruchbetrieben<sup>1)</sup>, da der von oben herabrieselnde Staub den Bergmann außerordentlich belästigt. Der Ansatzpunkt der Bohrlöcher zu Häupten der Leute läßt Wasserspülung und die Verwendung von Spritzwasser als ausgeschlossen erscheinen. In solchen Fällen haben sich Staubableitungen in Verbindung mit Aufbruchstützen bewährt, wie Abb. 204 deren eine zeigt. Die Aufbruchstütze selbst ist schon in Ziff. 99 beschrieben und ihre Wirkung durch Abb. 198 erläutert. Die Staubableitung besteht aus dem durch Schelle *a* an der Stütze befestigten Gasrohr *b*, an dem oben der Trichter *c* und unten der Schlauch *d* angebracht sind. Der Trichter ist zweiteilig und in der Mitte der Bohrerachse aufklappbar, wobei sich die für den Durchgang des Bohrers halbkreisförmig ausgeschnittenen, schrägen Bodenbleche etwas überdecken.

Andere Ausführungen gehen dahin, daß man in dem Rohre *b* (Abb. 204) eine Preßluft-Strahldüse anordnet und den Staub absaugen läßt. Auf diese Weise hält man den Arbeitsort in besonders wirksamer Weise staubfrei. Allerdings macht alsdann die Niederschlagung des durch den Luftstrom fortgeführten und heftig aus dem Schlauche geblasenen Staubes Schwierigkeiten, so daß die Staubbelästigung nur örtlich verschoben, nicht beseitigt wird.

**102. — Die Behandlung der Bohrer.** Die große Verbreitung, die das Bohren mit Bohrhämmern in den letzten Jahren gefunden hat, hatte eine erhebliche Steigerung des Verbrauches an Bohrern zur Folge. Größere Gruben mit zahlreichen Gesteinsbetrieben haben täglich mehrere hundert Bohrer zu schärfen.

Die Bohrer werden zweckmäßig aus Gußstahl hergestellt, dessen Kohlenstoffgehalt zwischen 0,5 und 0,95 % schwankt. Ein solcher Stahl verbindet in günstiger Weise Härte und Zähigkeit und ist genügend härtbar. Durch die andauernden Erschütterungen bei der Bohrarbeit wird der Stahl infolge Änderung seines Gefüges allmählich brüchig. Schädlich ist insbesondere das Bohren mit stumpfen Bohrern. Das Stumpfwerden des Bohrers hat

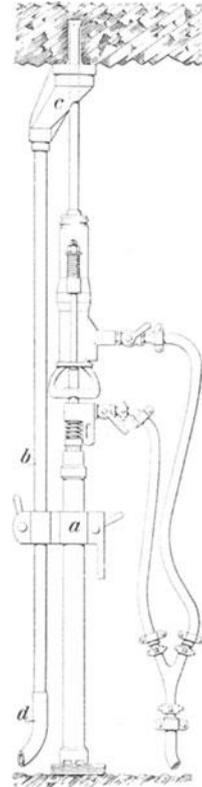


Abb. 204.  
Aufbruchstütze mit  
Staubableitung.

<sup>1)</sup> Glückauf 1921, Nr. 30, S. 705 u. f.; Wedding: Staubbeseitigung beim Gesteinbohrbetriebe in Aufbrüchen; — ferner ebenda Nr. 40, S. 960 u. f.; Huhn: Staubbeseitigung beim Gesteinbohrbetriebe.

nicht nur ein Sinken der Leistung zur Folge, sondern es beschleunigt auch die Gefügeänderung des Stahles und begünstigt so das Brechen der Bohrstange. Ein großer Teil der Bohrerbrüche ist auf das Arbeiten mit stumpfen Bohrern zurückzuführen.

Beim Schärfen des Bohrers sind folgende Arbeitsvorgänge zu unterscheiden: 1. das Erwärmen des Stahls für das Schmieden, 2. das Schärfen der Schneide, 3. das nochmalige Erwärmen für das Härten und 4. das Härten.

Bei dem ersten Erwärmen des Stahls für das Schärfen ist zur Vermeidung des sog. Verbrennens acht darauf zu geben, daß eine gewisse, zwischen 800 und 900° liegende Temperatur (kirschrot) nicht überschritten wird. Zweckmäßig wird der Stahl im Feuer gedreht, damit eine gleichmäßige Erwärmung eintritt. Dann wird die Schneide herausgeschmiedet und geformt. Da das Ausschmieden der Schneiden von Hand zeitraubend und teuer ist und außerdem eine gewisse Fertigkeit verlangt, wendet man jetzt vielfach

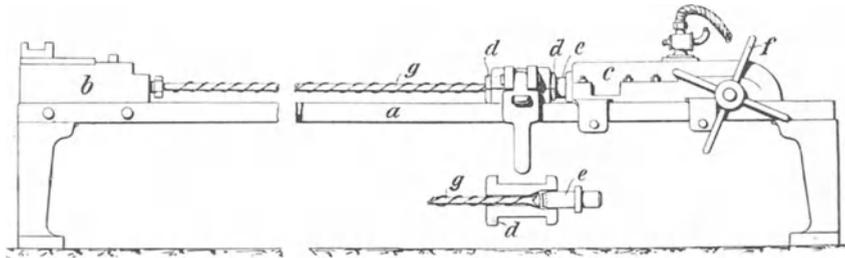


Abb. 205. Bohrerschärfmaschine.<sup>1)</sup>

Bohrerschärfmaschinen an. Hierdurch lassen sich die Schärfkosten erheblich ermäßigen; außerdem sind die maschinell geschärften Bohrer gleichmäßiger und behalten länger ihre Schärfe. Eine solche Schärfmaschine (Abb. 205) besteht aus dem Bett *a*, dem Widerlager *b*, gegen das der Bohrer beim Anschärfen der Schneide sich abstützt, und dem mittels Hebelrad *f* verschiebbaren Bohrerschärfhammer *c* mit dem ebenfalls verschiebbaren Gesenk *d*, das sich zum Zwecke des Einlegens des Bohrers aufklappen läßt. Die vorgeschmiedete, glühend gemachte Schneide wird in das geöffnete Gesenk gelegt (s. Nebenabbildung) und dieses geschlossen. Das Gesenk sowohl wie der dem Schärfhammer aufgesetzte Stauchkopf *e* sind entsprechend der zu schärfenden Schneide geformt, so daß sich diese bei der nun folgenden Arbeit des Hammers herausbildet. Für jede Schneidenbreite muß entweder ein besonderes Gesenk zur Anwendung kommen, oder der Meißel muß nachträglich auf die richtige Breite gebracht werden. In dieser Weise lassen sich mit einer Maschine in einer Stunde bis zu 30—40 Meißel schärfen.

Nach dem Schärfen wird die Schneide gehärtet, um die beim Formgeben auftretenden Spannungen zu beseitigen und die Schneide genügend widerstandsfähig zu machen. Das Härten wird in der üblichen Weise so ausgeführt, daß der Stahl bis auf Dunkelrotglut erwärmt, abgekühlt und dann angelassen wird.

<sup>1)</sup> Bergbau 1916, Nr. 30, S. 465 u. f.; Gerke: Die neuen Bauarten von Bohrerschärfmaschinen.

103. — Leistungen, Luftverbrauch und Anwendbarkeit der Bohrhämmer. Die Bohrhämmer stehen zwar an Kraft des einzelnen Schlages bedeutend hinter den Stoßbohrmaschinen zurück, weil ein großer Teil der lebendigen Arbeit des Kolbens durch den elastischen Rückstoß zwischen Kolben und Bohrerkopf vernichtet wird und weil diese lebendige Arbeit ohnehin schon wegen der geringen Masse des Kolbens nur klein ist. Doch wird dieser Mangel bei allen nicht besonders harten Gesteinen durch die große Zahl der Schläge mehr als ausgeglichen. Daher sind die Leistungen in mildem Gebirge, z. B. in Tonschiefer, Kohle, Minette und Gesteinen von ähnlicher Beschaffenheit, außerordentlich hoch und erreichen vielfach 40, 60, ja 80 cm in der Minute. Je fester das Gestein ist, um so mehr sinken freilich die Leistungen, erreichen aber in festem Granit immer noch 4—8 cm in der Minute. Am schlechtesten sind die Ergebnisse in sehr hartem, quarzigem Gestein, besonders dann, wenn dessen Härte wechselt. Sehr schlecht lassen sich z. B. quarzige Konglomerate bohren, in denen man kaum mehr als einige Zentimeter minutlich leistet, wobei man noch mit häufigen Klemmungen und Störungen zu tun hat. In solchem Falle sind Stoßbohrmaschinen weit leistungsfähiger, da sie sich infolge ihres langen Hubes leichter frei arbeiten.

Es kommen aber noch andere Gründe hinzu, die die Anwendbarkeit der Bohrhämmer im praktischen Betriebe begünstigen. Vor allen Dingen ist es ihre geringe Größe und das mäßige Gewicht, die gestatten, mit diesen Maschinen auch in beengten und sonst schlecht zugänglichen Räumen zu arbeiten. Namentlich in Aufbrüchen und steilen Aufhauen kommen diese Vorzüge zur vollen Geltung. Da man keine Spannsäule braucht, sind keine anderen schweren Teile als allein die verhältnismäßig leichten Hämmer heran- und vor dem Schießen wieder fortzuschaffen, was selbst in den engen Aufbrüchen und Aufhauen leicht möglich ist.

Auch in Querschlägen bietet die Verwendung der Bohrhämmer insofern erhebliche Vorteile, als man mit der Bohrarbeit schon wieder beginnen kann, ehe noch das Aufräumen der Schuttmassen des letzten Abschlages beendet ist. Die Mannschaft bohrt, noch auf den Bergmassen stehend, weiter, während gleichzeitig das losgeschossene Gestein fortgeladen wird.

Der Luftverbrauch der Bohrhämmer sollte im Interesse der Grube von Zeit zu Zeit immer wieder nachgeprüft werden, da er durch Verschleiß bedeutend stärker und rascher als bei Stoßbohrmaschinen gesteigert wird

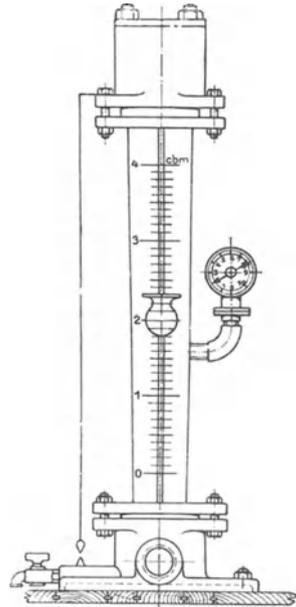


Abb. 206.  
Luftmesser der Demag.

und außerdem in dieser Beziehung die einzelnen Bohrhämmer ebenso wie die verschiedenen Maschinengattungen sich ganz verschieden verhalten. Bei Überschreitung eines gewissen Luftverbrauchs ist die Auswechslung des Bohrhammers zu empfehlen. Einen einfachen Luftmesser zeigt Abb. 206. Der Messer besteht in der Hauptsache aus einem sich nach oben konisch erweiternden, geeichten Glasrohr, das von unten nach oben vom Preßluftstrom durchflossen wird. In diesem genau lotrecht aufzustellenden Rohre (das Lot ist links auf der Abbildung sichtbar) befindet sich ein Aluminiumschwimmer, der je nach der Menge der durchströmenden Luft bis zu einer gewissen, an einem Maßstab abzulesenden Höhe angehoben wird. Die Messung erfolgt mit einer Genauigkeit von etwa 1%. Ein guter Bohrhämmer mittlerer Größe verbraucht in gutem Zustande nur etwa 150 l Preßluft minutlich, was bei 4 Atm. Überdruck 750 l angesaugte Luft oder rund  $4\frac{1}{2}$  PS Kompressorarbeit bedeutet.

Vergleicht man diese Zahlen mit denjenigen, die für Leistungen und Luftverbrauch der Stoßbohrmaschinen angegeben sind (s. Ziff. 80, S. 182) und zieht man schließlich den geringen Preis der Bohrhämmer von nur 140—180  $\mathcal{M}$  in Rücksicht, so ist ihre große Verbreitung durchaus erklärlich. Stoßbohrmaschinen werden voraussichtlich in Zukunft nur noch dann angewandt werden, wenn die Härte und Beschaffenheit des Gesteins dazu zwingen. Als besonderer Vorteil der Stoßbohrmaschinen bleibt freilich bestehen, daß sie gleichzeitig auch für Schrägzwecke benutzt werden können (s. Ziff. 25, S. 146 u. f.), was in gleicher Weise bei Bohrhämmern nicht der Fall ist.

**104. — Zusammenfassender Rückblick auf die verschiedenen Bohrmaschinengattungen.** Die Zahlen der auf S. 205 folgenden Zusammenstellung können nur einen ungefähren Überblick über die mannigfaltigen Verhältnisse geben. Zahlen über die Bohrleistungen sind fortgelassen. da diese in erster Linie von der Art des Gesteins abhängen.

## B. Anhang.

**105. — Die Bedeutung der Druckluftwirtschaft<sup>1)</sup>** erhellt aus dem Umstande, daß auf den Zechen des Ruhrbezirkes durchschnittlich etwa 25 % der Dampferzeugung für die Herstellung von Druckluft verbraucht werden. Je 1 t Förderung ergab sich 1921 ein Druckluftverbrauch, der zwischen 150 und 250 cbm angesaugter Luft schwankte. Als Druckluftherzeuger kommen in erster Linie Kolben- und Turbokompressoren in Betracht. Erstere eignen sich insbesondere für geringere Saugleistungen (6000—8000 cbm stündlich) bei wechselnder Belastung, letztere für größere Luftmengen (10000 bis

<sup>1)</sup> Wegen der besonderen Rolle, die die Druckluft bei den Gewinnungsarbeiten spielt, mögen hier einige Hinweise und Zahlen eingeschaltet werden, deren Kenntnis für eine sorgsame, wirtschaftliche Betriebsführung notwendig ist. Hingewiesen sei hierbei auf Glückauf 1922, Nr. 12, S. 346 u. f.; Goetze: Untersuchungen auf dem Gebiete der Druckluftwirtschaft; — ferner ebenda 1921, Nr. 14, S. 313 u. f.; Reiser: Betriebserfahrungen aus der Druckluftwirtschaft der Zechen; — ferner ebenda Nr. 16, S. 368 u. f.; Cloos: Druckluftversuche auf den Schachtenanlagen Helene und Amalie.

Bezeichnung der Maschine	Arbeitsweise	Bewegung des Bohrers		Zulässige Gebirgsbeschaffenheit	Verbrauch an			Antriebsleistung des Kompressors oder der Dynamo über Tage <sup>1)</sup>	Gewicht
		Umdrehungen i. d. Min.	Schlagzahl i. d. Min.		Preßluft 4 Atm. Überdruck 1 i. d. Min.	Druckwasser 60 Atm. Druck 1 i. d. Min.	Strom		
Freihand-Drehbohrmaschinen:									
a) mit Preßluftantrieb	drehend	300—500	—	gleichm. milde	160—180	—	—	4,8—5,4	9—12
b) mit elektrischem Antrieb	drehend	280—320	—	gleichm. milde	—	—	0,6	1,2	12,5
Säulen-Drehbohrmaschinen mit elektr. Antrieb	drehend	110—300	—	milde	—	—	1,3	2,6	90
Brandtsche Druckwasser-Drehbohrmaschinen	drehend	5	—	sehr hart	—	60—120	—	18 <sup>2)</sup>	205
Stoßbohrmaschinen:									
a) mit Preßluftantrieb	stoßend	—	280—400	sehr hart	400—600	—	—	12—18	48—115
b) mit elektrischem Antrieb	stoßend	—	450	hart	—	—	0,5—1,0	1—2	110—185 <sup>3)</sup>
Bohrhämmer	schlagend	—	1400—2500	hart	125—200	—	—	3,75—6	11—20
Hammerbohrmaschinen	schlagend	—	1500—2500	sehr hart	190—300	—	—	6—9	35—40

<sup>1)</sup> Ohne Verluste im Leitungsnetze. <sup>2)</sup> Ungefähre Leistung der Pumpe. <sup>3)</sup> Bohrmaschine einschl. Motor.

30000 cbm)<sup>1)</sup>. Die Erzeugungskosten stellten sich Ende 1920 bei den Kolbenkompressoren auf etwa 3,5 bis 4,5 ₤ je cbm angesaugte Luft gegen nur ungefähr 3 ₤ bei den Turbokompressoren.

Von der für die Druckluftherzeugung aufgewandten Leistung wird im allgemeinen in den Arbeitsmaschinen unter Tage nur etwa  $\frac{1}{7}$ — $\frac{1}{8}$  nutzbar gemacht. Groß sind die Undichtigkeitsverluste in dem Rohrleitungsnetze, das allerdings auch große Längen (30—40 km bei einer mittleren Zeche) besitzt. Die Verluste betragen bei einer gut unterhaltenen Anlage immerhin 25—35 %. Mehrfach sind aber auch Verluste bis zu 70 % festgestellt worden. Nehmen wir für eine Grube mit 3000 t täglicher Förderung einen Druckluftverbrauch von 200 cbm je t, also täglich 600000 cbm an, so bedeuten 30% Verlust, daß dauernd eine Kompressorleistung von etwa 750 PS nutzlos vertan wird.

In dem Leitungsnetze findet ferner, falls nicht überall und namentlich in den Hauptleitungen reichlich weite Rohrdurchmesser gewählt sind, ein starker Druckabfall statt. Deshalb muß es sorgfältig instand gehalten und überwacht werden. Insbesondere sind gute Gummidichtungen anzubringen und regelmäßig die Flanschen nachzuziehen; überflüssige Absperr- und Verteilungsventile, die leicht zu Undichtigkeiten Anlaß geben, sind zu entfernen; die Leitungen verschiedener Sohlen sind des leichteren Druckausgleichs wegen in tunlichst weiter Entfernung vom Schachte miteinander zu verbinden; in der Nähe von zeitweise unter hohem Luftbedarfe arbeitenden Maschinen sind Windkessel neben, nicht in der Leitung anzuordnen.

Der stündliche Luftverbrauch der verschiedenen Arbeitsmaschinen ist, wenn man die Leitungsverluste miteinrechnet, ausgedrückt in der Kompressorleistung, etwa zu schätzen auf

bei Haspeln verschiedener Bauart je 1 PS . . . . .	50—130	cbm
„ Schüttelrutschen . . . . .	140—250	„
„ Stoßbohrmaschinen . . . . .	150—240	„
„ Bohrhämmern . . . . .	60—90	„
„ Abbauhämmern . . . . .	40—50	„
„ Preßlufthacken . . . . .	30—40	„
„ Freihand-Drehbohrmaschinen . . . . .	70—80	„
„ Stangenschrämmaschinen . . . . .	1200—1500	„
„ Kohlenschneidern . . . . .	300—400	„
„ Strahldüsen . . . . .	90	„
„ Luttenventilatoren . . . . .	60—150	„
„ Gehäuseventilatoren . . . . .	120—130	„

## C. Die Sprengstoffe.

### a) Allgemeiner Teil.

**106. — Begriff der Explosion.** Die Wirkung der Sprengstoffe beruht auf ihrer Explosionsfähigkeit. Die Explosion ist eine sehr schnell verlaufende chemische Umsetzung des Sprengmittels, wobei als Explosions-

<sup>1)</sup> Glückauf 1922, Nr. 20, S. 581 u.f.; Hinz: Energiewirtschaft beim Preßluftbetriebe.

erzeugnisse außer etwaigen festen Rückständen, die als Rauch in die Erscheinung treten, vorzugsweise Gase unter einer hohen Temperatur (Explosions- oder Flammentemperatur) entstehen. Man faßt häufig — wenn auch in wissenschaftlichem Sinne nicht völlig zutreffend — die Explosion als plötzliche Verbrennung auf. In den meisten Sprengstoffen sind nämlich einerseits brennbare und andererseits solche Bestandteile vereinigt, die Sauerstoff abgeben. Als brennbare Bestandteile kommen hauptsächlich Kohlenstoff und Wasserstoff und deren Verbindungen miteinander in Betracht. Demzufolge sind die wichtigsten gasförmigen Explosionserzeugnisse Kohlen säure, Kohlenoxyd und Wasserdampf.

Die Spannkraft der stark erhitzten, im Bohrloch zusammengedrückten Gase bewirkt die Sprengung.

**107. — Einleitung der Explosion.** Die Explosion bedarf eines äußeren Anstoßes, der Zündung. Manche Sprengstoffe explodieren unter der Wirkung der einfachen Erwärmung an einem Punkte, so z. B. Schwarzpulver, wenn es auf  $315^{\circ}$ , und Knallquecksilber, wenn es auf  $186^{\circ}$  erhitzt wird. Bei anderen Sprengstoffen tritt infolge Erwärmung an freier Luft zwar bei einer gewissen Temperatur ebenfalls Entflammung ein, ohne daß aber das darauf erfolgende, verhältnismäßig langsame Abbrennen zur eigentlichen Explosion zu führen braucht. Z. B. kann Dynamit, auf  $200$ — $210^{\circ}$  erhitzt, ohne Explosion abbrennen. Zur Einleitung der eigentlichen Explosion ist in solchen Fällen außerdem eine Steigerung des Gasdruckes notwendig.

Die Entzündungstemperatur, bei der ein Sprengstoff ins Brennen gerät oder explodiert, darf somit nicht mit der nach eingeleiteter Explosion entstehenden Explosions- oder Flammentemperatur verwechselt werden.

**108. — Arten der Explosion.** Es gibt bei der eigentlichen Explosion zwei verschiedene Arten der Fortpflanzung, nämlich Deflagration (Verbrennung) und Detonation. Man unterscheidet hiernach langsam explodierende (deflagrierende) und schnell explodierende (brisante) Sprengstoffe. Zu der ersteren Gruppe gehören das Schwarzpulver und die damit verwandten Sprengstoffe, ferner die Schießmittel wie das rauchlose Pulver. Die Wirkung ist langsam, schiebend und nur wenig zertrümmernd. Zu den brisanten Sprengstoffen gehören das Dynamit, die Wettersprengstoffe und das Knallquecksilber. Die Wirkung ist infolge der Plötzlichkeit der Kraftäußerung heftiger, so daß bei der Explosion von Sprengladungen an freier Luft selbst die Unterlage zerschmettert wird.

Die langsame Explosion pflanzt sich durch unmittelbare Wärmeübertragung von Schicht zu Schicht — also gleichsam durch Abbrennen — fort; die Geschwindigkeit beträgt nur wenige Meter bis höchstens einige hundert Meter in der Sekunde. Bei der Detonation läuft die Explosion durch Vermittelung einer besonderen physikalischen Wellenbewegung — ähnlich der Wirkung der Schallwelle — weiter. Es sind also die Schwingungen der „Explosionswelle“, die die Explosion fortpflanzen. Die hierbei sich ergebenden Explosionsgeschwindigkeiten sind außerordentlich hoch und betragen z. B. in der Sekunde bei den Ammonsalpetersprengstoffen  $2000$ — $3900$  m, bei Dynamit etwa  $6000$  m und bei Sprenggelatine sogar  $7700$  m.

**109. — Erzeugnisse der Explosion.** Über die bei der regelmäßigen Explosion einiger Sprengstoffe, die als Vertreter ganzer Gruppen aufzufassen

sind, entstehenden Gase und die Menge des festen Rückstandes gibt die folgende Zusammenstellung Aufschluß:

Name des Sprengstoffes	1000 g liefern bei der Explosion an Gasen:							1000 g liefern an festem Rückstand (Rauch) g
	insges.	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CO	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	
	Liter							
Sprengpulver (75-proz.) . . . . .	296	122	—	87	87	—	—	564
Dynamit 1 . . . . .	640	248	234	—	135	23	—	166
Kohlenkarbonit <sup>1)</sup> . . . . .	805	149	148	211	79	—	218	245
Wetter-Detonit A . . . . .	893	53	512	—	248	80	—	105
Ammonit 1 <sup>2)</sup> . . . . .	901	132	503	—	249	17	—	—

Die Zusammenstellung lehrt, daß bei manchen Sprengstoffen (Dynamit 1, Wetter-Detonit A, Ammonit 1) der verfügbare Sauerstoff nicht allein zur völligen Verbrennung des Kohlenstoffs und Wasserstoffs hinreicht, sondern auch ein gewisser Überschuß in den Schwaden verbleibt. Bei manchen Sprengstoffen (Sprengpulver, Kohlenkarbonit) dagegen genügt der Sauerstoffvorrat zur Verbrennung der brennbaren Bestandteile nicht. Demzufolge bildet sich zum Teil Kohlenoxyd statt Kohlensäure, und es bleibt auch Wasserstoff unverbrannt zurück, falls solcher im Sprengstoff vorhanden war. Sprengstoffschwaden mit erheblichem Gehalt an CO und H<sub>2</sub> sind brennbar.

In Preußen müssen die Gesteins- und die Wettersprengstoffe (s. die Einteilung in Ziff. 115), soweit sie im Grubenbetriebe unter Tage verwendet werden sollen, auf Sauerstoffgleichheit oder Sauerstoffüberschuß aufgebaut sein; d. h. der vorhandene Sauerstoff muß rechnungsmäßig mindestens dazu ausreichen, sämtlichen Wasserstoff zu Wasser und den Kohlenstoff zu Kohlensäure zu verbrennen.

#### 110. — Das Abbrennen oder das Auskochen der Sprengschüsse.

Wie bereits oben gesagt, können manche Sprengstoffe unter Umständen ohne Explosionserscheinung abbrennen. Geschieht dies im Bohrloche an Stelle der Explosion, so ist es besonders auffällig, und wir sprechen dann von einem Auskochen des Sprengschusses. Es kommt im Betriebe nicht selten vor und wird namentlich bei Ammonsalpeter- und Chloratsprengstoffen beobachtet.

Auskochende Sprengschüsse unterscheiden sich von explodierenden nicht nur durch die verschiedene Schnelligkeit der chemischen Umsetzung und durch die fehlende Sprengwirkung, sondern auch durch die Art der Zersetzung des Sprengstoffs. Die Beschaffenheit der bei dem Auskochen und bei der Explosion entstehenden Gase ist demgemäß verschieden. Insbesondere sind es nitrose Dämpfe, die höheren Oxyde des Stickstoffs: NO

<sup>1)</sup> Kohlenkarbonit gehört nicht mehr zu den in Gebrauch befindlichen und in Preußen zugelassenen Sprengstoffen. Es ist aber früher viel gebraucht worden und wird hier seiner besonders kennzeichnenden Nachschwaden wegen mitaufgeführt. Seine Zusammensetzung war: 25% Sprengöl, 34% Kalisalpeter, 1% Barytsalpeter, 39,5% Mehl, 0,5% Soda.

<sup>2)</sup> Der frühere Name war Donarit.

und  $N_2O_3$ , die als Kennzeichen des Auskochens in Gestalt von großen Mengen gelbroten Qualmes aus dem Bohrloche hervorbrodeln.

Zu erklären ist diese Erscheinung so, daß beim Auskochen die in den meisten Sprengstoffen vorhandene Nitrogruppe  $NO_2$  nicht gänzlich wie bei der kräftigeren Explosion auseinanderfällt, sondern zum Teil die Stickstoffoxydverbindungen erhalten bleiben. Da hierbei der vorhandene Sauerstoff nicht völlig frei wird, ist auch der Kohlenoxydgehalt in den Schwaden auskochender Schüsse viel größer als bei der ordnungsmäßigen Explosion.

Stickoxyd äußert ebenso wie Kohlenoxyd giftige Wirkungen<sup>1)</sup>, so daß tödliche Verunglückungen in den Nachschwaden von Schüssen, die ausgekocht haben, nicht ausgeschlossen sind. Ein in der Kohle auskochender Schuß kann auch die Veranlassung eines Flözbrandes oder einer Schlagwetterexplosion werden.

Von den mancherlei Ursachen für das Auskochen von Sprengladungen sind am häufigsten: zu schwache Sprengkapseln; Verwendung von Sprengkapseln, deren Knallsatz durch Feuchtigkeitsaufnahme gelitten hat; Zündung ohne Sprengkapseln; schlechtes Einsetzen der Zündschnur mit der Kapsel in die Ladung, so daß letztere vor der Explosion der Kapsel entzündet wird; Verwendung von gefrorenen oder feucht gewordenen Sprengstoffen; Bohrmehlansammlungen zwischen den einzelnen Patronen der Sprengladung im Bohrloche.

Eine und dieselbe Ladung kann zum Teil auskochen und zum Teil explodieren, ohne daß dies unmittelbar am Knall und an der Sprengwirkung bemerkt zu werden braucht. In solchen Fällen spürt man an dem unverhältnismäßig reichlichen, unangenehm reizenden Qualme, daß eine glatte, volle Explosion nicht stattgefunden hat. Die Bergleute sind dahin zu erziehen, daß sie die Nachschwaden von Schüssen meiden, bei denen der Verdacht auch nur eines teilweisen Auskochens der Ladung besteht. Mit dem Auskochen nicht zu verwechseln ist die Erscheinung des „Nachflammen“, das insbesondere bei den Chloratsprengstoffen (s. Ziff. 132, S. 222 u. f.) auftritt.

**111. — Explosionstemperatur und Gasdruck.** Die Ermittlung der Explosions- oder Flammentemperatur der Sprengstoffe ist im Hinblick auf die noch zu besprechenden Wettersprengstoffe von Bedeutung. Auch wenn man den Druck ermitteln will, unter dem die entwickelten Gase bei der Explosion in einem gegebenen Raume stehen, ist die Kenntnis der Explosionstemperatur notwendig. Wege, die Explosionstemperaturen unmittelbar oder mittelbar zu messen, sind zur Zeit nicht bekannt. Man ist allein auf die Rechnung angewiesen. Die rechnermäßigen Explosionstemperaturen einiger Sprengmittel sind in der Übersicht (auf S. 212) zusammengestellt.

Die zur Explosion kommende Sprengstoffmenge ist theoretisch ohne Einfluß auf die Höhe der Flammentemperatur, da diese lediglich von dem Verhältnis der frei werdenden Wärmemenge zur spezifischen Wärme der Explosionserzeugnisse abhängt und dieses Verhältnis bei jeder Ladung unverändert bleibt. Tatsächlich wird aber besonders für die kleinsten

<sup>1)</sup> Näheres darüber folgt im Abschnitt „Grubenbewetterung“.

Ladungen ein Unterschied anzunehmen sein, da für sie die von außen mit Übermacht einwirkende Abkühlung es nicht zur Erreichung der höchstmöglichen Temperatur kommen lassen wird. Aber auch bei Explosion größerer Mengen wird stets die im ersten Augenblicke erreichte, höchste Flammentemperatur sofort infolge Ausdehnung der Gase, Abkühlung und Arbeitsleistung wieder sinken.

Aus der Menge der entstandenen Gase und der Explosionstemperatur läßt sich nach dem Gay-Lussac-Mariotteschen Gesetze der Gasdruck für einen gegebenen Explosionsraum berechnen. Der Druck stellt sich bei sonst gleichen Verhältnissen um so höher, je größer die sog. Ladedichte ist, d. h. je mehr Gewichtseinheiten des Sprengstoffs sich in der Raumeinheit unterbringen lassen. Spezifisch schwere Sprengstoffe sind deshalb insbesondere für das Einbruchschießen vorteilhaft, ebenso plastische Sprengmittel, weil sie dichter als körnige Stoffe liegen und das Bohrloch besser ausfüllen. Die Ladedichte der Sprengstoffe schwankt zwischen 0,80 (Kornpulver) und 1,60 (Dynamit 1). Der Gasdruck im Bohrloche ist auf mindestens mehrere tausend Atmosphären zu schätzen.

**112. — Sprengkraft und Sprengwirkung.** Die Arbeitsfähigkeit der Sprengstoffe — in der Regel mit Sprengkraft bezeichnet — ist aus physikalischen Gründen gleich der bei der Explosion entwickelten Wärmemenge. Man kann deshalb diese Wärmemenge unmittelbar als Maß für die zu erwartende Arbeitsleistung nehmen, indem man die Zahl der errechneten oder in der Kalorimeterbombe gemessenen Kalorien mit 425, als dem mechanischen Wärmeäquivalent, multipliziert. Tut man das, so erhält man die in Spalte 3 der Übersicht auf S. 212 angegebenen Zahlen.

Von der Arbeitsfähigkeit des Sprengstoffs muß man die tatsächliche Sprengwirkung streng unterscheiden. Nur ein geringer Teil der im Sprengstoffe steckenden Kraft kann in der Sprengwirkung nutzbar gemacht werden. Die bei der Explosion frei werdende Arbeit wird nämlich verbraucht:

- a) in Wärmewirkungen, da sowohl die Luft am Arbeitsorte als auch das Gebirge erhitzt werden;
- b) zur Zertrümmerung und Zermalmung des der Sprengladung zunächst liegenden Gesteins;
- c) zum Absprengen und Abschleudern der Vorgabe.

Erwünscht ist in der Regel nur die Wirkung unter c), die als nutzbare Sprengwirkung aufzufassen ist.

Für die nutzbare Sprengwirkung fällt sehr wesentlich die Explosionsschnelligkeit ins Gewicht. Es ist klar, daß eine gewisse Geschwindigkeit in der Druckäußerung der Sprenggase die Vorbedingung für jede Sprengwirkung ist. Bei zu langsam ansteigendem Gasdrucke würde durch Herauschieben des Besatzes oder durch kleine Klüfte der Druckausgleich in der Hauptsache ohne den beabsichtigten Sprengerfolg stattfinden. Andererseits ist die höchste Explosionsgeschwindigkeit durchaus nicht immer die günstigste. Ein allzu brisanter Sprengstoff wird das Gestein um sich herum unnötig fein zerkleinern, ohne diesem die Zeit zu geben, auf den vorhandenen Lagen zu reißen und in großen Stücken niederzubrechen.

Im allgemeinen läßt sich sagen, daß in zähem, festem Gesteine brisante Sprengstoffe, in lagenhaftem, geschichtetem Gesteine dagegen solche von geringerer Explosionsgeschwindigkeit die günstigsten Sprengwirkungen hervorbringen. Ein Sprengstoff, der für alle Verhältnisse passend ist und in jedem Gestein die günstigsten Wirkungen aufweist, ist undenkbar.

**113. — Trauzlsche Bleimörserprobe.** Wenn man trotzdem durch praktische Proben einen Maßstab für die Sprengwirkung verschiedener Sprengstoffe zu finden versucht, so sind die Ergebnisse mit der nötigen Vorsicht aufzunehmen. Am häufigsten wird die Trauzlsche Bleimörserprobe angewandt. Sie wird in Bleizylindern ausgeführt, die einen zylindrischen Hohlraum besitzen. In letzterem wird eine bestimmte Menge des zu untersuchenden Sprengstoffs (gewöhnlich 10 g) unter Sandbesatz zur Explosion gebracht. Die hierdurch bewirkte Erweiterung (Ausbauchung) des Hohlraumes dient als Maß für die Sprengwirkung des Sprengstoffs. Man wendet jetzt zum Zwecke einheitlicher Beurteilung allgemein Bleizylinder mit den in Abb. 207 angegebenen Maßen an.

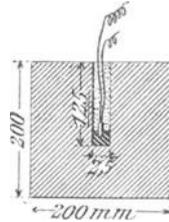


Abb. 207. Bleimörser.

Die Abb. 208 zeigt eine Reihe von Bleizylindern, die nach geschehener Probe durchgesägt worden sind. Die Zylinder besitzen allerdings noch die

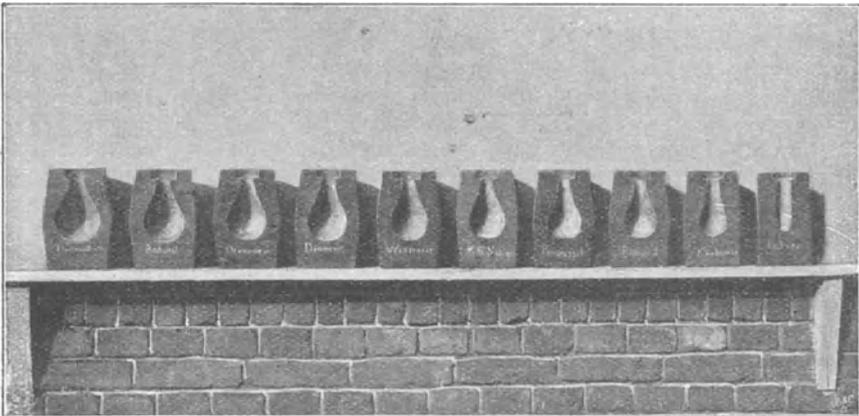


Abb. 208. Trauzlsche Bleimörser (nach der Probe durchgesägt).

früher üblichen Maße. Zwischen der Dynamit-Ausbauchung am weitesten links und der Sprengpulver-Ausbauchung am weitesten rechts sieht man in der Mitte die Wirkungen der früher üblichen Wettersprengstoffe. In allen Fällen waren je 10 g und nur beim Sprengpulver 25 g als Schußladung benutzt worden. Es fällt hierbei die stark birnenförmige Gestalt der Ausbauchung bei den brisanten Sprengstoffen gegenüber der flaschenförmigen, durch Sprengpulver erzielten Ausbauchung auf.

Das Bild lehrt auf den ersten Blick, daß man mittels dieser Probe nur Sprengstoffe miteinander vergleichen darf, die sich in ihrer Explosionsgeschwindigkeit nahestehen. Schwarzpulver mit seiner so geringen Brisanz

kommt in der zähen Bleimasse kaum zur Geltung, da die langsam sich entwickelnden Gase ungenützt aus dem Loche entweichen können. Dagegen ergeben die brisantesten Stoffe verhältnismäßig die größten Ausbauchungen. Daher bezeichnet man diese Probe auch als „Brisanzmessung“.

114. — Übersicht. In der folgenden Übersicht sind für einige bekannte Sprengmittel die Explosionstemperaturen, die Arbeitsfähigkeiten und die Ausbauchungen im Trauzlschen Bleimörser zusammengestellt:

1. Bezeichnung des Sprengstoffs	2. Explosions- temperatur °C	3. Arbeitsfähigkeit je 1 kg mkg	4. Ausbauchung im Trauzlschen Bleimörser durch 10 g ccm nicht vergleichsfähig
75-prozent. Sprengpulver .	2440	245 000	410
Dynamit 1 . . . . .	2984	538 000	480
Sprenggelatine . . . . .	3203	632 000	160
Kohlenkarbonit <sup>1)</sup> . . . . .	1845	267 000	220
Wetter-Detonit A . . . . .	1520	233 000	375
Ammonit 1 <sup>2)</sup> . . . . .	2132	401 000	

### b) Besonderer Teil.

115. — Einteilung der Sprengstoffe. Die für den Bergbau wichtigen Sprengstoffe kann man in folgenden Gruppen zusammenfassen:

#### A. Pulversprengstoffe:

- I. Sprengpulver,
- II. Sprengsalpeter.

#### B. Brisante Sprengstoffe:

- I. Gesteinsprengstoffe:
  - a) Dynamite,
  - b) Ammonsalpetersprengstoffe,
  - c) Perchloratsprengstoffe,
  - d) Chloratsprengstoffe.
- II. Wettersprengstoffe:
  - a) Ammonsalpetersprengstoffe,
  - b) halbgelatinöse Sprengstoffe,
  - c) gelatinöse Sprengstoffe.

#### C. Sonstige Sprengmittel, insbesondere das Flüssige-Luft-Sprengverfahren<sup>3)</sup>.

An den Bergbau Preußens dürfen nur solche Sprengstoffe vertrieben werden, die durch den Minister für Handel und Gewerbe zum Vertriebe zugelassen und in die Liste der Bergbausprengstoffe aufgenommen sind. Die zur Zeit zugelassenen Sprengstoffe sind im folgenden aufgeführt<sup>4)</sup>.

<sup>1)</sup> S. Anm. 1) auf S. 208.

<sup>2)</sup> S. Anm. 2) auf S. 208.

<sup>3)</sup> Dieses Verfahren wird wegen seiner Eigenart in einem Sonderabschnitt, der auf „Die Zündung der Sprengschüsse“ folgt, besprochen.

<sup>4)</sup> Einstweilen sind noch einige weitere Sprengstoffe zugelassen, die aus der Verarbeitung von Heeresbeständen hergestellt worden sind. Hierhin gehören z. B. Pikrit und Nitroglyzerinpulver.

### 1. Pulversprengstoffe.

116. — **Sprengpulvergruppe.** Das Sprengpulver, früher meist Schwarzpulver genannt, hat seit seiner Erfindung Jahrhunderte hindurch unverändert die alte Zusammensetzung — Holzkohle, Schwefel und Kalisalpeter in innigstem, feinstem Gemenge — beibehalten. Holzkohle und Salpeter unterhalten die Verbrennung. Der Zusatz von Schwefel erleichtert die Zündung und ist für die Gleichmäßigkeit der Verbrennung und ihrer Geschwindigkeit notwendig.

Die Bestandteile werden für sich fein gemahlen und sodann aufs sorgfältigste gemengt. Der fertig gemischte Satz wird unter Befeuchtung mit Wasser zu Kuchen gepreßt, die zu Körnern von eckigen Formen gebrochen und durch Siebe sortiert werden. Nach erfolgter Trocknung werden die Körner durch Absieben vom Staube befreit und meistens noch durch rollende Bewegung in glatten Holztrommeln mit oder ohne Graphitzusatz poliert.

Das Pulver wird in eckiger oder abgerundeter Kornform, rau oder poliert, in den Handel gebracht. Die Größe der Körner schwankt von 1—10 mm. Das Sprengpulver darf nur in fertigen Patronen, und zwar in braunem Papier, an den Bergbau vertrieben werden.

Abb. 209. Patrone aus komprimiertem Pulver mit Zündschnur.

Abb. 210. Aufreihung der Patronen aus komprimiertem Pulver auf der Zündschnur.

Neben dem Kornpulver stellt man auch sog. komprimiertes Pulver her, das in besonderen Pressen mit entsprechenden Stempeln und Formen aus dem feuchten Satze unter starkem Druck zu Zylindern vom Durchmesser der verlangten Patronen zusammengepreßt wird. Die Pulverzylinder erhalten zum Zwecke der schnelleren Fortpflanzung der Zündung und zur Aufnahme der Zündschnur einen in der Mitte oder seitlich liegenden Zündkanal und können dann, wie die Abbildungen 209 und 210 zeigen, auf die Schnur gezogen werden. Sprengladungen aus komprimiertem Pulver sind handlich und besonders bequem beim Laden und Besetzen.

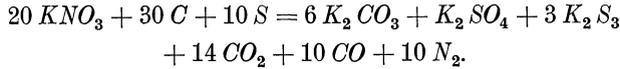
Im allgemeinen ist für Güte und Preis des Pulvers der Salpetergehalt ausschlaggebend. Man bezeichnet das Pulver daher als 65-, 70- oder 75-prozentig, wenn es 65, 70 oder 75 % Salpeter enthält. Die in Deutschland üblichen Zusammensetzungen sind:

Bezeichnung des Sprengstoffes	Kali- salpeter	Schwefel	Hoizkohle	Ruß	Zellulose	Eisen- sulfat
	%	%	%	%	%	%
Sprengpulver 1 (75%iges Sprengpulver) . . . .	73—77	8—15	10—15	—	—	—
Sprengpulver 2 (70%iges Sprengpulver) . . . .	68—72	32—28		—	—	—
Sprengpulver 3 (65%iges Sprengpulver) . . . .	63—67	37—33		—	—	—
Sprengpulver 4 . . . .	65—70	8—12	—	8	10—15	0—3
Sprengpulver 5 . . . .	70—73	17—19	5—7	—	5—7	—

Je größer der Gehalt an Salpeter, desto sprengkräftiger ist das Pulver. Je fester das zu sprengende Gestein ist, desto hochprozentiger muß also das Sprengpulver gewählt werden.

Grobes Korn und Politur verlangsamen die Verbrennungsgeschwindigkeit. In geschlossenem Gesteine oder in entsprechender Kohle, wo die Pulvergase im Bohrloche Zeit haben, sich anzuspannen, und ein vorzeitiges Entweichen auch bei langsamerer Verbrennung nicht zu befürchten ist, wird mit besonderem Vorteil das komprimierte Sprengpulver verwendet. In jedem Falle bedarf Sprengpulver eines festen, langen Besatzes, um eine kräftige Wirkung hervorzubringen.

**117. — Explosionszersetzung des Sprengpulvers.** Als Zersetzungsgleichung des 75-prozentigen Schwarzpulvers kann man etwa folgende Formel annehmen:



Die Explosionserzeugnisse bestehen zu 56,4 % aus festen Rückständen (Rauch) und nur zu 43,6 % aus Gasen. (Vgl. die Übersicht auf S. 208.)

Sprengpulver mit 70 oder 65 % Salpeter liefert auf gleiche Gewichtsmenge ein größeres Gasvolumen. Jedoch haben die Gase eine niedrigere Flammentemperatur, so daß trotzdem der Druck, den sie im Bohrloche ausüben können, geringer als beim 75-prozentigen Pulver ist. Auch die frei werdende Wärmemenge ist weniger groß. Ein weiterer, für die Praxis wichtiger Unterschied liegt darin, daß die erzeugten Kohlenoxydmengen mit abnehmendem Salpetergehalt wachsen. Beim 65-prozentigen Pulver entsteht neben Stickstoff fast nur noch Kohlenoxyd.

**118. — Sprengsalpetergruppe.** Zu dieser Gruppe gehören diejenigen Pulversorten, bei denen der Kalisalpeter ganz oder hauptsächlich durch Natronsalpeter (Chilesalpeter) ersetzt ist. Der besondere Vorteil solcher Pulversorten liegt in der Billigkeit. Wegen der hygroskopischen Eigenschaften des Natronsalpeters ist aber die Lagerfähigkeit des Sprengsalpeters im allgemeinen beschränkt. Dieser Nachteil tritt auf Kalisalzbergwerken wegen ihrer trockenen Wetter nicht in die Erscheinung. Der Kalisalzbergbau ist deshalb der Hauptabnehmer für Sprengsalpeter, zumal die Gebirgsverhältnisse für diesen sehr günstig liegen und Schlagwettergefahr in der Regel nicht besteht. Neuerdings gewinnen diese Pulver aber auch auf anderen Gruben an Verbreitung, nachdem man gelernt hat, den hygroskopischen Eigenschaften durch bessere Verpackung in Paraffinpapier und schnelleren Verbrauch zu begegnen.

Der Sprengsalpeter wird gekörnt (in der Regel unpoliert) oder komprimiert benutzt. Für härtere Salze benutzt man ihn gern in komprimiertem Zustande. Seine Farbe ist bräunlich-grau.

Die Zusammensetzung der zugelassenen Sprengsalpeterarten ergibt sich aus der folgenden Zusammenstellung:

Bezeichnung des Sprengstoffs	Natrosalpeter, der z. T. durch Kal- salpeter ersetzt werden kann	Schwefel	Kohle	Braunkohle	Pech, z. T. durch Kohle ersetzbar	Ruß	Zellulose	Eisensulfat	Kaliumbichromat
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Sprengsalpeter 1	70—75	9—15	10—16	—	—	—	—	—	—
Sprengsalpeter 2	70—75	9—15	—	10—16	—	—	—	—	—
Sprengsalpeter 3	71—76	9—11	—	—	15—19	—	—	—	0—1
Sprengsalpeter 4	65—70	8—12	—	—	—	8	10—15	0—3	—
Sprengsalpeter 5	70—75	17—19	5—7	—	—	—	5—7	—	—

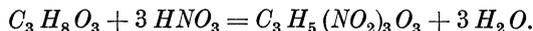
## 2. Gesteinsprengstoffe.

119. — **Vorbemerkung.** Die Gesteinsprengstoffe dürfen nur in rotem Patronenpapier an den Bergbau abgegeben werden. Auch die Sprengstoffpakete müssen in rotes Papier eingeschlagen werden. Der Durchmesser der Patronen soll in der Regel 25 oder 30 mm betragen.

### *α) Gruppe der Dynamite.*

120. — **Das Sprengöl.** Der Hauptbestandteil der Dynamite ist das Sprengöl oder Trinitroglyzerin, gewöhnlich Nitroglyzerin genannt.

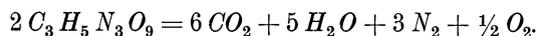
Nitroglyzerin entsteht, wenn man ein Gemisch von Salpeter- und Schwefelsäure auf Glycerin einwirken läßt, durch Ersetzung von drei Atomen Wasserstoff durch drei Nitrogruppen (daher der Name Trinitroglyzerin):



Die in der Formel nicht erscheinende Schwefelsäure dient nur zur Bindung des Wassers, das sich bei der Nitrierung des Glycerins bildet.

Das Nitroglyzerin ist eine bei gewöhnlicher Temperatur geruchlose, ölige Flüssigkeit von gelblicher Färbung. Der Geschmack ist süßlich, die Wirkung auf den Menschen stark giftig. Kopfschmerzen treten bereits auf, wenn das Sprengöl mit der Haut in Berührung kommt. Besonders durch die Schleimhäute, z. B. des Mundes, dringt das Öl leicht in den Körper ein. Die Arbeiter, die täglich mit Nitroglyzerin zu tun haben, gewöhnen sich aber meist bald an die Wirkungen des Giftes und bleiben später davon unbehelligt. Das Sprengöl ist fast unlöslich in Wasser, aber löslich in Alkohol, Äther, Holzgeist, Methylalkohol und Benzin. Bei 217° entzündet es sich. Bei +11° gefriert es und taut nur langsam wieder auf. Das Nitroglyzerin ist empfindlich gegen Stoß und Schlag und kommt hierdurch leicht zur Explosion. Das spezifische Gewicht ist 1,6.

Die Explosion des Sprengöls erfolgt nach folgender Formel:



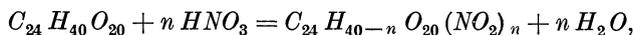
Neben den sonstigen Gasen entsteht also bei der Explosion auch freier Sauerstoff.

Da flüssige Sprengmittel besonders gefährlich sind — sie verlieren sich auf Gesteinsklüften oder werden verschüttet und explodieren nachträglich —, ist der unmittelbare Gebrauch des Sprengöls verboten. Es darf nur in gebundenem Zustande benutzt werden, wobei es sich unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht von der Beimengung abscheiden soll. Tritt das Öl auch nur in Spuren aus, so ist der Sprengstoff verdächtig und besser nicht zu verwenden.

**121. — Zusammensetzung der Dynamite im allgemeinen.** Man unterschied früher Dynamite mit unwirksamer und solche mit wirksamer Beimischung. Die unwirksame Beimischung diente nur zum Aufsaugen des flüssigen Sprengöls, war also allein dazu bestimmt, den Sprengstoff in eine handliche Form zu bringen. In erster Linie benutzte man als Aufsaugstoff die Kieselgur, eine lockere, viele kleine Hohlräume enthaltende Infusorienerde. Der damit hergestellte Sprengstoff, das Gurdynamit, bestand aus 75% Nitroglycerin und 25% Kieselgur. Er wurde früher viel gebraucht, bis er von den Dynamiten mit wirksamer Beimengung verdrängt wurde.

Die wirksamen Beimengungen saugen ebenfalls das Nitroglycerin auf, nehmen aber auch an der Explosion teil. Das Zuspulver ist in der Regel so zusammengesetzt, daß der bei der Explosion des Sprengöls sich ergebende überschüssige Sauerstoff Gelegenheit zur Verbindung mit oxydierbaren Stoffen findet. Die Beimischung bindet also nicht nur das Sprengöl, sondern erhöht auch die Explosionskraft.

**122. — Bedeutung der Schießbaumwolle für die Dynamite.** Ein außerordentlich geeignetes Bindemittel für Nitroglycerin ist die Kollodiumwolle, eine besondere Art der Schießbaumwolle. Letztere entsteht durch Einwirkung von Salpetersäure auf Baumwolle nach folgender Formel:



wobei  $n$  die Werte von 1—11 besitzen kann.

Die Schießbaumwolle hat äußerlich das Ansehen der Baumwolle beibehalten, ist jedoch etwas rauher und spröder und hat an spezifischem Gewichte zugenommen. Sie läßt sich ohne weiteres zu festen und dichten Sprengkörpern zusammenpressen, ist aber für die gewöhnliche bergmännische Sprengarbeit zu teuer. Gegen Stoß und Schlag ist Schießbaumwolle sehr empfindlich. Außer für die Sprengstoffbereitung wird sie als Zündsatz für elektrische Zünder und für die Herstellung von Zelluloid benutzt.

Die Kollodiumwolle ist nun eine Schießbaumwolle mit acht bis neun Nitrogruppen. Sie ist in Nitroglycerin löslich und bildet mit diesem eine eigenartige, je nach dem Mischungsverhältnisse verschieden steife Gelatine, aus der Öl nicht mehr ausfließt.

**123. — Gefrierbarkeit der Dynamite.** Der Hauptübelstand der Dynamite ist die leichte Gefrierbarkeit. Die Temperatur, bei der das Festwerden eintritt, ist nicht für alle Arten des Dynamits die gleiche. Bei Temperaturen unter  $+11^\circ$  ist aber das Gefrieren nicht ausgeschlossen, bei  $+8^\circ$  schreitet es schon ziemlich schnell fort. Gefrorenes Dynamit geht im Bohrloche im allgemeinen schwer los, so daß öfter unexplodierte Patronen im Loche zurückbleiben oder ins Haufwerk geraten. In jedem Falle sind bei Verwendung gefrorenen Dynamits schlechte Sprengwirkung, schädliche Nachschwaden und Neigung der Schüsse zum Auskochen zu befürchten. Dabei ist die

Handhabung des gefrorenen Dynamits gefährlich, weil gerade wegen der Starrheit und Unnachgiebigkeit der Patronen bei Stoß, Schlag oder Reibung die Wirkung sich auf einen einzigen Punkt vereinigt. Wegen dieses Verhaltens ist das Auftauen gefrorenen Dynamits vor dem Gebrauche vorgeschrieben.

Das Verfahren des Auftauens ist zeitraubend und umständlich und setzt besondere Vorrichtungen voraus, die nicht überall vorhanden sind. Es gibt überdies alljährlich zu Verunglückungen Anlaß. In jedem Falle soll man beim Auftauen die größte Vorsicht walten lassen. Niemals sind gefrorene Patronen an sehr warme Orte, z. B. in die unmittelbare Nähe von Öfen, Dampfleitungen oder Feuer, zu bringen. Auch dürfen sie nicht geschnitten oder gebrochen werden, da gefrorenes Dynamit unberechenbar ist.

Am besten ist es, genügend warme Lager zu benutzen, um so das Dynamit vor dem Gefrieren zu schützen oder ihm, falls es gefroren angeliefert wird, Zeit zum allmählichen Auftauen zu lassen. Unterirdische Lagerräume pflegen die hierfür erforderliche Temperatur zu besitzen. Wo das künstliche Auftauen der einzelnen Patronen nicht zu vermeiden ist, geschieht es am schnellsten und sichersten in wasserdichten Blechbüchsen, die in mäßig warmes Wasser gesetzt werden. Würde man gefrorene Patronen unmittelbar in warmes Wasser eintauchen, so würde das gefährliche Sprengöl teilweise austreten, sich am Boden des Wasserbehälters ansammeln und zu Verunglückungen Anlaß geben können.

Leider ist es kaum zu vermeiden, daß der Bergmann unter Umständen gefrorene Patronen in die Hand bekommt. In den einzelnen Patronenpaketen ist häufig die äußere Patronenlage weich, während sich in der Mitte des Pakets noch ganz oder teilweise gefrorene Patronen befinden. Die mit der leichten Gefrierbarkeit des Dynamits verbundenen Gefahren haben alljährlich eine Anzahl von Verunglückungen im Gefolge. Bis zu einem gewissen Grade wird die Gefrierbarkeit durch Zusatzmittel, wie Nitrotoluol, herabgesetzt. Besser hat sich als gefrierverhindernder Zusatz das Dinitrochlorhydrin  $[C_3H_5O_2(NO_2)_2Cl]$  bewährt, das durch Nitrierung von chloriertem Glycerin gewonnen wird. Auch Dinitrochlorhydrin gelatiniert mit Kollodiumwolle und verhält sich im übrigen ähnlich wie das Nitroglycerin, nur daß es gegen Stoß, Schlag und Reibung unempfindlicher ist. Sprengstoffe mit 30 % Dinitrochlorhydrinzusatz im Nitroglycerin sind für europäische Wintertemperaturen als praktisch ungefrierbar zu betrachten (s. Ziff. 126).

**124. — Sprenggelatine.** Die Sprenggelatine steht nach Kraft und Wirkung an der Spitze aller Dynamite. Die Bestandteile sind 92—94 % Nitroglycerin und 8—6 % Kollodiumwolle, die in diesem Mischungsverhältnis eine durchscheinende, gummiartige, zähe und gelatinöse Masse von gelblich-bräuner Färbung bilden.

Feuchtigkeit hat auf Sprenggelatine nur geringen Einfluß, so daß man diese vorteilhaft in nassen Gruben und namentlich bei Sprengungen unter Wasser verwendet. Gegen Stoß, Schlag und Reibung ist sie verhältnismäßig unempfindlich. Die Lagerfähigkeit ist außerordentlich gut. Wegen der hohen Explosionsgeschwindigkeit (S. 207) und Kraftentwicklung (S. 212) ist sie für festes und zähes Gestein besonders geeignet.

Zur Zündung der Sprengladung verwendet man Sprengkapseln von mindestens 0,8 g Ladung (Nr. 5), oder aber man setzt auf die Sprenggelatine-

ladung eine Zünd- oder Schlagpatrone von Gelatine- oder Gurdynamit, die mit Kapsel Nr. 3 gezündet werden kann.

**125. — Die Dynamite 1—5 (Gelatinedynamite).** Wegen des hohen Preises der Sprenggelatine zieht man im Bergbaubetriebe zumeist die schwächeren Dynamite vor. Bei ihnen ist dem gelatinierten Sprengöl ein hauptsächlich aus Natronsalpeter, Ammonsalpeter, Kaliumperchlorat, Mehl und nitriertem Toluol, Naphthalin oder Diphenylamin bestehendes Zuzugpulver zugesetzt. Die Zusammensetzung der in Preußen zugelassenen fünf Sprengstoffe dieser Gruppe erhellt aus der folgenden Zahlentafel:

Bezeichnung des Sprengstoffes	Nitroglycerin	Kollodiumwolle	Nitrozellulose	Natronsalpeter und (oder) Kaliumperchlorat	Alkalinitrate und (oder) Kaliumperchlorat	Alkalinitrate und (oder) Ammonsalpeter und (oder) Kaliumperchlorat	Holzmehl, Pflanzenmehl oder feste Kohlenwasserstoffe	Nitroabkömmlinge des Toluols und (oder) Naphthalins und (oder) Diphenylamins	Soda oder ähnliche Körper	Anorganische, unvirksame Salze, Alkalichloride
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Dynamit 1 . .	61—63,5	1,5—4	—	25—29	—	—	6—9	—	0—2	—
Dynamit 2 . .	56—61	—	4,5—9	—	25—30	—	3—8	0—4	—	—
Dynamit 3 . .	34—39	—	1—6	—	—	44—54	1—6	6—10	—	—
Dynamit 4 . .	36—39,5	—	0,5—4	—	—	40—50	1—7	—	—	7—12
Dynamit 5 . .	16—20	0,5—2	—	—	—	50—74	1—6	2—12	—	0—12

Am verbreitetsten ist das Dynamit 1, das bisher allgemein Gelatinedynamit hieß. In England heißt es Gelignit. In seiner äußeren Erscheinung sieht es gewöhnlichem Brotteig sehr ähnlich. Die Masse ist weniger zäh und elastisch als die Sprenggelatine. Das Gelatinedynamit verliert unter längerer Einwirkung von Wasser an Kraft, da das Wasser den Salpeter auflöst. Es geschieht dies jedoch so langsam, daß die Verwendbarkeit auch in nassen Bohrlöchern darunter nicht leidet. Die Ladedichte ist etwa 1,6.

**126. — Ammongelatine 1.** Dieser Sprengstoff ist in der Hauptsache auf dem Dinitrochlorhydrin und dem Ammonsalpeter aufgebaut. Ersteres besitzt den Vorzug der Ungefrierbarkeit, letzterer gibt dem Sprengstoff eine kräftige, brisante Wirkung. Die Handhabungssicherheit ist im Verhältnis zu den übrigen Dynamiten besonders groß. Die Zusammensetzung ist:

- 28—33% Dinitrochlorhydrin, darunter bis zu 5% Nitroglycerin,
- 1—3 % Kollodiumwolle,
- 45—50% Ammonsalpeter,
- 10—15% Alkalinitrate,
- 6—12% Nitroabkömmlinge des Toluols und (oder) Naphthalins und (oder) Diphenylamins,
- 0—2 % Pflanzenmehl.

*β) Gruppe der Ammonsalpetersprengstoffe.*

**127. — Allgemeines und Zusammensetzung.** Die Ammonsalpetersprengstoffe werden sowohl in Bergwerken, Steinbrüchen und Tongruben als Gesteinsprengstoffe als auch in Schlagwettergruben als Wettersprengstoffe (s. S. 223) viel benutzt. Die Gruppe hat eine Reihe kennzeichnender Eigentümlichkeiten.

Die Ammonsalpetersprengstoffe bestehen in der Hauptsache (zu etwa 60—95%) aus Ammonsalpeter, dem brennbare oder explosive Bestandteile zugemischt sind. Häufig führen sie außerdem noch geringere Beimengungen von Nitroglycerin oder Aluminium zur Erhöhung der Sprengkraft, oder es werden ihnen Salze beigemischt, die auf Erhöhung der Schlagwettersicherheit durch Kühlung der Flammentemperatur hinwirken sollen.

Der Ammonsalpeter selbst ist eine explosive Verbindung und zerfällt in der Explosion nach folgender Formel:



Wie man sieht, liefert Ammonsalpeter in den Nachschwaden außer Stickstoff und Wasserdampf freien Sauerstoff, so daß er an und für sich ein Sprengstoff mit den denkbar günstigsten Nachschwaden wäre. Die Explosionsfähigkeit des reinen Ammonsalpeters ist aber nicht groß genug, um ihn allein als Sprengstoff benutzen zu können. Auch würde die bei der Explosion entwickelte Kraft zu gering sein.

Die zur Erhöhung der Explosionsfähigkeit und Arbeitsleistung dem Ammonsalpeter zugesetzten Bestandteile sind entweder nur einfach brennbar (Mehl, Naphthalin, Harz, Öl, verseifte Fette usw.) oder sind nitrierte Körper (Nitroabkömmlinge des Toluols, Naphthalins, Diphenylamins usw.).

Wenn es sich um brennbare Zumischungen handelt, so hält sich deren Anteil in verhältnismäßig engen Grenzen, da schon wenige Prozente genügen, um den noch verfügbaren Sauerstoff zu binden. Besteht der Zusatz aus nitrierten Körpern, so kann er höher werden, da ja dann die Beimischung selbst einen gewissen Sauerstoffvorrat mitbringt.

**128. — Eigenschaften.** In den Nachschwaden der Ammonsalpetersprengstoffe herrscht, wie aus der Zersetzungsgleichung des Ammonsalpeters und aus der Zusammenstellung auf S. 208 (s. Wetter-Detonit A und Ammonit 1) hervorgeht, stets der Wasserdampf vor. Es ist dies eine für die Verwendung günstige Eigenschaft, da die Nachschwaden unschädlich sind und ihre Menge wegen des alsbaldigen Niederschlags des Wasserdampfes gering ist, so daß man bald wieder den Arbeitsort betreten kann. Auch sonst besitzen die Ammonsalpetersprengstoffe mancherlei angenehme Eigenschaften. Sie sind gegen Stoß und Schlag unempfindlich, so daß sie im Gebrauche und Verkehr ungefährlich sind und wegen ihrer Handhabungssicherheit auf der Eisenbahn als Stückgut zugelassen werden. Ins Feuer geworfen, brennen Ammonsalpetersprengstoffe anscheinend nur widerwillig und in der Regel nur so lange, als sie unmittelbar mit einer äußeren Flamme in Berührung stehen. Etwa im Haufwerk unexplodiert gebliebene Patronen werden also, wenn sie keine Sprengkapsel enthalten, weder durch den Stoß eines Gezähes noch später im Feuer, wohin sie mit der Kohle geraten könnten, Unheil anzurichten vermögen. Die Ammonsalpetersprengstoffe gefrieren schließlich nicht und sind somit auch bei größter Kälte unmittelbar brauchbar.

Diese Vorzüge haben den Ammonsalpetersprengstoffen eine große Verbreitung verschafft.

Als Nachteil ist zunächst die hygroskopische Natur aller Ammonsalpetersprengstoffe hervorzuheben. Die Sprengstoffe müssen deshalb besonders gut verpackt sein und dürfen nicht allzulange in der Grube lagern. Andernfalls

nehmen sie Feuchtigkeit an und verlieren ihre Explosionsfähigkeit. In Kalisalzgruben ist allerdings wegen der dort herrschenden Trockenheit der Luft die Lagerung unbedenklich. Auch die an sich vorteilhafte, geringe Empfindlichkeit ist insofern ein Nachteil, als sehr starke Sprengkapseln zur Zündung benutzt werden müssen, da diese Kapseln teuer sind und selbst eine Gefahrenquelle bilden. Die Kraft der Ammonsalpetersprengstoffe ist je nach der Zusammensetzung verschieden, erreicht aber nicht diejenige des Gelatinedynamits, zumal auch die Ladedichte nur 0,8—1,0 ist.

129. — Die Reihe der zugelassenen Sprengstoffe ergibt sich aus der folgenden Zusammenstellung:

Bezeichnung des Sprengstoffs	Ammonsalpetere (zu geringem Teil durch Kalisalpetere ersetztbar)	Pflanzenmehl, Zellulose oder d'hemisch veränderter Zellstoff	Feste oder flüssige Kohlenwasserstoffe	Nitroabkömmlinge des Toluols und (oder) Naphthalins und (oder) Diphenylamins	Nitroglycerin (auch gelatiniert)	Kaliumperchlorat	Aluminium
	%	%	%	%	%	%	%
Ammonit 1 . . . . .	77—85	1—6	—	10—18	3—4	—	—
Ammonit 2 . . . . .	77—87	1—6	—	12—20	—	—	—
Ammonit 3 . . . . .	72—76	1—4	—	11—15	3—4	3—5	—
Ammonit 4 . . . . .	70—77	1—4	—	10—16	—	5—10	—
Ammonit 5 . . . . .	73—84	0—4	0—4	5—15	—	0—5	2—12
Ammonit 6 . . . . .	82—88	1—6	—	3—8	3—4	—	—
Ammonit 7 . . . . .	83—88	1—6	—	7—11	—	—	—

*γ) Gruppe der Perchloratsprengstoffe.*

130. — **Eigenschaften und Zusammensetzung.** Das Kaliumperchlorat ( $KClO_4$ ) gibt (ebenso wie das Ammoniumperchlorat) leicht seinen Sauerstoff ab, so daß es zur Sprengstoffbereitung gut geeignet ist, soweit sein verhältnismäßig hoher Preis nicht hinderlich ist. Seine Handhabungssicherheit ist nicht so groß wie die der Ammonsalpetersprengstoffe, aber größer als die der Chloratsprengstoffe. Perchlorat verbessert Ammonsalpetersprengstoffe insofern, als deren Explosionsfähigkeit erhöht. Die Sprengstoffe der Gruppe heißen jetzt Perchloratite. Die drei zugelassenen Zusammensetzungen erhellen aus der folgenden Zahlentafel:

Bezeichnung des Sprengstoffs	Kaliumperchlorat (100% ersetztbar durch Am- monsalpetere und (oder) Kalisalpetere)	Kalium- und (oder) Ammoniumperchlorat	Ammonsalpetere (bei Anwesenheit von Am- moniumperchlorat z.T. durch Kalisalpetere ersetztbar)	Nitroabkömmlinge des Toluols und (oder) Naphthalins und (oder) Diphenylamins	dgL., jedoch 4% ersetz- bar durch Nitro- zellulose	Pflanzenmehl und (oder) feste Kohlenwasser- stoffe	Nitroglycerin
	%	%	%	%	%	%	%
Perchloratit 1 . . . . .	60—75	—	—	20—30	—	1—5	3—6
Perchloratit 2 . . . . .	62—75	—	—	—	20—30	1—8	—
Perchloratit 3 . . . . .	—	30—40	35—45	—	15—20	3—8	—

## δ) Gruppe der Chloratsprengstoffe.

131. — **Eigenschaften und Zusammensetzung.** Das Kaliumchlorat ( $KClO_3$ ) und das Natriumchlorat ( $NaClO_3$ ) geben in der Explosionszersetzung ihren Sauerstoff leicht ab. Die Chlorate haben ferner den Vorteil der Billigkeit und konnten auch bislang schon ohne Schwierigkeit im Inlande hergestellt werden, als noch der Salpeter aus dem Auslande beschafft werden mußte. Die Verarbeitung zum fertigen Sprengstoff durch Beimischung eines Kohlenstoffträgers ist so einfach, daß sie nötigenfalls sogar ohne Maschinen von Hand geschehen kann. Die Empfindlichkeit dieser Sprengstoffe gegen Stoß, Schlag und Reibung läßt sich dadurch, daß man sie durch Beimischung öligler oder wachsartiger Stoffe plastisch macht, bis zu einem gewissen Grade vermindern. Tatsächlich liegt die Handhabungssicherheit der Sprengstoffe zwischen derjenigen der Ammonsalpetersprengstoffe und der Dynamite. Auch die Eisenbahnverkehrsordnung vom Jahre 1908 trägt dieser verhältnismäßig hohen Handhabungssicherheit Rechnung, indem sie die Chloratsprengstoffe in beschränkten Mengen zum gewöhnlichen Stückgutverkehr zuläßt. Durch Feuchtigkeit leiden die Chloratsprengstoffe erheblich weniger als die Ammonsalpetersprengstoffe. Zur Zündung werden Kapseln Nr. 8 gebraucht.

Infolgedessen hat man Chlorate schon lange und trotz mancher Mißerfolge immer wieder zur Sprengstoffbereitung heranzuziehen versucht.

Die Zusammensetzung der drei in Preußen zugelassenen Chloratsprengstoffe (Chloratite) ergibt sich aus der folgenden Zusammenstellung.

Bezeichnung des Sprengstoffs	Kalium- und (oder) Natriumchlorat	Kalium- und (oder) Natriumchlorat (20% ersetzbar durch kaliumperchlorat und [oder] Kalisalpeter)	Nitroabkömmlinge des Toluols und (oder) Naphthalins und (oder) Diphenylamins	Pflanzenmehl	Feste Kohlenwasserstoff- und (oder) Öle und (oder) Fette	Nitroglycerin	Flüssige Kohlenwasserstoffe (Flammpunkt über 30° C)
	%	%	%	%	%	%	
Chloratit 1 . . .	—	70—80	12—20	1—5	3—5	2—6	—
Chloratit 2 . . .	—	70—85	10—20	1—5	3—5	—	—
Chloratit 3 . . .	88—91	—	—	—	—	—	12—9

Von diesen entspricht das Chloratit 2 etwa dem im Auslande viel gebrauchten Cheddit. Das Chloratit 3 (früher Miedziankit) wird einfach in der Weise hergestellt, daß das Kaliumchlorat in fein gelochte Patronenhülsen eingebracht und die Patrone alsdann durch Eintauchen in Petroleum mit diesem getränkt wird. Nach dem Tränken wird die Patrone in eine mit Paraffin überzogene Hülle gesteckt, die die Verdunstung des Petroleum aufhalten und den Inhalt vor Feuchtigkeit schützen soll. Tatsächlich hat sich dieser Sprengstoff vielfach gut bewährt, so daß z. B. die Fürstlich Plessische Verwaltung auf der Bradegrube in Oberschlesien eine eigene Herstellungsanlage für Miedziankit erbaut hat<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Zeitschr. d. Oberschl. Berg- u. Hüttenm. Ver. 1914, Novemberheft, S. 435; Ebeling: Neue Erfahrungen mit Miedziankit; — ferner Kali 1921, Nr. 9, S. 141 u. f.; Joesten: Kritische Erörterung der Verwendung von Chloratsprengstoffen im deutschen Kalibergbau.

**132. — Besondere Erfahrungen mit Chloratsprengstoffen.** Auf die Empfindlichkeit der Chloratsprengstoffe gegen Stoß, Schlag und Reibung ist schon in Ziff. 131 hingewiesen<sup>1)</sup>. Sie trifft hauptsächlich für solche Zusammensetzungen zu, die ohne ölige oder wachshaltige Beimengungen hergestellt sind und deshalb beim Laden und Besetzen zur Vermeidung von Frühzündungen und den damit verbundenen Unglücksfällen vorsichtig behandelt werden müssen. Trotz dieser Empfindlichkeit ist die Explosionsfähigkeit längerer Ladesäulen nicht gut. Wenn die Zündung nicht sehr kräftig erfolgt oder wenn die Verdämmung der Ladung ungenügend ist (z. B. bei zu geringem Besatz oder in klüftigem Gestein) neigt die Explosion dazu, „abzusetzen“, d. h. sie pflanzt sich nicht über die ganze Sprengstoffsäule fort und läßt einen Teil der Ladung unexplodiert zurück. In manchen Fällen geht sie in ein schnelles Abbrennen oder Verpuffen über, was das Austreten einer starken Flamme aus dem Bohrloche zur Folge hat. Das Verpuffen ist ein schnell verlaufendes Auskochen; es hat bei Chloratsprengstoffen, die Nitroglyzerin oder Nitrokörper enthalten, die Bildung von Stickoxyd im Gefolge. Wiederholt sind durch die Schwaden dieser Sprengstoffe Leute nach mehreren Tagen gestorben, ohne daß man in ihrem Blut Kohlenoxyd hätte feststellen können.

Ferner hat sich bei der Verwendung dieser Sprengstoffe im Grubenbetriebe eine besondere, bisher wenig bekannte Gefahr gezeigt, nämlich die des Nachflamms und des Nachbrennens<sup>2)</sup>. Beim Abtun des Schusses bilden unter Umständen die brennbaren Nachschwaden eine große Flamme, die sich gelegentlich bis 8 m weit vom Schußorte erstreckt und alsdann wie ein großer, feuriger Ball verpufft. Die Flamme springt dann auch wohl wieder nach dem Schußort zurück auf das hereingeschossene, von Gasen der Sprengladung erfüllte Haufwerk, wo die Gase an der Oberfläche lebhaft weiterbrennen. Durch das Nachflammen, das eine dem Mündungsfuer an Geschützen ähnliche Erscheinung ist, sind i. J. 1915 7 Kohlenstaubexplosionen entstanden.

Als weitere Gefahrenquelle hat sich bei den Chloratsprengstoffen die Zusammenmengung von Chlorat und Ammonsalpeter gezeigt. Die beiden Stoffe vertragen sich nicht, sie wirken unter Wärmeentwicklung aufeinander ein, indem sie Chlor und Chlorsäure abspalten und Ammonchlorat bilden. Dieses ist nicht beständig, zersetzt sich und führt in Gegenwart organischer Stoffe, wie sie in keinem Sprengstoff fehlen, zur Selbstentzündung.

Während der Kriegszeit sind mehrere folgenschwere Brände und Explosionen von Sprengstofflagern unter Tage vorgekommen, die mit großer Wahrscheinlichkeit auf irrtümliche, vielleicht auch auf böswillige Zusammenmengung von Chlorat und Ammonsalpeter zurückzuführen sind. Zweckmäßig werden deshalb von denjenigen Sprengstoffabriken, die Ammonsalpetersprengstoffe herstellen, grundsätzlich Chlorate, und von denjenigen, die Chloratsprengstoffe liefern, Ammonsalpeter ferngehalten.

<sup>1)</sup> Vgl. Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1919, S. 446 u. f.; Kohl: Die Sprengstofflagerexplosion auf dem Kalisalzbergwerk Reichsland usw.

<sup>2)</sup> Nach einem bisher ungedruckten Vortrage des Bergassessors Beyling zu Dortmund, Leiters der berggewerkschaftlichen Versuchstrecke.

Die Empfindlichkeit beim Laden und Besetzen, das häufige Auftreten starker Flammienscheinungen und das Vorkommen tödlicher Vergiftungen durch die Nachschwaden sind Übelstände, die der allgemeineren Verwendung der sonst recht brauchbaren Sprengstoffe einstweilen hindernd im Wege stehen. In keinem Falle sind diese für die Verwendung in schlagwetter- und kohlenstaubgefährlichen Gruben geeignet.

### 3. Wettersprengstoffe<sup>1)</sup>.

#### *α) Bedeutung der Frage der Wettersprengstoffe.*

**133. — Vorbemerkungen.** Unter „Sicherheitsprengstoffen“ werden im Erz- und Salzbergbau, im Steinbruchbetrieb sowie im allgemeinen Sprengstoffverkehr die handhabungssicheren Sprengstoffe (insbesondere die Ammonsalpetersprengstoffe) verstanden, während im Steinkohlenbergbau früher als Sicherheitsprengstoffe solche Sprengstoffe galten, die gegenüber Schlagwettern und Kohlenstaub eine erhöhte Sicherheit (s. Ziff. 135) besaßen. Da sich aus der doppelten Bedeutung des Wortes Mißverständnisse und Unzuträglichkeiten ergaben, ist neuerdings für die schlagwetter- und kohlenstaubsicheren Sprengstoffe die Bezeichnung „Wettersprengstoffe“ eingeführt worden. Wenn auch an schlagwetter- oder kohlenstaubgefährlichen Punkten überhaupt nicht geschossen werden soll, so muß man doch auf allen Steinkohlengruben mit dieser Gefahr bei Ausübung der Sprengarbeit trotz aller Vorsichtsmaßnahmen mehr oder weniger rechnen. Durch Schwarzpulver und Dynamit werden Schlagwettergemische überaus leicht gezündet. Es genügen hierfür Bruchteile eines Grammes Schwarzpulver und wenige Gramm Dynamit, wenn sie unbesetzt im Bohrloche oder gar freiliegend explodieren. Auch Kohlenstaubaufwirbelungen ohne jede Schlagwetterbeimengung werden in den Versuchstrecken (s. Ziff. 137) bei unbesetzten Schüssen durch Ladungen von 40—80 g Schwarzpulver oder Dynamit mit Sicherheit gezündet.

Der übliche Besatz über der Schußladung erhöht zwar die Sicherheit beträchtlich, namentlich bei dem Dynamit und ähnlichen brisanten Sprengmitteln. Bei diesen verläuft unter der deckenden Hülle des Besatzes die Explosion so schnell, daß eine Zündung der Schlagwetter nach außen hin erschwert wird. Immerhin hat die Erfahrung gelehrt, daß auch Dynamit trotz Verwendung von Besatz durchaus nicht schlagwettersicher ist. Fälle, bei denen früher durch vorschriftsmäßigen Gebrauch des Dynamits Schlagwetter oder Kohlenstaub in der Grube gezündet wurden, sind leider in reichlicher Anzahl bekannt geworden.

**134. — Anwendung nassen oder feuchten Besatzes.** Andere Vorsichtsmaßnahmen führten auch nicht zu einem durchschlagenden Erfolge. Von dem Engländer Macnab stammt der Vorschlag, das Austreten der Explosionsflamme nach außen durch Wasserbesatz, der in Form einer Patrone auf die Ladung gebracht wird, zu verhindern. Ähnlich wirkt die von Galloway vorgeschlagene Verwendung eines nassen Moosbesatzes. Settle

---

<sup>1)</sup> Die Bekämpfung der Schlagwetter- und Kohlenstaubgefahr im allgemeinen wird im Abschnitt „Grubenbewetterung“ besprochen.

schlug vor, die Sprengpatrone ganz und gar in einem weiteren Wassersacke unterzubringen und in diesem gegen seitliche und axiale Verschiebungen zu sichern, so daß sie ringsum von Wasser umgeben ist.

Der Gebrauch der Settleschen Patronen blieb jedoch wegen der Umständlichkeit der Herstellung ziemlich beschränkt. Was den Wasserbesatz angeht, so scheint er bei Schwarzpulver wegen der langen Brenndauer keine genügend sichernde Wirkung zu haben. Aber auch Dynamitschüsse verhalten sich nach den Schießergebnissen der Versuchstrecken sicherer unter festem Letten- als unter Wasserbesatz. In jedem Falle liegt bei Verwendung des Wassers als Besatz Gefahr in dem Umstande, daß die Sicherheit von der ordentlichen Ausführung und somit von der Zuverlässigkeit und Sorgfalt des Bergmanns abhängt.

**135. — Begriff des Wettersprengstoffes.** Die Wettersprengstoffe, die ohne besondere Vorkehrungen eine erhöhte Schlagwetter- und Kohlenstaubsicherheit besitzen, verdienen deshalb vom sicherheitlichen Standpunkte aus den Vorzug. Das Verlangen nach solchen Sprengstoffen wurde um so dringender, je mehr der Steinkohlenbergbau in die Tiefe drang und die Schlagwetter- und Kohlenstaubgefahr wuchs. Die ersten Wettersprengstoffe sind 1888 auf dem Markt erschienen.

Eine bestimmte Umgrenzung des Begriffs „Wettersprengstoff“ oder, wenn man den früher üblichen Ausdruck verwenden will, „Sicherheitsprengstoff“ gibt es freilich nicht und kann es nicht geben, weil kein Sprengstoff beim Gebrauche völlige Sicherheit gegenüber Schlagwettern und Kohlenstaub bietet. Zwar läßt sich ohne weiteres sagen, daß man unter Wettersprengstoffen solche Sprengmittel versteht, die im Verhältnis zu Sprengpulver und Dynamit eine wesentlich erhöhte Sicherheit gegenüber der Schlagwetter- und Kohlenstaubgefahr besitzen. Wo man die Grenze zu ziehen hat, ist jedoch zweifelhaft, und in der Tat ist sie zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Ländern sehr verschieden gezogen worden.

Die Liste der in Preußen zugelassenen Wettersprengstoffe wird durch den Minister für Handel und Gewerbe veröffentlicht. Für die Patronen sowohl wie für die Umhüllung der Patronenpakete ist gelblich-weißes Papier zu benutzen. Der Aufdruck auf den Paketen soll den Namen und die Art des Sprengstoffes angeben. Der Patronendurchmesser muß 30 mm betragen.

**136. — Ursachen der Schlagwetter- und Kohlenstaubsicherheit.** Die Schlagwettersicherheit der Sprengstoffe hängt in erster Linie von der Explosionstemperatur, sodann aber auch von der Explosionsgeschwindigkeit, dem Druck der Gase am Explosionsorte, der Flammendauer, der Zusammensetzung der Explosionschwaden und wahrscheinlich noch von weiteren Umständen ab.

Von den vielen Zusätzen, die man den Wettersprengstoffen zur Erzielung und Erhöhung ihrer Schlagwettersicherheit beimengt, haben sich am besten das Kochsalz (Chlornatrium) und das Chlorkalium bewährt. Einzelne Wettersprengstoffe enthalten bis zu 40% solcher Salze.

**137. — Erprobung der Schlagwetter- und Kohlenstaubsicherheit.** Die Sicherheit kann nur nach dem Versuche, niemals aus der Rechnung allein beurteilt werden. Die Erprobung erfolgt in den sog. „Versuchstrecken“,

die über Tage angelegt werden<sup>1)</sup>. Diese enthalten abgeschlossene Kammern, die mit Schlagwettern unter Verwendung von natürlichem Grubengas ( $CH_4$ ) oder, falls solches nicht zu beschaffen ist, von Leuchtgas-, Benzin- oder Gasolingas gefüllt werden können und zur Erprobung der Kohlenstaubsicherheit mit Vorrichtungen zur Aufwirbelung von Kohlenstaub versehen sind. Nachdem so entweder ein Gas- oder ein Kohlenstaub-Luftgemisch in der Kammer hergestellt ist, wird aus einem Mörser eine unbesetzte Sprengladung des zu untersuchenden Sprengstoffes abgefeuert.

Im allgemeinen kann man sagen, daß, je größer die nicht mehr zündende, also noch sichere Ladungsmenge, die sog. Grenzladung oder Sicherheitsgrenze des Sprengstoffes, ist, um so höher seine Sicherheit einzuschätzen ist. Jedoch gilt dieser Satz nicht unbeschränkt. Gewisse Wettersprengstoffe zeigen die Eigentümlichkeit, daß sie mit mittleren Ladungen die Schlagwetter zu zünden vermögen, mit größeren Lademengen aber wieder sicherer werden. Diese eigenartige Tatsache ist wohl aus dem jeweiligen Zusammenwirken der verschiedenen, die Zündung beeinflussenden Bedingungen zu erklären. Es ist durchaus denkbar, daß z. B. die Mischung der Schwaden mit den Schlagwettern bei einem bestimmten Mengenverhältnis für die Zündung die günstigsten Voraussetzungen schafft, während eine weitere Zunahme der Schwaden durch eine vergrößerte Lademenge das Gemisch wieder unentzündlich macht.

In jedem Falle sollen die Wettersprengstoffe bis zu einer gewissen Lademenge, die bei etwa 300—400 g liegen mag, auf der Versuchstrecke unter allen Umständen sicher sein.

**138. — Bewertung der in den Versuchstrecken erzielten Ergebnisse.** Eine wichtige Frage ist, ob die in der Versuchstrecke ohne Besatz aus dem Bohrloche eines Schießmörser abgetanen Probeschüsse für gefährlicher oder für sicherer als die Sprengschüsse in der Grube zu erachten sind. Der unbesetzt aus dem Schießmörser abgegebene Schuß verrichtet nur eine geringe Arbeit, und die Explosionsgase brechen ohne die schützende Hülle des Besatzes fast mit ihrer Anfangstemperatur in das Schlagwettergemisch herein. Man sollte deshalb annehmen, daß die Sprengarbeit in der Grube weit weniger gefährlich als ein derartiger Schießversuch in der Versuchstrecke sei. Es dürfte auch kein Bedenken vorliegen, die Richtigkeit dieser Schlußfolgerung ohne weiteres anzuerkennen, wenn die Sprengarbeit in der Grube ordnungsgemäß ausgeführt wird. Im Falle der nicht vorschriftsmäßigen Ausführung der Sprengarbeit ist es allerdings unmöglich, die Verhältnisse abzuschätzen und mit den Bedingungen der Versuchstrecke zu vergleichen. Der Sprengschuß in der Grube kann derart überladen und in solcher Richtung angesetzt sein, daß er als Ausbläser wirken muß. Wenn dann der Besatz unzureichend ist oder aus trockenem Kohlenstaub besteht oder die Sprengladung gar das Bohrloch nahezu bis zur Mündung erfüllt, so ist es leicht

---

<sup>1)</sup> Neben diesen vorzugsweise der Erprobung der Schlagwetter- und Kohlenstaubsicherheit von Sprengstoffen dienenden Versuchstrecken gibt es auch andere, die hauptsächlich zum Zwecke des Studiums der Kohlenstaubgefahr und der Bekämpfung von Kohlenstaubexplosionen erbaut sind. Sie zeichnen sich in der Regel durch sehr erhebliche Längen (mehrere hundert Meter) aus. Näheres s. Glückauf 1913, Nr. 13, S. 433 u. f.; Beyling u. Zix: Die Versuchstreckenanlage in Derne.

möglich, daß ein solcher Schuß an Gefährlichkeit einem ausblasenden Schusse in der Versuchstrecke kaum nachsteht. In Rücksicht zu ziehen sind ferner außergewöhnlich ungünstige örtliche Verhältnisse, z. B. unbeachtete Ablösungen im Gestein, infolge deren dieses fast ohne Kraftabgabe der Explosionsgase nachgibt und den explodierenden Sprengstoff sozusagen bloßlegt. Ähnlich liegen die Bedingungen, wenn von mehreren Schüssen der erste einen Bläser freilegt oder Kohlenstaub aufwirbelt und teilweise oder ganz die Vorgabe des zweiten wirft.

Man darf also nicht annehmen, daß die auf einer Versuchstrecke bei gewissen Bedingungen ermittelten Sicherheitsladegrenzen eines Sprengstoffs nun etwa auch für alle Fälle des wirklichen Grubenbetriebes unmittelbare Bedeutung haben. Nur soviel läßt sich sagen, daß Wettersprengstoffe, die in den Versuchstrecken sich im Verhältnis zu anderen Sprengstoffen als besonders schlagwettersicher gezeigt haben, auch im Betriebe hochgradig sicher sind.

Zur Beschränkung der Schlagwettergefahr bei der Sprengarbeit ist es jedenfalls richtig und zweckmäßig, für Wettersprengstoffe eine Höchstladung, die nicht überschritten werden darf, festzusetzen und eine Mindestlänge des Besatzes vorzuschreiben.

*β) Einzelbesprechung.*

**139. — Einteilung.** Die zur Zeit zugelassenen Wettersprengstoffe lassen sich in 3 Gruppen einteilen. Es sind dies

1. die Ammonsalpeter-Wettersprengstoffe,
2. die halbgelatinösen Wettersprengstoffe,
3. die gelatinösen Wettersprengstoffe.

Perchlorat- und Chloratsprengstoffe werden als Wettersprengstoffe nicht mehr benutzt.

**140. — Die Ammonsalpetersprengstoffe als Wettersprengstoffe.** Über die Eigenschaften der Ammonsalpetersprengstoffe im allgemeinen ist in Ziff. 127 u. 128 das Erforderliche gesagt. Die Zusammensetzung der Wettersprengstoffe ist derjenigen der Gesteinsprengstoffe dieser Gruppe ähnlich; der Ammonsalpeter-Bestandteil beträgt 60—90%, der Zusatz an Nitroglyzerin etwa 4%, während die Nitrokörper stark zurücktreten; die Verwendung von Aluminium ist nicht zulässig. Als sichernde Bestandteile werden Chlornatrium und Chlorkalium gebraucht. Die Sprengstoffe sind pulverförmig locker, die Ladedichte beträgt annähernd 1,0, die erreichbare Ausbauchung im Bleimörser rund 240 ccm. Die auf der Versuchstrecke noch sichere Lademenge liegt etwa bei 500—600 g. Die im Betriebe zugelassenen Höchstlademengen sind sowohl für Schlagwettergruben wie für schlagwetterfreie Steinkohlengruben 800 g. Nur für das Wetter-Ammonkahüeit A ist die für Schlagwettergruben zugelassene Höchstlademenge auf 700 g beschränkt.

Die folgende Liste zählt die zunächst zugelassenen Wettersprengstoffe dieser Gruppe auf:

Bezeichnung des Sprengstoffs	Ammonsalpeter	Barytsalpeter	Kaisalspeter	Nitronaphthalin	Trinitrotoluol	Binitrotoluol	Holzmehl	Kohle	Naphthalin	gelat. Nitroglycerin	Chlornatrium	Chlorkalium
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Wetter-Ammonkahücit A	64,7	—	—	—	8,0	—	1,3	2,0	—	4,0	20,0	—
Wetter-Ammonkahücit B	67,0	—	—	—	—	6,0	1,5	1,5	—	4,0	20,0	—
Wetter-Dahmenit A . . .	81,0	8,0	—	—	2,0	—	1,0	—	—	4,0	—	4,0
Wetter-Detonit A . . . .	82,0	—	—	1,0	—	—	2,0	0,5	—	4,0	—	10,5
Wetter-Detonit B . . . .	81,0	8,0	—	—	2,0	—	1,0	—	—	4,0	—	4,0
Wetter-Donarit A . . . .	82,0	—	—	1,0	—	—	2,0	0,5	—	4,0	—	10,5
Wetter-Donarit B . . . .	81,0	8,0	—	—	2,0	—	1,0	—	—	4,0	—	4,0
Wetter-Fördit A . . . .	75,0	—	—	—	—	—	2,0	0,75	—	4,0	—	18,25
Wetter-Lignosit A . . . .	62,0	—	5,0	—	6,3	0,7	4,0	—	—	4,0	18,0	—
Wetter-Lignosit B . . . .	61,5	3,0	—	—	—	5,0	4,0	—	—	4,0	22,5	—
Wetter-Sonnit A . . . .	81,0	8,0	—	—	2,0	—	1,0	—	—	4,0	—	4,0
Wetter-Westfalit A . . . .	84,0	2,4	—	—	—	—	—	—	1,6	4,0	—	8,0
Wetter-Westfalit B . . . .	82,0	—	—	—	—	—	1,5	1,5	—	4,0	—	11,0
Wetter-Westfalit C . . . .	80,0	2,0	4,0	—	3,0	—	2,0	—	—	4,0	—	5,0

141. — Die halbgelatinösen Wettersprengstoffe. Diese den Übergang zu den gelatinösen Wettersprengstoffen bildende Gruppe besitzt einen auf 50—60% verminderten Ammonsalpetergehalt. Der Zusatz an gelatinisiertem Sprengöl steigt auf etwa 12%, während der Gehalt an Nitrokörpern nur 0—5% beträgt. Dagegen steigt der Gehalt an Chlornatrium oder Chlorkalium auf 20—30% an.

Mit diesen Sprengstoffen sind Ladedichten von 1,3 erreichbar; die Ausbauchungen im Bleimörser betragen 190—220 ccm. Sie eignen sich für härtere Kohle und ein leicht schießbares Nebengestein.

Die zugelassenen Zusammensetzungen sind die folgenden:

Bezeichnung des Sprengstoffs	gelat. Nitroglycerin	Ammonsalpeter	Holzmehl	Kohle	Binitrotoluol	Trinitrotoluol	Chlornatrium	Chlorkalium	Zugelassene Höchstlademenge für	Schlagwetterfreie Gruben
	%	%	%	%	%	%	%	%	g	g
Wetter-Astralit A . . . .	12	57	2	2	—	—	27	—	800	800
Wetter-Baldurit A . . . .	12	50	2	0,5	2	—	—	33,5	600	800
Wetter-Bavarit A . . . .	12	55	1	1	3	—	28	—	800	800
Wetter-Bavarit B . . . .	12	56	—	—	2	2	28	—	800	800
Wetter-Salit A . . . .	12	55	2	3	—	—	—	—	700	800
Wetter-Siegrit A . . . .	12	57	2	2	—	—	27	—	800	800

142. — Die gelatinösen Wettersprengstoffe werden insbesondere für Gesteinsarbeiten gern benutzt. Der Gehalt an gelatinisiertem Sprengöl ist auf 25—30% erhöht, derjenige an Ammonsalpeter auf 25—35% vermindert, während der Chlornatrium- oder Chlorkaliumzusatz auf 35—40% gesteigert

werden muß. Demgegenüber treten die sonstigen Zusätze (an Nitro-  
körpern, Holzmehl u. dgl.) stark zurück.

Die Sprengstoffe besitzen die aus ihrer gelatinösen Beschaffenheit sich  
ergebenden Vorteile, indem sie den Hohlraum des Bohrlochs vollkommen  
und dicht ausfüllen. Die Ladedichte steigt bis 1,7, woraus sich die gute  
Eignung der Sprengstoffe auch für festeres Gestein erklärt; die erzielbaren  
Ausbauchungen im Bleimörser liegen zwischen 170 und 210 cm. Die zu-  
gelassenen Zusammensetzungen ergeben sich aus der folgenden Liste:

Bezeichnung des Sprengstoffs	gelat. Nitroglycerin	Ammonsalpeter	Natronsalpeter	Barytsalpeter	50%ige Kalzium- nitratlösung	Gelose	Binitrotoluol	Trinitrotoluol	Glyzerin	Holzmehl	Magnesiumsilikat	Talkum	Chlornatrium	Chlorkalium
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Wetter-Agesid A . . .	30,0	27,0	3,4	—	—	—	—	—	—	—	1,6	—	—	38,0
Wetter-Arit A . . .	25,8	29,5	—	—	—	—	—	3,7	1,0	—	—	—	40,0	—
Wetter-Arit B . . .	25,8	31,0	—	—	—	—	—	4,2	1,0	—	—	—	38,0	—
Wetter-Carbonit A .	30,0	26,5	—	—	3,0	—	—	—	—	0,5	—	—	40,0	—
Wetter-Markanit A .	26,0	32,0	—	—	2,5	—	2,0	—	—	1,0	—	—	36,5	—
Wetter-Nobelit A . .	26,0	32,0	—	—	2,5	—	2,0	—	—	1,0	—	—	36,5	—
Wetter-Nobelit B . .	30,0	26,5	—	—	3,0	—	—	—	—	0,5	—	—	40,0	—
Wetter-Nobelit C . .	24,7	29,3	—	—	5,0	—	2,0	—	—	1,0	—	—	38,0	—
Wetter-Wasagit A . .	28,0	20,0	—	10,0	—	1,0	—	—	—	—	—	0,5	—	40,5
Wetter-Wasagit B . .	26,0	36,0	—	—	—	—	1,35	1,35	—	0,3	—	—	—	35,0

Im Betriebe sind auf Schlagwettergruben für Wetter-Arit A 700 g  
und für Wetter-Wasagit B 600 g Höchstladung zugelassen, während die  
sonstigen auf Schlagwettergruben und auf schlagwetterfreien Steinkohlen-  
gruben zugelassenen Höchstlademengen einheitlich 800 g sind.

#### 4. Lagerung der Sprengstoffe.

143. — **Allgemeines.** Die Hersteller der Sprengstoffe pflegen in jedem  
Bergbaubezirke oberirdische Sprengstofflager mit großen Beständen zu unter-  
halten, von denen aus die Verteilung der Sprengstoffe auf die einzelnen Gruben  
durch Fuhrwerk stattfindet. Auch die Gruben müssen naturgemäß Lager  
unterhalten, deren Bestände den Bedarf für einige Wochen oder länger zu  
decken imstande sind. Diese Lager können über oder unter Tage eingerichtet  
werden. Tatsächlich herrscht die Lagerung unter Tage weitaus vor.  
Schon die polizeiliche Genehmigung des unterirdischen Lagers ist einfacher  
und leichter zu erwirken, da ja die Rücksicht auf benachbarte Woh-  
nungen, Eisenbahnen, Wege u. dgl. fortfällt. Die Lagerung unter Tage hat  
ferner den Vorteil einer gegen Einbrüche sowohl wie gegen Naturereignisse,  
insbesondere Blitzschläge gesicherten Lage. Die Bewachung ist leichter und  
wirksamer. Die Verausgabung der Sprengstoffe erfolgt unter Tage in größerer  
Nähe der Arbeitspunkte, so daß die ausgegebenen Einzelmengen nur auf  
kurze Entfernungen befördert zu werden brauchen. Die Zurücklieferung

der in der Schicht nicht verbrauchten Sprengstoffmengen kann leichter überwacht werden. Schließlich ist unter Tage in der Regel eine gleichmäßige Temperatur vorhanden, die für die Erhaltung der Sprengstoffe günstig ist, das Gefrieren der sprengölhaltigen Sprengstoffe verhindert und gefrorene Sprengstoffe allmählich zum Auftauen bringt.

**144. — Die Ausführung unterirdischer Lager.** Die Lagerung der Sprengstoffe unter Tage wird durch bergpolizeiliche Vorschriften geregelt, die hier nicht wiederholt zu werden brauchen. Über diese Vorschriften hinaus hat man mehrfach noch dafür Vorsorge getroffen, daß im Falle einer Explosion des unterirdischen Lagers die Explosionschwaden nicht in die Grubenbaue eintreten und die Belegschaft gefährden können.

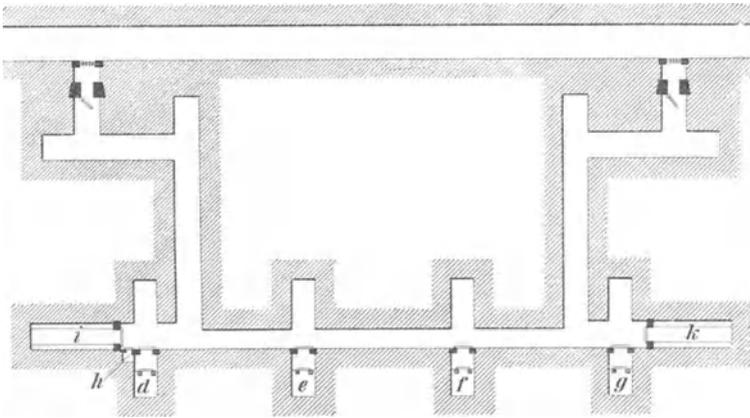


Abb. 211. Unterirdische Lagerungseinrichtungen für Sprengstoffe auf dem Hohenthalschachte bei Helbra.

Abb. 211 zeigt die auf dem Hohenthalschacht bei Helbra getroffenen Einrichtungen<sup>1)</sup>. Es sind *d*, *e*, *f* und *g* die zur Lagerung der Sprengstoffe dienenden Kammern, die noch durch den kleinen Lagerraum *h* für Zündhütchen und durch die zur Aufbewahrung der von den Schießmeistern am Schlusse der Schicht zurückgebrachten Sprengstoffe und Schießmittel bestimmten Kammern *i* und *k* ergänzt werden. Die Kraft einer etwa eintretenden Explosion soll zunächst durch die vorgesehenen Sackgassen und Streckenknickungen geschwächt werden. Der sich rasch ausgleichende Druck gelangt sodann zu den starken, halb offen stehenden, eisernen Eingangstüren, die in widerstandsfähigen Mauerdämmen angeordnet sind, und wirft sie zu, so daß die Schwaden dem Förderquerschlage ferngehalten werden. Die Belegung der Kammern mit Sprengstoffen ist so bemessen, daß der ausgeglichene Gasdruck im Falle der Explosion 6—7 Atm. nicht übersteigt, welchem Drucke die Türen gewachsen sind.

<sup>1)</sup> Glückauf 1910, Nr. 12, S. 422 u. f.; Dr. Heinhold: Das unterirdische Sprengstofflager des Hohenthalschachtes bei Helbra; — ferner Glückauf 1897, Nr. 33, S. 633 u. f.; Über die Einrichtung von Sprengstofflagern unter Tage.

### 5. Vernichtung von Sprengstoffen.

**145. — Vorsichtsmaßnahmen.** Der Bergbeamte kommt öfter in die Lage, Sprengstoffe vernichten zu müssen, sei es, daß sie sich im Zustande der Zersetzung befinden, oder sei es, daß sie gefunden, beschlagnahmt oder aus anderen Gründen nicht verwendbar sind und beseitigt werden sollen.

Sprengpulver und Sprengsalpeter werden am besten in fließendes Wasser geworfen, wenn Schädigungen von Menschen und Tieren infolge Lösung des Salpeters nicht zu befürchten sind. Wo kein geeignetes fließendes Wasser zur Verfügung steht, kann man Wasserbehälter nehmen und in diesen durch Umrühren das Pulver auflösen. Ohne Zuhilfenahme von Wasser muß man das Pulver in einer langen dünnen Linie austreuen und mittels Zündschnur an einem Ende anzünden.

Dynamitpatronen legt man, nachdem zweckmäßig das Patronenpapier entfernt ist, mit ihren Enden aneinander und zündet die erste Patrone durch ein Stückchen Zündschnur (ohne Kapsel) oder mittels darübergelegten Papiers an. Da der Eintritt einer plötzlichen Explosion der Masse nicht unmöglich ist, muß man sich in eine angemessene Entfernung zurückziehen. Die Patronensäule ist so zu legen und anzuzünden, daß etwaiger Wind die Flamme vom Sprengstoffe wegtreibt, weil andernfalls das Feuer zu lebhaft wird und unter Umständen zur Explosion führt. Gefrorenes Dynamit ist besonders vorsichtig zu behandeln, da bei ihm die Verbrennung leicht in Explosion übergehen kann. Kleinere Mengen Dynamit kann man brockenweise in offenes Feuer schieben, oder man bringt die Patronen einzeln mittels Sprengkapseln zur Explosion. Wasser ist zur Vernichtung von Dynamit in keinem Falle anzuwenden, da es das Sprengöl ungelöst läßt und dieses unter Umständen noch Unheil anrichten kann.

Ammonsalpetersprengstoffe wirft man stückweise in offenes Feuer oder löst sie, falls keine explosive Beimischung vorhanden ist, in Wasser auf.

Perchlorat- und Chloratsprengstoffe werden verbrannt, wobei aber besondere Vorsicht zu beobachten ist, da das Brennen in Explosion übergehen kann. Enthalten sie keinen Nitrokörper, so kann man sie auch in Wasser auflösen.

Die halbgelatinösen und gelatinösen Wettersprengstoffe sind ihres Nitroglyzeringehaltes wegen wie Dynamit zu behandeln.

Sprengkapseln sind mittels Zündschnur zur Explosion zu bringen.

### D. Die Zündung der Sprengschüsse.

**146. — Einteilung.** Die älteren Zündungsarten (Zündung durch einen Zündkanal oder mittels Zündschnur) sind sog. Außenzündungen; d. h. außerhalb des Bohrlochs wird ein zündender Funke an ein der Ladung vorgeschaltetes Zündmittel gebracht. Bei den Innenzündungen (Abzieh- und elektrische Zündung) dagegen entsteht eine Feuererscheinung nur im Innern des Bohrlochs. Die Innenzündungen werden auch Fernzündungen genannt, weil die Zündung aus der Ferne eingeleitet wird,

**147. — Die Zündung durch einen offenen Zündkanal,** der durch den Besatz bis zur Sprengladung führt, ist die einfachste Schußzündung.

Sie bürgerte sich zugleich mit der Einführung der Sprengarbeit ein. Beim alten Pflockbesatz, bei dem ein Holzpfropfen als Besatz in das Bohrloch eingebracht wurde, war der Zündkanal bereits im Holzpfropfen vorhanden. Beim Lettenbesatz wird er mittels der kupfernen oder messingnen, konischen Schieß- oder Räumnadel offen gehalten.

In den Kanal wurde früher loses Pulver hineingefüllt. Später verwendete man „Raketchen“, die durch Füllen von Strohhalmen oder Papierröhrchen mit feinkörnigem Jagdpulver hergestellt werden (Halm- oder Raketchenzündung). Auch mit Pulverbrei bestrichene und danach getrocknete Papierröllchen, Schilffasern, Rohrsplitter od. dgl. kann man benutzen.

Das Anzünden der Raketchen oder der Pulverspur darf nicht unmittelbar erfolgen, da das Abbrennen bis zur Sprengladung fast augenblicklich vor sich geht. An dem Halm wird deshalb ein kurzer Schwefelfaden (Schwefelmännchen) oder ein Stück Zündschwamm befestigt und entzündet. Das Abbrennen des Schwefelfadens und das Glimmen des Zündschwammes gewährt dem Arbeiter die zur Flucht nötige Zeit.

Das Verfahren ist außerordentlich billig, da es nur etwa  $\frac{1}{2}$  S<sub>1</sub> für den Schuß kostet. Es ist aber nicht besonders zuverlässig und überdies nur bei dem Schwarzpulver und ähnlichen Sprengstoffen, die schon durch den Pulverfunken allein zur ordnungsmäßigen Explosion kommen und der Vermittlung einer Sprengkapsel nicht bedürfen, anwendbar.

### a) Zündschnurzündung.

148. — **Die Schnur selbst.** Die Zündschnur, 1831 von dem Engländer Bickford erfunden, besteht aus einer Pulverseele, die durch Umspinnung mit Jutegarn oder Baumwolle geschützt ist. Zwecks Wasserdichtigkeit und auch zur Verhütung des seitlichen Durchbrennens wird die Schnur geteert, mit einem Kaolinbreiüberzug versehen oder mit Guttapercha, Bandwickelungen u. dgl. umkleidet. Die billigen, einfach umsponnenen und geteerten Schnüre versagen bei Feuchtigkeit und können auch beim Besetzen des Schusses leicht verletzt werden. Besser und auch an mäßig feuchten Arbeitspunkten verwendbar sind die mit doppelter Umspinnung oder mit einer Bandwicklung versehenen Schnüre. Für nasse Arbeiten bewähren sich die Überzüge aus einer dünnen, reinen Guttapercha vorzüglich. An schlagwettergefährlichen Punkten benutzt man Schnüre mit einer inneren Jute- und äußeren Baumwolleumspinnung. Letztere wird von der Verbrennung nicht mit ergriffen, so daß ein seitliches Durchbrennen verhütet wird. Tatsächlich schlagwettersicher sind freilich diese Schnüre nur in dem Falle, daß keinerlei Verletzungen daran vorhanden sind und auch das erste Funkensprühen beim Anzünden der Schnur durch besondere Vorkehrungen verhindert wird.

149. — **Brenngeschwindigkeit.** Die Brenngeschwindigkeit einer guten Zündschnur beträgt etwa 60 cm in der Minute. Schwankungen in gewissen Grenzen sind unvermeidlich, da die Dicke und die Festigkeit des Pulverfadens nicht mathematisch genau sein können. Es kommen aber,

obwohl außerordentlich selten, auch bedeutende Unregelmäßigkeiten in der Brenngeschwindigkeit vor.

Stärkere Verlangsamungen der Brenngeschwindigkeit sind dadurch zu erklären, daß die Pulverseele auf eine kürzere oder längere Strecke unterbrochen ist. Die Schnur kann alsdann in sich langsam weiterglimmen, bis der Funke wieder die Pulverschnur erreicht und mit der ordnungsmäßigen Geschwindigkeit weiterläuft. Es sind Fälle bekannt geworden, wo Schüsse eine Stunde oder gar noch länger nach dem Anzünden der Schnur gekommen sind.

Steigerungen der normalen Brenngeschwindigkeit können als Folge einer zu dünnen Pulverseele in einer lockeren Wickelung auftreten. Die Entzündung läuft über eine dünne, aber ununterbrochene Pulverseele mit großer Geschwindigkeit hinweg. Andererseits ist eine Vergrößerung der Brenngeschwindigkeit durch Steigerung des Gasdruckes, unter dem die Verbrennung vor sich geht, möglich. Ganz allgemein steigt die Brenngeschwindigkeit des Pulvers mit dem jeweiligen Gasdrucke. Die gewöhnliche Brenngeschwindigkeit ist für den atmosphärischen Druck berechnet, der in der Regel, solange die Verbrennungsgase nach rückwärts oder seitlich freien Abfluß haben, nicht merklich überschritten werden wird. Bei übermäßig fest gewickelten Schnüren mit unverbrennlicher, gasdichter Umspinnung kann aber der Rückfluß der Gase (z. B. infolge Druckes des Besatzes oder infolge AnknEIFENS eines Anzünders, s. Ziff. 153) behindert und die Brenngeschwindigkeit stark gesteigert werden. Hierdurch sind früher, als man die Gefahren der allzu fest gewickelten Schnüre noch nicht kannte, mehrfach Verunglückungen vorgekommen<sup>1)</sup>.

Es erscheint ferner nicht als ausgeschlossen, daß ein sehr festgestampfter, langer Besatz Veranlassung zu einer gesteigerten Brenngeschwindigkeit der Zündschnur sein kann. Ebenso kann bei Sprengungen in tiefem Wasser schon der Druck der Wassersäule eine erhöhte Brenngeschwindigkeit zur Folge haben.

**150. — Übertragung der Zündung auf die Ladung.** Schwarzpulver, Sprengsalpeter und ähnliche Sprengstoffe werden unmittelbar durch die Stichflamme der brennenden Zündschnur zur Explosion gebracht. Wenn die Bergleute bisweilen auch Dynamitladungen in ähnlicher Weise zünden, so ist dies Verfahren ein Unfug und streng zu rügen. Denn durch die Funken der aussprühenden Zündschnur gerät Dynamit zunächst nur ins Brennen, und wenn auch die eigentliche Explosion infolge der unter dem Besatze stattfindenden Steigerung des Druckes und der Temperatur vielleicht folgt, so genügt doch schon ein teilweises Auskochen der Ladung zur Verminderung der Sprengwirkung und Verschlechterung der Nachschwaden (vgl. Ziff. 110).

Zur sicheren Zündung der brisanten Sprengstoffe bedient man sich vielmehr der Vermittelung der Sprengkapseln. Letztere werden der Zündschnur aufgesetzt, an diese mittels einer Zange angekniffen und in diesem Zustande in die Sprengpatrone versenkt. Das AnknEIFEN mit den Zähnen ist in höchstem Maße lebensgefährlich. Bei Verwendung elektrischer

<sup>1)</sup> Glückauf 1896, Nr. 21, S. 409 u. f.; Winkhaus: Gefahren der Sicherheitszündung.

Zünder werden die Sprengkapseln in sie eingesetzt oder aber schon in fester Verbindung mit den Zündern geliefert.

Die Sprengkapseln (Zündhütchen) sind zylindrische, an dem einen Ende geschlossene Metallhülsen, deren lichte Weite dem üblichen Durchmesser der Zündschnüre entspricht, mit einer Füllung von Knallquecksilber oder einer ähnlich sprengkräftigen Masse. Je nach der Art des zu zündenden Sprengmittels werden die Kapseln in 10 verschiedenen Größen mit entsprechender Füllung gebraucht und mit Nr. 1 bis 10 bezeichnet. Ihre Knallquecksilberfüllungen ergeben sich aus folgender Aufstellung:

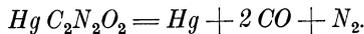
Kapsel Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Füllung in g:	0,3	0,4	0,54	0,65	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0

Abb. 212 zeigt die am häufigsten gebrauchten Kapseln Nr. 3 und 8 in natürlicher Größe.



Abb. 212. Sprengkapseln Nr. 3 und 8.

**151. — Knallquecksilberkapseln.** Das Knallquecksilber wird aus einer Lösung von Quecksilber in Salpetersäure durch Behandlung mit Alkohol hergestellt. Die chemische Zusammensetzung und die Zersetzungsgleichung wird wie folgt angenommen:



Knallquecksilber explodiert, wenn es auf 186° erhitzt wird. Auch sonst kann durch Schlag oder Reibung die Explosion leicht eingeleitet werden, so daß die größte Vorsicht bei Handhabung des Knallquecksilbers und der damit gefüllten Sprengkapseln anzuraten ist. Knallquecksilber ist sehr schwer. Die erreichbare Ladedichte beträgt etwa 4,4. Infolgedessen und wegen der

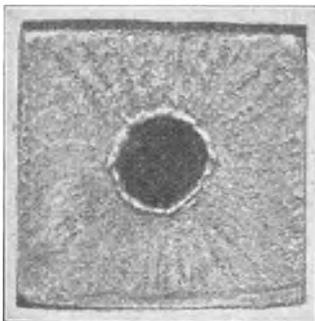


Abb. 213.

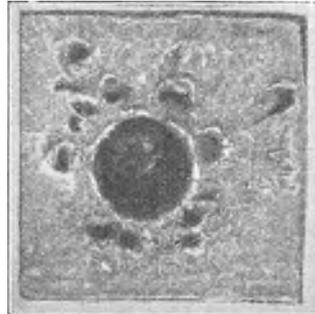


Abb. 214.

Mit Sprengkapseln beschossene Bleiplättchen.

großen Explosionsgeschwindigkeit sind die Explosionswirkungen außerordentlich heftig. Zur Füllung der Sprengkapseln wird das Knallquecksilber mit chloresurem Kali oder Salpeter gemischt. Das übliche Mischungsverhältnis ist 85 % Knallquecksilber und 15 % chloresaures Kali.

Da Knallquecksilber mit Aluminium Amalgam bildet, darf es nur in Kupferhülsen verwendet werden.

Die Knallquecksilber-Sprengkapseln ziehen bei längerer Lagerung Feuchtigkeit an, worunter die Sprengkraft und die Fähigkeit, den Sprengstoff zur Explosion zu bringen, leiden. Zur Prüfung, ob die Kapseln noch frisch und voll gebrauchsfähig sind, bringt man sie, mit dem geschlossenen Ende auf einer Bleiplatte aufrechtstehend, zur Explosion. Abb. 213 veranschaulicht die Wirkung einer guten, einwandfreien und Abb. 214 diejenige einer Sprengkapsel, deren Füllung bereits durch Wasseraufnahme gelitten hat. Im ersteren Falle ist die Kupferhülse zu staubförmig kleinen Stückchen zerrissen und über das Blei hinweggefegt, so daß eine feine, radiale Strahlung entstanden ist. Bei der Abb. 214 fehlt dagegen die radiale Punktierung, und es finden sich statt dessen nur einzelne Explosionspuren, die von größeren Sprengstücken der Kupferhülse eingeschlagen sind. Solche Kapseln gewährleisten eine ordnungsmäßige Zündung der Sprengladung nicht, und das darin enthaltene Arbeitsvermögen wird nicht ausgewertet.

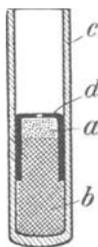


Abb. 215. Tetryl-sprengkapsel.

**152. — Kapseln mit Trotyl- und Tetrylfüllung, Aluminiumkapseln, Resorzinatkapseln.** Häufig erhalten die Sprengkapseln eine Füllung, die nur in ihrem oberen Teile aus Knallquecksilber, darunter aber aus Trotyl (Trinitrotoluol =  $C_7H_5(NO_2)_3$ ) oder noch häufiger aus Tetryl (Tetranitromethylanilin =  $C_7H_5N(NO_2)_4$ ) besteht. Die Abb. 215 zeigt eine solche Kapsel im Querschnitt. Es ist *b* das Tetryl, *a* das durch die oben gelochte Abschlußhülse *d* zusammengehaltene Knallquecksilber. Durch die Abschlußhülse sind die Kapseln besser als gewöhnliche offene Knallquecksilberkapseln gegen das Eindringen von Feuchtigkeit, ebenso gegen Stoß und Schlag geschützt, so daß sie nicht allein lagerungsfähiger, sondern auch handhabungssicherer sind. Anscheinend explodieren manche Sprengmittel, insbesondere Ammonsalpetersprengstoffe, mit Tetrylkapseln besser als mit reinen Knallquecksilberkapseln.

Statt des Knallquecksilbers als zündender Auflage für den Tetrylsatz kann man sich auch eines Gemisches von Bleiazid ( $PbN_6$ ) und Bleitritroresorzinat ( $PbC_6HN_3O_8 \cdot Pb(OH)_2$ ) bedienen. Wegen ihrer Füllung heißen sie auch Resorzinatkapseln. Da bei solchen Kapseln die Verwendung des billigeren Aluminiums möglich ist, erscheint es nicht als ausgeschlossen, daß sie die früher fast ausschließlich gebrauchten Knallquecksilberkapseln völlig verdrängen werden. Für die Resorzinatkapseln spricht ferner, daß sie eine fast unbegrenzte Lagerfähigkeit in feuchter Luft besitzen.

**153. — Anzünden der Zündschnur.** Das Anzünden der Zündschnur erfolgt in schlagwetterfreien Gruben mittels der offenen Lampe, nachdem das Zündschnurende zweckmäßig etwas aufgeschnitten ist. In Schlagwettergruben pflegte früher das Anzünden mit Stahl, Stein und Schwamm bewirkt zu werden, da die entstehenden Funken ebensowenig wie der glimmende Schwamm die Schlagwetter zu zünden vermögen. Die ersten Funken der brennenden Schnur aber, die unbehindert in die Luft austreten, können Schlagwetter namentlich dann zünden, wenn die Pulversee in Folge des Aufschneidens bloßgelegt ist.

Diese Gefahr und die unbequeme Handhabung von Stahl, Stein und Schwamm haben zu Bestrebungen geführt, durch besondere Anzündvor-

richtungen das Inbrandsetzen der Zündschnur gefahrlos zu machen. Die zu diesem Zwecke vorgeschlagenen Vorrichtungen beruhen fast alle auf dem Gedanken, die Zündung der Schnur in einer auf diese geschobenen, geschlossenen Hülse zu bewerkstelligen, wobei die Hülse gleichzeitig dazu bestimmt ist, die zunächst aussprühenden Funken aufzufangen und deren Austritt in die umgebende Luft zu verhindern.

Die ersten derartigen Zündvorrichtungen benutzten einen pistolenähnlichen Lauf, in dessen Hohlraum die Zündschnur eingelegt wurde, um dann durch Auslösung eines Schlagbolzens, der gegen eine Zündpille schlug, entzündet zu werden. Kurz danach wird die Vorrichtung von der Schnur abgezogen. Hierher gehören die Hohendahlsche Zange, der Meinhardtsche Anzünder u. a.

Diese Zünder arbeiten billig, weil bei jedem Schusse immer nur ein einfaches Zündhütchen verbraucht wird. Wenn jedoch mehrere Schüsse gleichzeitig gezündet werden sollen, so stößt die Handhabung auf Schwierigkeiten, und es entsteht die Gefahr, daß der Mann die Zündpistole unter dem Zwange einer gewissen Unruhe zu früh von der Schnur entfernt, ehe noch das Aussprühen beendet ist. In solchem Falle sind Zünder vorzuziehen, die auch nach der Zündung auf der Schnur verbleiben und nicht wieder abgestreift zu werden brauchen. Durch Aufsetzen dieser Zünder auf die Zündschnüre kann man sämtliche Schüsse zum Anzünden fertig machen, und der Schießmeister hat nur, ehe er den Arbeitspunkt verläßt, schnell hintereinander die einzelnen Zünder zu betätigen. Schlagwettersicher sind freilich die Zünder nur dann, wenn die Zünderhülsen für die Schnur passen oder auf ihr durch Einwürgen festgekniffen werden, so daß die Flamme nicht durch Undichtigkeiten herausprühen kann.

Der verbreitetste Zünder dieser Art ist derjenige von Norres. Er besteht aus der Papierhülse *a* (Abb. 216), deren eines Ende zusammengewürgt und durch die Papierwicklung *b* verstärkt ist, und dem durchlochtem Zündhütchen *c* mit durchgeführtem Draht *d*. Letzterer ist an seinem im Zündhütchen steckenden Ende spiralig aufgedreht und tritt mit dem anderen Ende durch die Würgung der Papierhülse nach außen. Beim Gebrauche wird die Zündschnur möglichst tief in die Hülse eingeführt und darauf der Draht mit kurzem Ruck aus dem Zündhütchen der Hülse gerissen. Durch die Reibung des Drahtes in dem Zündhütchen wird dessen Entflammung und damit diejenige der Zündschnur eingeleitet.

Bei ähnlichen Zündern wird die Zündung nicht durch Herausreißen des Drahtes, sondern dadurch vermittelt, daß ein zackiger Körper in dem Zündhütchen gedreht wird. Ein Zünder kostet 2—3 ₰.

#### b) Abziehzündungen.

154. — Allgemeines. Die Abziehzündungen beruhen auf dem Gedanken, unter Vermeidung der Zündschnur einen Sprengschuß aus der Entfernung durch einen mittels eines Strickes oder einer Leine ausgeübten Zug

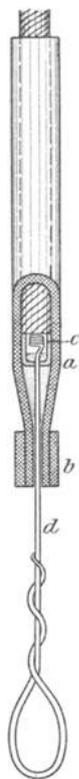


Abb. 216.  
Norres'scher  
Anzünder.

zur Entzündung zu bringen. Die Anordnung besitzt eine gewisse Ähnlichkeit mit dem in Abb. 215 dargestellten Anzünder. Die statt mit einer Zündschnur mit einer Sprengkapsel versehene Hülse *a* wird im Innern der Sprengladung untergebracht, der Abziehdraht *d* reicht durch den Besatz nach außen und wird an den Abziehstrick angeschlossen. Der letztere wird bis zu einem sicheren Standort fortgeführt, von wo aus man das Abziehen besorgt.

Diesen Zündungsarten haftet der Übelstand an, daß durch unvorsichtigen Zug am Abziehdrahte beim Besetzen oder an dem Stricke nach Fertigstellung des Besatzes (z. B. bei einem Fall des Arbeiters) der Schuß vorzeitig zur Explosion kommen kann. Ferner ist es mit besonderen Schwierigkeiten verknüpft, mehrere Schüsse gleichzeitig abzutun. Als Vorteil steht entgegen, daß die Zündung einfach, völlig schlagwettersicher und billig ist, sowie daß ein fester Besatz erzwungen wird, da nur ein solcher der Zündvorrichtung im Bohrloche den erforderlichen festen Halt gibt. Die Abziehzündungen haben früher besonders auf österreichischen Gruben in zwei Ausführungsformen, nämlich der Lauerschen Reib- und der Tirmannschen Schlagzündung, Verbreitung gefunden, sind aber jetzt durch die elektrische Zündung verdrängt worden.

### c) Elektrische Zündung.

#### 1. Allgemeines.

155. — **Teile der elektrischen Zündung.** Für die elektrische Zündung wird in einer Stromquelle Elektrizität erzeugt. Diese wird durch Leitungen zum Sprengorte bis in die Sprengladung geführt. Hierselbst muß in dem eigentlichen Zünder Gelegenheit zur Umwandlung der Elektrizität in Wärme und zur Übertragung dieser auf die Sprengladung geschaffen sein. Bei der elektrischen Zündung sind also als wesentliche Teile Stromquelle, Leitung und Zünder zu unterscheiden.

156. — **Strom- und Spannungsverhältnisse.** Bezeichnet man in einem elektrischen Stromkreise mit:

*I* die Stromstärke,  
*E* die Spannung,  
*R* den Widerstand des Stromkreises,

so ist nach dem Ohmschen Gesetze:

$$I = \frac{E}{R} \dots \dots \dots \text{I.}$$

In einer Zündanlage wird in der Regel die Klemmenspannung *E* der Stromquelle und der Widerstand *R*, der sich aus dem inneren Widerstande der Stromquelle und den Widerständen der Leitungen und des Zünder bzw. der Zünder zusammensetzt, bekannt sein oder leicht gemessen werden können. Danach läßt sich also die durch den Stromkreis fließende Stromstärke *I* berechnen. Die Leistung *N* des Stromes ist nach dem Jouleschen Gesetze:

$$N = I \cdot E$$

oder in Berücksichtigung der Formel I:

$$N = I^2 \cdot R \dots \dots \dots \text{II.}$$

Die vom Strom erzeugte Wärmewirkung  $Q$  ist der Leistung  $N$  proportional, daher auch:

$$Q = I^2 \cdot R . . . . . \text{III.}$$

**157. — Anwendung der Gesetze auf die elektrische Zündanlage.** In der elektrischen Zündanlage soll lediglich derjenige Teil des Stromkreises, der im eigentlichen Zündsatze liegt, erwärmt werden, während die Leitungen dazu dienen, den Strom tunlichst ohne Verluste an die Verbrauchsstelle (d. h. zu dem Zünder) zu bringen. Nach der Formel III wird die Entzündung des Zündsatzes eintreten, sobald innerhalb desselben das Produkt aus dem Quadrate der Stromstärke und dem Widerstand der Zündstelle zu einer gewissen Größe ansteigt. Man sieht, daß der Zweck am wirksamsten durch Vergrößerung der Stromstärke, in zweiter Linie durch Vergrößerung des Widerstandes im Zünder selbst erreicht werden kann. Die Temperatur, die an der Zündstelle erzeugt werden muß, um die Zündung herbeizuführen, ist verhältnismäßig gering. Der zumeist gebrauchte Zündsatz entzündet sich nämlich bereits bei etwa  $200^{\circ} \text{C}$ , so daß also nicht einmal ein Erglühen des betreffenden Leitungsteiles einzutreten braucht. Die Erwärmung braucht sich auch nur auf wenige kleinste Teilchen des Zündsatzes zu erstrecken, da die einmal eingeleitete Entzündung sich selbsttätig fortpflanzt. Bei sachgemäßer Einrichtung der Zündanlage genügt somit eine überaus geringe, kaum meßbare Wärme-erzeugung oder Arbeitsleistung, um die elektrische Zündung in die Wege zu leiten. Es wird daraus verständlich, daß Elektrizität jeder Art von hoher oder niedriger Spannung mit Leichtigkeit für die elektrische Zündung nutzbar gemacht werden kann, da stets das Maß der erforderlichen elektrischen Energie außerordentlich gering ist. Ein grundsätzlicher Unterschied in der Brauchbarkeit der verschiedenen Stromquellen, Stromarten und Spannungen besteht also nicht.

Wohl aber kommt es auf zweckmäßige Abstimmung der Zünder gegen die Stromquelle an. Denn für die von der Stromquelle gelieferte Spannung und Stromstärke kann der Zünder einen zu hohen oder einen zu niedrigen Widerstand besitzen. Ist der Widerstand für die vorhandene Spannung zu hoch, so fließt nach Formel I zu wenig oder gar kein Strom, und die Wärmewirkung an der Zündstelle bleibt aus. Ist der Widerstand zu niedrig, so wird nach Formel III  $Q$  zu klein, weil die Größe  $R$  zu gering ist. Der Strom geht ohne die beabsichtigte Erhitzung der Zündstelle hindurch und zündet nicht. Der gewünschte Erfolg ist also nur dann möglich, wenn die Spannungsverhältnisse im Stromkreise mit dem Widerstande des Zünders zusammenpassen. Die Kenntnis von Strom, Spannung und Widerstand der Zündanlage ist notwendig, wenn man die Zündergebnisse und im besonderen die Frage beantworten will, ob Versager in der Art der Zündung oder in der ungenügenden Ausbildung der Schießmannschaft begründet sind.

**158. — Einteilung der Zünder.** Wie aus der folgenden Übersicht hervorgeht, besteht ein grundsätzlicher Unterschied zwischen den in ihr aufgeführten Arten der elektrischen Zünder nicht. Denn es findet ein ununterbrochener Übergang zwischen den verschiedenen Zünderarten hinsichtlich der Widerstandsverhältnisse, der Stromstärke und Spannung statt.

Dagegen hat die Einteilung praktischen Wert, weil die Verhältnisse einer elektrischen Anlage je nach der Art der Zünder außerordentlich verschieden liegen.

Bezeichnung der Zünder:	Der Widerstand des einzelnen Zünders beträgt etwa  Ohm	Ein Zünder hat einen Strombedarf von etwa  Ampere	Zur Zündung eines Zünders ist eine Spannung er- forderlich von etwa Volt
Funkenzünder . . .	1 000 000 u. mehr	nicht meßbar klein	3000
Spaltglühzünder mit hohen Widerständen, auch Spaltfunken- zünder genannt . . .	3000—100 000	$\frac{1}{500}$ — $\frac{1}{5000}$	30—100
Spaltglühzünder mit niedrigen Widerständen	20—1000	$\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{100}$	6—10
Brückenglühzünder (Platindrahtglühzünder)	0,6—1,6	0,5—0,8	0,5—2

Bei der Funkenzündung wird hiernach sehr hochgespannte Elektrizität benutzt. Die beiden Polenden im Zünder lassen einen Spalt zwischen sich, der von einem Zündsatze mit sehr geringer Leitungsfähigkeit ausgefüllt ist. Die Elektrizität durchbricht als Funke den schlecht leitenden Zündsatz und erhitzt ihn bis zur Entflammung.

Bei der Spaltglühzündung lassen die beiden Polenden ebenfalls einen Spalt zwischen sich, der aber mit einem Zündsatze von besserer Leitungsfähigkeit ausgefüllt ist. Die Zündung erfolgt durch die Wärmewirkung beim Fließen des elektrischen Stromes und tritt nicht mehr in dem Bilde einer Funkenerscheinung auf. Man arbeitet in der Regel mit Spannungen, die überhaupt keine einen Spalt überspringenden Funken zu erzeugen vermögen. Im übrigen schwanken die Widerstände der Zünder wie die Spannungen in sehr weiten Grenzen.

Bei der Brückenglühzündung ist innerhalb des Zünders die metallische Leitung nicht wie bei der Funken- und Spaltglühzündung durch einen Spalt unterbrochen, sondern die beiden Polenden sind durch eine Brücke in Gestalt eines feinen, durch den elektrischen Strom zum Erglühen gebrachten Platindrahtchens von etwa 1 Ohm Widerstand miteinander verbunden.

## 2. Stromquellen.

159. — **Einteilung.** Als Stromquellen benutzte man bei der ersten Einführung der elektrischen Zündung reibungselektrische Maschinen. Jetzt ist man allgemein zu magnetelektrischen und dynamoelektrischen Maschinen und Trockenelementen übergegangen. Außerdem werden Starkstromleitungen benutzt. Die sonst noch möglichen Stromquellen haben für die bergmännische Schießarbeit keine weitere Verbreitung gefunden.

*α) Reibungselektrische Maschinen.*

**160. — Bornhardtsche Maschine.** Die reibungselektrischen Maschinen waren ausschließlich für die Funkenzündung bestimmt. Als Vertreterin dieser nach Art der Elektrisiermaschinen gebauten Vorrichtungen mag die Bornhardtsche Maschine kurz erwähnt sein. Der Elektrizitätserzeuger bestand aus einer Hartgummischeibe, gegen die Pelzwerk aus Katzenfell als Reibkissen gedrückt wurde. Die bei Umdrehung der Scheibe erzeugte Elektrizität wurde in einer Leydener Flasche gesammelt. Zum Zwecke der Zündung wurde die Entladung durch den Stromkreis der Zündanlage geleitet.

Die Maschinen waren wie alle Elektrisiermaschinen gegen feuchte Luft sehr empfindlich und schon aus diesem Grunde für Bergwerksbetriebe wenig geeignet.

Für Schlagwettergruben waren wegen der hohen Spannung, die die Maschinen erzeugten, Kurzschlußfunken bei mangelnder Sorgfalt in der Verlegung der Leitungen zu fürchten.

*β) Magnetelektrische Maschinen.*

**161. — Die Bauart der Maschinen.** Die magnetelektrischen Maschinen liefern elektrische Ströme von niederer bis zu mittlerer Spannung, die von einigen wenigen Volt bis zu mehreren hundert Volt und darüber hinaus steigen kann. Die Maschinen sind demgemäß für Brücken- und Spaltglühzünder bestimmt.

Gewöhnlich sind die Maschinchen so gebaut, daß zwischen den Polen eines oder mehrerer Magnete ein mit Drahtwickelungen versehener I-förmiger Anker schnell gedreht wird, wodurch in den Drahtwickelungen Wechselströme induziert werden. Die isolierte Drahtwicklung ist einerseits an die Achse bzw. die Verlagerungsplatte angeschlossen (Abb. 217), während das andere Ende durch eine Längsbohrung in der Achse geführt ist und durch eine anliegende, isolierte Feder mit der äußeren Leitung in Verbindung steht. Der in der Ankerwicklung erzeugte Wechselstrom fließt unmittelbar durch die Zündanlage und bringt die Zünder zur Explosion. Die Abb. 218 zeigt das äußere Aussehen einer solchen Maschine, die, mit Kurbelantrieb ausgerüstet, 2 kg schwer ist und in den Maßen 150:170:95 mm ausgeführt wird. Statt der Kurbel wird häufig auch eine Zahnstange als Antrieb gewählt.

Die Maschinen sind für 1—3 Schuß bestimmt und sind für Brücken- oder Spaltglühzündung, je nach der Art der Wickelung, brauchbar.

Um mit diesen kleinen Maschinchen mit Sicherheit mehrere, in Reihenschaltung angeordnete Schüsse gleichzeitig zünden zu können, ist es



Abb. 217. Magnetelektrische Zündmaschine ohne Gehäuse.



Abb. 218. Magnetelektrische Kurbelmaschine.

zweckmäßig, den Strom erst im Augenblicke seiner größten Stärke in die Zündanlage zu entsenden. Es geschieht dies durch Anbringung eines selbsttätigen Endkontaktes, der den äußeren Stromkreis schließt, wenn der Anker eine Anzahl Umdrehungen gemacht und eine gewisse Geschwindigkeit erreicht hat. Abb. 219 verdeutlicht schematisch eine so beschaffene Bauart, wie sie von der Fabrik elektrischer Zünder zu Köln bei ihren Maschinen „Simplex“ und „Duplex“ angewandt wird. Es ist *S* der Antriebsdreh Schlüssel,

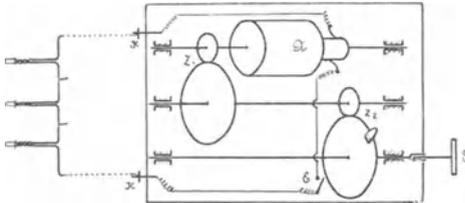


Abb. 219. Schema der Simplex-Maschine (mit Dreh Schlüsselantrieb und Endkontakt).

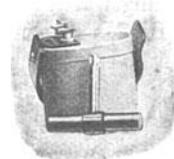


Abb. 220. Ansicht der Simplex-Maschine mit Dreh Schlüsselantrieb.

mit dem das Zahnradgetriebe  $Z_2$  in Umdrehung versetzt wird. Die Drehung wird über das mit Freilauf auf der Ankerachse versehene Zahnradgetriebe  $Z_1$  auf den Anker *A* mit noch mehr vergrößerter Geschwindigkeit übertragen. Auf dem Triebrade  $Z_2$  sitzt ein Anschlag, der, wenn der Dreh Schlüssel seine Endstellung erreicht, den Kontakt *E* niederdrückt und den äußeren Stromkreis schließt. Ähnliche Einrichtungen finden sich auch bei den des weiteren zu besprechenden dynamoelektrischen Zündmaschinen. Abb. 220 zeigt die Simplex-Maschine in der Ansicht.

γ) *Dynamoelektrische Maschinen.*

**162. — Erklärung.** Die dynamoelektrischen Maschinen (Abb. 221) sind in vieler Beziehung den magnetelektrischen Zündvorrichtungen ähnlich, beruhen aber auf dem Gedanken der *S i e m e n s* schen Dynamomaschine. Ein mit Drahtwickelungen versehener **T**-förmiger Anker *T* wird zwischen den Polen eines

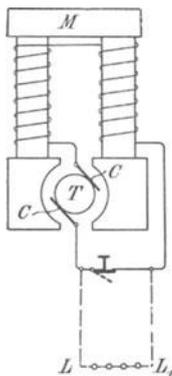


Abb. 221. Schema der dynamoelektrischen Zündmaschine.

Elektromagneten *M* in Umdrehung versetzt. Die in den Ankerwickelungen induzierten Wechselströme werden auf einem Kollektor *C* gleich gerichtet. Der Strom durchfließt entweder im Haupt- oder im Nebenschluß die Wickelungen des Elektromagneten und verstärkt so den Magnetismus und damit wiederum die Stromstärke. Die Steigerung der Maschinenleistung geht bis zu einem gewissen Höchstmaß. Ist dieses erreicht, so wird der innere Stromkreis etwa durch Niederdrücken eines Unterbrechers, wie in der Abbildung angedeutet, geöffnet, und der ganze verfügbare Strom geht, bei Hauptschluß noch verstärkt durch den Extrastrom, durch den äußeren Stromkreis  $LL_1$ .

**163. — Bauart.** Die Unterschiede der vielen verschiedenen dynamoelektrischen Zündmaschinen betreffen in der Hauptsache den Antrieb, der mittels Federkraft oder mit Hand durch Zahnstangen, Zahnradvorgelege

oder dgl. erfolgen kann, und ferner die Art der Stromunterbrechung, die selbsttätig nach einer gewissen Zeit vor sich geht oder von der Schnelligkeit der Drehung oder von der Stellung des Ankers oder der Stromstärke der Maschine abhängt. Diese Unterschiede haben nicht eine untergeordnete, lediglich bauliche Bedeutung; vielmehr hängt von der Sicherstellung einer möglichst raschen und gleichmäßigen Betätigung und von der Einschaltung des äußeren Stromkreises im richtigen Augenblicke der Erfolg der Zündung um so mehr ab, je mehr Schüsse gleichzeitig gezündet werden sollen.

Mehrfach ist den Maschinen der Gedanke zugrunde gelegt, die Wirksamkeit der Maschine von der Kraft und Geschicklichkeit des Bedienungsmannes unabhängig

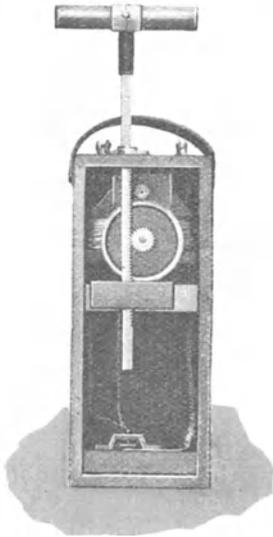


Abb. 222. Dynamoelektrische Zündmaschine mit Zahnstangenantrieb.

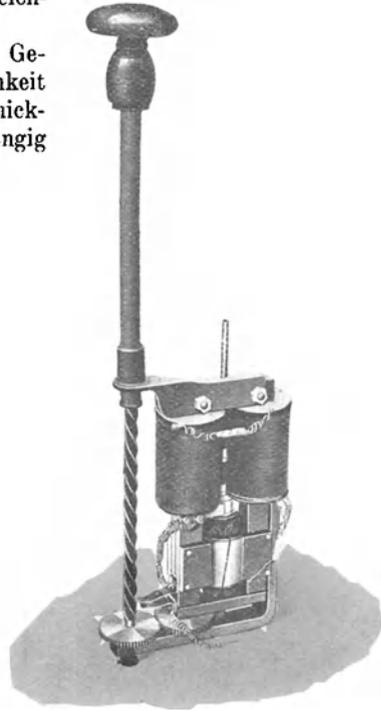


Abb. 223. Dynamoelektrische Zündmaschine mit Drallmutterantrieb.

zu machen. Dies wird dadurch erreicht, daß die zur Erzeugung des elektrischen Stromes nötige Energiemenge vor dem Schießen durch Federkraft aufgespeichert und im Augenblicke der Sprengung durch den Druck auf einen Knopf ausgelöst wird. Die Feder läßt das Getriebe abschnurren und schaltet im Augenblicke der höchsten magnetischen Erregung den Strom auf die Zündanlage. Ferner ist eine Vorrichtung angebracht, die verhindert, daß die Sperrfeder ausgelöst werden kann, ehe die Feder ganz aufgezogen ist. Solche Maschinen bauen Siemens & Halske zu Berlin, die Fabrik elektrischer Zünder in Köln und Schaffler & Co. zu Wien.

Viel gebraucht werden die Zahnstangenmaschinen, von denen eine in der Ausführung der Fabrik elektrischer Zünder zu Köln in Abb. 222 dargestellt ist. Die Betätigung geschieht in der Weise, daß man

die Zahnstange so weit als möglich herauszieht, um sie alsdann mittels des Griffes kräftig nach unten zu stoßen. Zwischen das Antriebszahnrad, das mit der Zahnstange in Eingriff steht, und das große Zahnrad, das die Drehbewegung auf den Anker überträgt, ist ein Sperrrad mit Schubklinken geschaltet, das also nur eine Drehrichtung auf den Anker zu übertragen gestattet. Hierdurch ist erreicht, daß die Zahnstange ohne Bewegung des großen Rades und des Ankers nach oben gezogen werden kann und der Anker sich nur beim Niederstoßen der Zahnstange dreht. Es tritt also kein Wechsel der Polarität in der Maschine ein. Während des Niederstoßens der Zahnstange ist die Maschine kurz geschlossen, sobald aber die Zahnstange am Ende ihres Weges angelangt ist und die höchste Geschwindigkeit erreicht hat, stößt sie (vgl. auch Abb. 221) auf eine unten angebrachte Feder und reißt diese von einem Stifte ab, wodurch der Strom unterbrochen und auf den äußeren Zündkreis geleitet wird. Bei ihren neueren Zündmaschinen dieser Art hat die genannte Firma die Zahnstange in einer runden Führungstange versenkt angeordnet und hierdurch eine bessere Abdichtung der Maschine gegen Eindringen von Feuchtigkeit und Kohlenstaub erreicht; ferner ist das Gesperre mit Schubklinken durch einen Kugelfreilauf ersetzt.

Bei dem Schraubenantrieb wird die Drehbewegung durch Niederstoßen einer Drallmutter auf einer steilgängigen Schraube eingeleitet (Drillbohrerantrieb) und durch Zahnradgetriebe auf den I-förmigen Anker übertragen (Abb. 223). Die Fabrik elektrischer Zünder zu Köln und die Dynamit-A.-G. Nobel zu Wien liefern solche Maschinen.

Während bei den bisher besprochenen Maschinen die Unterbrechung und Umschaltung des Stromes mechanisch geschieht, wird bei anderen Maschinen in besonderer Leitung zunächst ein Elektromagnet erregt, dessen Anker bei einer gewissen Stromstärke angezogen wird und den äußeren Stromkreis der Zündleitung schließt.

#### *δ) Galvanische Elemente.*

**164. — Allgemeines.** Nasse Elemente und ebenso Akkumulatoren sind bisher für den Bergbau wenig benutzt worden, weil sie einer aufmerksamen Wartung und sorgsamen Behandlung bedürfen, die ihnen in der Grube nicht regelmäßig zuteil werden kann. Insbesondere kommt es bei der Handhabung und Fortbewegung der Vorrichtungen leicht vor, daß die Flüssigkeit austritt und oxydierend auf die Metallteile, namentlich die Klemmen, einwirkt. Dagegen bewähren sich die Trockenelemente gut, da sie keiner Wartung bedürfen und ohne besondere Vorsicht befördert werden können.

Die Elemente liefern Ströme von sehr niedriger Spannung, aber von einer für die Zündung von Sprengschüssen immerhin beträchtlichen Stärke. Infolge der geringen Spannung können diese Stromquellen nur für Zünder mit einem sehr niedrigen Widerstande in Frage kommen und werden deshalb ausschließlich für die Brücken- und die Spaltglühzündung benutzt. Auch hierfür reicht aber die von einem einzigen Elemente gelieferte Spannung von ein bis zwei Volt mit Rücksicht auf den Widerstand der Leitungen in der Regel nicht aus, so daß man gezwungen ist, mehrere Elemente hintereinander zu schalten. Die Klemmenspannung steigt alsdann im selben Verhältnis wie die Zahl der Elemente.

Da Spannung und insbesondere Stromstärke der Trockenelemente, selbst wenn sie unbenutzt stehen, allmählich nachlassen, ist es unbedingt erforderlich, von Zeit über Tage regelmäßige Prüfungen der Elemente vorzunehmen, damit das Unbrauchbarwerden rechtzeitig bemerkt wird, ehe noch in der Grube Versager eintreten.

Gegenüber den magnet- und dynamoelektrischen Maschinen haben Elemente als Stromquellen den Vorteil, daß bei ihnen die Gleichmäßigkeit der Betätigung durch die Bedienung wenig oder gar nicht ins Gewicht fällt.

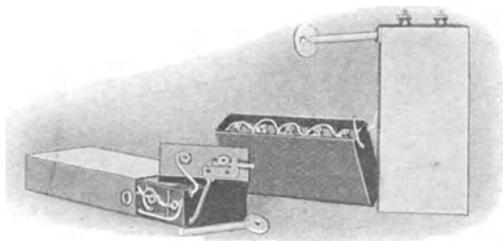


Abb. 224. Zündbatterie mit 5 Hellessen-Elementen.

**165. — Ausführungs-Beispiele.** Die Fabrik elektrischer Zünder in Köln und Siemens & Halske in Berlin bringen Zündbatterien mit Hellessen-Trockenelementen auf den Markt. Die Elemente besitzen Zink- und Kohlenelektroden. Der Elektrolyt ist teigiger, fast breiiger Natur und ist wasserdicht nach außen abgeschlossen. Jedes Element liefert etwa 1,3 bis 1,4 Volt Spannung bei 0,55—0,60 Ohm innerem Widerstande. Die kleinere Ausführung, die je nach der Größe des Leitungswiderstandes bis zu drei Schüsse zu zünden vermag, ist in Abb. 224 dargestellt. Der Zinkblechkasten von 42:90:192 mm Größe enthält fünf Hellessen-Elemente, die eine Spannung von 6,25—7,25 Volt bei 2,75—3,0 Ohm innerem Widerstande ergeben. Die ganze Vorrichtung wiegt nur 1,1 kg und hat sich seit Jahren durchaus bewährt.

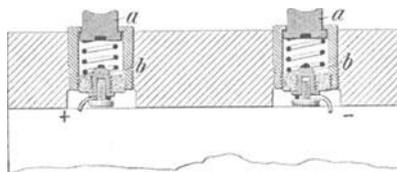


Abb. 225. Federnde Polträger.

**166. — Kontakteinrichtungen.** Alle diese Geräte tragen als Besonderheit im Hartgummideckel des Kastens eine Kontakteinrichtung, die zumeist mittels abnehmbaren Schlüssels betätigt werden kann und dadurch erhöhte Sicherheit gegen mißbräuchliche oder unabsichtliche Benutzung bietet.

L. Lisse hat Zündbatterien eingeführt, die an Stelle der Klemmen federnde Polträger in Form von zwei gut vernickelten, durch Spiralfedern getragenen Druckknöpfen *a* (Abb. 225) besitzen. Diese haben eine platinbewehrte Unterfläche, die gegen eine ebenfalls mit Platin versehene Stiftschraube *b* gedrückt werden kann, so daß eine gut leitende Verbindung erzielt wird. Zum Abtun des Schusses legt der Schießmeister je ein Ende der beiden Leitungsdrähte auf die Druckknöpfe und drückt letztere mit den aufgelegten Drähten gleichzeitig kräftig nieder, bis der Schuß erfolgt. Durch bloßes Nachlassen des Druckes wird der Stromkreis zugleich an vier

Abb. 226.  
Klemmenlose  
Zündbatterie.

Stellen unterbrochen, und das Sitzenlassen von Drähten ist unmöglich, weil eine feste Verbindung überhaupt nicht hergestellt werden kann. Dabei ist die Handhabung einfach, schnell und sicher. Die in Abb. 226 dargestellte Zündvorrichtung wiegt 1 kg und leistet bis zu drei Schuß gleichzeitig.

e) Benutzung einer Starkstromleitung als Stromquelle.

167. — **Ausführung und Beurteilung des Verfahrens.** Bisweilen, besonders beim Schachtabteufen, ist es möglich, durch Anschluß der Schießreihe an ein elektrisches Leitungsnetz für Beleuchtung oder Kraftübertragung die Beschaffung einer besonderen Zündmaschine zu ersparen. Freilich muß alsdann statt der Zündmaschine eine besondere Schaltvorrichtung beschafft werden, die zwischen das Starkstromkabel und die Schießleitung geschaltet wird. Die fertig-

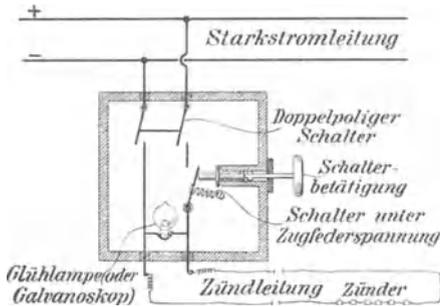


Abb. 227. Vorschrittmäßiger Schießschalter für Benutzung einer Starkstromleitung als Stromquelle.

gemachte Schießleitung wird an die Schaltvorrichtung angeschlossen, worauf durch Betätigung des Schalters der Strom in die Schießleitung entsandt wird. Damit nicht durch Zufall, wie Berührung zweier Leitungen oder mangelhafte Isolation, vorzeitig Strom in die Zündleitung gelangt, schreiben die Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker vor, daß der Schalter nach Abb. 227 doppelpolig sein, also beide Lei-

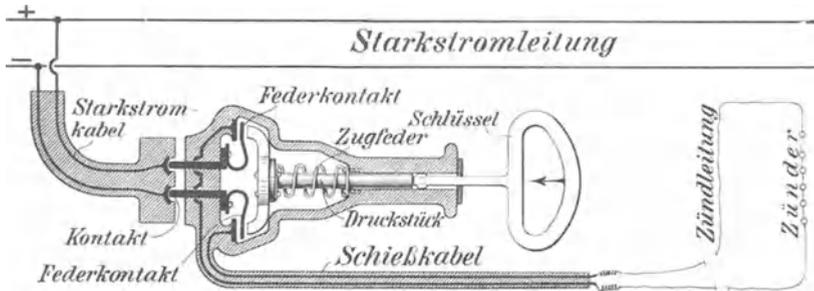


Abb. 228. Anordnung des Schießschalters der Siemens-Schuckertwerke.

tungszweige gleichzeitig außer oder unter Strom setzen muß. Ferner soll eine zweite, unter Verschuß befindliche Stromunterbrechungstelle vorhanden sein, die (nach der Abbildung durch Federwirkung) so eingerichtet ist, daß ein Verharren im eingeschalteten Zustande ausgeschlossen ist. Um das Vorhandensein von Strom in der Schießleitung zu erkennen, kann eine Glühlampe oder ein Galvanoskop eingeschaltet werden.

Abb. 228 zeigt die Anordnung und Abb. 229 die tatsächliche Ausführung einer Schalteinrichtung, wie sie von den Siemens-Schuckertwerken geliefert wird. Das Starkstromkabel endet in einer Dose mit zwei Kontakten,

denen zwei Gegenkontakte des Schießschalters entsprechen. Eine dauernde Verbindung von Dose und Schalter ist nicht möglich; vielmehr kann die Stromverbindung nur dadurch hergestellt werden, daß der Arbeiter mit der einen Hand die Dose und mit der anderen den Schießschalter faßt und die Kontakte gegeneinander drückt. Gleichzeitig drückt er mit dem Daumen der den Schießschalter haltenden Hand den Schlüssel des Schalters nieder, wodurch die Federkontakte zum Anliegen kommen und der Strom in die Zündleitung fließen kann.

Das anfängliche Mißtrauen gegen diese Art des Schießens scheint unberechtigt zu sein<sup>1)</sup>, da sie sich vielfach gut bewährt hat.

#### 168. — Zentralzündung.

Eine besondere Art der elektrischen Zündung, für die man größere Strommengen und höhere Spannungen gebraucht und deshalb Starkstromleitungen mit Vorteil verwenden kann, ist die sog. „Zentralzündung“, d. h. die Zündung aller in einer Grube angesetzten Schüsse zu einer bestimmten Zeit von einem Punkte über Tage aus, nachdem die ganze Belegschaft die Grube verlassen hat, z. B. also während des Schichtwechsels.

Diese Art der Zündung ist in Nordamerika mehrfach, freilich auf wenig ausgedehnten Gruben, eingeführt worden<sup>2)</sup>.

Auch auf der durch Gasausbrüche besonders gefährdeten Grube Maximilian bei Hamm hat sie zeitweilig Anwendung gefunden.

Die Zündung bedarf eines ausgedehnten, dauernd sorgfältig in Stand zu haltenden Leitungsnetzes in der Grube und einer der Anzahl der abzutuernden Schüsse und der Länge der Leitungen entsprechenden, starken Stromquelle. Je nach der Zahl der Schüsse und der Betriebspunkte und deren Lage zueinander wird man einfache oder gruppenweise Parallelschaltung (s. Ziff. 183, S. 256 u. f.) wählen. Reine Reihenschaltung kommt kaum in Betracht, da die Gesamtwidestände aller Leitungen und Zünder zu hoch werden würden.



Abb. 229. Ansicht des Schießschalters der Siemens-Schuckertwerke.

<sup>1)</sup> Glückauf 1912, Nr. 19, S. 748; Lisse: Die elektrische Zündung beim Schachtabteufen; — ebenda 1914, Nr. 29, S. 1149; Jentsch: Über Versager bei der Schießarbeit in Abteufschächten.

<sup>2)</sup> Glückauf 1909, Nr. 19, S. 653; Heise: Gemeinsame elektrische Zündung der Sprengschüsse einer ganzen Grube vom Tage aus.

Um an dem Querschnitt der Leitungen zu sparen, kann man unter Tage elektrische Umschalter aufstellen, wie sie zu diesem Zwecke von der Fabrik elektrischer Zünder zu Köln geliefert werden. Die einzeln angeschlossenen Abteilungen oder Betriebspunkte werden dann nacheinander abgetan. Dabei können noch die einzelnen Stromzweige vor dem Schießen auf ihre Leitungsfähigkeit geprüft werden. Allerdings wird durch solche Anordnungen die ganze Anlage noch umständlicher.

Die Zentralzündung hat auf den ersten Blick mancherlei Bestechendes für sich. Vor allen Dingen vermindert sie die Unglücksfälle bei der Sprengarbeit; sie sichert ferner das Leben der Arbeiter vor den Folgen einer durch die Sprengarbeit hervorgerufenen Schlagwetter- oder Kohlenstaubexplosion; auch die Gefahren der plötzlichen Gasausbrüche (s. d.) werden teilweise vermieden. Dem steht aber gegenüber, daß in ausgedehnten Gruben mit verschiedenartigen Lagerungs- und Betriebsbedingungen die Beaufsichtigung und Instandhaltung der Einrichtungen außerordentlich mühevoll erscheint. Bei größeren Gruben, die nicht mit einfacher, sondern mit Doppelschicht arbeiten, wäre die Durchführung der Zündung überhaupt unmöglich, weil zwischen den Schichten nicht genügende Zeit verfügbar ist, in der die ganze Grube von jeder Belegschaft entblößt werden kann. Ferner bleibt noch für alle Gruben, die mit sonstigen elektrischen Leitungen, sei es für Beleuchtungs- oder für motorische Zwecke, versehen sind, die Schwierigkeit, daß diese Leitungen stromlos gemacht werden müssen, sobald man in der Grube mit dem Besetzen und dem Fertigmachen der Schüsse beginnt, damit nicht durch zufällige Induktionströme aus den arbeitenden Stromkreisen Unglücksfälle hervorgerufen werden.

Diese Zündungsart wird also nur auf kleinen Gruben bei einfachen Verhältnissen möglich sein.

### 3. Elektrische Zünder.

**169. — Allgemeine Beschreibung.** Die elektrischen Zünder bestehen aus den beiden Zuleitungsdrähten, der Zündmasse oder dem Zündsatz und der Zünderhülse. Die Drähte münden mit ihren Enden oder Polen in dem Zündsatz, der entweder von einer losen, körnigen oder flockigen Masse (z. B. feiner Schießwolle) oder von einem festen, tropfenförmigen Zündkopf gebildet wird. Die Zünderhülse, in welche die Drahtenden und der Zündsatz eingeschlossen sind, wird meistens aus Pappe, seltener aus Metall hergestellt. Man gibt ihr eine konische Form, damit sich die Sprengkapsel, die bei brisanten Sprengstoffen zur Einleitung der Detonation benötigt wird, im Zünder festklemmt. Bisweilen werden auch die Enden der Zuleitungsdrähte und der Zündsatz in die Sprengkapsel selbst eingesetzt (vgl. Abb. 231 u. 233). Die Kapseln werden dann schon in fester Verbindung mit dem elektrischen Zünder geliefert. In die gewöhnlichen Zünder wird die Kapsel erst am Ort der Sprengung von dem Arbeiter eingesetzt. Die Herstellung, Beförderung und Lagerung der Zünder sind in diesem Falle völlig ungefährlich und von den lästigen, für Sprengkapseln bestehenden gesetzlichen Fesseln befreit. Beim Fertigmachen des Schusses wird das Zünderende mit Zündsatz und Kapsel in die Sprengpatrone versenkt und

das Patronenpapier zweckmäßig darüber festgebunden, um dem Zünder einen Halt während des Besetzens zu geben.

**170. — Zünderdrähte.** Die Zuleitungsdrähte müssen so lang sein, daß sie von der Sprengladung bis vor die Bohrlochmündung reichen und hier eine bequeme Verbindung untereinander und mit den Leitungsdrähten gestatten. Gewöhnlich wählt man sie 1,5—2 m lang. Die Drähte bestehen aus Eisen- oder Kupferdraht. Für Zünder mit niedrigem Widerstande (also für Brückenglühzünder) ist bei gleichzeitigem Abtun vieler Schüsse Kupferdraht empfehlenswert, damit der Widerstand der Drähte nicht zu groß im Verhältnis zu demjenigen der Zünder selbst wird. Für Funken- und Spaltglühzünder ist Eisendraht ohne Bedenken und in Anbetracht der geringeren Kosten vorzuziehen. Die Isolierung der Drähte voneinander erfolgt durch Papierwicklung, Gummiüberzug, Baumwollumspinnung oder Holzstäbe. Am häufigsten findet man zur Zeit Papierwicklung; Gummiüberzug und Baumwollumspinnung sind für minder wichtige Arbeiten zu teuer.

Die einfach durch Umspinnung isolierten Drähte sind sehr biegsam. Beim Besetzen des Schusses ist Achtsamkeit erforderlich, damit die Drähte nicht im Besatze zusammengestaucht werden.

Bei den Stabzündern (Abb. 230) sind die Drähte in seitliche Rillen eines Holzstabes gelegt, worauf der Stab mit paraffiniertem Papier umklebt ist. Die Zünder sind beim Besetzen bequem, aber teuer und für den Transport in der Grube zu sperrig.

**171. — Zündsatz.** Der Zündsatz besteht in der Regel aus chloresurem Kali und Schwefelantimon. Für Spaltglühzünder wird der Zündsatz in feste Form gebracht, wobei der Masse zur Herabminderung des elektrischen Widerstandes Holzkohle, Metallstaub, Halbschwefelkupfer oder ähnliche Körper zugesetzt werden. Für Brückenglühzünder wird als Zündsatz auch Schießwolle in loser Form viel benutzt.

**172. — Funken- und Spaltglühzünder.** Der Spalt, den der Funke im Zünder überspringen muß und der vom Zündsatze ausgefüllt ist, besitzt je nach der Leitfähigkeit des letzteren eine Breite von 1,0—0,01 mm. Bei dem Bornhardt'schen Funkenzünder (Abb. 231), bei dem zwei mit Guttapercha überzogene Kupferdrähte *dd* an dem einen Ende zusammengedreht sind, wird dieser Spalt durch Abkneifen mit einer Zange hergestellt.

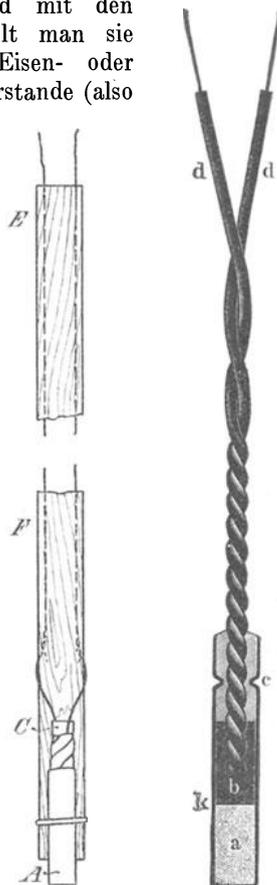


Abb. 230.  
Stabzünder.

Abb. 231.  
Bornhardt'scher Funkenzünder.

Das so hergerichtete gemeinschaftliche Ende der Drähte taucht in einen Zündsatz *b* ein, der die mittlere Füllung der mit dem Knallsatz *a* versehenen kupfernen Sprengkapsel *k* bildet. Der obere Verschuß der Kapsel ist durch einen langsam erhärtenden Kitt und durch Ankneifen der Kapsel bei *c* hergestellt.

Eine sehr starke Verbreitung haben die Zünder der Fabrik elektrischer Zünder zu Köln gefunden, die in Abb. 232 in einzelnen Teilen und im Schnitt dargestellt sind. Auf eine Kartonpapierschicht *a* sind beiderseits Metallblättchen *bb* geklebt. Die ausgestanzten Blättchen werden nach Art der Streichhölzer durch Eintauchen

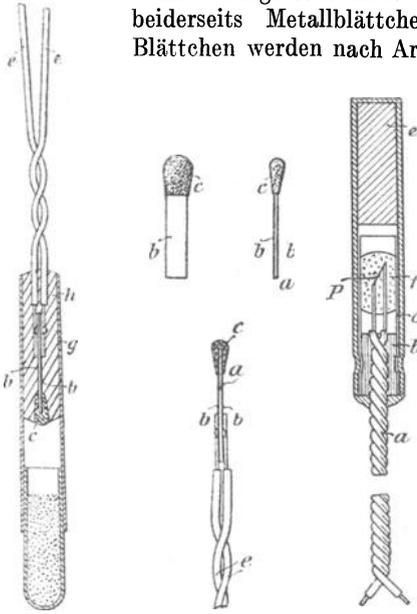


Abb. 232. Spaltglühzünder der Fabrik elektrischer Zünder im Schnitt und in einzelnen Teilen.

Abb. 233. Brückenglühzünder von Siemens & Halske.

mit einem Zündsatz *c* versehen, dessen Zusammensetzung und Leitungsfähigkeit je nach Art der herzustellenden Zünder verschieden ist. Zum Schutze gegen Feuchtigkeit erhält der Zündsatz noch einen Lacküberzug. Die Verbindung der Zuleitungsdrähte *ee* mit den Metallbelegungen *bb* erfolgt durch Lötung. Das Ganze wird unter Einbettung in eine Schwefelgußmasse *h* in eine paraffinierte Papp- oder Metallhülle *g* eingeführt, wobei die äußerste Spitze des Zündsatzes *c* eben aus dem umgebenden Guß hervorsteht und so gegen die besonders einzusetzende Sprengkapsel gerichtet ist. Diese Zünder besitzen den Vorteil, daß sie außergewöhnlich gleichmäßig hergestellt werden können und

daß die Polstellung während und nach der Herstellung genau bestehen bleibt.

**173. — Brückenglühzünder.** Bei den Brückenglühzündern ist, wie schon oben gesagt, keine Unterbrechung des äußeren, metallischen Stromkreises vorhanden, sondern die beiden Polenden sind durch ein sehr feines Drächtchen aus einer Nickellegierung (z. B. Konstantan) oder aus Platin miteinander verbunden. Die Stärke der in dem Zünder verwandten Drähte schwankt zwischen 0,03 und 0,05 mm, die Länge zwischen 2 und 11 mm. Zu kurz darf man die Drächtchen nicht wählen, da sonst die Abkühlung nach den Polenden zu stark ist; zu lang ebenfalls nicht, da dann die sichere Unterbringung im Zünder Schwierigkeit macht. Die Drächtchen werden gewöhnlich durch Anlöten an den Polenden befestigt. Der elektrische Widerstand wird auf etwa 0,6—1,6 Ohm bemessen. Wenn die Zünder, wie es in der Regel der Fall sein wird, für das gleichzeitige Abtun mehrerer Schüsse gebraucht werden sollen, so kommt es auf tunlichste Gleichmäßigkeit ihrer Widerstände an. Die Gleichmäßigkeit genügt, wenn die Unterschiede 0,05 Ohm nicht übersteigen.

Die Abb. 233 zeigt einen Brückenglühzünder der Firma Siemens & Halske. Es sind *a* die beiden Zünderdrähte, *P* das die Polenden verbindende Drähtchen, *b* ein Papierbund, *c* eine Papierhülse, *f* langfaserige, das Drähtchen umgebende Schießbaumwolle, *e* die Sprengkapsel.

Die Brückenglühzünder der Fabrik elektrischer Zünder zu Köln entsprechen etwa den Spaltglühzündern nach Abb. 232. Nur sind die beiden Metallblättchen *b*, wie Abb. 234 zeigt, durch ein angelötetes, bügelförmig gebogenes Drähtchen *P* miteinander verbunden. Damit das Drähtchen *P* genügend lang wird, ist die Kartonschicht *a* (s. insbesondere die Nebenabbildung *II* zu Abb. 234) treppenförmig abgestuft, und das Drähtchen überspannt die so gebildete Stufe.

**174. — Zeitzünder.** Die sog. Zeitzünder sollen beim Zünden mehrerer Schüsse deren Losgehen mit Zeitunterschieden bewirken. Zu diesem Zwecke wird zwischen den eigentlichen Zünder und die Sprengkapsel ein Stückchen Zündschnur geschaltet. Der bei allen Schüssen gleichzeitig gezündete Zündsatz setzt die Zündschnur in Brand. Je nach der Länge der letzteren kann die Explosion der Sprengkapsel verzögert werden. Man kann ebensowohl Funken- wie Spalt- oder Brückenglühzünder für die Zeitzündung benutzen, letztere werden aber bevorzugt.

Bei den Zeitzündern ist es wichtig, daß möglichst bald nach der Entflammung des Zündsatzes die Verbindung zwischen Zünder und Zündschnur durch Schmelzen der Verkittung sich löst, damit, wenn beim Fallen des ersten Schusses etwa die übrigen Zünderdrähte aus den Bohrlöchern gerissen werden sollten, deren Zündschnüre mit den Kapseln im Loche verbleiben können.

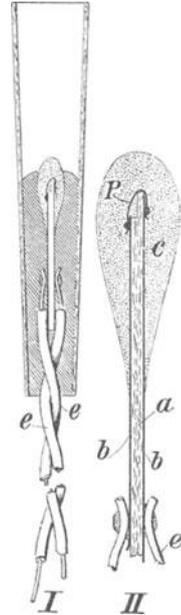


Abb. 234. Brückenglühzünder der Fabrik elektrischer Zünder.

Abb. 235. Zeitzünder der Fabrik elektrischer Zünder mit Entgasungslöchern.

Abb. 236. Zeitzünder der Fabrik elektrischer Zünder mit seitlichen Entgasungskanälen.

Aus demselben Grunde ist es nicht ratsam, Zeitzünder gemeinsam mit gewöhnlichen, sofort kommenden Zündern zu benutzen. Damit die Hülse durch die entstehenden Brandgase nicht gesprengt wird, sind in ihr leicht verklebte Entgasungslöcher (Abb. 235) oder seitliche Abzugskanäle (Abb. 236) vorgesehen. Den in den Abbildungen dargestellten Zeitzündern sind die

Sprengkapseln noch nicht aufgesetzt. Den Zündschnüren pflegt man bei Zeitzündern Längen von 20—50 cm zu geben.

Bei den Münningschen Zeitzündern (Abb. 237) soll die Zeitdauer

Abb. 237. Münningscher Zeitzünder.

zwischen dem Kommen der einzelnen Schüsse auf ein ganz geringes Maß beschränkt werden. Zu diesem Zwecke sind der elektrische Zünder, das kurze Zündschnurstück und die Sprengkapsel in einer Blechhülse untergebracht, deren Hohlraum so groß bemessen ist, daß er die Verbrennungsgase aufnimmt, ohne daß eine merkbare Beschleunigung der Brenngeschwindigkeit der Zündschnur infolge erhöhten Gasdruckes eintritt. Wenn man beispielsweise die Zündschnurstücke in Längen, die nur um je 5 mm verschieden sind, schneidet, kommen die Schüsse in Zeitunterschieden von nur etwa 0,5 Sekunden.

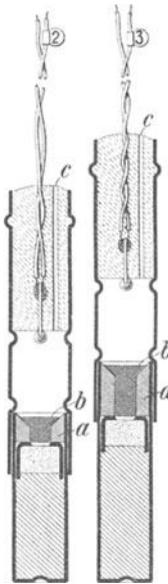


Abb. 238. Zeitzünder der Rheinisch-Westfälischen Sprengstoff-A.G.

Neuerdings bringt die Rheinisch-Westfälische Sprengstoff-A.-G. zu Troisdorf zündschnurlose Zeitzünder auf den Markt, bei denen an Stelle der Zündschnur Verzögerungssatzstücke zwischen den elektrischen Zünder und die Sprengkapsel geschaltet sind. Abb. 238 zeigt zwei solche Zeitzünder mit verschiedenen langen Verzögerungssatzstücken. Es ist *a* ein Metallzylinder, in den der aus langsam brennendem Pulver bestehende Verzögerungssatz *b* eingepreßt ist. In der den elektrischen Zünder haltenden Schwefelgußmasse sind Entgasungslöcher *c* vorgesehen. Die Zeitunterschiede zwischen dem Kommen der einzelnen Zünder betragen 0,5 Sekunden. Die Zeiten der Zünder sind an den verschiedenen Längen der Sprengkapseln kenntlich; außerdem tragen die aus dem Bohrloche herausragenden oberen Drahtenden der Zünder kleine Erkennungsmarken, wie aus der Abbildung ersichtlich.

#### 4. Leitungen.

175. — **Herstellungstoff und Widerstand.** Für die Leitungen kommt hauptsächlich Eisen- und Kupferdraht in Betracht. Kupfer ist teurer, leitet aber die Elektrizität erheblich besser als Eisen. In der folgenden Zusammenstellung sind für je 100 m Leitungsdraht, entsprechend einer Entfernung von 50 m vom Schußorte, die Widerstände von Eisen und Kupfer für einige Drahtdicken angegeben:

Drahtstärken:	Widerstände von 100 m langen Drähten	
	Verzinkter Eisendraht Ohm	Kupferdraht Ohm
0,7 mm Durchmesser . . . . .	31,2	4,70
1,0 " " . . . . .	15,2	2,30
1,2 " " . . . . .	10,6	1,60
1,5 " " . . . . .	6,8	1,00
2,0 " " . . . . .	3,8	0,57
4 Drähte von je 1,5 mm Durchmesser	1,7	0,25

176. — **Bedeutung des Leitungswiderstandes.** Der Widerstand der Leitungen fällt um so mehr ins Gewicht, je niedriger die Widerstände der Zünder sind. Beträgt z. B. der Widerstand eines Zünders nur 1 Ohm (wie bei Brückenglühzündern), der Widerstand der Leitung dagegen 15,2 Ohm (entsprechend einem Eisendraht von 1 mm Durchmesser nach der Zahlen-tafel), so würde das ein Mißverhältnis sein. Denn die Stromquelle müßte allein mit Rücksicht auf den hohen Widerstand der Leitung groß und stark gewählt werden. Man wird also in solchem Falle lieber erheblich dickeren Eisendraht oder die teurere Kupferleitung wählen. Bei Brückenglühzünd-anlagen soll der Widerstand der Leitungen etwa 10 Ohm nicht übersteigen. Beträgt aber der Widerstand eines Funkenzünders 1000000 Ohm, so ist es völlig gleichgültig, ob als Leitungswiderstand noch 2 oder 15 Ohm hinzu- kommen. Alsdann ist Eisendraht gleichwertig und in Berücksichtigung des Kostenpunktes vorzuziehen. Überhaupt kommt man meist mit Eisendraht- leitungen aus, wenn man sie genügend stark wählt. Gut bewährt haben sich aus mehreren Eisendrähten bestehende Litzen, wozu z. B. abgelegte, aber noch gut erhaltene Bremsbergseile benutzt werden können.

177. — **Isolation der Leitungen.** Die Leitungen erhalten entweder eine Isolation oder sind einfache blanke Drähte, die wiederum ohne be-



Abb. 239. Widerstandsverhältnisse einer Zündanlage.

sondere Vorsichtsmaßnahmen oder isoliert geführt sein können. Ob die Isolation notwendig ist, hängt zunächst von den Spannungsverhält- nissen der Zündanlage, insbesondere von der Möglichkeit von Neben- schlüssen zwischen Hin- und Rückleitung und hierdurch bedingten Strom- verlusten, sodann aber auch von dem Vorhandensein etwaiger Stark- stromanlagen in den Grubenbauen ab.

Nehmen wir nach Abb. 239 hinsichtlich der Spannungsverhältnisse der Zündanlage z. B. an, daß in einer Zündanlage der Widerstand der Zünder entweder 3 Ohm bei Brückenglühzündern oder 3000000 Ohm bei Funken- zündern und derjenige der Leitung 2 Ohm beträgt und daß die ungenügend isolierte Leitung über einen feuchten Streckenstoß geführt wird, der einen

Kurz- oder Nebenschluß mit 5000 Ohm Widerstand bildet. An dieser Stelle würde sich in den beiden Fällen sodann ein Stromverlust ergeben, der sich zu der durch Zünder und Leitung gehenden Strommenge umgekehrt wie das Verhältnis der genannten Widerstände, also wie 5:5000 oder wie 5000000:5000, verhalten würde. Im ersten Falle wäre der Verlust nicht nennenswert und bliebe ohne Folgen. Im zweiten Falle würde der Stromverlust 99,9 % sein und der Schuß nicht kommen.

Bei niedrigen Widerständen von Zündern und Leitungen darf man also blanke Leitungen anwenden. Je höher die Widerstände werden und je mehr Zünder man hintereinander schaltet, eine desto größere Wichtigkeit erlangt die Isolation. Die Nebenschlußgefahr in den Strecken ist bei Anwendung von blanken Leitungen naturgemäß sehr verschieden.

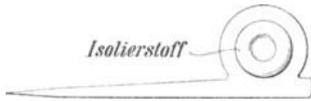


Abb. 240. Isolierbolzen.

Besonders groß ist sie in nassen Strecken und bei Verlegung der Leitungen auf der Sohle. In der Regel ist es bei Verwendung blanker Drähte zweckmäßig, die Hinleitung an den einen Stoß und die Rückleitung an den anderen zu verlegen. Noch besser ist die isolierte Führung der blanken Drähte dadurch, daß man sie durch die mit Isolierstoff ausgekleideten Ösen nagelförmiger Bolzen zieht (Abb. 240).

Bei den Zwillingskabeln sind Hin- und Rückleitung in einem Strange untergebracht. Sie bewähren sich für Sprengzwecke wenig, weil infolge der unvermeidlichen Verletzungen leicht Kurzschlüsse auftreten und das Auffinden der Fehlerstelle durch die sie verbergende Isolation erschwert ist. Besser eignen sich Zwillingskabel mit nur einem gut isolierten und umflochtenen Drahte und einem als Rückleitung darum gewickelten blanken Drahte (Abb. 241), da bei solchen Kabeln etwaige Fehler viel leichter gefunden werden können.

Abb. 241.  
Zwillingskabel mit einer  
blanken Leitung.

**178. — Schutz gegen Streuströme.** Beim Vorhandensein von Starkstromleitungen in den Grubenbauen und ganz besonders beim Betriebe von elektrischen Fahrdraktlokomotiven kann die Schießarbeit durch die sog. Streuströme gefährdet werden<sup>1)</sup>. Zwischen den einzelnen Teilen der Streckenausrüstung, z. B. zwischen Rohrleitungen, Wetterlutton und Schienen, können Spannungsunterschiede auftreten, die sich unter Umständen weithin in das Grubengebäude über den Bereich der elektrischen Starkstromanlage hinaus verbreiten. Diese Spannungsunterschiede können genügen, um einen mit einem elektrischen Zünder versehenen Schuß zur Zündung zu bringen. Beim Schachtabteufen sind (vgl. Ziff. 167) die Wirkungen etwaiger Lichtleitungen zu fürchten.

In solchen Fällen ist zunächst gute Isolation der Leitungen zu empfehlen. Eine solche schließt aber keineswegs jede Gefahr aus, da ja mindestens die Verbindungsstellen zwischen Zünderdrähten und Leitungen ohne Isolationschutz bleiben werden. Man wendet deshalb zur Erhöhung der Sicherheit

<sup>1)</sup> Glückauf 1912, Nr. 21, S. 821 u. f.; Kopplin: Gefährdung der Schießarbeit mit elektrischer Zündung durch den elektrischen Grubenlokomotivbetrieb; — ebenda 1916, Nr. 44, S. 925 u. f.; Alvensleben: Die elektrischen Streuströme im Grubenbetriebe usw.

die Sicherheits-Kurzschlußklemmen an, die die Zündleitungen bis zum Augenblicke der Abgabe des Schusses kurz schließen und so die Entstehung gefährlicher Spannungsunterschiede verhindern. Abb. 242 I zeigt eine solche Klemme<sup>1)</sup>: Zwei Bleche *a*, von denen das eine zu einem Haken *b* umgebogen ist, sind durch eine Flügelschraube miteinander verbunden. Beim Schießen mit zwei blanken Drähten (s. Nebenzeichnung II) wird der untere Draht der Schießleitung straffgezogen und an den beiden Nägeln *c c* befestigt. Das Festschrauben der Klemme auf dem Drahte erfolgt so, daß er unter der Flügelschraube liegt. Der obere Draht wird nur an dem Nagel *d*

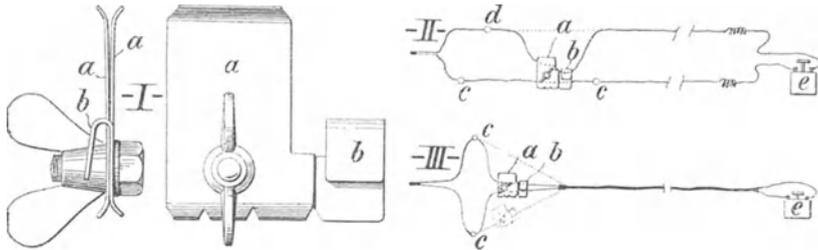


Abb. 242. Kurzschlußklemme von Heinr. Korfmann jr. in Witten.

befestigt, sodann zwischen die Bleche *a* oberhalb der Flügelschraube eingeklemmt und unter den Sicherheitshaken *b* gelegt, um eine zufällige Ausschaltung durch Steinfall oder Unachtsamkeit zu verhüten. Nach dem Besetzen der Schüsse und dem Anschließen der Zünderdrähte an die Leitung hebt man den oberen Draht aus dem Sicherheitshaken *b*. Vor dem Schießen zieht der Schießmeister von dem Standort der Zündmaschine *e* aus an dem oberen Draht, wodurch dieser aus der Klemme gleitet. Nunmehr ist der Kurzschluß aufgehoben, und die Zündung kann erfolgen.

Wenn man mit zwei isolierten Drähten in einem Kabel schießt, so legt man (Abb. 242 III) die Drähte am Ende des Kabels auf etwa 70 cm bloß und befestigt sie an je einem Nagel *e*. Den einen Draht klemmt man dann unter der Flügelschraube, den anderen darüber fest.

Abb. 243. Schlechte Leitungsverbindung.

Letzterer wird einstweilen unter den Sicherheitshaken *b* gebracht. Die Aufhebung des Kurzschlusses erfolgt, nachdem der zweite Draht aus dem Haken *b* gehoben ist, durch einfaches Ziehen an dem Kabel von dem Standorte der Zündmaschine *d* aus. Die schußfertige Anordnung ist gestrichelt gezeichnet.

**179. — Verbindung der Leitungen.** Die Verbindung einzelner Leitungsenden untereinander wie die Verbindung der Leitungen mit der Maschine und mit den Zünderdrähten muß um so sorgfältiger geschehen, je niedriger gespannt die zur Verwendung kommende Elektrizität ist. Namentlich dürfen dann die Drähte nicht, wie es Abb. 243 zeigt, einfach

<sup>1)</sup> Glückauf 1921, Nr. 38, S. 917; Matthiaß: Sicherheitskurzschlußklemme für Zündleitungen; — vgl. ferner ebenda 1920, Nr. 14, S. 280; — ebenda 1921, S. 329; — ebenda 1922, Nr. 32, S. 985.

ineinander gehakt, sondern sie müssen sorgfältig miteinander verdreht werden (Abb. 244 und 245). Außerdem macht der hohe Widerstand von Oxydationshäutchen vorheriges Blankkratzen der Drahtenden unbedingt erforderlich.

Bei Nebenschlußgefahr (z. B. durch Feuchtigkeit) ist die zusammengedrehte Verbindungstelle noch besonders sorgfältig zu isolieren. Hierzu bedient man sich zweckmäßig der in Abb. 246 dargestellten Übersteckhülsen. Es sind dies einseitig verschlossene, paraffinierte, mit einer halbweichen Isoliermasse *m* gefüllte Hülsen, die man einfach über die verdrehten Drahtenden *b* streift. Das zugängliche



Abb. 244 und 245. Richtige Leitungsverbindungen.

Ende der Hülsen ist, um ein Ausfließen der Isoliermasse zu verhüten, durch eine Paraffinschicht *s* verschlossen, die mit den spitzen Drahtenden leicht durchstoßen werden kann.

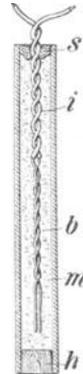


Abb. 246.  
Isolations-  
Übersteckhülse.

### 5. Hilfsgeräte für die elektrische Zündung.

180. — **Zünder- und Leitungsprüfer. Galvanoskop.** Bei wichtigen Schüssen oder Schußreihen tut man gut, den oder die zu benutzenden Zünder vor dem Gebrauche auf ihre Leitfähigkeit zu untersuchen. Am leichtesten ist die Untersuchung bei Brückenglühzündern, da bei ihnen die metallische

Leitung überhaupt nicht unterbrochen ist. Aber auch Spaltglühzünder mit niedrigen Widerständen lassen sich auf das Vorhandensein der Stromleitung vor der Ingebrauchnahme prüfen. Wie die Zünder, so kann man auch die Leitungen vor Abtun der Schüsse auf die richtige Leitfähigkeit untersuchen.

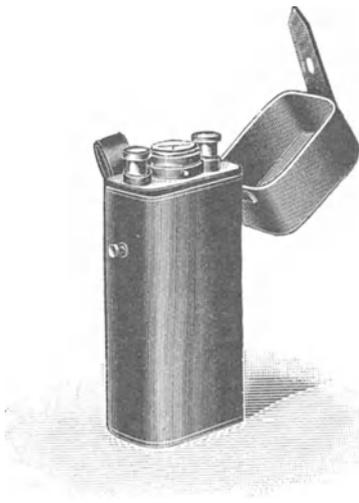


Abb. 247.  
Zünderprüfer (Galvanoskop).

Der einfachste Zünder- und Leitungsprüfer ist ein Galvanoskop (Abb. 247), dessen Element einen zwar für die Betätigung der Anzeigevorrichtung, nicht aber für die Zündung der Sprengkapsel ausreichenden Strom liefert. Sobald von Klemme zu Klemme durch einen angeschlossenen äußeren Stromkreis, der ein einzelner Zünder, eine Leitung oder ganze Zündanlage sein kann, Strom fließt, zeigt die Anzeigenadel einen Ausschlag. Bei Prüfung

von nicht verbundenen Leitungen darf die Nadel dagegen keinen Ausschlag zeigen, da andernfalls ein Kurz- oder Nebenschluß vorhanden wäre.

**181. — Ohmmeter, Meßbrücken.** Den Galvanoskopfen vorzuziehen sind die Ohmmeter und Meßbrücken, die nicht allein das Fließen des Stromes, sondern auch den jeweiligen Widerstand des Stromkreises anzeigen. Abb. 248 zeigt ein Ohmmeter, dessen Handhabung aus einem Beispiel erhellen möge.

Bei einem Schachtabteufen möge nach Abb. 249 der Widerstand der Leitungen 10 Ohm und derjenige der angeschlossenen 15 Zünder 15 Ohm betragen. Der Prüfer muß nun insgesamt 25 Ohm Widerstand anzeigen. Zeigt er etwa 35 Ohm an, so ist die Verbindung der Zünder unter sich oder mit der Leitung schlecht; bei nur 20 Ohm Widerstand sind nicht alle Zünder eingeschaltet; bei 10 Ohm liegt wahrscheinlich Kurzschluß am Ende der Leitung und bei weniger als 10 Ohm ein solcher in der Leitung selbst vor. Entspricht der festgestellte Widerstand den zu erwartenden 25 Ohm, so ist alles in Ordnung und die Zündung wahrscheinlich.



Abb. 248.  
Minenprüfer (Ohmmeter).

Neben diesem kleinen Ohmmeter liefert die Fabrik elektrischer Zünder zu Köln seit kurzem ein handliches Meßgerät für den gleichen Zweck, das nach Art der Wheatstoneschen Brücke gebaut ist und schnell genaue Messungen ermöglicht, hierbei aber nicht von der Spannung des Elementes und deren allmählichem Nachlassen abhängig ist.

Besonders für das Schachtabteufen ist es wünschenswert, die Widerstandsverhältnisse der fertigen Zündanlage genau nachprüfen zu können, da gerade hier infolge Versagens einzelner Schüsse leicht große Zeitverluste entstehen

Abb. 249. Widerstandsverhältnisse einer Zündanlage.

und unter Umständen auch Unglücksfälle die Folge sein können. Die Einführung einer regelmäßigen Prüfung der Zündanlage leitet auch sonst die Schießmannschaft zur Achtsamkeit an und erleichtert die Überwachung.

**182. — Stromquellenprüfer.** Zur Prüfung der Zündmaschinen auf ihre Wirksamkeit verwendet man die Stromquellenprüfer der Fabrik elektrischer Zünder zu Köln. Sie bestehen aus einem Schaltbrett, auf dem je nach Größe und Art der zu prüfenden Stromquelle verschieden große Widerstände auf Rollen entsprechend dem zulässigen höchsten Leitungswiderstände und außerdem künstliche Nebenschlüsse in der Größe, wie sie in nassen Gruben vorkommen, eingeschaltet werden

können. Jede Stromquelle, die noch imstande ist, durch einen angemessenen Widerstand trotz eines gewissen Nebenschlusses einen bestimmten Normalzündler zu zünden, kann als gebrauchsfähig für die Grube gelten. Abb. 250 zeigt die Handhabung des Prüfers.

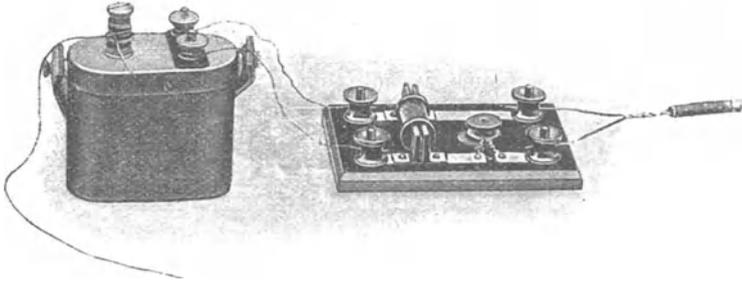


Abb. 250. Prüfung einer Stromquelle.

### 6. Die Schaltung der Sprengschüsse.

183. — **Schaltungsweisen.** Sollen mehrere Schüsse gleichzeitig gezündet werden, so können die Zünder auf verschiedene Weise an die Zündleitung angeschlossen oder in diese eingeschaltet werden. Nehmen wir an,

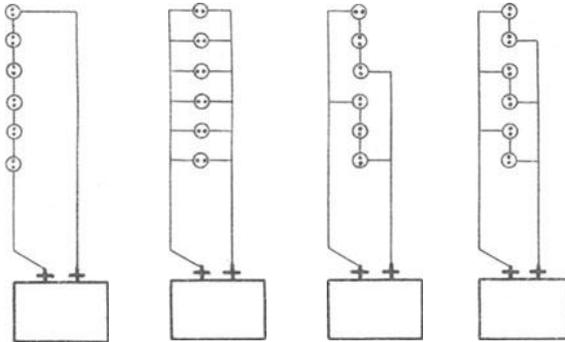


Abb. 251.

Abb. 252.

Abb. 253.

Abb. 254.

Schaltungsweisen.

daß sechs Schüsse gleichzeitig gezündet werden sollen, so zeigt Abb. 251 die Hintereinanderschaltung, Abb. 252 die Parallelschaltung und die Abbildungen 253 u. 254 die gruppenweise Parallelschaltung in zwei und drei Gruppen. Im Bergbau ist am bekanntesten die Hintereinanderschaltung, auch Reihen- oder Serienschaltung

genannt. Es ist dies eine einfache, leicht verständliche Schaltung, die am wenigsten zu Irrtümern Anlaß gibt. Sie ist freilich, was die Ausnutzung des verfügbaren Stromes und die Zünder sicherheit betrifft, nicht in allen Fällen die günstigste.

Bei der Wahl der Schaltung muß man insbesondere auf die Eigenart der Zündmaschinen und Zünder Rücksicht nehmen.

Funkenzündmaschinen liefern einen plötzlich einsetzenden Strom von hoher Spannung und sehr geringer Stromstärke. Infolgedessen kann man die Zünder für eine größere Zahl von Schüssen nur hintereinander schalten. Bei Parallelschaltung würde jeder einzelne Zünder zu wenig an Stromstärke erhalten. Anders liegen die Verhältnisse bei der Spaltglüh-

zündung. Die Zündmaschinen liefern einen stärkeren Strom, der entweder mit der wachsenden Schnelligkeit der Betätigung anwächst oder plötzlich in voller Stärke auf die Zündanlage, deren Einzelzünder ziemlich ungleich in ihren Widerständen sind, wirkt. Im ersten Falle ist Parallelschaltung anzuwenden, weil andernfalls die Zünder mit den höheren Widerständen als die empfindlicheren zuerst kommen würden; in letzterem Falle ist auch Reihenschaltung zulässig.

Für Brückenglühzünder, die in ihren Widerständen sehr gleichmäßig hergestellt werden können, kommen beide Schaltungsweisen in Betracht. Je nach der Art der Stromquelle, den Widerständen der Leitung und der Zünder und der Zahl der letzteren kann man entweder Reihen- oder Parallel- oder gruppenweise Parallelschaltung anwenden. Welches die günstigste Schaltungsart ist, ergibt die Rechnung. Nur wird man der Vorsicht halber zum Ausgleiche der niemals ganz zu vermeidenden Unterschiede in den Zünderwiderständen bei Reihenschaltungen einen höheren Strombedarf in die Rechnung einzusetzen haben, als es in Berücksichtigung des einzelnen Zünders nötig scheinen würde. Wenn z. B. der Einzelzünder 0,35 Ampere gebraucht, so tut man gut, bei Hintereinanderschaltung

- für 3 Schuß . . . . . 0,6 Ampere,
- für 6 Schuß . . . . . 0,8 Ampere,
- für 12—15 Schuß . . . . . 1,0 Ampere,
- und für noch mehr Schüsse . 1,2—1,5 Ampere

Stromstärke vorzusehen.

**7. Schlußbemerkungen und Vergleich.**

**184. — Rückblick.** Bei einem Rückblick auf die hauptsächlichsten Eigenschaften der drei Zündungsarten erhält man etwa folgendes Bild:

Art der Zündung	Stromquellen	Leitungen	Zünder		Bemerkungen
			Prüfbarkeit	Schaltung	
Funkenzündung	teure und empfindliche Reibzündmaschinen	Gute Isolation ist erforderlich wegen Nebenschlußgefahr. Kleine Querschnitte genügen.	nicht vorhanden	nur Reihenschaltung zulässig	schlagwettergefährlich
Spaltglühzündung	dauerhafte und billige magnet- oder dynamoelektrische Maschinen oder Trockenelemente	Bei hohen Spannungen ist Isolation notwendig, bei niedrigen nicht.	in beschränktem Maße vorhanden	Je nach der Stromquelle ist Parallelschaltung erforderlich oder Reihenschaltung zulässig.	nicht schlagwettergefährlich
Brückenglühzündung		Blanke Leitungen sind zulässig, größere Querschnitte erforderlich.	in jeder Beziehung vorhanden	Reihen- und Parallelschaltung zulässig	

Bei einem Vergleiche insgesamt wird man zu dem Schlusse gelangen, daß die Verwendung von Zündern mit niedrigen Widerständen (Spaltglühzünder für niedrige Spannungen und Brückenglühzünder) für den Grubenbetrieb infolge der Dauerhaftigkeit und des geringen Gewichtes der Zündmaschinen, der Zulässigkeit blanker Leitungen und der Möglichkeit einer vorherigen Prüfung besondere Vorteile bietet. Tatsächlich bürgern sich diese Zünder auf Kosten der älteren Zünder für höhere Spannungen immer mehr ein.

185. — **Nach- und Vorteile in Abwägung gegeneinander.** Die elektrische Zündung ist wegen der Notwendigkeit der Beschaffung von Stromquellen, Leitungen und besonderen Zündern mit Umständlichkeiten verknüpft und für den Arbeiter nicht ohne weiteres verständlich. Die Kosten sind höher als die der gewöhnlichen Zündschnurzündung<sup>1)</sup>; wenn aber, wie dies auf Schlagwettergruben die Regel ist, bessere Guttaperchazündschnüre mit Anzündern benutzt werden müssen, so wird sich die elektrische Zündung eher billiger stellen.

Was die Sicherheit der Mannschaft angeht, so war man zunächst geneigt, anzunehmen, daß die elektrische Zündung allen anderen Zündungen überlegen sein müsse. Da der Schuß zu einem genau bestimmbareren Zeitpunkt fällt, kann die Mannschaft in Ruhe und ohne Eile den entfernten sicheren Schutzort aufsuchen und von hier aus in einem selbstgewählten Augenblicke die Zündung bewirken. Versagt der Schuß, so bleibt man, insofern nicht die Sprengladung selbst die Schuld trägt, hierüber nicht wie bei der Halm- oder Zündschnurzündung längere Zeit im ungewissen. Tatsächlich haben sich freilich diese Vorzüge nicht in dem angenommenen Maße als unfallhindernd erwiesen<sup>2)</sup>. Vielmehr hat nach einer im Oberbergamtsbezirke Dortmund für die Jahre 1908—1912 aufgestellten Statistik die Zahl der Unfälle, berechnet auf je 1 Million Schüsse, bei der Zündschnurzündung 1,957 betragen, gegenüber 3,048 bei der elektrischen Zündung. Die Zahl der tödlichen Verunglückungen betrug 0,587 bei der Zündschnurzündung und 1,387 bei der elektrischen Zündung. (Näheres s. in Ziffer 203.)

Ein zweifelloser Vorzug der elektrischen Zündung ist die Sicherheit gegen Schlagwettergefahr. Wenn diese Sicherheit auch nicht unbedingt und nicht unter allen Umständen vorhanden ist, so ist sie doch so groß, daß sie dem praktischen Bedürfnis völlig entspricht, zumal bei den neuerdings bevorzugten Zündmaschinen Funkengefahr nicht zu befürchten ist. Eine ähnliche Sicherheit wird bei Halm- und Zündschnurzündung nie erreicht werden können. Nur bei den Abziehzündungen ist Schlagwettersicherheit auch in vollem Maße vorhanden. Bei den sonstigen Nachteilen dieser letzteren Zündungsart bleibt sie jedoch schon aus anderen Gründen außerhalb des Wettbewerbs. Die Schlagwettersicherheit der elektrischen Zündung wird noch dadurch gesteigert, daß bei Abgabe mehrerer Schüsse diese gleich-

<sup>1)</sup> Bergbau 1910, Nr. 25, S. 313 u. f.; Bulgis: Kosten der elektrischen Zündung im Verhältnis zu denen der Zündschnurzündung.

<sup>2)</sup> Glückauf 1912, Nr. 15, S. 594; Döbelstein: Die Unfallgefahr bei der Schießarbeit mit elektrischer Zündung und mit Zündschnurzündung; — ferner ebenda 1914, Nr. 27, S. 1079; Mertens: Die Unfälle beim Gebrauch von Sprengstoffen usw.

zeitig kommen. Es kann also nicht ein Schuß vor Losgehen des anderen Grubengas frei machen oder gefährlichen Kohlenstaub aufwirbeln. Eine Ausnahme macht hier nur die elektrische Zeitzündung.

Vor der Zündschnurzündung im besonderen ist die elektrische Zündung durch das Fehlen jedes Rauches und Qualmes ausgezeichnet. Sie ist deshalb für die Leute zuträglicher, und der Mann kann früher, als es sonst möglich wäre, nach dem Schießen an seinen Arbeitsort zurückkehren. Die Möglichkeit des gleichzeitigen Abtuns der Schüsse ist auch in wirtschaftlicher Beziehung ein Vorteil. Wenn man aus dem Vollen zu schießen gezwungen ist, um Einbruch zu schaffen, so stellt sich die Gesamtwirkung mehrerer, gleichzeitig explodierender Schüsse nahezu auf das Doppelte der Leistung, die man erhalten würde, wenn die Schüsse nacheinander zur Explosion kämen. Umgekehrt ist es aber auch bei der elektrischen Zündung möglich, die einzelnen Schüsse in kurzen Zwischenräumen aufeinander folgen zu lassen (Zeitzündung).

### E. Das Sprengluftverfahren.

186. — **Vorbemerkung.** Der wesentliche Unterschied zwischen den gewöhnlichen Sprengstoffen und solchen mit flüssiger Luft besteht darin, daß der zur Explosionszersetzung der brennbaren Bestandteile erforderliche Sauerstoff den gewöhnlichen Sprengstoffen in chemisch gebundener, fester Form beigegeben ist, während die Sprengstoffe mit flüssiger Luft ihn unmittelbar in ungebundener und zwar flüssiger Form enthalten.

Richtiger würde man von Sprengstoffen mit flüssigem Sauerstoff sprechen; denn es kommt nur auf den Sauerstoff der Luft an. Deshalb stellt man auch für Sprengzwecke flüssige Luft mit sehr hohem Sauerstoffgehalt her. Die gebräuchlichen Verflüssigungsanlagen liefern solche mit 95 % Sauerstoffgehalt.

Flüssige Luft ist kein zur dauernden oder auch nur zur längeren Aufbewahrung oder zur zeitraubenden Beförderung auf weite Entfernungen geeigneter Körper. Da die flüssige Luft eine Temperatur von etwa  $-191^{\circ}\text{C}$  besitzt<sup>1)</sup>, siedet sie, wenn nicht die Wärmezufuhr auf ein Mindestmaß beschränkt werden kann, ständig unter lebhafter Verdampfung. Die sie enthaltenden Gefäße dürfen nicht verschlossen werden, da sonst schon bei gewöhnlicher Temperatur der Druck nach kurzer Zeit so hoch (nämlich auf annähernd 800 Atm.) ansteige, daß die Gefäße zersprengt würden.

Die Verwendung der flüssigen Luft für Sprengzwecke setzt also voraus, daß sie an der Verwendungsstelle selbst in einem dem regelmäßigen Verbräuche etwa entsprechenden Umfange regelmäßig und dauernd erzeugt wird.

Der Gedanke, flüssige Luft für Sprengarbeiten zu verwenden, stammt von v. Linde, dem bekanntlich die Verflüssigung der Luft mit verhältnismäßig einfachen Mitteln zuerst gelungen ist. Er hat bereits Ende des vorigen Jahrhunderts das noch jetzt übliche Verfahren der Tränkung fertiger, mit einem Kohlenstoffträger erfüllter Patronen durch Eintauchen in flüssige Luft angegeben. Die von ihm (im Simplontunnel) und später von der Karbonitfabrik in Schleich durchgeführten Versuche befriedigten allerdings nicht. Einige Jahre vor dem Kriege wurden die Versuche von dem

<sup>1)</sup> Flüssiger Stickstoff siedet bei  $-195,7^{\circ}\text{C}$  und flüssiger Sauerstoff bei  $-182,4^{\circ}\text{C}$ .

Bergingenieur Kowastch wieder aufgenommen. Er schlug vor, die Patronen erst nach Einführung in das Bohrloch mit flüssiger Luft zu tränken. Dies Verfahren erwies sich als zu umständlich, gab aber die Anregung, den alten Lindeschen Vorschlag wieder aufzugreifen. Als der Krieg ausbrach und einen starken Salpetermangel brachte, fanden diese Bestrebungen den günstigsten Boden. Tatsächlich gelang es bald, für schlagwetterfreie Gruben ein auch wirtschaftlich wettbewerbsfähiges Verfahren herauszubilden, das die Kriegsverhältnisse überdauert hat.

Dagegen führten die Versuche, das Schießen mit flüssiger Luft für den Grubenbetrieb schlagwettersicher zu gestalten, nicht zum Ziele. Zwar ist es gelungen, Sprengstoffmischungen herzustellen, die sich auf der Versuchstrecke bis 500 g Ladung als schlagwetter- und kohlenstaubsicher bewähren, solange die Patronen ordnungsmäßig explodieren. Haben sie aber soviel Sauerstoff durch Verdampfung verloren, daß eine volle Explosion nicht mehr eintritt, so verpuffen oder verbrennen sie mit starker Flamme und werden gegen Schlagwetter gefährlich. Wegen dieser in der Natur des Sprengmittels liegenden Eigenschaft dürften dauernd sichere Patronen nicht herstellbar sein.

**187. — Sprengtechnische Eigenschaften der Sprengluft.** Die größte erzielbare Dichte des Luftsprengstoffs ist im allgemeinen durch die Dichte der verwendeten flüssigen Luft gegeben. Bei einem spezifischen Gewichte des flüssigen Sauerstoffs von 1,15 wird der höchste Grenzwert für den fertigen Luftsprengstoff ein wenig über dieser Zahl liegen, da die vollgetränkten Patronen in der Flüssigkeit untertauchen. Beispielsweise beträgt die Dichte einer vollgetränkten Korkmehlpatrone 1,25. Durch Verdampfung nimmt die Dichte allmählich ab, ohne daß aber zunächst die Sprengkraft leidet. Sinkt die Dichte unter ein bestimmtes Maß (z. B. bei Rußpatronen 0,59), so reicht der verfügbare Sauerstoff zur völligen Verbrennung des Kohlenstoffträgers nicht mehr hin.

Über die Dichte, die bei der Explosion entstehende Gasmenge und die Arbeitsfähigkeit je Gewichts- und Raumeinheit im Vergleich mit Sprengelatine und Gurdynamit gibt folgende Aufstellung<sup>1)</sup> Aufschluß:

	Luftsprengstoff		Sprengelatine	Gurdynamit	
Dichte beim Abschluß: g je ccm . .	1,05	1,15	1,6	1,6	
Gasmenge {	1 je kg . . . . .	505	510	710	628
	1 je cdm . . . . .	537	598	1136	1005
Verhältniszahl. d. rechnungs- mäßigen Arbeitsfähigkeit {	je kg	85,1	85,1	102,5	81,6
	je l	90,4	100,7	164,0	130,5

Tatsächlich schätzt man im Betriebe die Sprengwirkungen als dynamitähnlich ein.

**188. — Erzeugung der flüssigen Luft.** Zur Erzeugung der flüssigen Luft gehört ein Kompressor und eine Luftverflüssigungs- und Trennvorrich-

<sup>1)</sup> Pabst: Flüssiger Sauerstoff und seine Verwendung als Sprengstoff im Bergbau, (München, Oldenbourg), 1917; — ferner Zeitschr. f. d. g. Schieß- u. Sprengst.-Wes. 1916, Nr. 14, S. 233; Martin: Über das Sprengluftverfahren.

tung<sup>1)</sup>. Die vorher von Wasserdampf und Kohlensäure befreite Luft wird in der Regel in drei bis vier Stufen auf 200 Atm. zusammengepreßt und in den Verflüssiger geführt. In ihm wird sie wieder entspannt, auf diese Weise sehr tief gekühlt und alsdann zur Kühlung der die Preßluft zuführenden Rohrbündel benutzt. Nach Erreichung der kritischen Temperatur von  $-140^{\circ}$  beginnt die Preßluft aus dem Entspannungsventil im flüssigen Zustande auszutreten. In der Trennvorrichtung vollzieht sich darauf innerhalb der Temperaturgrenzen von etwa  $-191^{\circ}$  (Siedepunkt der flüssigen Luft) und  $-182,4^{\circ}$  (Siedepunkt des Sauerstoffs) die Ausdampfung des Stickstoffs, der weiter zur Kühlung der Rohrschlangen benutzt wird. Man erhält schließlich eine Flüssigkeit von etwa 95 % Sauerstoffgehalt<sup>2)</sup>.

**189. — Beförderungs- und Tränkgefäße.** Die erzeugte flüssige Luft wird in Gefäßen zum Arbeitspunkte gebracht und hier zur Tränkung der Sprengpatronen benutzt. Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, besondere Gefäße für die Beförderung einerseits und die Tränkung vor Ort andererseits zu verwenden, die nach Form, Fassungsraum und Herstellungstoff verschieden sind.

Bei allen Gefäßen ist der Raum zwischen der Doppelwandung luftleer gemacht. Die beiden Innenwandungen sind bei den jetzt fast ausschließlich benutzten Metallgefäßen auf Hochglanz poliert, um die den Raum noch durchdringenden Wärmestrahlen zurückzuwerfen. Für die Beförderungs- oder Traggefäße hat sich die Flaschen- oder Kannenform mit doppelter Wandung und engem Hals mit Rücksicht auf die Verdampfungsverluste am besten bewährt.

Die Abb. 255 zeigt die Tragflaschen der Sprengluftgesellschaft m. b. H. zu Berlin W 10<sup>3)</sup>. In einer mit Wärmeschutzstoff ausgefüllten Kanne ist die doppelwandige Flasche untergebracht. Der annähernd luftleere Zwischenraum zwischen den beiden Wandungen enthält eine besonders bereitete Kohlenmasse *m*, die der inneren Wandung anliegt. Nach Einfüllen der flüssigen Luft in die Flasche nimmt auch die Kohlenmasse die tiefe Temperatur von etwa  $-180^{\circ}$  C an, wird dadurch für Gase außerordentlich aufsaugfähig und verschluckt die in dem Zwischenraume noch befindlichen Reste der Luft, so daß dieser völlig luftleer wird.

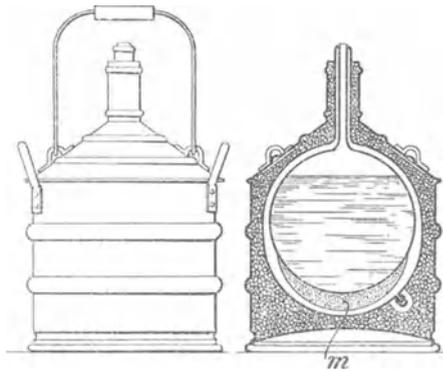


Abb. 255. Tragflasche für flüssige Luft.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wesen 1919, S. 283; Landschütz: Herstellung von flüssiger Luft usw.

<sup>2)</sup> S. das auf S. 2.0 unter <sup>1)</sup> benannte Werk von Pabst, S. 77; — ferner Glückauf 1915, Nr. 51, S. 1235 u. f.; Bernstein: Die Anlage zur Erzeugung flüssiger Luft auf der Gottessegengrube.

<sup>3)</sup> Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Ingenieure 1919, Nr. 32, S. 741; Lisse: Das Sprengluftverfahren.

Die kleineren Flaschen mit 5, 10 oder 15 l Inhalt sind mit Tragbügel ausgerüstet (Abb. 255) und werden vom Arbeiter selbst getragen; die größeren 25- und 50-l-Gefäße werden auf Wagen befördert. Gefäße mit noch größerer Fassung werden unhandlich.

Das Tränken der Patronen erfolgt in den Tränkgefäßen. Diese haben zylindrische Form und sind mit abnehmbarem Deckel versehen (Abb. 256). Die übliche Tiefe ist bei 300 mm Patronenlänge 340 mm, der Durchmesser der Gefäße ist je nach der Zahl der gleichzeitig zu tauchenden Patronen 100 bis 250 mm, der Inhalt 2,5—15 l. Verwandt werden, da Glas- und Porzellangefäße zu wenig haltbar sind, in der Regel Metallgefäße.

Um die teuren, von den Fabriken bezogenen Gefäße zu vermeiden, hat man gelegentlich auf den Werken selbst doppelwandige Gefäße aus verzinktem Eisenblech hergestellt. Der 7—11 cm breite Zwischenraum zwischen beiden Mänteln wurde mit schlecht die Wärme leitenden Stoffen, z. B. Schlackenwolle, ausgefüllt. Als Verschluss diente ein Holzdeckel. Die Verdampfungsverluste stellen sich bei diesen billigen Gefäßen natürlich höher.

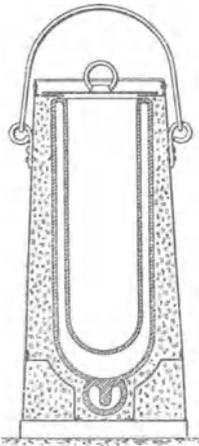


Abb. 256. Tauchgefäß.

Das Tränken erfolgt zur Vermeidung von größeren Verdampfungsverlusten zweckmäßig so, daß man eine das Gefäß füllende Anzahl Patronen in dieses stellt und dann erst nach und nach den Sauerstoff eingießt, bis schließlich der Flüssigkeitspiegel die Patronen überdeckt. Bei genügender Tränkung tauchen die Patronen in der Flüssigkeit unter.

**190. — Patronen.** Die zum Tränken fertigen Patronen bestehen aus Papierhülle und Füllung. Der Hülle gibt man zweckmäßig eine gewisse Steifigkeit, da sie so gegen Zerschlagen und Zerdrücktwerden beim Laden einen guten Widerstand bietet und ein Auspressen des Flüssigkeitsinhalts verhütet. Als Füllung für die Patronen hat man z. B. gemahlene Holzkohle, Torfmullkohle, Korkmehl, Ruß verschiedener Art, Naphthalin, Carben<sup>1)</sup> u. dgl. benutzt. Von der Art der Füllung hängt die Wirkungsweise der Patrone ab. Die Sprengluftgesellschaft liefert sog. P-Patronen mit Sprengpulverwirkung (Füllung: besonders verarbeitete Torfkohle mit abschwächend wirkenden Zusätzen), ferner A-Patronen mit der Wirkung der Ammonsalpetersprengstoffe (Füllung: Ruß und Torf) und D-Patronen mit Dynamitwirkung (Füllung: Ruß und Carben). Es kommt darauf an, daß die Füllung einen großen Überschuß an flüssigem Sauerstoff aufzunehmen vermag, damit die Patronen trotz andauernder lebhafter Verdampfung für eine zum Laden, Besetzen und Abtun der Schüsse genügende Zeitspanne ihre volle Sprengkraft behalten. Besonders geeignet scheinen in dieser Beziehung Korkmehl, Ruß und Carben zu sein. Korkmehl kann etwa das 7fache seines

<sup>1)</sup> Carben (D. R. P. 352838 u. 352839) entsteht, wenn man Azetylen bei etwa 230° über Kupferoxyd leitet. Es ist ein leichter, zunderähnlicher Körper, dessen chemische Zusammensetzung nahe an der Formel  $(CH)_n$  liegt, während der Kupfergehalt wechselt und bis auf 0,2—0,3% sinken kann.

Gewichtes an flüssigem Sauerstoff aufnehmen, braucht aber zur völligen Verbrennung nur das Einfache. Ruß saugt das 4—6,8fache seines Gewichtes auf und verbraucht zur völligen Verbrennung das 2,7fache, er hält aber den flüssigen Sauerstoff fester als Korkmehl. Überdies ist er billiger und leichter erhältlich als dieses. Am größten, aber je nach der Herstellungsweise verschieden ist die Aufsaugefähigkeit des Carbens. Es kann bis zu dem 16fachen seines Gewichtes an flüssigem Sauerstoff aufnehmen, während es zur völligen Verbrennung das 3,1fache verbraucht. Es zeichnet sich durch eine hohe chemische Verwandtschaft zum Sauerstoff aus, so daß es sehr brisante Sprengstoffmischungen ergibt. In geringer Menge zugesetzt, stellt es bei Patronen mit der Wirkung von Sprengpulver oder von Ammonsalpetersprengstoffen die Gleichmäßigkeit der Explosion sicher.

Die folgende Aufstellung gibt ein Bild darüber, wie sich bei den Patronen der Sprengluftgesellschaft m. b. H. die Verhältnisse hinsichtlich Durchmesser, Länge, Gewicht, Aufsaugefähigkeit und Lebensdauer stellen:

	P <sub>1</sub>		A <sub>1</sub>		A <sub>2</sub>		D <sub>2</sub>	
1. Patronenbezeichnung . . . . .								
2. Patronendurchmesser in mm . . . . .	30	35	30	35	30	35	30	35
3. Patronenlänge in mm . . . . .	300	300	300	300	300	30	300	300
4. Füllung der Patronen in g . . . . .	60	85	56	62	48	57	48	49
5. Gesamtgewicht der Patronen in g . . . . .	64	90	60	67	52	62	52	54
6. Aufnahmefähigkeit an flüssigem Sauerstoff in g . . . . .	190	250	195	280	200	270	190	270
7. Zur vollständigen Verbrennung zu CO <sub>2</sub> erforderlicher Sauerstoff in g . . . . .	40	68	85	97	121	152	136	171
8. Lebensdauer der Patrone von der Herausnahme aus dem Tränkgefäß bis zu dem Zeitpunkte, wo keine vollkommene Explosion mehr erzielt werden kann, in Minuten . . . . .	20	22	18	21	16	19	12	16

Wie sich aus den Zahlen unter 8. ergibt, bleiben die Patronen genügend lange explosionsfähig, um eine größere Zahl von Schüssen gleichzeitig fertigmachen und mit Zündschnurzündung abtun zu können. Kleinere Patronendurchmesser als 30 mm sind wegen allzu schneller Verdampfung des flüssigen Sauerstoffes nicht empfehlenswert.

**191. — Besatz.** Zur Erhöhung der Wirkung ist die Einbringung eines Besatzes erwünscht und notwendig. Nur bei Zündung vom Bohrlochtiefsten aus (s. Ziff. 195) kann man in manchen Fällen auf Besatz verzichten, weil der Sprengstoff selbst gleichsam eine Verdämmung für die aus dem Bohrlochtiefsten kommende Explosion bildet.

Nicht verwendbar ist ein fester Besatz aus feuchtem, schmiegsamem Letten, weil ein solcher infolge der schnell ansteigenden Gasspannung im Bohrloche vorzeitig herausgeschleudert wird. Zur Verhütung dieses Übelstandes muß ein Entlüftungsröhrchen eingestampft werden. Einfacher ist es, statt dessen durchlässigen Besatz (z. B. Sand, bröckeliges Salzklein u. dgl.) lose oder in Papierpatronen zu wählen. Auch in das Bohrloch getriebene, durchbohrte Holzdübel haben sich gut bewährt.

**192. — Zündung. Allgemeines.** Die Zündung der Luftsprengstoffe bereitete viele Schwierigkeiten. Einzelne Mischungen, insbesondere die Patronen mit Sprengpulverwirkung, explodieren zwar schon unter geringer

Flammenwirkung, wie sie die Zündschnur oder der Zündkopf eines elektrischen Zünders ohne Sprengkapsel erzeugt. Dagegen bedürfen die Patronen für brisante Wirkungen eines stärkeren Anstoßes zur Explosion. Man benutzt in diesen Fällen eine gewöhnliche Sprengkapsel oder eine besondere Zündpatrone, die aus Sprengsalpeter oder einem Ammonsalpetersprengstoff bestehen kann, oder auch eine Sprengluft-Sprengkapsel.

Die Füllung der gewöhnlichen Sprengkapseln kann in bekannter Weise aus Knallquecksilber oder Trotyl oder Tetryl, dem ein kleiner Knallquecksilber- oder Bleiazidsatz aufgepreßt ist, bestehen, da alle drei Füllungen auch bei den tiefen Temperaturen der flüssigen Luft genügend sicher losgehen.

Abb. 257. Sprengluft-Sprengkapsel.

Gut bewährt haben sich die Resorzinatkapseln (s. Ziff. 152). Durch sichere Verkittung muß der flüssigen Luft der Zutritt in das Innere der Kapsel verschlossen sein, da andernfalls Versager zu befürchten sind<sup>1)</sup>.

Die Sprengsalpeter-Zündpatrone kann unmittelbar durch die Zündschnur oder den Zündsatz des elektrischen Zünders gezündet werden. Für Ammonsalpeter-Zündpatronen ist eine Sprengkapsel notwendig.

Einfacher sind die Luft-Sprengkapseln, die in die eigentliche Sprengpatrone eingebettet und zugleich mit dieser getränkt und damit zündkräftig werden. Die Hülle dieser Kapseln besteht aus Blech oder Pappe und

erhält drei bis vier Löcher oder Schlitze, damit die flüssige Luft leicht eindringen kann. Als Füllung benutzt man z. B. eine Mischung von 50 % Kork-

Abb. 258. Patrone mit einer Sprengluft-Sprengkapsel.

mehl und 50 % Heizöl. Abb. 257 zeigt eine solche Kapsel mit elektrischer Zündung. Statt dieser kann auch eine Zündschnur benutzt werden. Abb. 258 zeigt die in der Sprengpatrone liegende Kapsel.

**193. — Zündschnüre.** Die für die Zündung benutzten Zündschnüre dürfen keine Guttapercha- oder ähnliche, leicht brennbare Umhüllungen haben. Der aus den Patronen entweichende, im Bohrloche an der Zündschnur entlangströmende Sauerstoff läßt bei gelegentlichem Durchbrennen der Schnur eine Entflammung der Außenhülle eintreten. Die Flamme kann dann dem Brennen der Pulverseele vorausseilen und eine Frühzündung im Gefolge haben. Guttapercha wird zudem in der Kälte leicht brüchig, und die außen vorausseilende Flamme kann vorzeitig an einer entfernten Bruchstelle wiederum die Pulverseele in Brand setzen. Zur Vermeidung solcher Frühzündungen wählt man besonders hergestellte (z. B. mit Wasserglas getränkte) Schnüre. Empfohlen wird auch die Verwendung von Pappschutzhülsen, die die Zündschnur umgeben und noch 25 cm aus dem Bohrloche herausstehen.

<sup>1)</sup> Ztschr. f. d. g. Schieß- u. Sprengst.-Wes. 1917, Nr. 11, S. 187; Stettbacher: Zündkraft in flüssiger Luft.

Soll die Schnur die Ladung unmittelbar zünden, so wird sie zur Erzielung eines kräftigen Feuerstrahles nach Abb. 259 umgeknickt, an der Knickstelle eingeschnitten und so in die Patrone gebracht. Bei Verwendung einer Sprengkapsel wird der in der Patrone liegende Teil der Schnur durch eine Hülle a (Abb. 260) geschützt, damit die Patrone nicht vor der Sprengkapsel gezündet wird. Statt dessen kann man auch die Kapsel nach Abb. 261 in einer Holzhülle h unterbringen und so dicht an die Patrone heranschieben.

**194. — Elektrische Zündung.** Bei der Anwendung der elektrischen Zündung stellten sich ebenfalls Schwierigkeiten heraus. Zunächst ist zu beachten, daß der Widerstand elektrischer Zünder durch die starke Abkühlung in flüssiger Luft beträchtlich verringert wird, so daß sie zur Zündung mehr Strom erfordern als bei der gewöhnlichen Schießarbeit. Ferner treten gelegentlich Versager auf, wenn der Zündsatz aus flockiger Schießbaumwolle oder aus einem körnigen Gemenge von Kaliumchlorat und Schwefelantimon besteht, anscheinend deshalb, weil der Zündsatz

beim Tauchen der Patrone von der flüssigen Luft durchtränkt wird. Gut bewährt haben sich Zünder mit festem Zündkopf, da in diese die flüssige Luft nicht eindringt, z. B. der Vulkanzünder (Brückenglühzünder) und der Siriuszünder (Spaltglühzünder) der Fabrik elektrischer Zünder in Köln-Niehl.

Bei den üblichen Zeitzündern stellte sich zunächst der Übelstand heraus, daß die von dem verdampfenden Sauerstoff umhüllte Zündschnur sofort auf die ganze Länge entflammt wurde und die richtigen Zeitunterschiede im

Abb. 259. Zündung einer Sprengluft-Patrone mittels Zündschnur.



Abb. 260. Zündung einer Sprengluft-Patrone mittels geschützter Zündschnur und Sprengkapsel.

Abb. 261. Zündung einer Sprengluft-Patrone mittels Zündschnur und Sprengkapsel in einer Holzhülle.

Kommen der Schüsse nicht erzielbar waren. Der Nachteil wurde dadurch beseitigt, daß die für die Zeitzündung benutzten Zündschnurstücke in Papphüllen gesteckt und darin in Sand eingebettet wurden. Bei Gruppenzeitzündung, wie z. B. bei den je für sich gleichzeitig abzutuernden Einbruch- und Kranzschüssen, hat sich folgendes Verfahren als vorteilhaft erwiesen: Man bringt mittels gleichzeitiger Zündung die Einbruchschüsse durch Sprengkapseln und die Kranzschüsse durch Sprengsalpeterpatronchen zur Explosion. Die Schüsse kommen im ersteren Falle schneller, und zwar ist der Zeitunterschied so beträchtlich, daß man ihn sogar mit dem Gehör wahrzunehmen imstande ist.

**195. — Zündung aus dem Bohrlochtiefsten.** Besondere Schwierigkeiten verursacht bei der elektrischen Zündung größerer Schußreihen die

ordnungsmäßige Schaltung der Zünderdrähte, da hierbei leicht zu viel Zeit verlorengeht. Bergassessor Dr. Hecker auf dem Kaliwerk Wintershall hat den Ausweg gefunden<sup>1)</sup>, daß man nach Abb. 262 die elektrische Sprengkapsel a mit einer Verlagerung b (z. B. einem Holzklötzchen oder einem Sprengsalpeterpatrönchen) vor dem Laden der Bohrlöcher in das Bohrloch tiefste bringt, die Zünderdrähte  $z_1$   $z_2$  sämtlicher Schüsse in Ruhe und ungestört ordnungsmäßig miteinander verbindet und die Zündleitung prüft. Erst danach werden die Schüsse geladen und besetzt, so daß die durch das vorherige Fertigstellen der Zündanlage gewonnene Zeit der Lebensdauer der Patronen zugute kommt. Nachteilig ist, daß eine größere Zünderdrahtlänge als bei dem sonst üblichen Verfahren verbraucht wird. Im übrigen hat sich das Verfahren bewährt.

**196. — Die Kosten des Sprengluftverfahrens.** Von denjenigen Gruben, auf denen bei hohem Sprengstoffbedarf das Schießverfahren mit flüssiger Luft allgemein eingeführt ist, werden die Kosten als wesentlich geringer als diejenigen beim Schießen mit festen Sprengstoffen angegeben. Unter solchen Umständen wird die Ersparnis 30—40% betragen können.

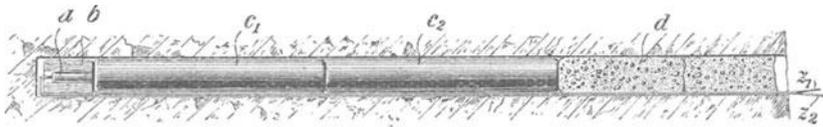


Abb. 262. Zündung aus dem Bohrloch tiefsten nach Dr. Hecker.

Auf oberschlesischen Gruben schätzte man 1917 (also im Kriege) die Sprengstoffkosten je Tonne Förderung bei gewöhnlichen Sprengstoffen auf 14  $\text{fl}$ , bei Verwendung der flüssigen Luft auf 10  $\text{fl}$ . Auf den Kalisalzgruben war der Unterschied noch größer. Während z. B. 1917 auf dem Kaliwerke Sachsen-Weimar sich die Sprengstoffkosten je 100 kg Salz bei gewöhnlichen Sprengstoffen auf 15—17  $\text{fl}$  beliefen, betragen sie beim Schießen mit flüssiger Luft nur 6,5—8  $\text{fl}$ <sup>2)</sup>. Im Minettebergbau waren die entsprechenden Zahlen ähnlich.

Ganz anders stellt sich das Bild auf Gruben, die entweder an sich einen geringen Sprengstoffbedarf<sup>3)</sup> haben oder wegen der Schlagwettergefahr nur die eigentlichen Gesteinsprengstoffe durch Luft-Sprengung ersetzen können, während sie im übrigen feste Sicherheitsprengstoffe weiter verwenden müssen. In solchen Fällen ist das Verfahren unwirtschaftlich, weil die Anlagekosten und Löhne im Verhältnis zu der geringen Erzeugung zu schwer ins Gewicht fallen.

**197. — Aussichten des Verfahrens.** Das Schießen mit flüssiger Luft eignet sich vornehmlich für diejenigen Bergbaubezirke, in denen große und weite Grubenräume vorhanden sind, wo also der Umgang mit den Be-

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1915, S. 2; Versuche und Verbesserungen; — ferner Kali 1916, Nr. 8, S. 113; Heberle: Erfahrungen mit dem Sprengstoff „Flüssiger Sauerstoff“ im Kalibergbau.

<sup>2)</sup> Kali 1919, Nr. 6, S. 89 u. f.; Gropp und Hundt: Das Schießen mit flüssiger Luft im Kalibergbau.

<sup>3)</sup> Berg- u. Hüttenm. Rundsch. 1920, Nr. 11, S. 80; Klingspor: Die Erfahrungen mit flüssiger Luft als Sprengstoff auf den Siegener Gruben.

förderungs- und Tauchgefäßen für flüssige Luft keine Schwierigkeiten bietet, wo ferner durch schwere Schüsse die hohe Sprengkraft ausgenutzt werden kann und wo schließlich keine Schlagwetter auftreten. Diese Umstände sind gegeben im oberschlesischen Steinkohlenbezirk, im Kalisalzbergbau und im Minettebezirk. Tatsächlich hat auch das Schießverfahren in diesen Bezirken einen sehr bedeutenden Umfang angenommen. Während man sich zuerst mit der Aufstellung von 20 l-Anlagen begnügte, ist man dort zu Anlagen übergegangen, die bis zu 50, vereinzelt bis zu 60 l flüssige Luft stündlich herstellen. Die Ilseder Hütte bei Peine hat für ihre Erzbergwerke sogar eine 75 l-Anlage beschafft.

### F. Unglücksfälle bei der Sprengarbeit<sup>1)</sup>.

198. — Verhalten der Mannschaft. Häufig sind die Unfälle, die auf ein zu langes Verweilen der Mannschaft am Schußorte nach Inbrandsetzen der Zündschnur zurückzuführen sind. Der Mann vertraut zu sehr auf die Brenndauer der Schnur und nimmt vielleicht noch andere Arbeiten vor. Oder aber er wird wegen zu großer Zahl der Schüsse oder wegen Schwierigkeiten bei dem Inbrandsetzen des Restes der Schüsse zu lange aufgehalten, so daß er von den ersten fallenden Schüssen ereilt wird.

Viele Unfälle bei der Schießarbeit entspringen ferner daraus, daß der Mann zu frühzeitig an den Sprengort zurückkehrt oder, wie der Bergmann sagt, „in den Schuß läuft“. Veranlassung dazu gibt häufig, daß der Arbeiter glaubt, daß ein sonst in der Nähe abgegebener Schuß der von ihm selbst entzündete sei oder daß er sich bei mehreren Schüssen vielleicht in der Zahl der schnell aufeinanderfolgenden Knalle getäuscht hat. Auch kommt es vor, daß der Bergmann sofort nach dem Schusse in den stärksten Qualm zurückgeht, um sich von der Sprengwirkung zu überzeugen, und daß er alsdann in dem Dunkel des Rauches von dem nachträglich fallenden Gestein erschlagen wird. Hiergegen kann nur strenge Zucht und die Erziehung der Bergleute dahin wirken, nach dem Schusse mindestens fünf bis zehn Minuten bis zum Wiederbetreten des Ortes zu warten. Es ist deshalb zweckmäßig, vor dem Schichtwechsel oder der Frühstückspause schießen zu lassen.

199. — Verhalten der Sprengladung. Schwierig sind Schutzmaßnahmen gegen Spätschüsse anzugeben, die durch ein teilweises Auskochen der Ladung oder durch die Unzulänglichkeit der Zündmittel verursacht sein können (vgl. S. 208 u. f. und S. 232). Eine angemessene Wartezeit nach dem Schusse wird in jedem Falle angebracht sein und die Sicherheit der Mannschaft erhöhen.

Bei Verwendung von Schwarzpulver und offenem Licht sind Verbrennungen durch zufällig entzündete Pulverpatronen nichts Seltenes.

Durch übermäßig starkes Einstampfen von Schwarzpulver und Dynamit oder durch gewaltsames Einstampfen des Besatzes entstehen nament-

<sup>1)</sup> Zu dem, was bereits oben, an verschiedenen Stellen verstreut, über die Unfallgefahr gesagt ist, mögen hier noch einige zusammenfassende Bemerkungen kommen, wobei sich allerdings Wiederholungen nicht streng vermeiden lassen.

lich dann vorzeitige Explosionen, wenn metallene Stampfer benutzt werden. Jedoch ist die weitverbreitete Ansicht irrig, daß bei Verwendung von hölzernen oder mit Kupferhut versehenen Ladestöcken jede Gefahr ausgeschlossen ist. Schon die heftige Reibung der Patrone auf der harten und rauhen Bohrlochwandung kann zur vorzeitigen Explosion führen. Eine andere Art von Unfällen ist auf einzelne, nicht explodierte Patronen zurückzuführen, mögen diese als Versager oder sonstwie unbeachtet im Loche verblieben oder in das Haufwerk gelangt sein. Sie können entweder angebohrt oder bei der Tätigkeit mit der Keilhau oder der Schaufel getroffen werden, hierdurch zur Explosion gelangen und die Mannschaft verletzen.

Diese Gefahren werden durch Verwendung nitroglyzerinhaltiger Sprengstoffe in gefrorenem Zustande erhöht. Deshalb häufen sich bei diesen Sprengstoffen diejenigen Unfälle, die beim Besetzen oder durch Anbohren nicht explodierter Ladungen oder durch gewaltsame Berührung von Sprengstoffen im Haufwerk entstehen, ganz besonders in den Wintermonaten.

**200. — Versager.** Versager führen häufig dadurch zu Unglücksfällen, daß der Bergmann das Loch auszubohren versucht. Auch kann bei der Hereingewinnung des Gebirges mit Hand ein unvorsichtiger Schlag mit der Keilhau in die Ladung treffen und eine unvermutete Explosion herbeiführen. Am sichersten werden Versager durch Ausspülen des Besatzes mit Wasser oder auch mit Preßluft unschädlich gemacht. Wo dieses nicht zugänglich ist, muß ein neues Loch gebohrt werden, das aber unter keinen Umständen in das alte stoßen darf.

**201. — Nachschwaden.** Eigentliche Erstickungen in den Sprengstoffnachsbaden werden selten eintreten. Nur wenn eine besonders große Schußzahl vor einem Orte mit schlechter Bewetterung abgegeben ist, kann der Sauerstoffmangel so groß werden, daß Erstickung zu befürchten ist. Leichter sind Vergiftungen möglich, nämlich dann, wenn die Nachschwaden mit Kohlenoxyd oder (bei auskochenden Schüssen) mit Stickoxydverbindungen geschwängert sind. Größere Mengen Kohlenoxyd sind in den Nachschwaden des Schwarzpulvers und des früher viel benutzten Kohlenkarbonits, wie die Tabelle auf S. 208 erkennen läßt, enthalten. Vergiftungen in derartigen Nachschwaden sind vor engen, ungenügend bewetterten Arbeitspunkten leicht möglich, wenn man bedenkt, daß bereits ein mit nur  $\frac{1}{2}\%$  Kohlenoxyd geschwängertes Luftgemisch bei längerer Einwirkung tödlich wirkt (s. 5. Abschn., Ziff. 26). Auch bei Verwendung von Dynamit in der Kohle sind Vergiftungen mehrfach beobachtet worden, wobei allerdings wohl das Kohlenoxyd nicht aus dem Sprengstoffe selbst, sondern aus der Verbrennung von Kohlenstaub herrührte. Es lagen sehr wahrscheinlich leichte Kohlenstaubexplosionen vor, die im übrigen als solche nicht erkannt wurden.

**202. — Sprengkapseln.** Wegen der großen Empfindlichkeit der Sprengkapseln gegen Stoß, Schlag und Reibung treten bei ihrer Handhabung gelegentlich Unfälle ein. Unter keinen Umständen soll man das Innere des Hütchens mit spitzen Gegenständen zu reinigen versuchen.

Bei elektrischen Sprengkapseln ist es gefährlich, nach einem etwaigen Versagen des Schusses den Zünder mittels der Zünderdrähte durch den Be-

satz zu ziehen, da die Druck- und Reibungsverhältnisse nicht vorauszusehen sind. Mehrfach haben auch einzelne Zünder, die versagt hatten, dadurch Anlaß zu Verunglückungen gegeben, daß sie ohne besondere Schutzmaßregeln zu weiteren Versuchen an der Zündmaschine benutzt wurden. Da der Widerstand der Leitung fehlt, liefert die Stromquelle in solchem Falle einen stärkeren Strom und kann sehr wohl den Zünder nachträglich zur Explosion bringen.

**203. — Elektrische Zündung.** Die Gefahren der sonstigen Zündungen sind bereits früher, namentlich auf S. 232 u. f., Ziff. 149 u. S. 236 u. f., Ziff. 154 besprochen. Bei der elektrischen Zündung haben sich mancherlei besondere Gefahren herausgestellt, die Verunglückungen in verhältnismäßig großer Zahl im Gefolge haben. In erster Linie sind es Spätzündungen, die viele Opfer fordern. Gerade die Art der elektrischen Zündung verleitet dazu, unmittelbar nach dem Versagen des Schusses vor Ort zu gehen und nach dem Fehler zu suchen. Um so auffälliger und gefährlicher wirken dann die Spätzündungen, die im übrigen, wie oben gesagt, auf die Sprengladung selbst oder auf Fehler der Kapsel (Verbleiben von Sägemehlresten zwischen Zünd- und Knallsatz) zurückzuführen sind.

Vorzeitige Betätigung der Zündvorrichtung, ehe sämtliche Leute den Arbeitspunkt verlassen hatten, hat des öfteren zu Verunglückungen geführt. Ferner sind mehrfach bei Verwendung von Zündbatterien nach Versagern Unfälle dadurch vorgekommen, daß der Schießmann die Stromquelle, ohne die Leitung davon zu lösen, zugleich mit dem Betätigungsgriffe in der Kontaktstellung aus der Hand legte, um den vermuteten Kurzschluß zu suchen. In solchem Falle wird der Schuß im selben Augenblick kommen, wo der Kurzschluß gefunden ist und die beiden Leitungen voneinander entfernt werden. Derselbe Fall kann eintreten, wenn der Schießmann das Lösen nur einer Leitung von der Stromquelle für genügend erachtet hat und Erdschluß mit der anderen Leitung vorhanden ist oder wenn die Zündmaschine mittlerweile von Unberufenen in Tätigkeit gesetzt ist.

Zu frühe Schüsse sind — abgesehen von der Unaufmerksamkeit des Schießmannes — dadurch möglich, daß die Zündleitungen mit Starkstromleitungen oder mit Rohrleitungen oder Schienen, die mit Starkstromleitungen in Verbindung stehen (s. Ziff. 178, S. 252 u. f.), oder mit den Leitungen elektrischer Signalvorrichtungen usw. versehentlich in leitende Berührung kommen.

In Einzelfällen sind noch Verunglückungen bei der Prüfung der Zündanlage mit nicht ordnungsmäßigen Minenprüfern, durch zufälliges Berühren der Leitung mit den Kontakten der Stromquelle und durch Verwechselung der Leitungen vorgekommen (s. Anm. <sup>2</sup>) auf S. 258, Aufsatz von Mertens).

**204. — Schießen mit flüssiger Luft.** Das Verfahren hat sich insgesamt nicht als so ungefährlich erwiesen, wie man bei seiner Einführung annahm. In Ziff. 193 sind bereits die bei der Zündschnurzündung auftretenden Flammenvoreilungen erwähnt, die zu Frühzündungen führen. Ferner sind Frühzündungen mit Unglücksfällen im Gefolge im Kohlen- und im Schwefelkiesbergbau bekannt geworden, die noch während des Fertigmachens des Schusses eintraten. Anscheinend kann unter ungünstigen Um-

ständen der entweichende Sauerstoff das brennbare Bohrmehl entzünden und damit die Ladung zur vorzeitigen Explosion bringen.

Aber auch Spätzündungen sind nicht selten, die namentlich auftreten, wenn die Patronen mangelhaft getaucht sind und zu wenig Sauerstoff enthalten. Es ist vorgekommen, daß Schüsse 15—20 Minuten zu spät kamen, so daß das Ort bei scheinbaren Versagern nicht unmittelbar betreten werden darf. Das Fortglimmen einer nicht explodierten Ladung kann hinter dem Besatz wegen des Vorhandenseins von reinem Sauerstoff unter Umständen eine Stunde lang dauern, so daß es nicht unbedenklich ist, zur Beseitigung des Versagers sogleich ein neues Bohrloch in der Nähe anzusetzen und zu laden, da die Ladung des zweiten durch den Brand im ersten Bohrloch zur Explosion gebracht werden kann. Das ungefährlichste Mittel zur Beseitigung eines derartigen Versagers besteht wohl darin, daß man den Schuß eine halbe Stunde stehen läßt und dann ausbohrt.

Besondere Vorsicht ist beim Ausbrennen eines Schusses in der Kohle geboten, da dies in der Regel eine starke Kohlenoxydbildung zur Folge hat.

Am größten ist die Zahl der Unfälle beim Schießen mit flüssiger Luft im Steinkohlenbergbau. Durch Früh- und Spätzündungen, durch Kohlenstaubzündungen, durch Explosionen von Tauchgefäßen und durch giftige Schwaden haben sich im ober-schlesischen Steinkohlenbergbau im Jahre 1915 22 Unfälle, im Jahre 1916 105 Unfälle, im Jahre 1917 166 und im Jahre 1918 174 Unfälle ereignet, von denen ein großer Teil tödlich verlief. Erheblich ungefährlicher ist das Luft-Sprengverfahren im Kali- und Minettebergbau.

### G. Betriebsmäßige Ausführung der Sprengarbeit.

205. — **Das Ansetzen der Schüsse.** Der Sprengschuß soll, um seinen Zweck zu erfüllen, die Vorgabe werfen. Dementsprechend muß er angesetzt, geladen und besetzt sein. Man wird die Sprengschüsse so anzusetzen suchen, daß der Zusammenhalt des Gebirges möglichst leicht überwunden wird. Beim Abbau stehen in der Regel genügend freie Flächen zur Verfügung, um die Schüsse annähernd gleichlaufend zu diesen ansetzen zu können. Man kann dann das Mineral mit den einzeln abzugebenden Schüssen sozusagen wegschälen. Noch günstiger liegen sowohl bei Abbau- als auch bei Streckenbetrieben die Verhältnisse, wenn die Herstellung eines genügend tiefen Schrames möglich ist. Die Schüsse drücken alsdann das Gebirge nach dem Schram hin ab.

Sind keine freien Flächen vorhanden, nach denen hin der Schuß wirken kann, so sucht man entweder durch die Sprengarbeit selbst „Einbruch“ herzustellen, oder man schießt gänzlich „aus dem Vollen“. Beim Einbruchschießen setzt man einen Schuß oder mehrere so an, daß zunächst aus dem vollen Gebirge ein Stück herausgesprengt wird, nach dessen Lösung die weiteren Schüsse annähernd parallel zu den auf diese Weise bloßgelegten Flächen angesetzt werden können. Beim Schießen aus dem Vollen werden sämtliche Schüsse etwa senkrecht auf die zu sprengende Gesteinswand und zueinander gleichlaufend abgebohrt und gleichzeitig abgetan.

**206. — Schichtung und Einbruch.** Die Arbeit des Einbruchschießens kann durch günstige Gebirgsbeschaffenheit sehr erleichtert werden. Dies ist der Fall, wenn das Gebirge deutlich ausgeprägte Schichtflächen oder Ablösungen enthält, da es durch die Schüsse auf den Flächen des geringeren Zusammenhalts leicht abgeschoben wird. Abb. 263 zeigt das Ansetzen der Schüsse in einer streichenden Strecke, wenn am Liegenden eine

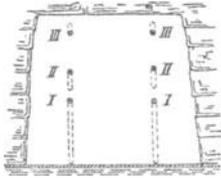


Abb. 263. Einbruch am Liegenden.

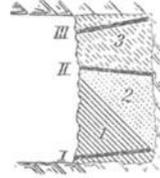
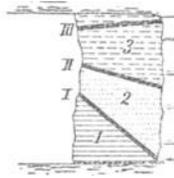


Abb. 264. Einbruch bei verschiedenem Einfallen der Schichten.

glatte Ablösung vorhanden ist. Befindet sich die Ablösung am Hangenden, so müssen die mit *I* bezeichneten Einbruchschüsse entsprechend nach oben verlaufen.

In Querschlägen ist bei dem Ansetzen der Schüsse die Neigung der Schichten zu beachten. Wenn sie dem Orte zufallen, so liegt der Einbruch zweckmäßig oben (Abb. 264 rechts), im anderen Falle unten (Abb. 264 links).

Bestehen gute Ablösungen überhaupt nicht oder muß man, wie es bei Schächten und Aufbrüchen häufig ist, die Schichten rechtwinklig durchbrechen, so legt man den Einbruch in die Mitte und hebt ihn mit vier bis sechs Schüssen kegelförmig heraus (Abb. 265). Die weiteren Schüsse folgen

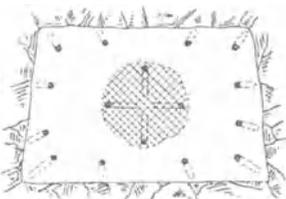


Abb. 265. Kegeleinbruch.

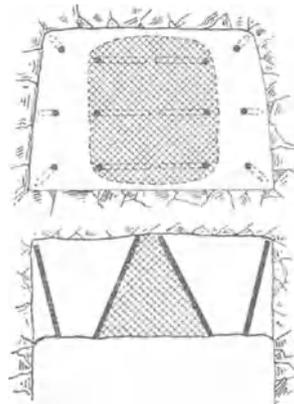
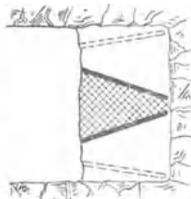
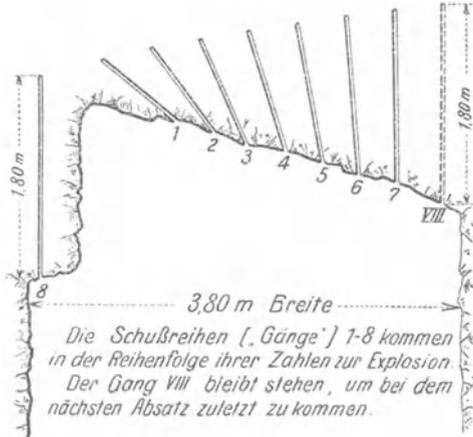


Abb. 266. Keileinbruch.

kranzförmig; Eckschüsse sind nach Bedarf anzuordnen. Man kann auch nach Abb. 266 den Einbruch in Gestalt eines breiten Keiles herausschießen, was bei geschichtetem Gesteine vorteilhafter zu sein pflegt, weil oben und unten die etwaigen Schichtungsflächen ausgenutzt werden. Die beiden Stöße werden sodann streifenförmig hereingenommen.

Eine besondere Art des Schießens unter Herstellung eines Einbruchs hat sich bei dem Betrieb der breiten Strecken auf Kalisalzgruben heraus-

gebildet. Die Abb. 267 zeigt die Einzelheiten. Der unterste, zuletzt kommende Schuß des „Ganges“ 8 wirft das gesamte Haufwerk nach rechts hinüber und macht die linke Seite der Strecke für den Beginn neuer Bohrarbeiten frei.



Ebenfalls auf Kalisalzgruben hat sich unter dem Namen Parallelbohrverfahren oder Kanonenschießen ein eigenartiges, der Sprengluftgesellschaft zu Charlottenburg patentiertes Schießverfahren eingeführt, das der vorzüglichen Wirkung der Luftsprengstoffe gerade in tiefen Bohrlöchern Rechnung trägt. Es werden je nach der Breite der Strecke 23—29 Bohrlöcher von je 3 m Tiefe in der Streckenrichtung gleichlaufend miteinander gebohrt (Abb. 268). Die Löcher 1—7 bilden den Einbruch. Geladen und besetzt wird von ihnen aber nur Loch 1, während die Löcher 2—7 eine Art Schram bilden. Die Stärke der zwischen ihnen belassenen Rippen beträgt etwa 10 cm. Die Ladung des Loches 1 genügt, den zwischen den



Abb. 267. Schießverfahren beim Streckenbetrieb auf Kalisalzgruben.

Löchern 2—7 verbliebenen Salzkern zu zertrümmern und ein zylindrisches, etwa

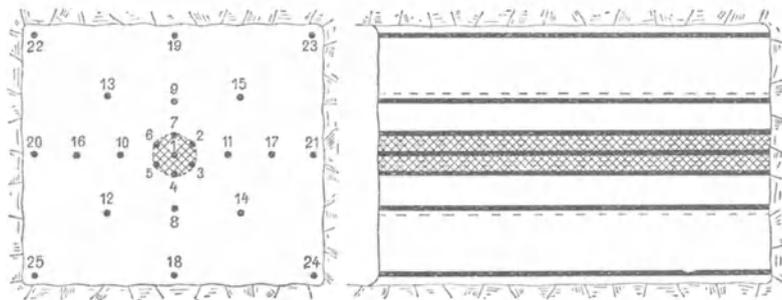


Abb. 268. Parallelbohrverfahren beim Streckenbetrieb auf Kalisalzgruben.

20—25 cm weites Einbruchloch zu schaffen, nach dem hin die übrigen Löcher wirken können. Diese kommen nacheinander in der angedeuteten Reihenfolge.

**207. — Abbohren und Abtun der Schüsse.** Die Sprengarbeit gestaltet sich verschieden, je nachdem man in erster Linie auf unmittelbare Geld- oder auf Zeitersparnis bedacht ist. Dadurch, daß man die Schüsse oder Schußreihen nacheinander kommen läßt, verbilligt man den Betrieb.

Beim Einbruchschießen kann man jedem Schusse seine besondere Vorgabe geben und die Schüsse unter Verwendung von Zündschnurzündung nacheinander kommen lassen. Vorteilhafter ist es aber, die Einbruchschüsse gleichzeitig auf elektrischem Wege abzutun. Die anderen Bohrlöcher setzt man beim Handbohren und bei Benutzung von Bohrhämmern zweckmäßig erst an, nachdem man die Wirkung des Einbruchs vor Augen hat. Man kann bei solchem Vorgehen erheblich an Sprengstoffen und Bohrarbeit sparen. Bei Verwendung von Stoßbohrmaschinen macht aber das häufige Heranholen und Fortschaffen der Maschinen und Zubehörteile zu viel Arbeit, so daß man in der Regel vorzieht, den ganzen Ortstoß vor dem Schießen abzubohren. Man kann dann die Einbruchschüsse zuerst abtun und entsprechend der Wirkung wenigstens noch die Ladungen der Kranzschüsse bemessen. Häufig besetzt man aber auch alle Schüsse gleichzeitig und läßt nun durch Anwendung kürzerer Zündschnüre oder elektrischer Zeitzündung die Einbruchschüsse zuerst kommen. Bei diesem Verfahren hat man höhere Sprengstoffkosten; die Leute brauchen aber nicht doppelt zu bereißen, zu besetzen und zu schießen.

Bei sehr beschleunigtem Betriebe legt man auf die Herstellung eines regelrechten Einbruchs keinen Wert, sondern schießt aus dem Vollen. Bei dieser Art der Arbeit erzielt man, allerdings unter Aufwendung höherer Sprengstoff- und Bohrkosten und mit stärkerer Zerklüftung des Gesteins, höhere Leistungen und schnelleren Arbeitsfortschritt.

**208. — Weitere Mittel zur Beschleunigung des Betriebes.** Bei Auffahrung von Querschlägen mit weiten Querschnitten und bei Tunnelbauten pflegt man im beschleunigten Betriebe nicht den ganzen Ortsquerschnitt auf einmal in Angriff zu nehmen. Man treibt eine für die Arbeit eben noch bequeme Strecke von vielleicht 5—6 qm Querschnitt voran und baut diese nur vorläufig aus. Das Nachreißen der Stöße, die Erweiterung auf den beabsichtigten Querschnitt und der endgültige Ausbau rücken in Abständen von 50—100 m vom eigentlichen Arbeitstoße nach, so daß mehrere Gruppen von Arbeitern an verschiedenen Punkten gleichzeitig tätig sein können. Auf diese Weise findet eine örtliche Arbeitsteilung statt, die erlaubt, am Ortstoße alle Kraft auf ein schnelles Vorwärtskommen zu verwenden. Auf die durch das Weiterbohren mit Bohrhämmern schon während des Wegladens der Berge ermöglichte Zeitersparnis wurde bereits oben hingewiesen.

**209. — Ordnung des Betriebes.** Die Leistungen beim Streckenauffahren hängen durchaus nicht allein von der Schießarbeit, sondern hauptsächlich von einer guten Überwachung des Betriebes und strengen Innehaltung der Ordnung bei der Arbeit ab. Nur wenn die einzelnen Arbeitsabschnitte des Ladens, Schießens und Verbauens ohne Pausen gut ineinandergreifen, lassen sich hohe Leistungen erzielen. Insbesondere ist darauf zu achten, daß sofort nach dem Schießen genügend leere Wagen zur Stelle

sind, so daß mit aller Beschleunigung das Haufwerk fortgeschafft werden kann. Blechplatten, die vor dem Schießen gelegt werden, erleichtern das Laden sehr.

**210. — Einfluß der Bohrlochweite.** Eine besondere Rolle bei der Sprengarbeit spielt die Weite der Bohrlöcher. Der Lochdurchmesser schwankt in der Regel zwischen 18 und 60 mm. Die engsten Bohrlöcher wählt man bei der Meißelbohrung mit Hand, um hohe Bohrleistungen zu erzielen. In der Regel sind die Löcher um so enger, je härter das Gestein ist. 18 mm sind als unterste Grenze anzusehen. Auch bei den Bohrern der Bohrhämmer geht man bis zu 20 mm Meißelbreite herab, während die obere Grenze bei etwa 40 mm liegt. Die Handbohrmaschinen pflegen mit Rücksicht auf die Haltbarkeit der Bohrerschäfte Meißelbreiten zwischen 28 und 40 mm und die Stoßbohrmaschinen solche von 30—60 mm zu besitzen, worüber hinaus nur noch die Brandtsche Bohrmaschine mit 65—88 mm Bohrl Lochdurchmesser kommt. Jedoch ist auch auf die Sprengstoffe selbst Rücksicht zu nehmen: Dynamit und überhaupt Sprengstoffe mit höherem Gehalte an Nitroglyzerin (z. B. gelatinöse Wettersprengstoffe) explodieren auch in den engsten Bohrlöchern noch tadellos. Anders ist es mit den Ammonsalpetersprengstoffen, bei denen man ohne Not nicht unter 30 mm Patronendurchmesser gehen sollte.

Beim Abdrücken nach freien Flächen hin, wie sie z. B. beim Schießen mit Schram oder Einbruch vorhanden sind, wird eine in einem engen Bohrloche auf größere Länge untergebrachte Sprengladung ihren Zweck gut erfüllen und die Vorgabe ordnungsmäßig werfen können (s. Ziff. 211). Enge Bohrlöcher sind in solchen Fällen sogar Löchern mit größerem Durchmesser vorzuziehen, weil bei einer Zusammendrängung der Ladung im Bohrlochtiefsten das benachbarte Gestein allzusehr zertrümmert wird. Anders ist es, wenn ein Einbruch oder Schram nicht vorhanden ist, sondern erst herausgeschossen werden soll, oder wenn überhaupt aus dem Vollen geschossen wird. In diesem Falle sind weite Bohrlöcher sehr erwünscht, da sie die Unterbringung einer starken Ladung im Tiefsten ermöglichen.

**211. — Hohlraumschießen.** Das Hohlraumschießen besteht darin, daß man bei tiefen Löchern und freier, leicht zu werfender Vorgabe Hohlräume entweder zwischen Besatz und Sprengstoffsäule oder zwischen den einzelnen Patronen beläßt. In letzterem Falle gibt man den Zwischenräumen eine Länge von 20—30 cm, die man bei geeigneten Bohrlöchern durch Holzstäbe oder (auf Kalisalzgruben) durch lose gestopfte Salzpatronen ausfüllt. Auf diese Weise erzielt man eine namhafte Sprengstoffersparnis, vermeidet eine allzu starke Zertrümmerung der Vorgabe und verhindert die lästige Bildung von „Brillen“, d. h. das Stehenbleiben des vorderen Teiles des Bohrloches. Das Verfahren wird namentlich im Kalisalz- und im oberschlesischen Steinkohlenbergbau geübt, da man hier wegen der Mächtigkeit der Lagerstätte häufig sehr tiefe Löcher bohren und eine lange Vorgabe nach freien Flächen hin abdrücken kann<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Vgl. Glückauf 1921, Nr. 44, S. 1072; Beyling: Die Wirkung des Schießens mit Hohlraum usw.; — ferner Kali 1922, Nr. 3, S. 52; Joesten: Schießen mit Luftpulver usw.

**212. — Kombiniertes Schießen.** Im Kalisalzbergbau, namentlich auf den Hartsalzwerken, hat sich eine besondere Art der Schießarbeit herausgebildet, die als „kombiniertes Schießen“ bezeichnet wird<sup>1)</sup>. Dieses besteht darin, daß man in das Bohrlochtiefste zunächst Dynamit und darauf etwa in doppelter Ladungslänge Sprengsalpeter bringt. Auf den Sprengsalpeter folgt ein guter und fester Besatz. Die Zündung der Ladung wird ohne Sprengkapsel allein durch eine Zündschnur bewirkt, die in der Mitte der Sprengsalpeterladung endigt. Man erreicht auf diese Weise, daß die Gebirgsschichten zunächst durch die allmählich sich anspannenden Gase des Sprengsalpeters angerissen werden, während das tatsächliche Durchbrechen bei der einen Augenblick darauf einsetzenden Explosion der Dynamitladung erfolgt. Man hat mit dieser Art des Schießens vielfach recht gute Erfolge ebenso hinsichtlich der Sprengwirkung des einzelnen Schusses wie der Kosten erzielt.

Immerhin muß zweifelhaft bleiben, ob unter allen Umständen hierbei die Dynamitladung vollständig explodiert und nicht etwa nur abbrennt (s. Ziff. 110, S. 208).

**213. — Einfluß des Besatzes.** Stets und in jedem Falle ist auf guten Besatz des Sprengschusses streng zu achten. Es ist eine ebenso verbreitete wie falsche Meinung der Bergleute, daß Dynamit des Besatzes nicht bedürfe. Im Trauzlschen Bleimörser ergeben unbesetzte Dynamitschüsse nur etwa die halbe Ausbauchung gegenüber solchen mit ordnungsmäßigem Besatz. Ein Nichtbesetzen des Schusses bedeutet also eine arge Sprengstoffvergeudung. Zudem steht bei unbesetzten Schüssen, ganz abgesehen von den Rücksichten auf die Schlagwettergefahr, leichter ein ganzes oder teilweises Auskochen der Ladung zu befürchten, so daß durchschnittlich schlechtere Nachschwaden als bei gut besetzten Schüssen zu erwarten sind.

Zumeist benutzt man zur Herstellung des Besatzes Letten, der mittels des Ladestockes festgestampft wird. Bei abwärts gerichteten Bohrlöchern hat sich der durch lose aufgeschütteten trockenen Sand gebildete Besatz vorzüglich bewährt; seine verdämmende Wirkung ist anscheinend noch besser als die des Lettenbesatzes. Um den Sandbesatz auch in söhligem oder aufwärts gerichteten Löchern verwenden zu können, füllt man den Sand nach dem Vorschlage von H. u. E. Kruskopf in Dortmund in Papierschläuche. Das Einschieben der Kruskopfschen Besatzpatrone geschieht leicht und bequem, so daß die Bergleute vielfach dieses Verfahren der Herstellung des Lettenbesatzes vorziehen. Bei Versagern kann der Sandschlauch einfach herausgezogen werden.

**214. — Erweiterungsbohrer.** Vielfach hat man sog. Erweiterungsbohrer vorgeschlagen, mittels deren man das Bohrlochtiefste nach Fertigstellung des eigentlichen Loches zwecks Aufnahme einer größeren Sprengladung erweitern und zu einer Sprengkammer vergrößern kann, ähnlich wie dies in Steinbrüchen beim sog. Schnürschießen geschieht. Der Bohrer wirkt meist in der Art, daß von dem Ende der Bohrstange aus nach

<sup>1)</sup> Kali 1910, Nr. 1, S. 10; Busch: Das kombinierte Schießen im Salzbergbau.

Einführung in das Bohrloch zwei Schneidbacken allmählich abgespreizt werden, die bei Drehung der Stange die beabsichtigte Erweiterung ausfräsen. Da es sich in der Regel um tiefere Bohrlöcher handelt, ist der Erweiterungsbohrer selbst ebenso wie die Hilfsvorrichtungen zum Entfernen des Bohrmehls und zum Laden der Kammer lang und unhandlich. Auch ist die Vorrichtung nur für milderes Gebirge anwendbar. Zu dauernder Einführung sind die Erweiterungsbohrer wegen dieser betrieblichen Schwierigkeiten wohl nirgendwo gelangt, und es haben sich noch stets die mit der Verwendung verbundenen Unzuträglichkeiten größer als der erzielte Nutzen erwiesen.

---

## Vierter Abschnitt.

# Die Grubenbaue.

1. — **Allgemeines.** Die nachfolgende Darstellung beschränkt sich auf den unterirdischen Betrieb<sup>1)</sup>. Bezüglich des Tagebaues muß auf das Schrifttum<sup>2)</sup> verwiesen werden.

Die Lehre von den Grubenbauen zerfällt in die drei Hauptabschnitte „Ausrichtung“, „Vorrichtung“ und „Abbau“.

Der Begriff „Abbau“ ist ohne weiteres klar. Dagegen bedürfen die Bezeichnungen „Ausrichtung“ und „Vorrichtung“ einer Erläuterung<sup>3)</sup>.

Unter den Begriff „Ausrichtung“ sollen hier diejenigen Baue gefaßt werden, die den Zweck haben, die Lagerstätten zugänglich zu machen und durch fahrbare Wege mit der Erdoberfläche dauernd in Verbindung zu halten.

Als „Vorrichtungsbaue“ sollen diejenigen angesehen werden, die die Lagerstätte in Abschnitte, wie sie für den Abbau geeignet sind, zerlegen und gleichzeitig eine zweckmäßige Förderung, Fahrweg und Wetterführung ermöglichen. Auch die für letztere Zwecke besonders hergestellten Baue gehören hierher.

In früheren Zeiten war die Unterscheidung einfach: die Ausrichtungsbaue waren die außerhalb, die Vorrichtungsbaue die innerhalb der Lagerstätten aufgefahrenen Baue. Heute dagegen werden in großem Umfange Baue, die nicht der Aufschließung der Lagerstätten, sondern lediglich ihrer Unterteilung in angemessene Bauabschnitte sowie der Erleichterung der Förderung, Fahrweg und Wetterführung dienen, im Nebengestein aufgefahren, um den Druckwirkungen im Gefolge des Abbaues aus dem Wege zu gehen. Daher sollen die einzelnen Baue, um Klarheit zu schaffen, nach ihrer Zugehörigkeit einzeln aufgeführt werden:

Ausrichtungsbaue sind Förder- und Wetterschächte, Blindschächte, Gesenke und Aufrüche, die zur Lösung verworfener Lagerstättenteile dienen, Hauptquerschläge und solche Gesteinstrecken die zur Ausrichtung verworfener Lagerstättenteile und zur Erschließung von Lagerstätten getrieben werden.

---

<sup>1)</sup> Man bezeichnet den unterirdischen Betrieb vielfach der Kürze halber als „Tiefbau“, jedoch sollte diese Bezeichnung gemäß Ziff. 7 den durch Schächte gelösten Betrieben vorbehalten bleiben und in Gegensatz zu den „Stollenbetrieben“, nicht zum „Tagebau“ gesetzt werden.

<sup>2)</sup> Vgl. Klein: Handbuch für den deutschen Braunkohlenbergbau, (Halle a. S., Knapp), 2. Aufl., 1915, S. 446 u. f.

<sup>3)</sup> Vgl. hierzu auch Mont. Rdsch. 1919, Nr. 19, S. 609; Feuchter: Studie zur Theorie „Grubenbaue“.

Vorrichtungsbaue sind:

a) Alle Baue innerhalb der Lagerstätte, also tonnlägige Schächte, Abhauen, Überhauen, Bremsberge, Durchhiebe, Grund-, Teilsohlen-, Wetter- und Abbaustrecken und Diagonalen.

b) Von den im Nebengestein aufgefahrenen Bauen die Abteilungs- und Ortsquerschläge, die Richtstrecken, die nicht zur Lösung von Lagerstätten-teilen erforderlichen Bündschächte, Gesenke und Aufbrüche, sowie die Stapelschächte und Wetterstrecken<sup>1)</sup>.

2. — Bildliche Darstellung von Grubenbauen. Die Grubenbaue werden auf söhligere oder seigere Ebenen aufgetragen (projiziert) oder in Durch-

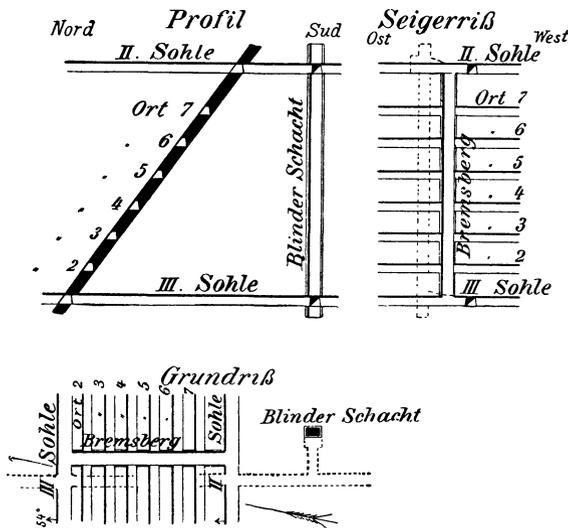


Abb. 269. Darstellung eines Flözstücks in drei Ansichten.

geognostischem Gebiete (vgl. z. B. Abb. 14 auf S. 19 und Abb. 2 auf der Tafel gegenüber S. 58).

Grund- und Seigerrisse geben mit Ausnahme der Fälle, in denen der Grundriß eine völlig söhligere, der Seigerriß eine völlig seiger stehende Lagerstätte darzustellen hat, nur „verzerrte“ Bilder, da in ihnen die gegenseitigen Entfernungen der in der Flözebene vorhandenen Baue nicht in ihrer wahren Größe, sondern in Verkürzung erscheinen. Profile dagegen zeigen die von der Schnittebene getroffenen Baue in ihrer genauen Lage zueinander.

Im übrigen erscheinen im Grundriß sämtliche streichenden, schwebenden und querschlägigen Strecken als Doppellinien, nur Schächte aller Art mit ihrem Querschnitt. Die streichenden Strecken liegen um so näher zusammen, je steiler das Einfallen ist. — Im Seigerriß treten nur die strei-

<sup>1)</sup> Es sei zugegeben, daß bei einigen dieser Baue ihre Einordnung unter „Vorrichtungsbaue“ als etwas gekünstelt erscheint, doch können sie nicht als Ausrichtungsbetriebe angesehen werden, und die Schaffung einer besonderen, neuen Bezeichnung für sie ist nicht zweckmäßig.

chenden und schwebenden Strecken und die Schächte (in Abb. 269 gestrichelt) als Doppellinien auf, während Querschläge nur mit ihrem Querschnitt (als „Auge“) auf das Bild kommen. Die streichenden Strecken rücken um so weiter auseinander, je steiler die Lagerstätte einfällt. — Im Querprofil kommt das Einfallen genau zur Darstellung. Schächte erscheinen als Doppellinien, ebenso Querschläge, bei denen diese Linien der Firste und der Sohle entsprechen; dagegen kommt von den streichenden Strecken nur der Querschnitt zur Anschauung.

Was die Darstellung der verschiedenen Himmelsrichtungen betrifft, so kommt nur im Grundriß die unendlich große Anzahl sämtlicher Richtungen der Windrose zur Darstellung. In den anderen Darstellungsarten handelt es sich um seigere Ebenen; es entspricht also hier das Oben und Unten der Zeichnung dem wirklichen Oben und Unten, so daß nur rechts und links zwei ganz bestimmte Himmelsrichtungen auftreten. Für die grundrißliche Darstellung ist es allgemein üblich, das Bild so zu legen, daß Norden oben liegt. Querprofile werden im rheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbau so gelegt, daß Norden (genauer meist Nordnordwesten) links zu liegen kommt, während man sich bei Seigerissen im Hangenden des Flözes stehend denkt. Daher erscheinen z. B. im Seigerriß in Abb. 269 die Querschläge rechts vom Bremsberg (vgl. den Grundriß).

Da im Grundriß das Einfallen nach Richtung und Stärke nicht ohne weiteres zum Ausdruck kommt, so pflegt man es durch Pfeile am unteren Streckenstoß, die die Fallrichtung bezeichnen, und durch dazugesetzte Zahlen, die den Fallwinkel angeben, anzudeuten. Ebenso wird durch Höhenzahlen, die die jeweilige Höhe über oder unter dem Meeresspiegel erkennen lassen, der Mangel ausgeglichen, daß der Grundriß an sich keine Gefälleverhältnisse veranschaulicht. Dadurch wird der Grundriß, da er auch sämtliche Streckenkrümmungen sowie die gegenseitige Lage der verschiedenen Grubenbaue in der söhligigen Ebene zeigt, das beste Mittel zur Veranschaulichung; nur bei steilerer Lagerung wird er undeutlich, weil die Strecken zu nahe zusammenrücken. Im Seigerriß verschwinden die Streckenkrümmungen; hier tritt nur das Ansteigen der streichenden Strecken, die als schnurgerade Doppellinien erscheinen, hervor. Der Seigerriß findet nur für steilstehende Lagerstätten Verwendung, weil er hier infolge des größeren scheinbaren Streckenabstandes ein deutlicheres Bild liefert.

## I. Ausrichtung.

### A. Ausrichtung von der Tagesoberfläche aus.

3. — **Hauptarten.** Für die Art der Erschließung unterirdischer Lagerstätten vom Tage her ist in erster Linie die Gestaltung der Erdoberfläche maßgebend, die entweder die Lösung durch Stollen gestattet oder das Niederbringen von Schächten notwendig macht.

#### a) Stollen.

4. — **Ausrichtungstollen.** In gebirgigen Gegenden sind, solange noch Mineralschätze oberhalb der Talsohle anstehen, die wichtigsten Ausrichtungsbetriebe die Stollen. Man versteht unter Ausrichtungstollen söhlig

oder nahezu s6hlig aufgefahrene Grubenbaue, die von den Bergh6ngen aus entweder in den Lagerst6tten selbst oder, falls das nicht m6glich ist, im Gestein in der Richtung auf die Lagerst6tten aufgefahren werden. Querschlagige Ausrichtungstollen sind die in Abb. 270 mit  $s_1$  und  $s_2$  bezeichneten. Je tiefer ein solcher Stollen angesetzt werden kann, um so gr66er ist die Teufe, die er „einbringt“, oder die von ihm „gel6ste“ Abbauh6he. Jedoch mu6 sein Ansatzpunkt, das Stollenmundloch, mindestens oberhalb des Hochwasserspiegels der Talsohle liegen; in der Regel aber wird dabei auch noch auf die Erzielung einer gewissen Haldensturzhohe Bedacht genommen. In manchen F6llen ist ein m6glichst tiefer Ansatzpunkt nicht einmal vorteilhaft; so z. B., wenn nach Abb. 270 in der N6he der Talsohle  $F$  die Erdoberfl6che wesentlich flacher geneigt ist als die Lagerst6tte und daher der tiefere Stollen ( $s_3$ ) nur wenig mehr Teufe einbringen, dabei aber unverh6ltnism66ig gr66ere

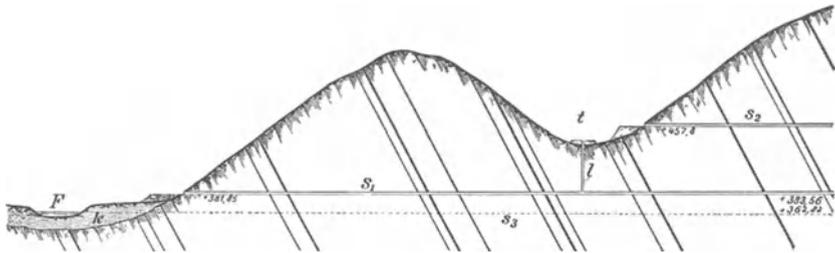


Abb. 270. Stollen mit Lichtloch.

Kosten verursachen w6rde, zumal er noch durch Ablagerungen von rolligem Gebirge  $k$  in der Talsohle zu treiben sein w6rde.

Die Fertigstellung l6ngerer Stollen kann durch gleichzeitiges Vortreiben von mehreren Angriffspunkten aus beschleunigt werden. Als solche dienen sog. Lichtl6cher ( $l$  in Abb. 270), d. s. Sch6chte, die m6glichst an den Stellen, wo die Erdoberfl6che sich mehr zum Stollen herabsenkt, niedergebracht werden und von denen aus der Stollen nach beiden Seiten vortrieben wird. Diese Lichtl6cher erm6glichen auch eine bessere Wetterf6hrung und die Abk6rzung der Anfahrwege.

Anschlu6strecken, die vom Stollen aus im Gestein oder in den gel6sten Lagerst6tten zu benachbarten Grubenbauen getrieben werden, hei6en „Fl6gelr6rter“.

5. — Wasserlosungstollen. Vielfach dienen die Stollen nicht als Ausrichtungs-, sondern vorwiegend oder ausschlie6lich als Wasser- und Wetterlosungsbetriebe. Die zur Wasserabf6hrung dienenden Stollen („Erbstollen“) waren fr6her, als die Mittel zur k6nstlichen Wasserhebung noch sehr unvollkommen waren, auch f6r den Ruhrkohlenbezirk von gr66er Bedeutung, da sie den Abbau der h6her anstehenden Fl6zst6cke ohne Wasserhaltung erm6glichten, weshalb dem „Erbst6llner“, der einen solchen Stollen zu treiben unternahm, wichtige Vorrechte einger6umt wurden. Au6erdem gestatten solche Stollen auch die Ausnutzung der ganzen Gef6lleh6he zwischen Erdoberfl6che und Stollensohle f6r die Krafterzeugung durch Wasserr6der,

Turbinen, Wassersäulenmaschinen u. dgl., deren Abwasser dann auf der Stollensohle abfließen<sup>1)</sup>).

Solche Wasserlosungstollen haben vielfach sehr bedeutende Längen erreicht. Der im Mansfeldschen etwas oberhalb des Spiegels der Saale angesetzte „Schlüsselstollen“ ist 31060 m lang und in 77 Jahren mit einem Kostenaufwande von über 3½ Mill. *ℳ* aufgefahren worden. Als weiterer Beweis dafür, daß auch heutzutage die Bedeutung der Stollen noch nicht geschwunden ist, wenn entsprechende natürliche Bedingungen vorliegen, sei ein 1905 vollendeter, rd. 20 km langer Stollen in Südfrankreich genannt, der die Tageswasser eines ganzen Braunkohlens Bergbauebiets im Hinterlande von Marseille unmittelbar in das Mittelmeer abführt<sup>2)</sup>.

**6. — Heutige Bedeutung der Stollen.** Die Bedeutung der Stollen als Aufschließungsbaue ist für den deutschen Bergbau heute nur noch gering, da dieser in den älteren Bergbauebiets überall die Talsohle erreicht hat und daher zum Tiefbau übergegangen ist. Das schließt jedoch nicht aus, daß einzelne Stollen auch in solchen Bergbauegenden, wo der Tiefbau herrscht, heute noch für die Entlastung der Wasserhaltung und Förderung von Bedeutung sind. So erspart der vorhin erwähnte Schlüsselstollen, der noch jetzt die sämtlichen Wasser des Mansfelder Kupferschieferbergbaues abführt, den Wasserhaltungen dieser Betriebe das Heben der Wasser bis zu Tage. Und auch der Saarbergbau bedient sich noch jetzt mit Nutzen der früher hergestellten Stollen, indem an deren Mundlöchern die Tagesanlagen oder Verladeeinrichtungen liegen und die geförderten Kohlen sowie die Grubenwasser somit verschiedentlich nur bis zur Stollensohle gehoben zu werden brauchen. Zu erwähnen ist hier auch noch, daß eine 14 km lange Strecke des „Rothschönberger Erbstollens“ bei Freiberg i. Sa. bis in die letzten Zeiten des Freiburger Erzbergbaues zur Fahrung und Förderung mit Schiffen benutzt worden ist. — Als ein Bezirk mit jüngerem Bergbau, der sich noch der Stollen zur Ausrichtung bedient, sei das Minetterevier in Lothringen genannt.

## b) Schächte.

### 1. Arten der Schächte.

**7. — Allgemeines. Zweck der Schächte.** Im ebenen oder flachwelligen Gelände beginnt die Ausrichtung von der Tagesoberfläche aus durch Schächte. Gruben, die in dieser Weise aufgeschlossen werden, heißen Tiefbaugruben im Gegensatz zu den Stollengruben.

Da die Schächte für Tiefbauzechen die einzige Verbindung mit der Erdoberfläche bilden, so haben sie eine ganze Reihe verschiedener Zwecke zu erfüllen, indem sie nicht nur zur Förderung, sondern auch zur Ein- und Ausfahrt der Belegschaft, zum Ein- und Ausziehen des Wetterstromes, zum Einhängen von Grubenholz und sonstigen Stoffen, zur Einführung der erforderlichen Wasser- und Druckluftrohre, der elektrischen Stark- und Schwachstromkabel usw. dienen. Je billiger nach Lage der örtlichen Ver-

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1882, S. 117 u. f.; Der Bergbau am nordwestlichen Oberharz (Wassergewältigung).

<sup>2)</sup> Société Nouv. des Charbon. des Bouches-du-Rhône; Description de la galerie de la mer, (Paris u. Marseille), 1905, S. 35 u. f.

hältnisse die Herstellung der Schächte wird, um so mehr wird man diese Aufgaben auf mehrere Schächte für dasselbe Grubenfeld verteilen können. So ist es z. B. ein großer Vorzug der Saargruben, nach Bedarf ausziehende Wetterschächte an den Feldegrenzen niederbringen oder in der Nähe von Dörfern oder Siedelungen Anfahrschächte herstellen zu können, durch die die Leute mit geringem Zeitverlust zur Arbeitstelle gelangen. In Oberschlesien werden wegen der langen, beim Abbau der mächtigen Flöze gebrauchten Hölzer, deren Einförderung besondere Füllorteinrichtungen erfordert und außerdem in Förderschächten viel Zeitverlust verursacht, besondere „Holzhängeschächte“ benutzt. Umgekehrt finden wir in Bergbaugebieten mit sehr teuren Schächten, wie im Norden des Ruhrkohlenbezirks, das Bestreben, jeden Schacht möglichst vollständig auszunutzen und daher z. B. besondere Ausziehschächte entweder ganz zu umgehen oder doch wenigstens gleichzeitig zur Förderung zu benutzen. Doch tritt neuerdings für tiefe Gruben, bei denen die Bekämpfung der Wärme eine wichtige Rolle spielt, die Rücksicht auf die Schachtbaukosten hinter das Bestreben zurück, den Hauptwetterströmen möglichst große Querschnitte zur Verfügung zu stellen und daher die Zahl der Schächte zu vergrößern. Für Sonderzwecke begnügt man sich mit Schächten von möglichst geringem Querschnitt (vgl. z. B. die später zu behandelnden Spülschächte zum Einspülen von Versatzgut).

Mit der zunehmenden Tiefe der Gruben ist der Anteil des Schachtes an dem gesamten unterirdischen Grubengebäude stark gewachsen. Man kann im großen und ganzen annehmen, daß der Rauminhalt eines Schachtes bei 100 m Tiefe etwa 0,3—0,5%, bei 1000 m Tiefe dagegen 7—10% vom Rauminhalt der gesamten Grubenbaue (Abbauräume nicht mitgerechnet) ausmacht.

Gehen die Lagerstätten zutage aus, so liegt es bei steilerem Einfallen nahe, sie mit Hilfe „tonnläufig (donläufig)“, d. h. im Einfallen niedergebrachter Schächte aufzuschließen. Im Gegensatz zu diesen Schächten werden die senkrecht niedergebrachten Schächte als Seiger- oder Richtschächte bezeichnet.

8. — **Tonnläufige Schächte.** Tonnläufige Schächte sind in älteren Zeiten von großer Bedeutung gewesen und auch an Bergabhängen, an Stelle von Stollen, niedergebracht worden, wenn das Ausgehende der Lagerstätte in so geringer Höhe über der Talsohle lag, daß ein Stollen nicht viel Teufe eingebracht hätte. Auch heute noch werden sie in Bergbaugebieten, in denen, wie in Transvaal und am Oberen See in Nordamerika, ein sehr gleichmäßiges, steiles Einfallen bei günstigen Gebirgsdruckverhältnissen vorherrscht, mit gutem Erfolge selbst für die Förderung aus sehr großen Teufen benutzt; sogar der tiefste Schacht der Erde (s. S. 291) ist ein tonnläufiger Schacht. Sie haben unter solchen, für sie günstigen Verhältnissen verschiedene Vorteile: während des Abteufens lernt man das Verhalten der Lagerstätte kennen, und die Arbeit macht sich ganz oder teilweise durch Mineralgewinnung bezahlt; auch braucht die Lagerstätte nicht erst durch Querschläge vom Schachte aus gelöst zu werden. Diesen Vorzügen stehen jedoch schwerwiegende Nachteile gegenüber: die Schächte kommen, weil ihre Stöße nicht senkrecht stehen, wesentlich stärker in Druck als Seigerschächte; sie sind weiterhin für die Förderung ungünstig, weil der Förderweg länger ist als in seigeren Schächten,

weil außerdem ein starker Verschleiß der Fördergestelle, Schachtleitungen und Seile eintritt, der in Seigerschächten nahezu völlig wegfällt, und weil endlich auch die Fördergeschwindigkeit wesentlich hinter der in Seigerschächten möglichen zurückbleibt. Liegen aber vollends die oben vorausgesetzten günstigen Verhältnisse nicht vor, so erscheint die Benutzung tonnlägiger Schächte von einigermaßen größerer Teufe als ausgeschlossen. Das ist z. B. beim Steinkohlenbergbau in gefaltetem und gestörtem Gebirge der Fall, wo die Muldenbiegungen und Störungen den tonnlägigen Schächten nach unten hin bald ein Ziel setzen und überdies infolge der geringen Festigkeit der Kohle zwar die Anlage eines tonnlägigen Schachtes verbilligt werden kann, seine Unterhaltung aber durch den rasch wachsenden Gebirgsdruck ganz außerordentlich verteuert wird. Ganz ausgeschlossen erscheinen tonnlägige Schächte dort, wo ein Deckgebirge vorhanden ist.

Seigere Schächte, die nach Erreichung der Lagerstätte in dieser tonnläßig fortgesetzt werden, nennt man gebrochene Schächte, solche mit geringer Neigung, entsprechend einem flachen Einfallen der Lagerstätte, „Flache“ oder „Laufschächte“.

9. — **Seigere Schächte.** Seigere Schächte sind in allen Fällen, in denen Deckgebirge von einiger Stärke vorhanden ist, das einzig in Betracht kommende Ausrichtungsmittel. Sie finden aber außerdem jetzt aus den oben angeführten Gründen auch dort ausschließlich Verwendung, wo die Lagerstätten zutage ausgehen, falls nicht etwa die Verhältnisse ganz besonders günstig für tonnlägige Schächte liegen.

## 2. Schachtansatzpunkt.

10. — **Allgemeines.** Für die Beantwortung der wichtigen Frage nach der richtigen Wahl des Schachtansatzpunktes, d. h. derjenigen Stelle, an der ein neuer Schacht abgeteuft („niedergebracht“ oder „geschlagen“) werden soll, kommen die Lagerungsverhältnisse und die Verhältnisse an der Tagesoberfläche in Betracht.

11. — **Bedeutung der Lagerungsverhältnisse.** Man wird zunächst bestrebt sein, die Förder- und Wetterverbindungen zwischen den Schächten und den Lagerstätten möglichst kurz zu halten. Setzen also durch das Grubenfeld nur wenige Lagerstätten in geringem Abstände voneinander, so wird man bei der Wahl des Schachtpunktes mehr auf ihre Lage Rücksicht nehmen müssen als bei einer großen Anzahl über das ganze Feld verteilter Lagerstätten. Reichhaltige Teile des Grubenfeldes verdienen mehr Berücksichtigung als ärmere. Bei steiler Lagerung ist die Lage des Schachtes mehr an den Verlauf der Lagerstätten gebunden als bei flachem Einfallen.

Im übrigen stoßen wir bei der Berücksichtigung des Gebirgsfallens auf widerstreitende Erwägungen. Die Querschlagförderwege werden nämlich am kürzesten und die laufenden Querschlagförderkosten am niedrigsten, wenn der Schacht z. B. in die Mitte einer Mulde ( $s$ , in Abb. 271) gesetzt oder bei gleichmäßiger Flözneigung möglichst weit nach dem Hangenden hin niedergebracht wird („vorgeschlagene“ Schächte,  $s_1$  in Abb. 272). In beiden Fällen wird außerdem Rückförderung vermieden, da jede Abwärtsbewegung in den Flözbremserbergen gleichzeitig eine Vorwärtsbewegung in der Richtung zum Schachte ist. Andererseits kommt die Rücksicht auf die Schacht-

sicherheitspfeiler hinzu, die (s. unten im Abschnitt „Maßnahmen zur Verhütung oder Abschwächung der Gebirgsbewegungen“) nach unten hin fortgesetzt stärker werden müssen und deren verschiedene Größe für Mulden- und Sattelschächte aus Abb. 271, für Schächte im Liegenden und im Hangenden aus Abb. 272 ersichtlich ist. Doch tritt dieser Gesichtspunkt heute zurück, da man bei größeren Tiefen mehr und mehr zum Abbau der Sicherheitspfeiler übergeht.

Beide Forderungen — niedrige Querschlagförderkosten und geringe Kohlenverluste — werden gleichzeitig erfüllt, wenn der Schacht auf eine Satteltuppe gestellt werden kann ( $s_2$  in Abb. 271).

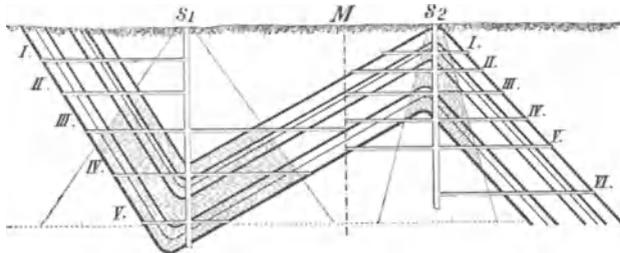


Abb. 271<sup>1)</sup>. Schacht in einer Mulde und auf einer Satteltuppe.



Abb. 272<sup>1)</sup>. Schächte im Hangenden und im Liegenden.

**12. — Bedeutung des Deckgebirges.** Durch ein über dem flözführenden Gebirge noch auftretendes Deckgebirge wird vielfach das Schachtabteufen wesentlich erschwert oder doch wenigstens der Schachtausbau verteuert, in jedem Falle aber die Förderteufe vergrößert. Man wird daher nach Möglichkeit den Schacht dorthin setzen, wo die geringsten Mächtigkeiten dieses Deckgebirges zu erwarten sind. Namentlich ist bei Auftreten von Sand- und Kiesschichten, deren Mächtigkeit erfahrungsgemäß schnell und stark wechselt, eine Aufsuchung der günstigsten Stelle durch mehrere Bohrungen durchaus ratsam, da deren Kosten gegenüber den dadurch beim Abteufen zu erzielenden Ersparnissen keine Rolle spielen.

**13. — Verhältnisse über Tage.** Die Verhältnisse an der Tagesoberfläche sind infolge der zunehmenden Bebauung des Geländes und der wachsenden Fördermengen heute so wichtig geworden, daß sie vielfach, z. B. im Ruhrbezirk, an erster Stelle stehen. Zunächst wird zweckmäßig eine

<sup>1)</sup> Die Schachtsicherheitspfeiler sind durch Strichelung angedeutet.

Stelle gewählt, an der die Kosten für den Grunderwerb, nicht sowohl für den Schacht selbst als für die mit ihm zusammenhängenden Tagesanlagen, möglichst gering sind. Ferner ist bei Gruben, die wie Steinkohlenzechen auf Massenabsatz eingerichtet werden müssen, auf einen möglichst bequemen und billigen Eisenbahn-, Fluß- oder Kanalanschluß zu sehen. Außerdem muß die Schachttöffnung hochwasserfrei sein. Eine gewisse Haldensturzhöhe ist für die Hängebank gleichfalls erwünscht, läßt sich aber auch in ganz ebenem Gelände durch eine „Aufsattelung“ des Schachtes über die „Rasenhängebank“, d. h. durch Schaffung einer künstlichen höheren Hängebank, erzielen, die für eine bequeme Verladung ohnehin erforderlich ist.

14. — **Schachtbaufelder.** Bei größeren Grubenfeldern ist dem einzelnen Förderschacht ein um so größeres Baufeld zuzuweisen, je tiefer und kostspieliger der Schacht ist. Denn eine zu große Anzahl von Schächten bedeutet nicht nur ein unverhältnismäßig großes Anlagekapital infolge der großen Ausgaben für die Schächte, Fördergerüste, Tagesanlagen, Maschinen, Bahnanschlüsse usw., sondern auch eine starke Erhöhung der laufenden Förderkosten durch die stärkere Bedienungsmannschaft, den größeren Verschleiß an Schachtleitungen, Förderseilen u. dgl., während auf der anderen Seite die kleineren Baufelder keine zur völligen Ausnutzung der Schächte ausreichende Förderung zu liefern imstande sind.

Besonders sind große Schachtbaufelder dann zu bevorzugen, wenn wegen dichter Bevölkerung die Kosten der Tagesanlagen und die mit ihnen verbundenen Belästigungen durch Rauch, Kokereigase, Haldenbrand u. dgl. beträchtlich sind und auf der anderen Seite die Kosten für die unterirdische Streckenförderung sich bei Massenförderung stark herabdrücken lassen.

Für den deutschen Kalisalzbergbau kommt noch die Rücksicht auf die Gefährdung der Lagerstätten durch die Wasser des Deckgebirges hinzu, die zu möglicher Beschränkung der Durchörterung des Deckgebirges durch Schächte drängt.

Eine zu große Bemessung der Schachtbaufelder führt jedoch zu übermäßig langen Förder- und Wetterwegen unter Tage, zu nachteiliger Verlangsamung des Abbaues und zu größerer Gefährdung der unterirdischen Belegschaft im Falle eines Grubenunglücks. Auch die Lagerungsverhältnisse spielen hier hinein: reiche Ablagerungen und druckhaftes Gebirge verlangen kleinere Baufelder, als sie bei armem Mineralvorkommen und geringem Gebirgsdruck am Platze sind; Störungen werden als natürliche Baugrenzen angenommen, um sie nicht durchörteren zu müssen; schlagwetterreiche Flöze bedingen kleinere Baufelder als schlagwetterarme usw.

Bezüglich der Form der einzelnen Schachtfelder läßt sich allgemein sagen, daß reiche Flözablagerungen eine größere querschlägige, flözarme Gebirgsmittel eine größere streichende Ausdehnung der Felder vorteilhaft machen. Im ersten Falle erhält man durch die querschlägige Ausrichtung eine große Anzahl einzelner Bauflügel und damit die Möglichkeit einer vorteilhaften Mineralgewinnung von zahlreichen Angriffspunkten aus; im letzteren Falle werden übermäßig lange Querschläge, denen keine genügenden nutzbaren Aufschlüsse entsprechen würden, vermieden. Diese Unterschiede werden noch verstärkt, wenn die reichere Flözfolge gleichzeitig steiler einfällt und dadurch die Querschlagskosten sich noch mehr

verringern oder wenn, wie das z. B. im Ruhrkohlenbezirk der Fall ist, ein reicher Flözzug (Gaskohlengruppe) sich gleichzeitig durch sehr druckhaftes, ein armer (Magerkohlengruppe) durch sehr festes Gebirge auszeichnet und infolgedessen größere streichende Längen im ersten Falle ebenso nachteilig wie im zweiten unbedenklich sind.

**15. — Doppelschachtenanlagen.** Den obigen Ausführungen entspricht die Vorliebe, die man jetzt namentlich in Gebieten mit dichter Bevölkerung und bei billiger unterirdischer Streckenförderung für Zwillingschächte (oder auch Drillingschächte) hat. Durch die Vereinigung von je zwei Schächten zu einer Doppelanlage werden zunächst die Grunderwerbskosten und die Belästigungen der Nachbarschaft durch die Tagesanlagen wesentlich verringert. Ferner tritt an die Stelle der doppelten Zahl von Kessel-, Maschinen- und Gebäudeanlagen bei getrennten Schächten hier eine geringe Anzahl entsprechend größerer Anlagen, deren Beschaffung und Unterhaltung im Verhältnis wesentlich billiger ist. Weiterhin erzielt man eine erhebliche Ersparnis an Löhnen, da die Zahl der Tagesarbeiter für eine Doppelanlage niedriger ist als für zwei Einzelanlagen mit gleicher Förderleistung. Dazu kommt der Vorteil, daß man jederzeit über einen Rückhalt an Förder- und sonstigen Tagesanlagen verfügt. Auch kann stets ein Schacht zur Unterfahrung des anderen und damit in vorteilhafter Weise zur Vertiefung des letzteren um einen weiteren Sohlenabstand benutzt werden, während beim ersten Abteufen im Deckgebirge zuerst nur ein Schacht niedergebracht zu werden braucht, um die bei ihm gemachten Erfahrungen für das Niederbringen des zweiten Schachtes verwerten zu können.

Um zu verhüten, daß Betriebsstörungen oder Gefährdungen des einen Schachtes auch den anderen in Mitleidenschaft ziehen, sind beide Schächte in genügender Entfernung voneinander herzustellen und mit getrennten Schachtgebäuden zu überbauen.

### 3. Schachtscheibe.

**16. — Form und Einteilung.** Der Schachtquerschnitt, der mit

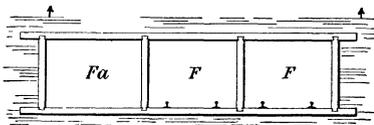


Abb. 273. Querschnitt eines tonnlägigen Schachtes.

seinem Ausbau und seiner Einteilung Schachtscheibe genannt wird, kann rechteckig, quadratisch, kreisförmig, elliptisch oder durch vier flache Bogen begrenzt sein. Die einzelnen Abteilungen des Schachtes werden als „Trumme“ oder „Trümmer“ bezeichnet.

**17. — Rechteckige Schächte.** Rechteckige Schachtquerschnitte sind schon in alten Zeiten gebräuchlich gewesen. Für tonnlägige Schächte ergibt sich als naturgemäße Querschnittsform diejenige eines langgestreckten Rechtecks (Abb. 273) mit Anordnung der einzelnen Trümmer nebeneinander in der Streichrichtung der Lagerstätte. In seigeren Schächten kann man den Querschnitt, um einen möglichst gleichmäßigen Gebirgsdruck und einen möglichst geringen Umfang zu erzielen, mehr dem quadratischen nähern. Beispiele für die Verteilung der im Schachtquerschnitt unterzubringenden Förder- und Fahrleinrichtungen, Rohrleitungen, elektrischen Kabel usw. auf die einzelnen Trumme

rechteckiger Schächte bieten die Abbildungen 274 u. 275. In Abb. 273 bis 277 bedeutet *F* Fördertrumm, *Fa* Fahrtrumm, *P* Pumpentrumm, *W* Wettertrumm. Mit dem Vorrücken des Bergbaues in größere Teufen sind die Pumpentrumme (für die Gestängepumpen) mehr und mehr fortgefallen und die Wettertrumme mit ihren großen Widerständen durch selbstständige Wetterschächte ersetzt worden. Andererseits treten jetzt die Rohr- und Kabeltrumme an die Stelle dieser früheren Schachtabschnitte, kommen aber mit kleineren Querschnitten aus.

Seigere Schächte mit gestreckt-rechteckigem Querschnitt werden zur Erhöhung ihres Widerstandes gegen den Gebirgsdruck so gestellt, daß die kurzen Seiten des Rechtecks in die Streichrichtung des Gebirges zu liegen kommen (Abb. 274).

18. — Runde Schächte.

Kreisrunde Schächte haben gegenüber den rechteckigen verschiedene wichtige Vorteile und sind daher jetzt fast allgemein zur Herrschaft gelangt. Zunächst verteilt der Gebirgsdruck sich nahezu gleichmäßig auf den ganzen Umfang. Ferner fällt das Ausspitzen der Ecken, das nicht nur sehr kostspielig und zeitraubend ist, sondern auch das Gebirge mehr in Bewegung

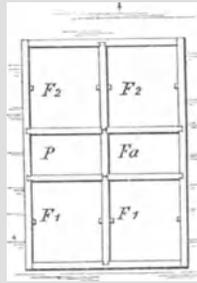


Abb. 274. Schachtscheiben rechteckiger Seigerschächte.

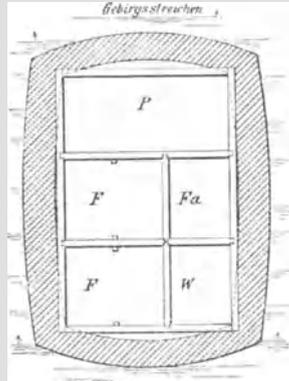


Abb. 275.

bringt, fort. Auch erhält der Ausbau die denkbar widerstandsfähigste Form, nämlich diejenige eines in sich geschlossenen Gewölbes. Außerdem ist beim Kreise das Verhältnis des Umfangs zum Inhalt, also der dem Gebirgsdruck ausgesetzten und durch den Ausbau zu verwahrenden Länge zum nutzbaren Schachtquerschnitt, namentlich bei großem Durchmesser, am günstigsten, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

Querschnitt		5 qm	10 qm	20 qm	30 qm
Umfang	Kreis . . . . .	7,8	11,2	15,6	19,1
	Quadrat . . . . .	8,9	12,6	17,9	21,9
	Rechteck mit Seitenverhältnis 2:3 . . . . .	9,1	12,9	18,3	22,4

Die Zahlentafel läßt gleichzeitig erkennen, wie das Verhältnis Inhalt: Umfang mit wachsendem Querschnitt sich rasch günstiger gestaltet.

Freilich ergeben sich in kreisrunden Schächten „verlorene“ Ecken in Gestalt kleiner Segmente, die nicht genügend ausgenutzt werden können. Jedoch ist andererseits bei rechteckigem Schachtquerschnitt die vollständige Ausnutzung vielfach nur scheinbar, indem wegen der Notwendigkeit, vier gerade Seiten als Grenzlinien zu erhalten, das eine oder andere Trumm größer als unbedingt nötig gewählt werden muß.

Ferner lassen sich runde Schächte von größerem Durchmesser zwar nicht mit Holz, wohl aber mit allen anderen Stoffen (Mauerung, Beton, Schmiede- und Gußeisen) ausbauen, während rechteckige Schächte auf den Ausbau in Holz oder Profileisen beschränkt sind. Ausschlaggebend ist in dieser Hinsicht vielfach schon, daß nur runde Schächte wasserdicht ausgebaut werden können.

Schachtscheiben runder Schächte zeigen die Abbildungen 276—283. Von diesen veranschaulichen die Abbildungen 276 und 277 die Ausnutzung des

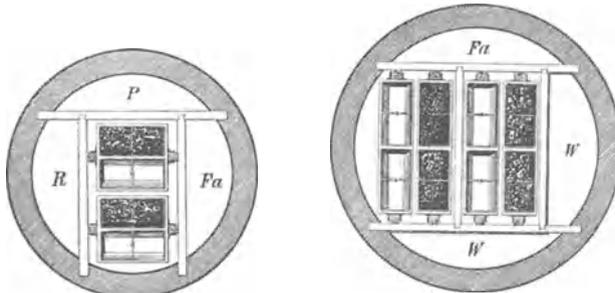


Abb. 276<sup>1)</sup>. Durchmesser 5,0 m.      Abb. 277<sup>1)</sup>. Durchmesser 6,5 m.  
Schachtscheiben runder Schächte im Ruhrbezirk.

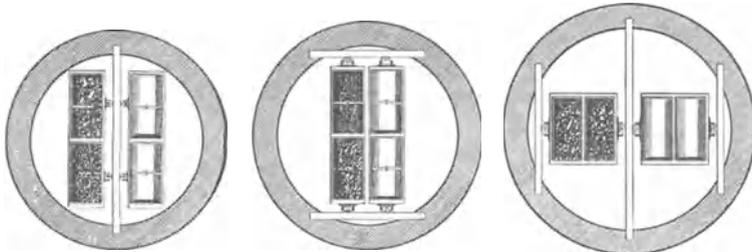


Abb. 278<sup>2)</sup>. Lange Förderkörbe, Seitenführung, Schachtdurchmesser 4,00 m.      Abb. 279<sup>2)</sup>. Lange Förderkörbe, Kopfführung, Schachtdurchmesser 4,20 m.      Abb. 280<sup>2)</sup>. Breite Förderkörbe, Seitenführung, Schachtdurchmesser 4,75 m.  
Lage der Fördertrümme in runden Schachtscheiben (einfache Förderung).

Schachtquerschnitts für verschiedenartige Zwecke; die Abbildungen 278 bis 283 dagegen sollen nur verschiedene Möglichkeiten für die Unterbringung der Fördereinrichtungen darstellen, und zwar die Abbildungen 278—280 für Schächte mit je einer Förderung, die Abbildungen 281—283 für Doppelförderschächte.

Die Bedeutung einer möglichst ausgiebigen Ausnutzung des Schachtquerschnitts ergibt sich daraus, daß 1 qm Schachtscheibe bei Schächten von etwa 500 m Teufe bereits einen Wert von etwa 30000—200000  $\mathcal{M}$  (je nach den Abteuf- und Ausbaukosten) hat.

<sup>1)</sup> Sammelwerk Bd. III, Fig. 23 und 33.

<sup>2)</sup> Glückauf 1903, Nr. 42, S. 1000; Stegemann: Die Einteilung der Förderschächte.

**19. — Andere Querschnitte.** Elliptische Schächte haben keine Bedeutung erlangt, da sie die Nachteile der rechteckigen Schächte nur teilweise vermeiden und doch nicht die Vorteile der runden besitzen.

Die Schächte mit vier flachen Bögen (Abb. 275) sind im Grunde lediglich ausgemauerte rechteckige Schächte, da die Mauerung bei rechteckigem Querschnitt des Gebirgsdrucks wegen nicht aus vier Scheibemauern hergestellt werden darf, sondern aus vier Gewölbebögen zusammengesetzt werden muß. Infolgedessen tritt hier zu den Nachteilen der rechteckigen Schächte noch derjenige der verlorenen Kreisabschnitte hinzu, so daß auch diese Querschnittsform nicht empfohlen werden kann.

**20. — Einteilung der Schachtscheibe.** Eine für Gestellförderungen sehr wichtige Größe für die Einteilung der Schachtscheibe ist der Grundriß des Förderwagens der Grube, der für die Bemessung des Fördergestell-

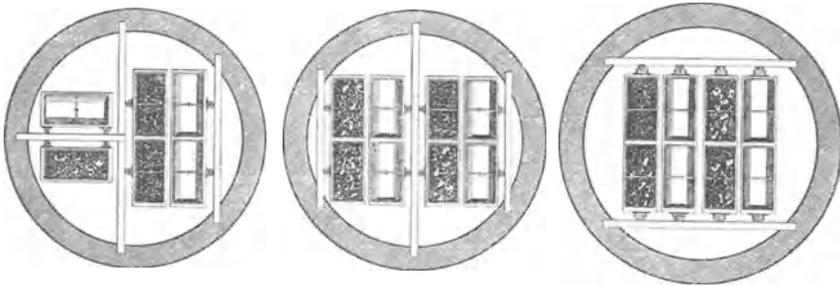


Abb. 281<sup>1)</sup>. Haupt- u. Nebenförderer, Seitenführung, Schachtdurchmesser 5,00 m.

Abb. 282. Lange Förderkörbe, Seitenführung, Schachtdurchmesser 5,00 m.

Abb. 283<sup>2)</sup>. Lange Förderkörbe, Kopfführung, Schachtdurchmesser 5,50 m.

Lage der Fördertrumme in runden Schachtscheiben (Doppelförderung).

grundrisses und damit der Fördertrumme ausschlaggebend ist. Eine bereits in Betrieb befindliche Grube muß bei der Schachteinteilung auf die vorhandene Wagenform Rücksicht nehmen, bei einer Neuanlage muß man umgekehrt für die Wahl der Wagenform auch die Schachteinteilung berücksichtigen. Bei Gefäßförderungen ist man von der Rücksicht auf den Förderwagen unabhängig.

Von den zahlreichen Möglichkeiten, die sich nach diesen Erwägungen für die Schachtscheibe ergeben, ist durch Ausproben diejenige zu ermitteln, bei welcher der Querschnitt des Schachtes am besten ausgenutzt wird. Dabei ist auch zu bedenken, wie die Fördertrumme die zweckmäßigste Lage in bezug auf die Verhältnisse an der Erdoberfläche und in bezug auf die Hauptförderwege in der Grube erhalten und welche Lage der einzelnen Trumme zueinander als die vorteilhafteste erscheint. U. a. ist bei Gestellförderungen auch darauf zu achten, daß nach Möglichkeit die Bedienung der Fördergestelle durch Durchschieben der Wagen erfolgen kann, was besonders bei langen und schmalen Fördergestellen von Wichtigkeit ist. Zwei Förderungen in einem und demselben Schachte werden aus diesem Grunde meist parallel zueinander gelegt.

<sup>1)</sup> S. den auf S. 288 in Anm. <sup>2)</sup> angeführten Aufsatz von Stegemann, S. 1008.

<sup>2)</sup> S. den in Anm. <sup>1)</sup> genannten Aufsatz, S. 1006.

Für Förderwagen von 1,5 m Länge und 0,75 m Breite berechnet Stegemann<sup>1)</sup> die erforderlichen Schacht-Mindestdurchmesser, wie folgt:

Führung der Förderkörbe		Zahl und Aufstellung der Wagen auf den Förderkörben		
		1	2 nebeneinander	2 hintereinander
		Schachtdurchmesser in mm		
zweiseitige Führung	Kopfführung	2940	4200	4180
	Seitenführung	3290	4745	4265
einseitige Führung (nach Briart)	2 Einstriche	3040	4470	4075
	1 Mitteleinstrich	2915	4335	3880

**21. — Größe des Querschnitts.** Je teurer ein Schacht wird, um so eher pflegt man große Durchmesser zu wählen, um die Schachtscheibe möglichst günstig ausnutzen und insbesondere zwei Fördereinrichtungen in ihr anordnen zu können. Denn ein Schacht von großem Querschnitt wird bei nicht zu ungünstigen Gebirgsverhältnissen billiger und ergibt außerdem ganz bedeutend geringere Reibungsverluste für den Wetterzug als zwei Schächte von geringem Durchmesser. Man findet daher neuerdings vielfach Schächte von 6—6,5 m lichtigem Durchmesser. Häufig allerdings verhindern ungünstige Deckgebirgsverhältnisse das Niederbringen eines Schachtes in solcher Weite. Das bekannteste Beispiel für derartige Hindernisse ist der Schacht I der Zeche Rheinpreußen, der an seiner engsten Stelle nur 2,68 m lichte Weite besitzt und die Anordnung einer Weiche für die Fördergestelle an dieser Stelle notwendig gemacht hat. Für Nebenschächte, die für besondere Zwecke wie Bewetterung einzelner Feldesteile, Einförderung der Versatzmassen beim Abbau mit Spülversatz (s. unten) u. dgl. dienen, kommt man schon mit Durchmessern von 1—1,5 m aus. Solche Schächte sind in den letzten Jahren mehrfach niedergebracht worden. Ihre Herstellung kann einfach durch Bohrung erfolgen.

#### 4. Schachtteufen.

**22. — Tiefste Schächte der Erde.** Gegenwärtig hat bereits eine Anzahl von Schächten die 1000 m-Linie überschritten. Unter den tiefsten Schächten finden wir viele in Ländern mit altem Bergbau, wo die in den oberen Teufen anstehenden Lagerstätten verhauen sind. Jedoch kann vielfach, wie im nördlichen und östlichen Teile des Ruhrbezirks und bei einer Anzahl deutscher Kalisalzbergwerke, die große Mächtigkeit des Deckgebirges auch für noch nicht lange betriebene Bergwerke bedeutende Schachtteufen erfordern. Obwohl beim Erzbergbau der Verhieb wesentlich langsamer erfolgt als beim Kohlenbergbau, finden wir doch auch Erzbergwerke mit sehr tiefen Schächten; es sind dies dann in der Regel Gruben mit sehr steil einfallenden Lagerstätten, bei denen der Abbau verhältnismäßig schnell in größere Teufen gelangt. Die überhaupt tiefsten Schächte sind sogar solche von Erzbergwerken (Kupferbergbau am Oberen See in Nordamerika).

<sup>1)</sup> S. den auf S. 288 in Anm. <sup>2)</sup> angeführten Aufsatz von Stegemann, S. 1002.

Einen Überblick über die tiefsten Schächte der Erde gibt nachstehende Zahlentafel:

Land	Name und Lage des Schachtes	seiger oder tonnlägig	seigere Teufe m
Deutschland	Morgenstern III (Zwickau) . . . .	seiger	1082
	Westfalen (Ahlen a. d. Lippe) . . .	"	1035
	Werne (Werne a. d. Lippe) . . . .	"	1000
	Hermann I (Bork i. W.) . . . . .	"	970
	Kaiser Wilhelm II. (Clausthal) . .	"	902
	Volkenroda (Kalibergwerk, Mentero- rode) . . . . .	"	1001
	Siegfried I (Kalibergwerk, Einbeck)	"	927
	Gerhard (Saarbezirk) . . . . .	"	750
	Tamarac V . . . . .	tonnlägig	1606 <sup>1)</sup>
	Red Jacket . . . . .	seiger	1490 <sup>1)</sup>
Südafrika	City and Village („Rand“-Bergbau)	"	1220 <sup>2)</sup>
Australien	Lancells (Bendigo-Grube) . . . .	"	1311
Belgien	Ste. Henriette (Grube Produits bei Flénu) . . . . .	"	1200
Österreich	Adalbert (Příbram) . . . . .	"	1201
Frankreich	Ronchamp (Vogesen) . . . . .	"	1020
England	New Moss (Manchester) . . . . .	"	861 <sup>3)</sup>

## B. Ausrichtung vom Schachte aus.

### a) Sohlenbildung.

23. — Grund der Sohlenbildung. Handelt es sich, wie gewöhnlich im Steinkohlenbergbau, um mehrere flachliegende Lagerstätten übereinander oder um geneigte Lagerstätten, so wird eine Zerlegung des ganzen Gebirgskörpers in einzelne Höhenabschnitte (Sohlen) erforderlich, die Abbau und Förderung in zweckmäßige Unterabschnitte zu teilen gestatten und in der Reihenfolge von oben nach unten abgebaut werden.

24. — Sohlenbildung nach Flözen. Die einfachste Art der Sohlenbildung ist bei ganz flacher oder nur ganz schwach und sehr regelmäßig geneigter Lagerung gegeben, wie sie in Deutschland nur selten (vorzugsweise in Oberschlesien), in England und Nordamerika dagegen als Regel auftritt. Man kann hier das Flöz als eine Sohle für sich benutzen, so daß alle Förder-, Fahr- und Wetterwege im Flöze hergestellt und Gesteinsarbeiten, abgesehen von dem etwa erforderlichen Nachreißen der einzelnen Strecken auf die ausreichende Höhe, gänzlich vermieden werden. Nach Beendigung des Abbaues in diesem Flöze wird von dem mittlerweile abgeteufte Schachte aus in dem nächsten bauwürdigen Flöze eine neue Sohle „gefaßt“ usw.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1910, S. 315; Ebeling: Das Berg- und Hüttenwesen in den Kupferbezirken am Oberen See.

<sup>2)</sup> Transact. North of Engl. Min. & Mech. Eng. 1912/13, Bd. 63, S. 77; Brown: Electrically-driven winding engines in South Africa.

<sup>3)</sup> Höhere Zahlen im Schrifttum beziehen sich auf die tiefsten Grubenbaue in England.

Diese Sohlenbildung bietet den Vorteil, daß die Mineralgewinnung sofort beginnen kann und die Kosten der Ausrichtung auf ein Mindestmaß herabgedrückt werden, auch die Förderteufe im Schachte in den geringstmöglichen Stufen zunimmt. Jedoch stehen ihr bei einigermaßen druckhaftem Han-

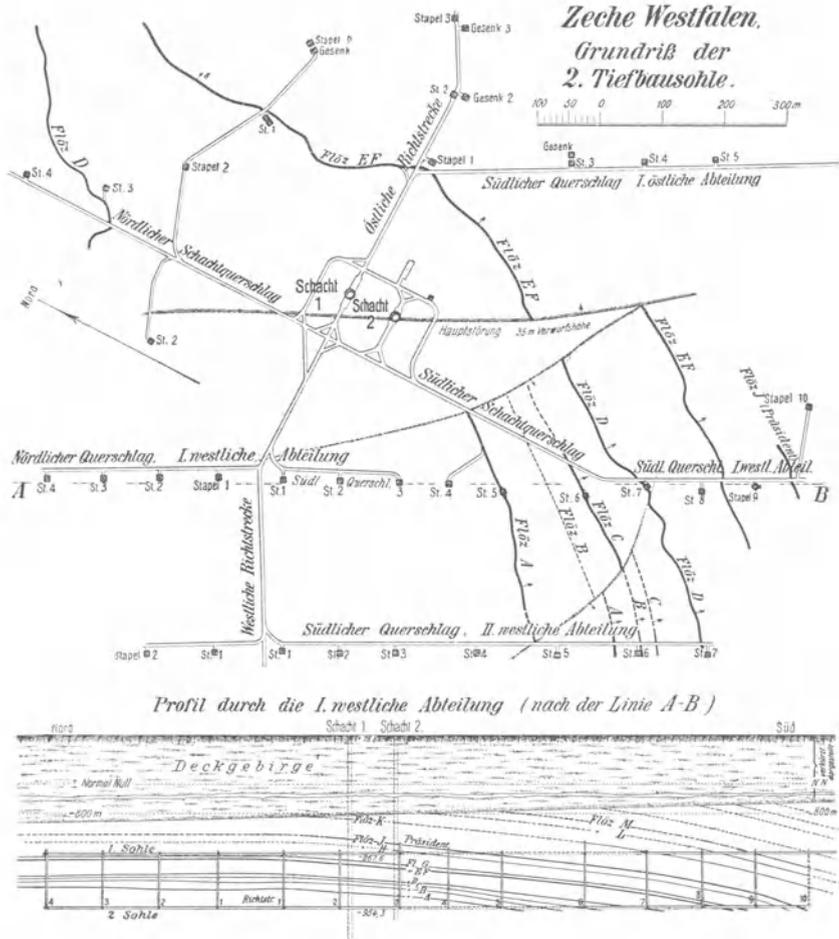


Abb. 284. Ausrichtung der Zeche Westfalen bei Ahlen im Grundriß und Profil.

genden und bei längerer Dauer des Abbaues eines Flözes, d. h. bei großer Flözmächtigkeit oder bei größerem Umfange des Baufeldes infolge hoher Schachtkosten, auch gewichtige Bedenken entgegen. Da mit dem fortschreitenden Abbau der Gebirgsdruck immer mehr entfesselt wird, so gestaltet sich die Aufrechterhaltung der erforderlichen Strecken immer teurer, so daß bald die erzielten Ersparnisse an Anlagekosten durch die laufenden Unterhaltungskosten reichlich aufgewogen werden. Dazu kommen die Nachteile für die Bewitterung der Baue. Der frische Strom hat fortgesetzt, ehe er an seinen

Bestimmungsort gelangt, Gelegenheit, durch Berührung mit den Kohlenstößen sich mit schädlichen Gasen zu beladen; Ein- und Ausziehströme begegnen sich in derselben Ebene, so daß die Bildung von Wetterabteilungen erschwert wird und an vielen Stellen die nicht gerade günstigen Wetterbrücken einzu richten sind.

In weitaus stärkerem Maße aber machen diese Übelstände sich geltend, wenn die Schichtenlagerung nicht völlig söhlig, sondern unregelmäßig, d. h. flach wellenförmig, und die durchschnittliche Flözmächtigkeit nur gering ist. Das Auffahren von Flözstrecken erfordert dann, wenn in der Grundrißebene die geradlinige Richtung innegehalten werden soll, einen fortwährenden Wechsel des Gefälles; sollen die Strecken außerdem auch söhlig oder mit gleichmäßigem Ansteigen geführt werden, so wird ein häufiges Nachreißen des Nebengesteins, vielfach in bedeutendem Maße, erforderlich. Bei wechselndem Gefälle (im ersten Falle) ergeben sich dann erhebliche Förder- und Bewetterungsschwierigkeiten; Nachreißen des Nebengesteins aber (im zweiten Falle) ist teuer und bringt die Strecken in starken Druck durch das über oder unter ihnen anstehende Flöz. Soll dagegen eine dritte Möglichkeit ausgenutzt und mit gleichbleibendem Ansteigen aufgefahren werden, so müssen die flachen Sättel und Mulden fortgesetzt mit zahlreichen Streckenbiegungen umfahren werden. Außerdem können beim Abbau durch unvermutete Wasseranzapfungen erhebliche Schwierigkeiten und Gefahren entstehen, indem die Wasser in den flachen Mulden sich sammeln und so die dahinter arbeitenden Leute durch „Wassersäcke“ absperren können.

**25. — Sohlen im Gestein.** Daher ist es bei solchen Lagerungsverhältnissen im Flözbergbau vorzuziehen, eine Sohle mit ihren verschiedenen Fahr- und Wetterwegen vollständig im Gestein herzustellen und von ihr aus die Lagerstätten durch kleine seigere „Aufbrüche“ zu lösen. Abb. 284 veranschaulicht eine solche Ausrichtung für einen flachen Sattel. Durch die verschiedenen Querschläge und Richtstrecken ist unterhalb der zu lösenden Flözgruppe ein Netz von Gesteinstrecken gebildet worden, von denen aus die Flöze durch eine größere Anzahl von Aufbrüchen (hier „Stapel“ genannt, vgl. unten, Ziff. 35) gelöst worden sind, die 100—130 m Abstand haben und jeweils durch fortlaufende Nummern bezeichnet sind. Am Ostrande des Bildes hat man die hier unter die Sohle sich einsenkenden Flöze durch „Gesenke“ gefaßt. Bei dieser Ausrichtung werden freilich die Anlagekosten durch die vielen Gesteinsarbeiten wesentlich gesteigert, nicht nur wegen der größeren Härte des Nebengesteins im Vergleich zur Kohle, sondern auch wegen des Fortfalls der lohnenden Mineralgewinnung bei diesen Arbeiten. Dafür aber verringern sich die laufenden Unterhaltungskosten verhältnismäßig viel bedeutender, so daß die Benutzung einer Gesteinssohle auf die Dauer wesentlich billiger wird, zumal wenn mit einer solchen Sohle sich mehrere, nahe benachbarte Flöze fassen lassen oder gleichzeitig auch Unterwerksbau (s. Ziff. 27) getrieben wird und infolgedessen die einmaligen Ausgaben sich auf eine größere Kohlenmenge verteilen.

**26. — Sohlenabstände.** Für die richtige Wahl der Höhenabstände der Sohlen sind besonders wichtig die Rücksicht auf die mit einer Sohle zu erschließende Mineralienmenge einerseits und die Rücksicht auf die

Kosten der verschiedenen Sohlenstrecken und Querschläge, Bremsberge, Aufbrüche usw. sowie auf die Förderung zur Sohle und im Schachte anderseits. Es handelt sich darum, einen Sohlenabstand zu finden, bei dem die Anlagekosten<sup>1)</sup> für die Förder-, Fahr- und Wetterwege auf und über der Sohle durch die auf die Sohle entfallende Fördermenge reichlich gedeckt werden, andererseits aber noch keine zu große Rückförderung — abwärts zur Sohle, aufwärts im Schachte — entsteht. Daher wirkt großer Mineralreichtum oder eine Zusammendrängung der Lagerstätten in der Nähe des Schachtes, die die Ausdehnung der Ausrichtungs- und Förderwege herabdrückt, auf Verringerung der Sohlenabstände. Wird aber eine neue Sohle zu tief unter der alten gefaßt, so wird die Rückförderung und die Verteuerung und Verzögerung der Schachtförderung zu groß. Nach Möglichkeit sollte auch das Füllort in druckfreies Gebirge gelegt werden.

Deutlich veranschaulicht werden diese verschiedenartigen Verhältnisse durch die Gegensätze zwischen der Gas- und Magerkohlengruppe des Ruhrbezirks. In der Gaskohlengruppe treten verhältnismäßig mächtige Flöze in dichter Aufeinanderfolge in mildem Nebengestein bei vorwiegend flacher Lagerung auf, während die Magerkohlengruppe durch spärliche, großenteils dünne Flöze, feste Gesteinschichten und überwiegend mittleres und steiles Einfallen gekennzeichnet ist. In der Gaskohlengruppe vereinigen sich also alle Bedingungen, die auf geringe, in der Magerkohlengruppe alle Bedingungen, die auf große Sohlenabstände hinweisen.

In Berücksichtigung dieser verschiedenartigen Erwägungen herrschen z. B. im Ruhrkohlenbezirk Sohlenabstände von 80—100 m vor, doch werden bei flacher Lagerung Abstände von 40—50 m, bei steiler solche von 130—150 m bevorzugt. Neuerdings werden jedoch die Sohlenabstände vielfach größer genommen, da die Kohlengewinnung rascher als früher vor sich geht, die Gesteinsarbeiten für das Sohlennetz umfangreicher als früher geworden sind, die Standdauer der Ausrichtungsbetriebe infolge ihrer Verlegung in das Nebengestein und infolge der Verbesserungen im Ausbau größer geworden ist und die verbesserten maschinellen Hilfsmittel die Förderung über der Sohle sowie aus Unterwerksbauen verbilligen.

**27. — Unterwerksbau.** Während bei der üblichen Ausrichtung der Betrieb oberhalb der Sohle umgeht und die gewonnenen Mineralien auf diese herabgefördert werden, um dann auf der Sohle zum Schachte zu gelangen, findet beim Unterwerksbau die Gewinnung unterhalb der Fördersohle statt, so daß das Fördergut zu dieser herauf gefördert werden muß.

Diese Art des Betriebes beschränkte sich früher durchweg auf solche Fälle, in denen eine Ausrichtung von Flözstücken in der üblichen Weise von unten her unverhältnismäßig kostspielig geworden wäre, wie das Abb. 285 veranschaulicht. Diese zeigt bei *a* eine Flözgruppe in der Nähe der Markscheide, deren Ausrichtung von der unteren Sohle aus zu einem sehr langen

<sup>1)</sup> Die Unterhaltungskosten der Sohlenbaue sind heute, wo meist mit Bergeversatz abgebaut wird und daher der Druck nach einiger Zeit zur Ruhe zu kommen pflegt und wo man außerdem durch Verlegung der Hauptförderung in festes Liegendgestein und durch die Ausbildung des nachgiebigen Ausbaues die Wirkungen des Gebirgsdrucks erheblich abgeschwächt hat, nicht mehr von der früheren Bedeutung.

Querschläge nebst einem Aufbruch nötigen würde, bei *b* eine flache Mulde, deren Tiefstes dicht unter der oberen, also in größerem Abstände von der unteren Sohle liegt, bei *c* ein durch eine Verwerfung in geringer Tiefe unter der oberen Sohle abgeschnittenes Flözstück.

Neuerdings aber sind verschiedene Zechen dazu übergegangen, den Unterwerksbau gleichzeitig mit dem Oberwerksbau planmäßig zu betreiben, d. h. die Fördersohle nicht mehr an die untere Grenze der Abbaubetriebe, sondern mehr nach deren Mitte zu legen<sup>1)</sup>. Infolge des gleichzeitigen Abbaues oberhalb und unterhalb der Sohle wird dann ein größerer Sohlenabstand ermöglicht, wie Abb. 286 erkennen läßt, in der das oberste Viertel oberhalb der IV. Sohle (III. Teilsohle, 30 m seiger) mittels Unterwerksbaues von der III. Sohle aus gewonnen wird und daher unter diesem Unterwerksbau noch eine Seigerhöhe von 90 m bis zur IV. Sohle gleich dem Sohlenabstände zwischen der II. und III. Sohle belassen werden konnte.

Da auf diese Weise die Lebensdauer einer Sohle bei einer und derselben Förderleistung entsprechend gesteigert werden kann, so eignet der planmäßige

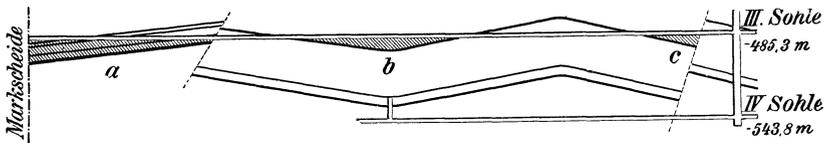


Abb. 285. Beispiele für gelegentlichen Unterwerksbau.

Unterwerksbau sich besonders für Gruben, die trotz geringen Kohlenreichtums hohe Förderleistungen anstreben und bei ausschließlicher Anwendung des Oberwerksbaues nur durch sehr große Sohlenabstände oder durch gleichzeitigen Betrieb über mehreren Sohlen die erforderliche Zahl von Gewinnungspunkten würden erhalten können.

Aber auch für Gruben mit reicher Ablagerung verspricht der Unterwerksbau heute in vielen Fällen Vorteile. Denn die Bedeutung der Hereinförderung von Bergen tritt neben der Herausförderung von Kohlen heute mehr und mehr hervor und verbilligt den Unterwerksbau, während sie den Oberwerksbau vielfach belästigt und verteuert. Außerdem ist die Haspelförderung heute an sich wesentlich billiger als früher infolge der Fortschritte des Maschinenbaues und der Verbilligung der Krafterzeugung. Andererseits sind infolge des Abbaues mit Bergeversatz die früheren Nachteile des Unterwerksbaues — schwierigere Bewetterung, Gefährdung der Betriebe über der tieferen Sohle durch Standwasser — heute fast ganz verschwunden. Ja, die Schlagwettergefahr, die bekanntlich in den schwebenden Vorrichtungsbetrieben am größten ist, wird im Unterwerksbau wesentlich geringer, da alle im Einfallen zu treibenden Vorrichtungstrecken hier abfallende Betriebe sind. Dieser Gesichtspunkt ist auf schlagwettergefährlichen Gruben sogar

<sup>1)</sup> Sammelwerk Bd. II, S. 29 u. f. — Glückauf 1912, Nr. 15, S. 581 u. f.; Westermann: Die Wirtschaftlichkeit und Zweckmäßigkeit des Unterwerksbaues usw.

wesentlich für die Einführung des Unterwerksbaues gewesen<sup>1)</sup>. Bei Fallwinkeln von 15—20° und darüber wird auch der Gebirgsdruck in den Bauen oberhalb der Sohle günstig beeinflusst, da das Hangende auf dem rasch zusammengedrückten Bergeversatz des Unterwerksbaues eine feste Stütze findet, wodurch seine Neigung zum „Abschieben“ in der Fallrichtung verringert wird.

In Flözen von geringer Mächtigkeit, also geringem Bedarf an „fremden“ Bergen, treten die Vorteile der Bremsberg- und Bremschachtförderung im Vergleich mit der Haspelförderung stärker hervor, diejenigen des Unterwerksbaues also zurück. In wasserreichem Gebirge macht sich als Nachteil des

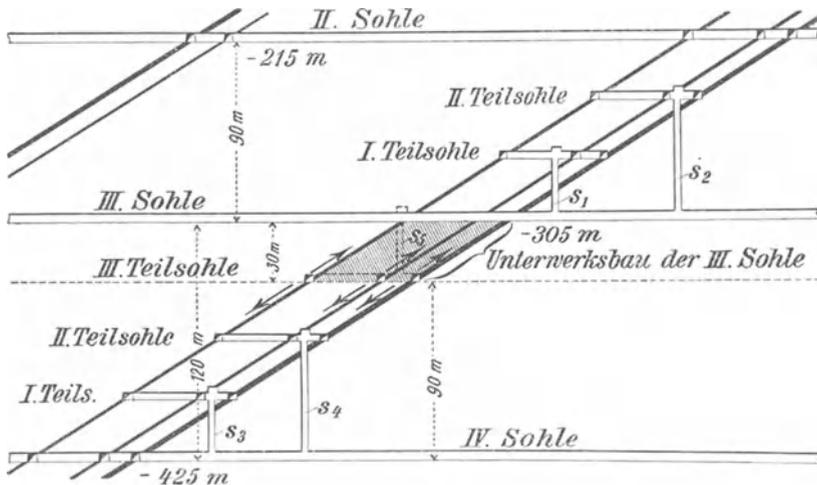


Abb. 286. Vergrößerung des Sohlenabstandes durch planmäßigen Unterwerksbau.

Unterwerksbaues die zersplitterte und daher kostspielige Wasserhaltung und die Gefährdung der Leute durch unerwartet erschotene Wasserzuflüsse geltend. Doch treten diese Schwierigkeiten bei dem planmäßigen Unterwerksbau weniger in die Erscheinung als bei dem gelegentlichen Unterwerksbau nach Abb. 285, da ersterer als „gelöster“, d. h. als ein mit der nächsttieferen Sohle durchschlägig gemachter, Unterwerksbau betrieben werden kann (vgl. Abb. 286) und dann die Abführung der Wasser zur unteren Sohle gestattet.

Auf die Schachtförderung wirkt der Unterwerksbau insofern günstig zurück, als er die Vereinigung der Förderung auf einer Sohle ermöglicht. Dieser Vorteil tritt besonders bei der Treibscheibenförderung hervor, die ein „Umstecken“ von einer zur anderen Sohle nicht gestattet.

Im Ruhrkohlenbezirk wurden im Jahre 1912 bereits rd. 11% der gesamten Kohlenförderung durch Unterwerksbau geliefert, und zwar entfiel etwa die Hälfte dieser Fördermenge auf „gelöste“ Unterwerksbaue<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> S. den auf S. 295 in Anm. <sup>1)</sup> angeführten Aufsatz von Westermann, S. 634.

<sup>2)</sup> S. den in Anm. <sup>1)</sup> genannten Aufsatz, Nr. 14, S. 546.

28. — **Wettersohlen.** In schlagwetterführenden Steinkohlenbergwerken mit Deckgebirge nimmt die erste Wettersohle eine besondere Stellung ein. Da nämlich in Schlagwettergruben der Wetterstrom in der Regel aufwärts geführt wird und das Deckgebirge die einfache Abführung der aufsteigenden Wetterströme durch Tagesüberhauen verhindert, so muß für die erste Fördersohle eine besondere Wettersohle geschaffen werden. Ist das Deckgebirge wasserführend und muß daher unter ihm ein gewisser Sicherheitspfeiler (z. B. der Mergelsicherheitspfeiler in Westfalen) anstehen gelassen werden, so ist dieser beim Auffahren der Wettersohlenstrecken und -querschläge zu beachten. Die im Ruhrbezirk gebräuchliche Anlage einer solchen Wettersohle zeigt Abb. 287. In dieser kommt noch das flach-nördliche Einsenken der Mergelsohle zur Geltung, das ein Höherlegen der südlichen Wettersohle zur Folge gehabt hat, weil man bei gleicher Höhe der Wettersohle nach Süden und Norden hin im Süden zu große flache Bauhöhen über der Wettersohle, also mit abfallender Bewetterung, erhalten haben würde.

Ist das Grubenfeld in querschlägiger Richtung langgestreckt oder steht aus irgendwelchen Gründen der Schacht ziemlich weit nach der südlichen Feldesgrenze hin, so kann auch ein nochmaliges Absetzen des nördlichen Wetterquerschlags zweckmäßig werden. Notwendig wird ein solches dort, wo Verwerfungen im Deckgebirge auftreten.

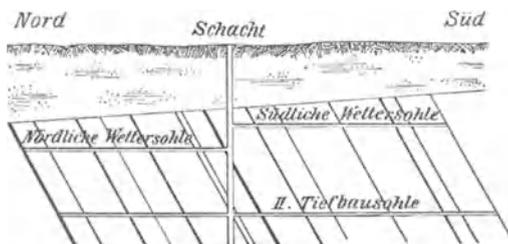


Abb. 287. Wettersohle unter dem Mergel in Westfalen.

Ist das Deckgebirge wasserfrei oder besteht es wenigstens in seinem unteren Teile aus wassertragenden Schichten, so braucht auf einen Sicherheitspfeiler keine Rücksicht genommen zu werden. Man kann dann sogar bei genügender Festigkeit dieser unteren Schichten die querschlägigen und streichenden Wetterstrecken im Deckgebirge selbst oder unmittelbar unterhalb desselben, also mit Bloßlegung des Deckgebirges in der Firste, auffahren.

Die Frage der späteren Wettersohlen beantwortet sich ohne weiteres dahin, daß jede Fördersohle später Wettersohle für die nächstfolgende Fördersohle wird.

#### b) Die Ausrichtung auf den einzelnen Sohlen.

29. — **Ausrichtung durch Querschläge.** Die Ausrichtung durch Querschläge (auch „Querstrecken“, „Querlinien“, „Quergänge“ genannt) ist, nachdem eine Sohle gefaßt ist, das gegebene Hilfsmittel. Man unterscheidet zunächst die Hauptquerschläge, die, vom Schachte ausgehend, die sämtlichen Lagerstätten durchörtern. Sie können gewissermaßen als söhliche Fortsetzung der Schächte angesehen werden und haben daher dieselben mannigfachen Aufgaben wie diese zu erfüllen; insbesondere sind sie die Hauptförder-, -anfahr- und -wetterwege, auch haben sie die Wasserabführung zu vermitteln.

Auf den meisten Steinkohlengruben findet außerdem eine mehrfache weitere Ausrichtung aller Flöze oder bestimmter Flözgruppen durch Abteilungsquerschläge statt, die aber im übrigen zu den Vorrichtungsbauen gerechnet werden sollen, da sie eine Unterteilung des Baufeldes bezwecken.

Verworfenen Lagerstättenteile werden durch „Lösungsquerschläge“ ausgerichtet.

**30. — Ausrichtung durch blinde Schächte.** Soweit die Ausrichtung durch Querschläge nicht genügt, muß sie durch Herstellung von Blindschächten ergänzt werden. Als blinde Schächte werden alle seigeren Schächte bezeichnet, die nicht zutage ausgehen. Je nach Art der Herstellung und Zweck werden sie auch „Aufbrüche“, „Gesenke“ und „Stapelschächte“ genannt. Aufbrüche werden von unten herauf, Gesenke von oben herab ausgeschossen; Stapelschächte dienen dazu, Lagerstättengruppen zusammenzufassen. Tiefe und Wichtigkeit der einzelnen Blindschächte können sehr verschieden sein.

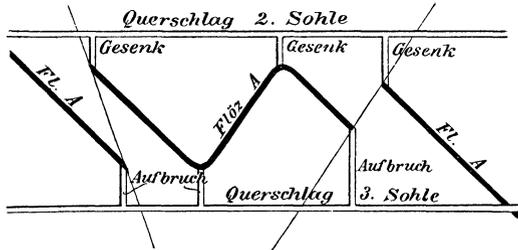


Abb. 288. Lösung von nicht bis zur Sohle reichenden Flözteilen durch blinde Schächte.

Die bedeutendsten blinden Schächte sind solche, die bei früherer Stollenausrichtung von einer Stollensohle aus abgeteuft sind und die Gesamtförderung der Grube dem Stollen zuzuheben haben; sie sind als Hauptschächte ausgebaut.

Andere blinde Schächte verbinden zwei Fördersohlen miteinander und dienen dann meistens zur Entlastung eines durch die Förderung stark in Anspruch genommenen Hauptförderschachtes. Sie werden z. B., wie in Abb. 292 auf S. 303 zwischen der IV. und V. Sohle, in der Nähe des Hauptschachtes niedergebracht, um diesen durch Unterfahrung und Hochbrechen von der Unterfahrestrecke aus um eine Sohle vertiefen zu können. Solche Hilfschächte können gleichzeitig zur Aus- und Vorrichtung der tieferen Sohle nutzbar gemacht und später, wenn diese Sohle zur Hauptfördersohle geworden ist, zum Abbremsen der letzten Fördermengen der oberen Sohle auf die nunmehrige Hauptsohle ausgenutzt werden.

Kleine Aufbrüche oder Gesenke ergeben sich aus der Notwendigkeit, Lagerstättenteile, die infolge einer Mulden- oder Sattelbildung oder infolge einer Gebirgstörung oder der Lage zur Markscheide nicht bis zur unteren oder oberen Sohle durchsetzen, zum Zwecke der Förderung mit der unteren oder zum Zwecke der Wetterabführung mit der oberen Sohle zu verbinden (Abb. 288). Besonders wichtig werden solche Blindschächte, wenn infolge flachwelliger Lagerung ganze Flözgruppen zwischen zwei Sohlen bleiben und somit sowohl kleine Förder- als auch kleine Wetterschächte erfordern.

## II. Vorrichtung.

31. — **Vorbemerkung.** Die Vorrichtung ist besonders für den Flözbergbau wichtig, der infolge der Regelmäßigkeit der Ablagerung eine planmäßige Unterteilung des Baufeldes gestattet und erfordert. Sie ist in Schlagwettergruben mit besonderer Vorsicht zu betreiben, da die Vorrichtungsbaue zunächst noch keine Wetterverbindung mit der höheren Sohle haben und überdies in noch nicht entgasten Flözen umgehen.

### a) Bauabteilungen.

32. — **Bedeutung der Bauabteilungen bei Bremsbergförderung.** Die Zerlegung der Flöze in Bauabteilungen, deren jede durch einen beson-

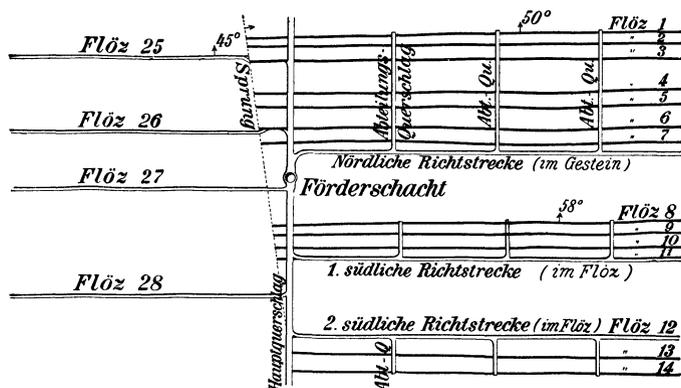


Abb. 289. Verschiedene Ausrichtung in einem festen, flözarmen (links) und einem druckhaften, flözreichen (rechts) Gebirgsmittel.

deren Lösungsquerschlag, den „Abteilungsquerschlag“, in der Nähe der Bremsberge mit einer Hauptförderstrecke verbunden wird (Abb. 289 rechts), hat ihre Hauptbedeutung für den Fall, daß eine größere Anzahl von Flözen in großer streichender Länge abzubauen ist. Besonders wichtig ist die Bildung solcher Abteilungen, wenn das Gebirge druckhaft oder zur ausreichenden Bekämpfung der Gasentwicklung eine weitergehende Teilung des Wetterstromes anzustreben ist, wie das in schlagwetterführenden Steinkohlengruben der Fall ist. Man erhöht durch eine derartige Zerlegung in einzelne Bauabschnitte mit gleichzeitigem Abbau die Zahl der Gewinnungspunkte, vermeidet die Unterhaltung einer größeren Anzahl von Flözförderstrecken, die entsprechende Ausgaben für Gestänge und Oberbau bedingen und durch den benachbarten Abbau stark in Druck kommen, und beschränkt die Wetterwege in den Flözen und damit die Wärme- und Gasaufnahme der Wetter auf ihren Wegen auf ein Mindestmaß. Ferner fällt die störende Einwirkung der Strecken- auf die Bremsbergförderung und umgekehrt fort. Der Gebirgsdruck in den Grundstrecken ist nicht von Bedeutung, da zwischen Bremsberg und Abteilungsquerschlag nur ein kurzes Streckenstück liegt.

Die Zahl der bei geneigter Lagerung von einem Abteilungsquerschläge zu lösenden Flöze, also die Länge der Abteilungsquerschläge oder, was auf dasselbe hinauskommt, die Zahl der Hauptförderstrecken, hängt von der Verteilung der Flöze im Gebirge sowie von dem Gebirgsdruck in den einzelnen Flözgrundstrecken ab.

Bei annähernd gleichmäßiger Verteilung der Flöze (Flözgruppe 1—7 in Abb. 289) kann die ganze Flözgruppe durch je einen Abteilungsquerschlag gelöst werden, so daß für diesen Feldesteil auch eine einzige Richtstrecke genügt. Treten dagegen die Flöze in deutlich getrennten Gruppen auf, so würden durchgehende Abteilungsquerschläge zu starke flözleere Mittel durchörteren müssen und daher unverhältnismäßig teuer ausfallen. Man zieht deshalb in solchen Fällen (Flözgruppen 8—11 und 12—14 in Abb. 289) die Lösung jeder Flözgruppe durch eine besondere Richtstrecke mit zugehörigen Abteilungsquerschlägen vor. Zu dieser Art der Vorrichtung wird man bei zweiflügeligem Bremsbergbetrieb um so eher übergehen, je druckhafter oder brandgefährlicher die einzelnen Flöze sind, weil dann wegen der erforderlichen Verkürzung der Baulängen der einzelnen Bremsbergfelder die Abteilungsquerschläge in geringeren Abständen aufgefahren werden müssen, also ihre Zahl größer wird. Denn bei zweiflügeligem Verhieb der Bauabteilungen liegen der Regel nach die Abteilungsgrenzen mitten zwischen je zwei Abteilungsquerschlägen, so daß der Abstand der letzteren gleich der Länge der Bauabteilungen ist. Im Ruhrbezirk schwanken die Abstände der Querschläge im allgemeinen zwischen 300 und 600 m; doch kommen in besonders druckhaftem Gebirge auch Abteilungen von nur 200 m Länge vor.

Wird der Verhieb, wie das bei dem in Ziff. 94 (S. 352 u. f.) zu besprechenden Strebbau mit „Aufrollen“ der Bremsbergfelder der Fall ist, in der Weise geführt, daß der Bremsberg nicht dauernd in der Nähe des Abteilungsquerschlags verbleibt, sondern gewissermaßen mit dem Abbau wandert, so ändert sich das Verhältnis zwischen Bauabteilungen und Abteilungsquerschlägen insofern, als man bei der Bemessung des Abstandes der letzteren nicht mehr auf die zweckmäßigste Länge der Bauabteilungen Rücksicht zu nehmen braucht. Denn die jedesmalige größte Länge eines Bremsbergflügels kann dann ganz den jeweiligen Gebirgs- und Förderverhältnissen angepaßt werden. Jedoch bleibt die Bedeutung der Abteilungsquerschläge hinsichtlich der Schaffung von Angriffspunkten und hinsichtlich der Förderung und Wetterführung bestehen.

Ist dagegen die streichende Gesamtbaulänge geringer, die Grubengasentwicklung unbedeutend und das Nebengestein fest, so kann gemäß Abb. 289 links von der Bildung von Abteilungen abgesehen werden, weil dann die Verschlechterung der Wetter bis zur Erreichung der Baue keine große Rolle spielt und die Offenhaltung größerer Wechsel am Fuße der Bremsberge zwecks Ermöglichung der gleichzeitigen Streckenförderung an den Bremsbergen vorbei keine Schwierigkeiten macht. Besonders gilt das dann, wenn (s. d. Abbildung) die Zahl der Flöze nur gering ist und sie nicht in ausgesprochenen Gruppen auftreten. Denn bei solcher Lagerung werden Abteilungsquerschläge verhältnismäßig teuer.

**33. — Besonderheiten der Abteilungsbildung bei flacher Lagerung.**  
Auch bei flacher Lagerung ist, falls die Lagerstätten in größerer Zahl vor-

handen sind, die Bildung von Bauabteilungen vorteilhaft, da die etwas größere Länge der Abteilungsquerschläge für die einzelnen Flözgruppen durch den größeren Kohlenreichtum, der auf sie entfällt, reichlich aufgewogen wird. Jedoch genügt dann die Zerlegung in einzelne Bauabschnitte nach dem Streichen noch nicht, sie muß vielmehr durch Zerlegung nach dem Einfallen ergänzt werden. Diesem Zweck dient die Bildung von Teilsohlen, die durch blinde Schächte mit den Abteilungsquerschlägen in kürzeste Verbindung gesetzt werden, wie das in großem Maßstabe durch Abb. 284 auf S. 292 veranschaulicht wird. Wenn, wie in dieser Abbildung, das Einfallen vom Schachte weg gerichtet ist, so wird dadurch gleichzeitig eine erhebliche Verkürzung der Förderwege zwischen Abbau und Hauptsohle erreicht. Aber auch im Falle des Einfallens nach dem Schachte hin, wo der diagonale, also kürzeste Förderweg im Flöze durch den gebrochenen Förderweg durch Aufbruch und Querschlag ersetzt und so verlängert wird, ist diese Vorrichtung vorteilhaft. Denn sie schafft in jedem Falle zahlreiche Angriffspunkte und ermöglicht dadurch einen beschleunigten Verhieb. Sie ersetzt ferner die in der Anlage, Unterhaltung und Förderung teuren Transportbremsberge durch die wesentlich kürzeren und billigeren Aufbrüche, die auch wegen der größeren Fördergeschwindigkeit, die sie gestatten, und wegen der sicheren Führung der Fördergestelle höhere Förderleistungen ermöglichen und sich namentlich auch für die Bergförderung besser eignen. Auch werden die Wetterwege abgekürzt, wodurch Erwärmung und Gasaufnahme im frischen Wetterstrom vermieden werden. Bei Durchführung der Aufbrüche bis zur oberen Sohle fällt auch die Unterhaltung der Wetterüberhauen für die ausziehenden Teilströme fort.

Die Vorteile der Lösung durch Blindschächte treten besonders dann hervor, wenn ihre Anlagekosten sich auf eine größere Flözgruppe verteilen und im Sohlenquerschläge eine maschinelle Förderung mit Seil ohne Ende betrieben wird, der die Anschläger am Fuße der Blindschächte die vollen Wagen unmittelbar übergeben können.

Eine weitgehende Unterteilung der flachen Abbauhöhen ergibt sich bei dem auf Zeche Westfalen angewandten Stapelbau<sup>1)</sup>. Hier hat man, wie das Profil in Abb. 284 auf S. 292 erkennen läßt, die Stapelschächte, über den ganzen Sohlenabstand durchgehend, in geringen Abständen hergestellt, so daß jeder Bauabschnitt einem Schüttelrutschenstoß (vgl. Ziff. 104) entspricht. Von jedem Stapel aus wird immer nur 1 Flöz gebaut, und zwar ist der eine Stapel unter, der nächste über diesem Flöz söhlig abgeschlossen, so daß jeder Stapel in seiner unteren Hälfte für die Kohlenförderung und den Einziehstrom, in seiner oberen für die Bergförderung und den Ausziehstrom dient. Auf diese Weise werden zahlreiche Angriffspunkte geschaffen, die eine rasche Steigerung der Förderung ermöglichen, und außerdem ergeben sich kurze und kräftige Wetterströme, die in warmen Gruben der Kühlwirkung wegen wichtig sind.

Bei fast söhliher Lagerung können, wie z. T. schon aus dem Grundriß der Abb. 284 ersichtlich ist, entweder die Abteilungsquerschläge oder die besonderen Förder-Richtstrecken fortfallen. Das Grubenfeld wird dann zunächst

---

<sup>1)</sup> Glückauf 1914, Nr. 12, S. 467: Stapelbau auf der Zeche Westfalen.

durch einen Hauptquerschlag und durch eine Haupttrichterstrecke unterteilt, und die weitere Lösung erfolgt durch Gesteinstrecken, deren Richtung den Feldesgrenzen angepaßt ist, und durch die in entsprechenden Abständen von ihnen aus hochgebrochenen Blindschächte.

**34. — Bedeutung der Bauabteilungen beim Rutschenbau.** Die mit geschlossenem Bergeversatz rasch zu Felde gehenden Abbauverfahren gemäß Ziff. 103 u. f., bei denen die Förderung unmittelbar vor dem Abbaustoß durch Rutschen, Schüttelrinnen u. dgl. erfolgt, ermöglichen die Gewinnung großer Fördermengen in jedem Abbauflügel und gestatten daher, mit einer geringeren Zahl von gleichzeitig in Verhieb genommenen Flügeln auszukommen. Außerdem macht hier die Förderung in den Grund- und Teilsohlenstrecken weniger Schwierigkeiten, da wegen des raschen Verhiebs (30—50 m monatlich) diese Strecken nicht lange offengehalten zu werden brauchen

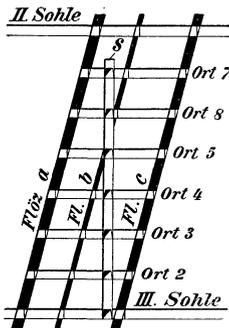


Abb. 290. Lösung einer kleinen Flözgruppe durch einen Stapelschacht.

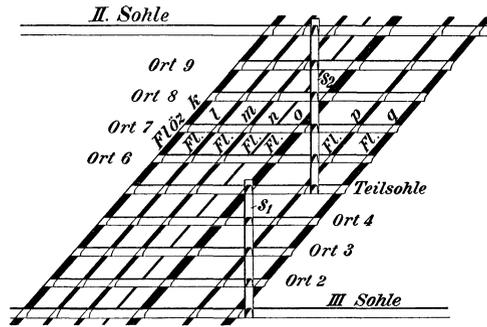


Abb. 291. Lösung einer größeren Flözgruppe durch einen abgesetzten Stapelschacht.

und zudem infolge der günstigen Einwirkung des Abbaues auf das Hangende der Gebirgsdruck in den Strecken sich rasch beruhigt. Dazu kommt, daß der einziehende Wetterstrom in den Grund- und Teilsohlenstrecken je nach der Art ihrer Auffahrung entweder auf beiden Seiten oder wenigstens auf einer Seite am Versatz entlang streicht, sich also nur wenig mit schädlichen Gasen beladen kann. Daher ist bei solchen Abbauverfahren die Bedeutung der Abteilungsquerschläge geringer, und ihr Abstand kann wesentlich größer gewählt werden.

#### b) Gruppenbau.

**35. — Wesen und Bedeutung des Gruppenbaues.** Wenn die Lagerstätten nicht gleichmäßig über das ganze Grubenfeld verteilt sind, sondern in einzelnen Gruppen auftreten, so empfiehlt sich die Zusammenfassung der Flöze jeder einzelnen Gruppe zu gemeinsamer Vorrichtung. Während also die Bildung von Bauabteilungen eine Gliederung im Streichen bedeutet, kann die Gruppenbildung als eine Gliederung in querschlägiger Richtung aufgefaßt werden.

Das Hauptanwendungsgebiet des Gruppenbaues sind die Gruben mit mittleren und steilem Einfallen. Bei flacher Lagerung werden die dabei

erforderlichen Ortsquerschläge zu lang; die Vorrichtung muß also in jedem Flöz gesondert erfolgen.

Bei diesem Vorrichtungsverfahren werden (vgl. Abb. 290 u. 291) die einzelnen Flözgruppen durch besondere blinde Schächte gelöst und von diesen aus durch Ortsquerschläge zusammengefaßt. Es fallen also die Bremsberge in den einzelnen Flözen fort, und die Förderung erfolgt gemeinsam durch die Ortsquerschläge und Blindschächte. Die letzteren werden nach einem englischen Ausdruck als „Stapelschächte“ (auch „Stappelschächte“) bezeichnet; das ganze Vorrichtungsverfahren wird danach auch „Stapelbau“ genannt.

Ein Bild von der Anwendung des Stapelbaus im großen gibt Abb. 292.

Die Förderung in den Aufbrüchen erfolgt, wenn nur wenige Flöze gelöst sind (Abb. 290), in der Regel eintrümmig, d. h. mit Gegengewicht, um von verschiedenen Zwischenansschlägen fördern zu können. Wird eine größere Flözgruppe gemeinsam abgebaut (Abb. 291), so kann man

<sup>1)</sup> Nach dem Sammelwerk, Bd. II, Taf. II.

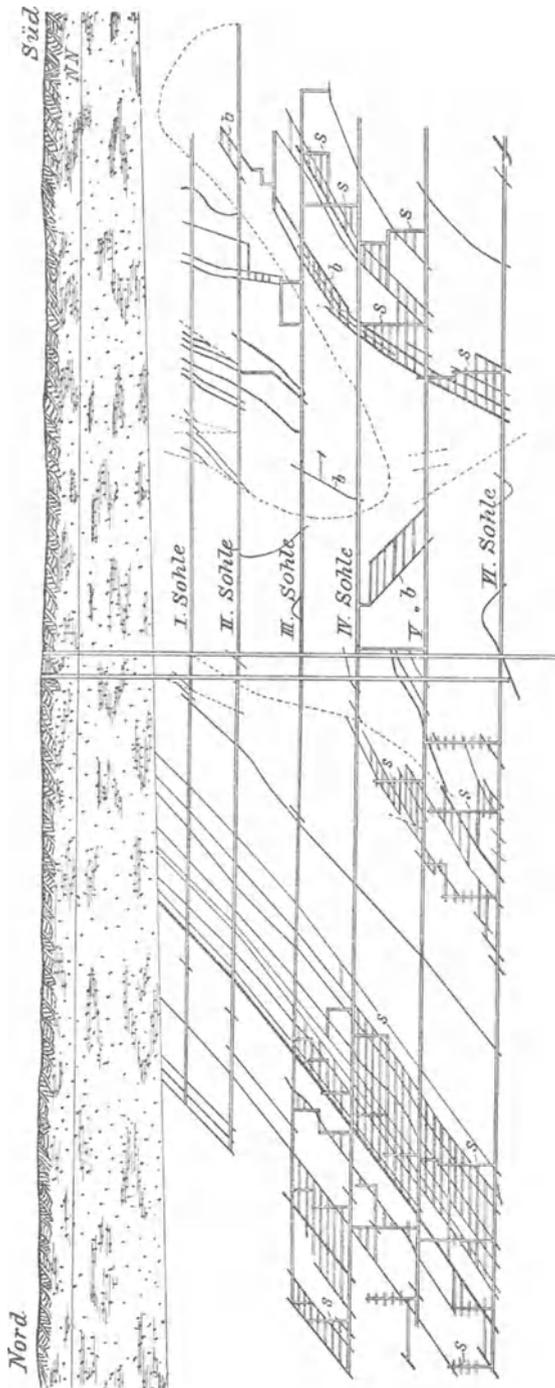


Abb. 292<sup>1)</sup>. Querpröfil durch die Hauptquerschläge der Zeche Consolidation bei Gelsenkirchen, mit Stapelschächten und Ortsquerschlägen.

über jedem Ortsquerschlag alle durch ihn gelösten Flöze gleichzeitig bauen, so daß jedesmal nur ein Anschlag benutzt wird und zweitrümmig gefördert werden kann (vgl. den Abschnitt über Bremsbergförderung in Bd. II<sup>1</sup>). Im übrigen pflegt man stärker belastete Bremsschächte durch Einschalten einer Zwischensohle (Abb. 291, s. auch Abb. 292) zu teilen, um ihre Leistungsfähigkeit zu erhöhen.

Der Abstand der Stapelschächte in der Streichrichtung der Flöze entspricht ebenfalls wieder demjenigen der Abteilungsquerschläge.

Auf der Zeche Viktoria bei Lünen hat man neuerdings in größerem Umfange die Stapelschächte durch annähernd rechtwinklig zum Einfallen hergestellte Gesteinsbremsberge ersetzt<sup>1</sup>). Man will dadurch den Gebirgsdruck auf ein Mindestmaß herabdrücken, indem die Zimmerungen sowohl beim Setzen des Hangenden auf die Abbauräume als auch beim Abschieben des Gebirges in der Fallrichtung immer annähernd in der Bewegungsrichtung des Gebirges bleiben, also nicht einseitig beansprucht werden. Der Ausbau wird, da er in Rundholz-Türstöcken erfolgen kann, trotz der größeren Länge gegenüber einem Stapelschacht nicht teurer als der Kantholz-Rahmerausbau in diesem. Allerdings wird die Förderung, weil rollend betrieben, teurer und weniger leistungsfähig und betriebsicher als in Stapelschächten.

### c) Die Vorrichtung in den einzelnen Flözen.

**36. — Bedeutung und Umfang der Vorrichtungsarbeiten.** Je nach dem Abbaufahren und der Art der Abbauförderung gestaltet die Vor-

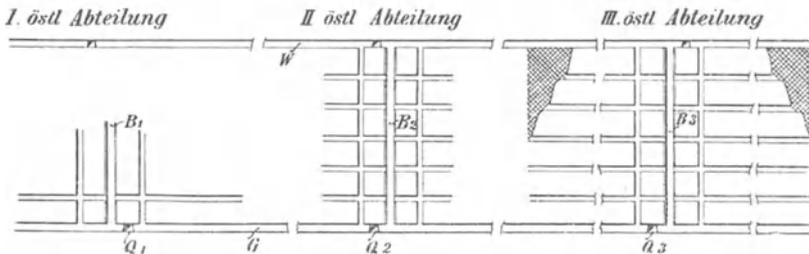


Abb. 293. Zweckmäßige Reihenfolge von Vorrichtung und Abbau in benachbarten Bauabteilungen beim Pfeilerbau.

richtung sich verschieden umfangreich. Am eingehendsten erfolgt sie beim Abbau ohne Bergeversatz, da bei diesem der Abbau an der Baugrenze beginnen und infolgedessen vorher das ganze Baufeld durch eine größere Anzahl von Vorrichtungstrecken durchörtert werden muß, wie bei der Beschreibung des Pfeilerbaues (S. 328 u. f.) näher dargetan werden soll. Beim Pfeilerbau muß also, wenn die Förderleistung eines Flözteiles auf gleicher Höhe erhalten werden soll, während des Abbaues einer Abteilung nicht nur die benachbarte bereits in voller Vorrichtung stehen, sondern auch in der daran anschließenden bereits mit der Vorrichtung begonnen werden (Abb. 293).

<sup>1</sup>) Glückauf 1918, Nr. 3, S. 33; Weber: Gebirgsdruck in Gesteinsbremsbergen.

Bei Abbauverfahren mit Bergeversatz dagegen ist die Bedeutung der Vorrichtung erheblich geringer. Denn sie kann sich auf die Herstellung der Bremsberge und Fahrüberhauen und auf das Auffahren der Grund- und Teilsohlenstrecken beschränken, wobei dann noch die Grund- und Teilstrecken vielfach erst mit dem Abbau hergestellt zu werden brauchen, also die besonderen Vorrichtungsbaue fortfallen. Demgemäß braucht die Vorrichtung nicht so früh wie beim Pfeilerbau zu beginnen; es genügt, wenn gemäß Abb. 294 während des Abbaues einer Abteilung die benachbarte vorgerichtet wird. Wird der Abbau als Strebbau mit „Aufrollen“ der Bremsbergfelder geführt (s. unten, S. 352), so braucht nur im Anfang ein Bremsberg hergestellt zu werden, da die späteren Bremsberge während des Abbaues selbst im Versatze ausgespart werden. Beim Rutschenbau (Ziff. 103 u. f.) vereinfacht die Vorrichtung sich noch weiter, indem Bremsberge überhaupt fortfallen.

**37. — Größe der vorzurichtenden Bauabschnitte.** Die Größe der durch die Vorrichtungsbetriebe abzugrenzenden Baufelder hängt in erster

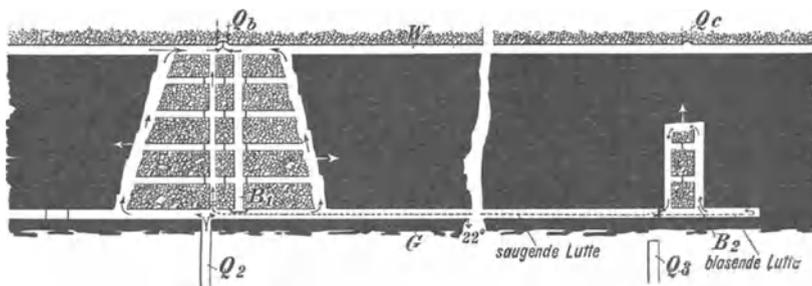


Abb. 294. Vorrichtung und Abbau von einem Querschlage aus beim streichenden Strebbau.

Linie vom Flöz- und Gebirgsverhalten, in zweiter von der Rücksicht auf Förderung und Wetterführung ab. Bei der gewöhnlichen Bremsbergförderung wird die streichende Länge in mächtigen Flözen geringer genommen als in schmalen, weil der Gebirgsdruck sich in ersteren stärker bemerklich macht und ihr Verhieb langsamer vor sich geht. Auch ist in druckhaftem Gebirge diese Länge wesentlich geringer als bei festem Nebengestein. Während man im ersteren Falle zuweilen bis auf 40–50 m für einen Bauflügel heruntergehen muß, weil die Abbaustrecken sich nur kurze Zeit offenhalten lassen, hängt bei festem Gebirge die Bemessung der Flügellänge vorzugsweise von der Rücksicht auf die Förderung in den Abbaustrecken ab, die über eine gewisse Länge hinaus unvorteilhaft wird. Neuerdings wird vielfach die Schlepperförderung in den Strecken durch die Förderung mit Zwerg-Streckenhaspeln mit Vorder- und Hinterseil oder Seil ohne Ende ersetzt; man kann dann bis zu etwa 300 m gehen. Jedoch können bei zu großer Länge der Bauabteilungen zu wenig Bauflügel in gleichzeitigen Betrieb genommen, also nicht genug Angriffspunkte geschaffen werden. — Flöze, die zu Brand neigen, erfordern Baufelder von geringen Abmessungen. Einerseits kann dann der Abbau beendet sein, ehe die Brandgefahr eintritt;

so z. B. kennt man für verschiedene oberschlesische Kohlenflöze ziemlich genau den Zeitpunkt nach Abbaubeginn, in dem der Brand auszubrechen pflegt. Andererseits sind bei kleinen Baufeldern auch die Kohlenverluste und Betriebsstörungen, die durch Abdämmung einer in Brand geratenen Abteilung entstehen, entsprechend gering.

Ähnliche Gesichtspunkte bestimmen die Bemessung der flachen Bauhöhe. Nimmt man diese zu groß, so ergibt sich ein zu langsamer Abbau wegen ungenügender Leistungsfähigkeit des Bremsbergs, der die gewonnenen Kohlen nicht schnell genug abfordern kann; infolgedessen erhält man dann auch große Unterhaltungskosten für Strecken und Bremsberge. Auch ist in diesem Falle die Wetterführung ungünstig, da der Wetterstrom sich auf seinem langen Wege von unten nach oben stark erwärmt und mit schädlichen Gasen anreichert. Wählt man umgekehrt die flache Höhe der einzelnen Bauabteilungen zu niedrig, d. h. legt man zu viele Teilsohlen zwischen der oberen und unteren Hauptförderer- und Sohle ein, so vermeidet man allerdings diese Übelstände, nutzt aber die Bremsberge nicht genügend aus und hat daher unverhältnismäßig hohe Ausgaben für Brems- und Abnehmerlöhne; auch ist das Treiben und die Unterhaltung der Teilstrecken teuer.

Im Ruhrkohlenbezirk rechnet man im allgemeinen mit flachen Bauhöhen von 80—150 m.

Spart man die Bremsberge, wie das beim Strebbau mit Aufrollen der Baufelder geschieht, erst im Laufe des Abbaues im Versatz aus, so ist die vorherige Abgrenzung der Baufelder im Streichen nur im großen, nicht im einzelnen erforderlich. Noch weniger kommt es beim Rutschenbau auf eine vorherige Einteilung in einzelne Baufelder an, da hier der Abbau auf große Längen ununterbrochen fortschreiten kann und nur die Teilsohlenbildung wichtig ist.

**38. — Zeitliches Verhältnis zwischen Vorrichtung und Abbau.** Die Vorrichtung muß stets genügend weit vorgeschritten sein, um die Möglichkeit zu sichern, im Falle stärkerer Nachfrage schnell weitere Abbaubetriebe eröffnen zu können. Auf der anderen Seite muß als Regel festgehalten werden, daß ein einmal in Angriff genommenes Flözstück möglichst rasch mit voller Belegung verhauen werden soll. Man soll also mit der Vorrichtung einer Abteilung nicht eher beginnen, als bis man bestimmt weiß, daß bald nach beendigter Vorrichtung der vollständige Abbau folgen kann; sonst hat man mit großen Unterhaltungskosten für die Vorrichtungsbetriebe, mit Entwertung der Kohle durch Entgasung und Zerdrückung, mit der Gefahr der Selbstentzündung und mit einer unnützen und gefährlichen Beunruhigung des Gebirges<sup>1)</sup> zu rechnen. Belegt man aber Abbaubteilungen, die übereilt vorgerichtet waren, zunächst nur teilweise, so erschwert man die Aufsicht und verteuert die Förderung, deren Einrichtungen nicht genügend ausgenutzt werden. Auch ist dann die Wetterführung wegen der Zersplitterung in kleinere Teilströme unvorteilhaft.

<sup>1)</sup> Verhandlungen und Untersuchungen d. preuß. Stein- und Kohlenfallkommission, (Berlin, Ernst & Sohn), 1906, S. 701.

Bei flacherem Einfallen muß man berücksichtigen, daß im allgemeinen die hangenden Flöze vor den liegenden in Angriff genommen und dementsprechend auch eher vorgerichtet werden müssen, damit nicht durch vorzeitige Beunruhigung des Gebirges oder durch Entlastung vom Gebirgsdruck der Abbau der hangenden Flöze erschwert wird. Bei steilerer Neigung dagegen können Nachbarflöze auch annähernd gleichzeitig vorgerichtet werden (vgl. Ziff. 65).

In Schlagwettergruben ist vor Eröffnung des Abbaues die Herstellung eines Wetterüberhauens zur oberen Sohle unerlässlich. Ein solches muß dann also auch in den Bauabteilungen hochgebracht werden, in denen nicht mit Bremsbergen gefördert werden soll. Es dient außerdem als Fahrweg.

Die rechtzeitige Vorrichtung wird durch die Abteilungsquerschläge und durch die Aufbrüche begünstigt. Erstere gestatten die gleichzeitige Auf-fahrung der Grundstrecken und Bremsberge in Nachbarabteilungen, letztere die Teilsohlenbildung. Doch ist es häufig geboten, der Beschleunigung halber schon vor der Erschließung eines Flözes durch diese Gesteinsbetriebe die Vorrichtung von den Grund- und Teilsohlenstrecken der zuerst aufgeschlossenen Bauabteilung aus zu beginnen (Abb. 294).

### III. Das Auffahren der verschiedenen Aus- und Vorrichtungsbetriebe.

**39. — Vorbemerkung.** Da die einzelnen Baue sich nicht scharf nach den Begriffen „Ausrichtung“ und „Vorrichtung“ abgrenzen lassen, so sollen sie im folgenden lediglich nach ihrer bergmännischen Bezeichnung besprochen werden, und zwar sollen zunächst die Baue im Nebengestein und sodann diejenigen in der Lagerstätte behandelt werden.

Bei allen Strecken im Gestein und in der Lagerstätte unterscheidet man: das Ort (die Querfläche am Ende der Strecke), die Sohle (auch Strosse), die Firste (bei denjenigen Strecken in der Lagerstätte, wo sie durch das Hangende gebildet wird, auch Dach genannt) und die Stöße (auch Wangen oder Ulmen).

#### a) Querschläge.

**40. — Hauptquerschläge.** Die Hauptquerschläge werden im allgemeinen zweispurig aufgefahren und erhalten außerdem auch schon der Wetterführung halber, da die Hauptwetterströme durch sie hindurchfließen, große Querschnitte; vielfach gibt man ihnen 3—3,5 m Breite und 2,2—2,6 m Höhe. Für die Wasserabführung werden sie mit einer „Wasserseige“ versehen, die in der Regel, um die Bahn für die vollen Wagen möglichst weit von ihr entfernt halten zu können, an einem Stoß (Abb. 295) nachgeführt, seltener in der Mitte (Abb. 296) hergestellt wird; im letzteren Falle muß sie stets überdeckt werden. — Der Ausbau richtet sich nach den Gebirgsverhältnissen und kann in festem Gebirge ganz wegfallen.

Mit Rücksicht auf die Förderung und Wasserabführung werden die Hauptquerschläge wie durchweg alle Sohlenbetriebe meist vom Schachte aus etwas ansteigend aufgefahren. Für die Bemessung des Gefälles nimmt man im allgemeinen (s. d. Abschnitt „Förderung“ in Bd. II) zum

Anhalt, daß die Förderung eines vollen Wagens mit dem Gefälle dieselbe Arbeitsleistung erfordern soll, wie die eines leeren Wagens gegen das Gefälle. Dieser Regel entspricht bei guter Beschaffenheit des Oberbaues und der Förderwagendradsätze ein Ansteigen von etwa 1:250. Vielfach wird das Ansteigen der Hauptquerschläge noch geringer genommen, da diese Querschläge das ganze Feld durchhörtern und daher bei großer Ausdehnung des Feldes ein starkes Ansteigen die Bauhöhe in den entfernteren Lagerstätten, namentlich bei flacher Lagerung, beeinträchtigt (2 m Unterschied in der Seigerhöhe bedeuten z. B. bei 10° Einfallen bereits rund 11,5 m flache Bauhöhe). Dazu kommt für Gruben, die in großem Maßstabe mit Bergeversatz bauen, daß sie Berge vom Tage her im Schachte einzuhängen und daher mehr oder weniger große Mengen von Bergewagen ins Feld zu schaffen haben, auf die wegen ihres größeren

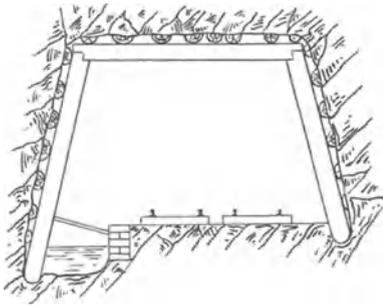


Abb. 295. Querschlag mit seitlicher Wasserseige.

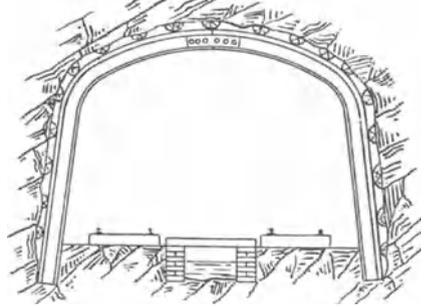


Abb. 296. Querschlag mit mittlerer Wasserseige.

Gewichtes besondere Rücksicht zu nehmen ist. Solche Gruben bevorzugen daher Gefälle von 1:500 bis 1:1000, fahren sogar auch die Hauptquerschläge „totsöhlig“ auf, falls die Rücksicht auf den Wasserabfluß das gestattet.

Die im allgemeinen für die Innehaltung eines bestimmten Ansteigens benutzte Setzwage ist für die Hauptquerschläge nicht genau genug. Man bedient sich für diese besser einer etwa 3 m langen Setzlatte mit aufgesetzter Wasserwage. Neigt die Sohle zum „Quellen“, so hilft man sich dadurch, daß man in die Firste Holzpflocke eintreiben läßt, deren Unterflächen nach markscheiderischer Messung in einer dem gewünschten Ansteigen entsprechenden Linie liegen, und von diesen aus durch Abloten die richtige Höhenlage der Schienen ermittelt.

**41. — Abteilungsquerschläge.** Falls die Abteilungsquerschläge, wie das meistens der Fall ist, eine geringere Länge als die Hauptquerschläge erhalten, kann ihr Ansteigen etwas stärker, etwa 1:200, genommen werden. Auch ihr Querschnitt kann kleiner sein, da sie geringere Fördermengen zu bewältigen haben und nur Teilwetterströme durch sie hindurchgehen.

**42. — Wetterquerschläge.** Als Wetterquerschläge werden die auf der jeweiligen Wettersohle befindlichen, also die Ausziehströme abführenden Querschläge bezeichnet. Da sie den Abbauwirkungen stark ausgesetzt sind,

neigen sie ebenso wie die Flözwitterstrecken dazu, sich erheblich zusammenzudrücken. Daher pflegt man vielfach, nachdem das Gebirge in der Umgebung der Wetterquerschläge einigermaßen zur Ruhe gekommen ist, diese zu erweitern und neu auszubauen.

In den meisten Fällen dienen als Wetterquerschläge die früheren Förderquerschläge. Jedoch gibt es auch eine Reihe von Fällen, in denen Wetterquerschläge als solche neu aufgefahren werden. Dahin gehören die Querschläge auf Wettersohlen unter dem Deckgebirge sowie Querschläge, die dicht unterhalb der Sohle getrieben werden und die Aufgabe haben, die Wetterversorgung der höheren Sohle von derjenigen der nächsttieferen unabhängig zu machen, indem sie die getrennte Abführung des Wetterstromes der tieferen Sohle zum Wetterschachte ermöglichen. In solchen Fällen hat also die untere Sohle ihre eigene Wettersohle.

**43. — Besondere Querschläge.** Weiter sind noch zu erwähnen Sumpf-, Rohr- und Ortsquerschläge. Die ersteren stellen die Verbindung zwischen Schacht und Pumpensumpf her und dienen außerdem in solchen Fällen, in denen man des Gebirgsdrucks wegen einen großen Sumpfraum vermeiden muß, dazu, in Verbindung mit den Sumpfstrecken ein Streckennetz unter der tiefsten Fördersohle zu bilden. Sie werden dann weiter im Felde mit der Fördersohle durch kleine Schächte oder abfallende Strecken verbunden.

Die Steigleitungen der unterirdischen Wasserhaltungen und vielfach auch die Dampfleitungen für diese und benachbarte Maschinen werden durch Rohrquerschläge geführt, die vom Schachte zur Firste des Maschinenraumes in möglichst kleinem Querschnitt getrieben werden und bei Verbindung mit dem Ausziehschacht gleichzeitig zur Abführung der heißen Wetter der Maschinenkammern dienen können.

Ortsquerschläge nennt man kleine Querschläge, die in der Höhe der einzelnen Abbaustrecken zwei oder mehrere Lagerstätten miteinander oder mit einem gemeinsamen seigeren Bremsschacht verbinden, um die Abwärtsförderung bis zur Sohle durch einen gemeinsamen Bremsberg oder durch den seigeren Schacht oder auch den völlig gemeinsamen Abbau beider Flöze zu ermöglichen. Sie finden daher besonders beim „Stapelbau“ Anwendung. Diese Querschläge erhalten also nur geringe Längen und können ohne Wasserseige und einspurig mit einem für die Schlepperförderung eben ausreichenden Querschnitt aufgefahren werden.

#### b) Blinde Schächte.

**44. — Herstellung der blinden Schächte.** Der Querschnitt der blinden Schächte ist in der Regel rechteckig, da die Erwägungen, die bei Hauptförderschächten für die Kreisform des Querschnitts sprechen, hier wegfallen und dafür die Rücksicht auf den Holzausbau in den Vordergrund tritt. Denn dieser ist für solche Schächte der zweckmäßigste Ausbau; die Ausmauerung würde sich in den meisten Fällen nicht lohnen. Nach der Größe des Querschnitts sind ein- und zweitrümmige Blindschächte zu unterscheiden. Erstere überwiegen weitaus bei Stapelschächten. Zwei-

trümmige Bremsschächte (Abb. 297) werden hergestellt, wo es sich um die Lösung einzelner Flöze handelt oder wo wegen ganz flacher Lagerung die durch einen Aufbruch gelösten Flöze nicht gleichzeitig, sondern nacheinander zum Verhieb kommen, so daß der Anschlag längere Zeit derselbe bleibt. Bei eintrümmigen Schächten, also bei Förderung mit Gegengewicht, kommt man nach Abb. 298 mit entsprechend geringerem Querschnitt aus, da das

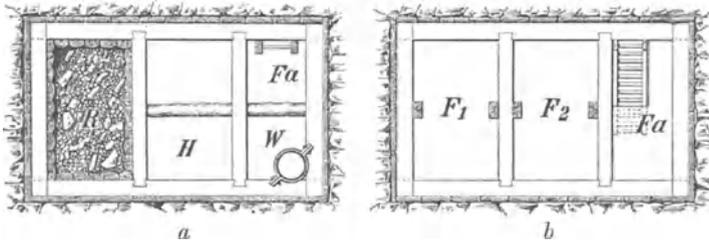


Abb. 297 a und b. Querschnitt eines zweitrümmigen Aufbruchs während und nach der Herstellung.

Gegengewicht lang und schmal gehalten werden kann. Außer für die Fördertrumme muß noch Platz für ein Fahrtrumm gelassen werden.

Blinde Schächte werden zweckmäßig von unten her aufgebrochen. Man erzielt dabei eine gute Leistung, da die Mannschaft durch die Förderung und die etwa zusitzenden Gebirgswasser nicht behindert wird. Die Holzförderung kann den Hauern durch den auf der Sohle tätigen Bergeschlepper abgenommen werden, indem dieser einen kleinen Holzförderhaspel bedient.

Der Gefährdung der Hauer durch Steinfall aus der Firste beim Hochbrechen steht beim Abteufen eine mindestens ebenso große Gefährdung durch Abstürzen von Bergen oder Gegenständen von oben her gegenüber.

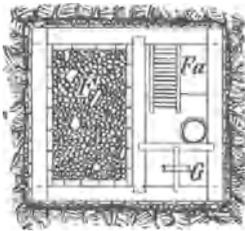


Abb. 298. Querschnitt eines eintrümmigen Aufbruchs während des Hochbrechens. G Holztrumm, späteres Gegengewichtstrumm.

Während des Hochbrechens stehen die Arbeiter auf einer Bühne, die entsprechend dem Vorrücken höher gelegt wird. Zur größeren Sicherung der Leute läßt man die hereingeschossenen Berge, soweit sie im Bergetrumm Platz finden, in diesem liegen. Bei dieser Arbeitsweise sind also erforderlich: Bergetrumm, Fahrtrumm, Wetter- und Holzfördertrumm.

Da der endgültige Ausbau zweckmäßig gleich beim Hochbrechen eingebracht wird, so verteilt man diese Trumme am besten entsprechend der endgültigen Einteilung, wie die Abbildungen zeigen. Die stark auf Biegung beanspruchten Einstriche des Bergetrumms werden bei größerer Höhe durch Abspreizung versteift (Abb. 297a). Die Bergförderung wird in verschiedener Weise eingerichtet. Entweder benutzt man das Bergetrumm gleichzeitig als Stützrolle (Abb. 297a u. 298) und versieht es unten mit einer durch Schieber geschlossenen Abzugöffnung; man erhält dann ein weites Rolloch, das sich nicht leicht zusetzen kann. Oder man richtet noch ein besonderes Rolloch ein, das die Abförderung der infolge der Auf-

lockerung überschüssigen Bergemengen ermöglicht, während das Hauptbergetrumm stets gefüllt bleibt und erst nach Fertigstellung des Aufbruchs entleert wird. Die Luttenleitung für die Bewetterung legt man am besten in das Fahrtrumm (Abb. 297a und 298)<sup>1)</sup>. Die Holzförderung wird zweckmäßig mit Hilfe einer einfachen Rolle (Abb. 298) bewerkstelligt, die oben aufgehängt und über die ein Seil geführt wird; nimmt man letzteres genügend lang, so kann das Holz von unten aus hochgezogen werden.

Die Bergetrumme müssen stets bis oben hin vollgehalten werden, damit die hineingestürzten Berge nicht den Ausbau zerschlagen können. Größere Bergeklötze sind aus demselben Grunde und zur Verhütung von Verstopfungen im Rolloch erst in kleinere Stücke zu schießen, ehe sie ins Rolloch gelangen.

In höheren Aufbrüchen, die bei voller Bergefüllung eine sehr kräftige Verschalung im unteren Teile erfordern, kann man mit einer leichten Auskleidung auskommen, wenn man „Springbühnen“ (Abb. 299), aus Rundhölzern bestehend, einbaut, die den Bergefall in eine Reihe kurzer Sprünge zerlegen.

Der Fuß des Ausbaues wird durch einen sog. „Schachtstuhl“ gestützt, bestehend aus zwei Gevierten, die durch eingezapfte, etwa 2 m hohe Bolzen in den vier Ecken miteinander verbunden sind und deren unteres auf die Sohle gelegt wird. Der Schachtstuhl bildet gleichzeitig den Anschlag.

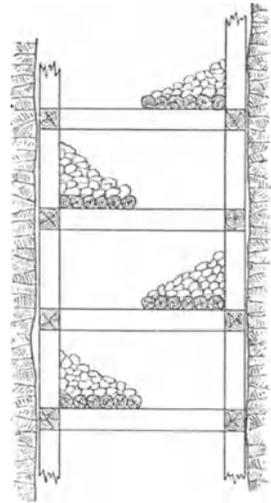


Abb. 299. Hochbrechen mit Springbühnen.

#### 45. — Besonderheiten bei Stapelschächten.

Der Ansatzpunkt eines Stapelschachtes wird nach den Abbildungen 290 und 291 auf S. 302 so gewählt, daß seine Verbindung mit den einzelnen Flözen möglichst geringe Querschlagslängen erfordert. Die Förderarbeit verringert man nach Möglichkeit dadurch, daß man den Stapel in die Nähe der mächtigsten Flöze legt, aus denen die größten Fördermengen kommen. Außerdem ist aber auch der Gebirgsdruck zu berücksichtigen. Man wählt bei druckhaftem Gebirge den Ansatzpunkt so, daß der Stapel möglichst weit nach dem liegendsten Flöz hin zu stehen kommt, um den Abbauwirkungen möglichst entzogen zu werden. Bei besonders starkem Drucke oder erheblichen Gebirgsbewegungen infolge großer Flözmächtigkeiten kann es sich sogar empfehlen, den Stapel ganz ins Liegende der Flözgruppe zu legen, namentlich wenn auch der Hauptförderschacht im Liegenden steht.

In der Streichrichtung ist bei allen Stapelschächten die Entfernung vom Abteilungsquerschlag oder der Richtstrecke zu beachten. Bei etwas größerem Abstand vom Querschlag richtet man den Stapel besser für ein-

<sup>1)</sup> Näheres bezüglich der Bewetterung der Aufbrüche s. Ziff. 182 im 5. Abschnitt.

seitige Bedienung ein (Abb. 300a). In der Regel wird man ihn aber unmittelbar neben den Querschlag oder die Richtstrecke setzen und ihn dann nach Abb. 300b im Durchschiebebetrieb bedienen. Außerdem ist die Förderung im Querschlag zu berücksichtigen. Erfolgt diese durch Seil ohne Ende, so braucht man am Anschlag keinen größeren Raum für die Aufstellung der Wagen. Ist dagegen Pferde- oder Lokomotivförderung vorhanden, so muß Raum für einen Wagenzug geschaffen werden, was in ähnlicher Weise wie bei Bremsberganschlägen entweder in der Verbindungstrecke zwischen Querschlag und Blindschacht oder im Querschlag selbst geschehen kann. Im ersteren Falle wird (Abb. 300a) die Verbindungstrecke  $v$  entsprechend ver-

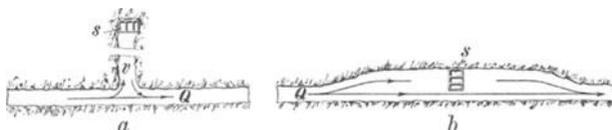


Abb. 300 a und b. Verschiedene Lage eines Stapels zum Querschlage.

längert und erweitert. Im letzteren Falle werden besondere Aufstellgleise vorgesehen, die bei Durchschiebebetrieb gemäß Abb. 300b auf beiden Seiten verlegt werden. (Näheres s. in Bd. II, Abschnitt „Förderung“, unter „Lokomotivbetrieb“).

### c) Streckenbetriebe im Streichen.

**46. — Grundstrecken.** An erster Stelle sind die Grund- oder Sohlenstrecken zu erwähnen (im Erzbergbau auch „Läufe“, „Gezeugstrecken“ oder „Feldortstrecken“ genannt). Sie dienen zunächst zur Erkundung des Verhaltens von Lagerstätte und Nebengestein, damit man danach das anzuwendende Abbauverfahren und die zweckmäßige Bemessung der streichenden Abbaulänge beurteilen kann. Auch ermöglichen sie die Vorrichtung weiter im Streichen liegender Bauabteilungen, wenn diese nicht durch Abteilungsquerschläge aufgeschlossen werden (Abb. 289 links auf S. 299) oder wenn diese Querschläge das Flöz noch nicht erreicht haben (Abb. 294 auf S. 305). Ferner vermitteln sie beim Abbau der nächsttieferen Sohle die Abführung der Wetter ihrer Bauabteilung. In Grubenfeldern mit geringen streichenden Längen oder mit gutem Nebengestein sowie in sehr mächtigen Lagerstätten ist ihre Bedeutung am größten, da sie dann auch für die Förderung selbst dienen und die Wetter mehreren Bauabteilungen zuzuführen haben. Herrscht jedoch die Benutzung von Hauptförderstrecken in Verbindung mit Abteilungsquerschlägen vor, so spielen die Grundstrecken eine nur geringe Rolle, namentlich wenn das Verhalten der Lagerstätte von den oberen Sohlen oder von Nachbargruben her genügend bekannt ist und wenn mit Bergesersatz abgebaut wird. Im letzteren Falle können sie sogar als Vorrichtungsbetriebe vollständig ausscheiden, da man sie dann erst mit dem Abbau schrittweise herzustellen braucht.

**47. — Auffahren der Grundstrecken. Nachreißen des Nebengesteins.** In wenig mächtigen Lagerstätten macht das Auffahren von Grundstrecken, damit sie für die spätere Förderung und Wetterführung

einen ausreichenden Querschnitt erhalten, das Nachreißen von Nebengestein erforderlich (im Ruhrkohlenbergbau und Saarrevier auch als „Bahnbruch“ bezeichnet). Bei flacher Lagerung muß im allgemeinen mehr Nebengestein hereingewonnen werden als bei steilem Einfallen, weil bei letzterem ein längeres Flözstück in den Streckenquerschnitt fällt.

Die Frage, ob das notwendige Nachreißen von Nebengestein zweckmäßiger am Hangenden oder am Liegenden erfolgt, muß je nach den Gebirgsverhältnissen verschieden, im allgemeinen aber immer so beantwortet werden, daß bei möglichst geringen Kosten des Nachreißen der Gebirgsdruck möglichst lange von der Strecke ferngehalten, das Gebirge also möglichst wenig in Bewegung gebracht wird. Im Steinkohlenbergbau wird das Nachreißen des Liegenden bevorzugt. Man erzielt dadurch für die Kohlenförderung den Vorteil, daß die Füllung der Kohlenwagen erleichtert wird. Auch wird die Bildung von „Wettersäcken“ in der Firste, wie sie beim Nach-

reißen des Hangenden eintreten kann, vermieden. Beide Vorteile kommen namentlich bei flacher Lagerung zur Geltung. Besonders günstig gestaltet sich das Nachreißen des Liegenden, wenn dieses, wie das häufig der Fall ist, aus gebrächem und zum Quellen neigendem Tonschiefer besteht. Der letztere Gesichtspunkt kann aber andererseits auch Veranlassung geben, das Hangende anzugreifen, wenn nämlich dieses unmittelbar über dem Flöze durch einen gebrächen „Nachfallpacken“ gebildet wird und dieser eine nicht zu große

Mächtigkeit hat. Vereinzelt wird auch, wenn die Strecke beiderseits in Bergversatz gesetzt wird, ein festes Hangendes nachgerissen, um die Spannung aus dem Hangenden zu nehmen und dadurch dessen Druck stärker auf den Versatz als auf die Strecke wirken zu lassen. Man hat bei diesem Verfahren in Verbindung mit nachgiebigem Streckenausbau (vgl. den Abschnitt „Grubenausbau“ in Bd. II) günstige Ergebnisse erzielt. Werden bei flacher Lagerung größere Mengen fremder Berge für den Abbau benötigt (insbesondere beim Abbau mit Schüttelrutschen, s. d.), so kann man zur Erleichterung der Füllung und Entleerung der Wagen die Kohlenförderstrecken im Liegenden, die Berggeförderstrecken im Hangenden nachreißen. Doch sucht man neuerdings die dadurch verursachten höheren Kosten zu umgehen, indem man das Kippen der Bergewagen von den im Liegenden nachgerissenen Kohlenförderstrecken aus durch maschinelles Hochziehen der Bergewagen ermöglicht (vgl. Bd. II, Abschnitt „Förderung“, unter „Förderwagen“). — Handelt es sich um mächtigere Lagen gebrächen Gesteins im Hangenden und zeigt die Flöz-Oberbank eine zähe Beschaffenheit, so zieht man wohl vor, eine Kohlenbank am Hangenden anstehen zu lassen („anzubauen“) und lieber das Liegende etwas nachzureißen. Ist Hangendes und Liegendes von annähernd gleicher Beschaffenheit, so greift man bei mittlerem Fallwinkel zur Verringerung der Gewinnungskosten zweckmäßig beide Schichten an (Abb. 301). Dieses Vorgehen empfiehlt sich auch für wenig mächtige Erzgänge, da man auf diese Weise erzführende Nebentrümmer,

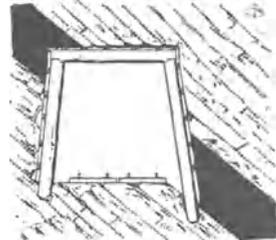


Abb. 301. Grundstrecke mit Nachreißen des Hangenden und Liegenden.

deren Verfolgung von großer Wichtigkeit sein kann, nicht übersieht. Setzt in geringem Abstand von einem Flöze eine schmale Kohlenbank durch, so ist deren Mitgewinnung, wenn eben möglich, ratsam, da sie sonst die Strecke unter starken Druck bringen kann.

#### 48. — Vorgehen beim Auffahren der Grundstrecken.

Maßgebend für das Verfahren beim Treiben der Grundstrecken ist die Rücksicht auf die beim Nachreißen fallenden Berge und auf die Bewetterung.

Man kann eine Grundstrecke als Einzelort auffahren und in diesem Falle ihre Bewetterung durch Scheider oder Lutten vermitteln. Jedoch wird das strebstoßartige Vorgehen („Breitauffahren“, Abb. 302) oder das Auffahren mit Begleitort und Durchhieben (Abb. 303) wegen der bequemeren Bewetterung und der Sicherung eines zweiten Fahrweges (Fluchtweges) bevorzugt.

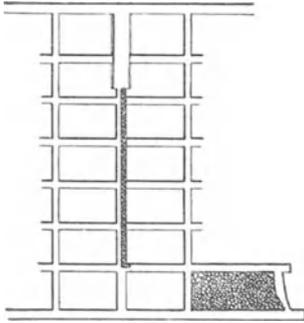


Abb. 302. Bremsbergherstellung und Breitauffahren einer Grundstrecke bei steiler Lagerung.

Das Breitauffahren bietet gegenüber dem Begleitortbetrieb verschiedene wichtige Vorteile. Zunächst fällt das teure und wegen der Schlagwettergefahr in schwebenden Betrieben bedenkliche Hochbringen der Durchhiebe fort. Sodann ist die Bewetterung einfach. Ferner kommen die Strecken nur vorübergehend in Druck, können also ohne große Kosten lange offengehalten werden, da sie nach dem Zusammenpressen des Bergeversatzes vom Drucke des Hangenden

entlastet werden. Dazu kommt, daß die Kohle des Grundstreckenpfeilers, die beim Begleitortbetrieb vielfach gar nicht oder doch nur unvollkommen und überdies in schlechter Beschaffenheit (zerdrückt und entgast) gewonnen wird, hier vollständig, frisch

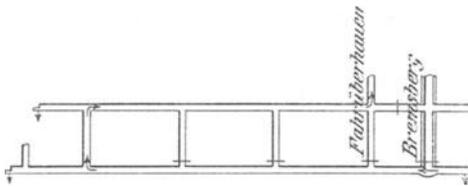


Abb. 303. Grundstrecke mit Begleitort und Durchhieben.

und stückreich abgebaut wird. Durch diese Kohलगewinnung wird auch die Herstellung der Strecken verbilligt, zumal ja auch die Hauerleistung wegen der breiten Angriffsfläche bedeutend erhöht wird.

Am bequemsten läßt das Breitauffahren sich bei flacher Lagerung durchführen, weil hier das Versetzen der durch den „Bahnbruch“ gewonnenen Berge am einfachsten ist. Überdies fallen auch gerade bei flachem Fallwinkel die größten Bergemengen. Daher wird bei geringer Flözneigung dieses Verfahren vorzugsweise angewendet. Sind nur wenig Berge unterzubringen, so kann man sich damit begnügen, unterhalb der Grundstrecke einige Meter Kohle hereinzugewinnen und durch Versatz (im Ruhrbezirk „Bergedamm“ genannt) zu ersetzen, an dessen unterer Grenze eine Wetterrösche (auch als „Wetterpaß“ bezeichnet) mitgeführt wird. Man braucht dann nur die leichten Kohlen nach oben zu werfen, während die schweren Berge nach unten geschafft werden. Jedoch hat dies Verfahren den Nach-

teil, daß nur ein Stoß der Grundstrecke durch Berge, der andere durch Kohle gebildet wird, so daß die Bruchkante sich am Streckenstoße bildet. Daher bevorzugt man den in Abb. 304 dargestellten Betrieb, bei

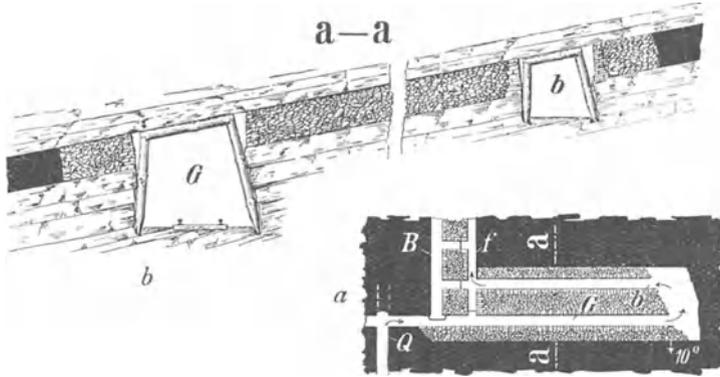


Abb. 304 a und b. Breitauffahren einer Grundstrecke bei flacher Lagerung im Grundriß (a) und Profil (in vergrößertem Maßstabe) nach a—a (b).

dem die Wetterrösche oberhalb der Grundstrecke mitgeführt und im Versatz ausgespart wird.

Die Vorzüge des Breitauffahrens haben in neuerer Zeit mehr und mehr dahin geführt, es auch bei steiler Lagerung anzuwenden (s. Abb. 302). Hier muß die Firste der Grundstrecke durch eine kräftige Verschalung („Bergekasten“) gesichert werden. Allerdings bietet die Beschaffung der Berge vielfach Schwierigkeiten. Denn im Flöze selbst fallen wegen der besseren Ausnutzung des Flözes für den Streckenquerschnitt bei nicht ganz geringer Flözmächtigkeit und bei dem Fehlen von Bergmitteln oder „Nachfall“ wenig Berge. Auch lassen die durch Nachreißen der Grundstrecke gewonnenen Berge sich nur mit großem Arbeitsaufwand oberhalb der Grundstrecke unterbringen. Die Beschaffung fremder, d. h. von anderen Gewinnungspunkten aus zugeführter Berge aber stößt auf Schwierigkeiten, da beim Treiben der Grundstrecken die zum Heben oder Herablassen der Berge auf die Höhe der oberen Strecke erforderlichen Fördereinrichtungen noch nicht vorhanden zu sein pflegen. Jedoch stehen in der Regel wenigstens die beim Nachreißen des Bremsbergs gewonnenen Berge zur Verfügung, die man zweckmäßig nach Abb. 302 in der Höhe der oberen Strecke aus einem zu diesem Zweck im Bremsberg hergestellten Rollkasten abzieht.

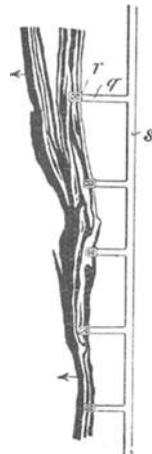


Abb. 305. Erzgang mit Grundstrecke s im Liegenden und Verbindungsquerschlägen q zu den Stützrollen r.

In mächtigeren Lagerstätten fällt das Nachreißen des Nebengesteins fort. Handelt es sich um Mächtigkeiten von etwa 2—2,5 m, so fährt man die Strecken einfach in der vollen Mächtigkeit auf. Bei noch größerer Mächtigkeit muß beim Auffahren der Strecken ein mehr

oder weniger großer Teil des Minerals angebaut werden; man treibt dann die Strecke in der Regel am Liegenden, um sie den Einwirkungen des späteren Abbaues möglichst zu entziehen. Es muß in diesem Falle sorgfältig darauf geachtet werden, daß in der Strecke stets das Liegende bloß-

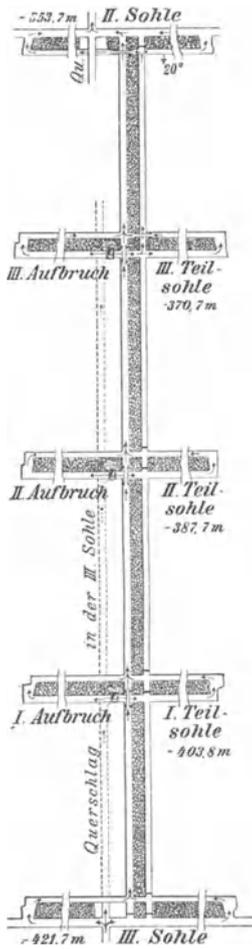


Abb. 306. Zerlegung der flachen Sohlenhöhe in Teilsohlen.

durch seigere Schächte (in der Abbildung als „I.—III. Aufbruch“ bezeichnet) hergestellt (vgl. auch Abb. 284 auf S. 292).

**50. — Abbaustrecken.** Eine noch weitergehende Teilung des Abbaufeldes von unten nach oben bezwecken die Abbaustrecken, die besonders für den Abbau ohne Bergeversatz wichtig sind. Da sie aber unmittelbar dem Abbau vorausgehen oder folgen und daher zu diesem in wesentlich engerer Beziehung stehen als die Grund- und Teilsohlen-

gelegt wird, damit man nicht schräg in die Lagerstätte hineinfährt. Die Streckensohle kann bei flacher Lagerung unmittelbar durch das Liegende, bei ganz steiler Neigung durch die Lagerstätte selbst gebildet werden. Bei mittleren Neigungswinkeln dagegen wird etwas Mineral in der Sohle angebaut oder eine Bergeschicht aus einem mitgewonnenen Bergmittelstreifen auf die Sohle gebracht. — Vielfach geht man mit den Strecken bei großer Mächtigkeit der Lagerstätte, namentlich wenn diese steil einfällt und unregelmäßig verläuft, gänzlich aus ihr heraus ins Liegende und löst sie von der Strecke aus durch eine Reihe kurzer Querschläge ( $q$  in Abb. 305). Dieses Verfahren bietet den Vorteil, daß bei der Strecke nicht auf den Abbau und beim Abbau nicht auf die Strecke Rücksicht genommen zu werden braucht und daß die Strecke im Nebengestein meist bedeutend druckfreier steht als in der Lagerstätte. Dazu kommt für die Förderung günstige geradlinige Verlauf der Strecke. Für flözartige Lagerstätten bietet das Auffahren der Strecken im Nebengestein den Vorteil, daß man eine möglichst druckfreie Schicht aussuchen kann.

**49. — Teilsohlenstrecken.** Die Teilsohlenstrecken sollen die flache Bauhöhe einer Lagerstätte zwischen zwei Fördersohlen in zweckmäßig bemessene einzelne Bauabschnitte zerlegen, um so zu lange Bremsberge vermeiden und durch Schaffung einer größeren Anzahl von Angriffspunkten den Abbau beschleunigen zu können. Sie finden daher besonders bei flacher Lagerung, die eine wesentlich größere flache Bauhöhe bedingt, Verwendung (Abb. 306). Für das Treiben solcher Strecken gelten ähnliche Regeln wie für das Auffahren der Grundstrecken. Die Verbindung der Teilsohlenstrecken mit der Förder- und Wettersohle wird am besten

strecken, sollen sie im Abschnitt „Abbau“, soweit nötig, näher besprochen werden.

**51. — Hauptförderstrecken (Richtstrecken).** Eine besondere Stellung nehmen die für Steinkohlengruben mit zahlreichen, nicht sehr mächtigen Flözen und großen streichenden Baulängen kennzeichnenden Hauptförderstrecken ein, denen die Aufgabe zufällt, die Förderung verschiedener Abteilungsquerschläge zu sammeln und dem Hauptquerschlage zuzuführen (s. Abb. 289 rechts auf S. 299). Da sie eine größere Fördermenge zu bewältigen haben, so können für sie auch größere Ausgaben aufgewendet werden. Solche Strecken müssen dem Gebirgsdruck möglichst entzogen werden, damit ihre Aufrechterhaltung mit mäßigen Ausgaben und ohne größere Störungen der Förderung möglich ist. Außerdem soll ihr Förderbetrieb möglichst wenig durch den Betrieb der einzelnen Flözbremsberge gestört werden. Daher wählt man vielfach unbauwürdige Flöze mit gutem Nebengestein zum Auffahren von Hauptförderstrecken, besonders bei steilem Einfallen, wo kleine Flöz-, „Wellen“ nur geringfügige Streckenkrümmungen zur Folge haben und wo außerdem der Gebirgsdruck aus dem Hangenden mehr zurücktritt. In vielen Fällen aber geht man noch weiter und legt die Hauptförderstrecken völlig ins Nebengestein, wobei man ein möglichst standfestes Gebirgsmittel (Sandstein) für sie aussucht. Man verzichtet dann allerdings auf die Erleichterung des Vortriebes, die in Flözstrecken durch die leichte Gewinnbarkeit des Flözes und durch seine Benutzung zur Herstellung eines Einbruchs für die Schießarbeit erzielt wird. Dafür aber erreicht man vollständige Unabhängigkeit der Förderstrecken vom Abbau und weitgehenden Schutz der Strecken vor den Abbauwirkungen, daher geringe Ausbesserungsbedürftigkeit und demgemäß eine bedeutende Ersparnis an laufenden Betriebskosten. Auch kann die Hauptförderstrecke geradlinig, als Richtstrecke, getrieben werden, was besonders bei flacher Lagerung vorteilhaft ist und die Anwendung maschineller Streckenförderung ermöglicht oder doch wesentlich erleichtert.

Das Bestreben, Vorrichtungsbetriebe in das Gestein zu legen, dem wir bereits oben bei der Herstellung von seigeren Bremsschächten an Stelle von Bremsbergen in den Flözen begegnet sind, steht überhaupt im heutigen Steinkohlenbergbau im Vordergrunde.

**52. — Sonstige streichende Strecken.** Wetter- und Sumpfstrecken dienen denselben Zwecken wie Wetter- und Sumpfquerschläge. Unter den Wetterstrecken nehmen im Steinkohlenbergbau die von vornherein lediglich als solche getriebenen Strecken eine besondere Stellung ein. Hierhin gehören solche Strecken, wie sie auf schlagwettergefährlichen Gruben unmittelbar unter dem frischen Wetterstrom der oberen Sohle aufgefahren werden, um im Verein mit entsprechenden Wetterquerschlägen die getrennte Abführung der verbrauchten Wetter der unteren Sohle zu ermöglichen. Auch die auf einer Sattelkuppe hergestellten Wetterstrecken (Abb. 307) werden von vornherein als solche getrieben. Sie sollen die Wetter einer Bauabteilung über die Kuppe eines in der Streichrichtung sich heraushebenden Sattels hinweg zur höheren Sohle oder zu einem von dieser aus niedergebrachten Gesenk abführen. In sehr

grubengasreichen Flöze werden solche Strecken auch wohl nur deshalb getrieben, um dem Flöze Gelegenheit zur Entgasung zu geben und den Abbau weniger gefährlich zu machen.

Im allgemeinen aber werden einfach die früheren Förderstrecken der höheren Sohlen und Teilsohlen später als Wetterstrecken benutzt.

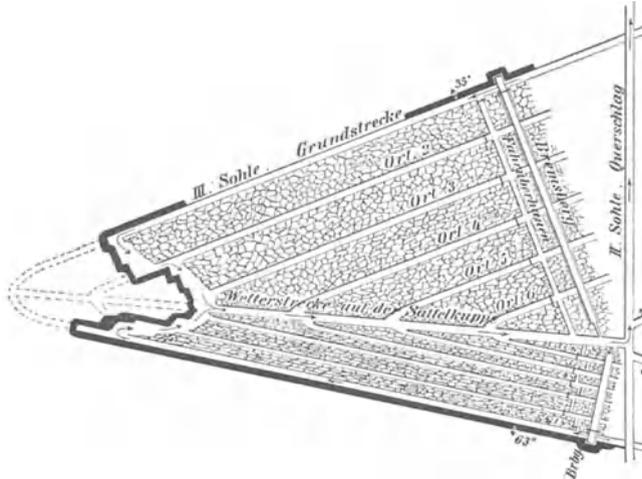


Abb. 307. Wetterstrecke auf einer Sattelkuppe.

#### d) Streckenbetriebe im Einfallen.

**53. — Zwecke und Arten.** Die im Einfallen der Lagerstätte aufwärts oder abwärts getriebenen Vorrichtungstrecken sollen zu der Einteilung der Lagerstätte von unten nach oben, wie sie durch die Grund- und Teilsohlenstrecken vermittelt wird, eine solche nach der Streichrichtung hinzufügen. Außerdem dienen sie zur Förderung, Fahrung und Wetterführung. Je nach Zweckbestimmung und Art der Herstellung unterscheiden wir Überhauen (auch „Schwebende“ genannt), Abhauen, Durchhiebe, Bremsberge und Rollöcher.

**54. — Überhauen.** Überhauen sind schwebende Betriebe, die von unten nach oben aufgefahren werden. Sie dienen nach Fertigstellung zur Förderung, indem sie als Bremsberge oder Rollöcher ausgebaut werden, zur Fahrung (Fahrüberhauen) oder zur Wetterführung (Wetterüberhauen). Fahr- und Wetterüberhauen kommen in der Regel neben die Bremsberge zu liegen; ihre Herstellung soll daher mit diesen zusammen besprochen werden. Durchhiebe (Durchbrüche) sollen beim streichenden oder schwebenden Begleitortbetriebe die Wetterverbindung zwischen Haupt- und Begleitstrecke sichern. Beim streichenden Betriebe können sie als Überhauen oder als Abhauen hergestellt werden.

**55. — Abhauen.** Die Abhauen werden von oben nach unten hergestellt. Sie sind in erster Linie erforderlich beim Unterwerksbau (Ziff. 27). In schlagwettergefährlichen Flözen bevorzugt man vielfach auch für die

Herstellung von Bremsbergen, Fahrverbindungen und Wetterdurchschlägen das Niederbringen von Abhauen gegenüber dem Aufhauen wegen dessen großer Schlagwettergefahr. Weiterhin zieht man auch der Zeitersparnis halber vielfach das Niederbringen eines Abhauens der Herstellung eines Überhauens vor: man kann die Zeit ausnutzen, während deren auf der unteren Sohle der Querschlag bis zu dem betreffenden Flöze getrieben wird, so daß nach Fertigstellung von Querschlag und Abhauen gleich mit dem Abbau begonnen werden kann. Für das Niederbringen von Abhauen gelten im übrigen dieselben Regeln wie für die Herstellung von Überhauen, Bremsbergen usw. Die Förderung der Kohlen während des Auffahrens erfolgt durch einen kleinen, mit Druckluft oder Elektrizität betriebenen Haspel, bei genügend flachem Einfallen auch durch Schlepper, Seil ohne Ende oder Schüttelrutschen.

**56. — Bremsberge. Überblick.** Die Bremsberge sollen unter Ausnutzung der Schwerkraft das Fördergut von den Abbaustrecken bis zur nächsttieferen Sohle oder Teilsohle bringen. Sie finden bei flacher sowohl wie bei steiler Lagerung Verwendung. Im letzteren Falle werden sie namentlich im Steinkohlenbergbau viel benutzt, da sie für die Kohlenförderung den Rollöchern gegenüber (s. diese, Ziff. 60) trotz höherer Kosten große Vorteile bieten.

Bei der Herstellung eines Bremsberges ist zu unterscheiden, ob er die von einer Anzahl Abbaustrecken gelieferten Kohlenmengen der nächsten Sohlen- oder Teilsohlenstrecke zuführen soll (Bremsberg mit Zwischenanschlügen, „Örterbremsberg“) oder ob er die Aufgabe erhalten wird, die auf einer Teilsohle angekommenen Förderwagen zur Hauptfördersohle herunterzulassen („Transportbremsberg“). Örterbremsberge werden möglichst billig hergestellt, da sie nur den Abbau einer einzelnen Bauabteilung zu überdauern brauchen. Bei steiler Lagerung werden derartige Bremsberge durchweg für einrömmige Förderung, d. h. für abwechselnde Förderung von vollen und leeren Wagen eingerichtet. Bei flachem Einfallen dagegen werden vielfach auch zweitrömmige Bremsberge durch Anwendung besonderer Kunstgriffe (vgl. den Abschnitt „Bremsbergförderung“ in Bd. II) für die Bedienung von Zwischenanschlügen eingerichtet. Beim Rutschenbau (Ziff. 103 u. f.) fallen die Örterbremsberge fort, da sie durch die Förderung am Abbaustoß entlang ersetzt werden. — Transportbremsberge (vgl. z. B. Abb. 349 auf S. 362 oberhalb der 4. Sohle) haben im Gegensatz zu den Örterbremsbergen vielfach eine lange Standdauer auszuhalten und eine große Fördermenge zu bewältigen, so daß bei ihrer Anlage die Rücksicht auf billige Herstellung mehr in den Hintergrund tritt. Sie werden bei flacher Lagerung möglichst für zweitrömmige Förderung eingerichtet. In neuerer Zeit ist allerdings auch ihre Bedeutung sehr zurückgegangen, da sie mehr und mehr durch blinde Schächte ersetzt worden sind.

**57. — Herstellung der Bremsberge bei mittlerer und steiler Lagerung.** Da ein unmittelbar am Förderseil hängender Wagen vollständig in der Ebene des Flözes, ein auf dem Gestell stehender Wagen dagegen sehr „sperrig“ zur Flözebene steht, muß bei der Herstellung von Gestellbremsbergen bedeutend mehr Nebengestein nachgerissen werden als bei Wagenbremsbergen. Außerdem muß bei Gestellbremsbergen mehr Rücksicht

auf eine gleichbleibende Neigung der Bremsbergsohle genommen werden, da sonst die Gestelle leicht entgleisen. Daher wird bei mittlerer und steiler Flözlagerung zweckmäßig in der nachstehend beschriebenen Weise verfahren. Zunächst wird ein einfaches Überhauen in der Kohle hochgebracht und nach Fertigstellung mit Kette und Gradbogen aufgenommen. Man erhält dadurch eine hinreichend genaue Vorstellung von den Unebenheiten in der Flözfläche und kann sich darüber schlüssig werden, wo das Hangende und wo das Liegende angegriffen werden muß. Ferner kann man dadurch feststellen, ob etwa ein zu starker Knick auftritt, der die Anordnung von zwei Bremsbergen übereinander auch dann als zweckmäßig erscheinen läßt, wenn das nicht ohnehin wegen der Erhöhung der Förderleistung erwünscht ist. Erst dann beginnt das Nachreißen des Nebengesteins, und zwar bei mittlerem Einfallen von unten, bei steiler Lagerung dagegen (s. Abb. 302 auf S. 314) von oben, damit hier die Leute stets auf dem noch anstehenden Teile des Querschnitts eine sichere Standfläche haben.

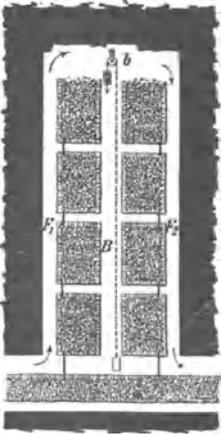


Abb. 308. Breitaufhauen eines Bremsbergs mit aus-  
gespartem Fahrüberhauen  
und Wetterrösche.

Für jedes Bremsbergfeld ist bei steilerem Einfallen eine Fahrverbindung von unten nach oben vorzusehen. Bei zweiflügeligem Betriebe wird vielfach für jeden Bauflügel, also auf jeder Seite des Bremsberges, eine solche Verbindung hergestellt, damit die Leute nicht genötigt sind, durch den Bremsberg zu fahren, um vor ihren Betriebspunkt zu gelangen. Doch kann der gleiche Zweck auch durch die Verbindung beider Seiten mit Hilfe von Umbrüchen auf den einzelnen Örtern erreicht werden, in welchem Falle ein einziges Fahrüberhauen genügt. Man bringt zweckmäßig (s. Abb. 302) gleichzeitig mit dem später als Bremsberg auszubauenden Überhauen die späteren Fahrüberhauen hoch. Dabei werden in den Höhenlagen der späteren Abbaustrecken diese zwei oder drei schwebenden Betriebe durch streichende Durchhiebe unter sich verbunden, die in Abb. 302, wo nicht breit aufgehauen wird, gleichzeitig als Wetterverbindungen während des Aufhauens dienen; nach Herstellung eines neuen Durchhiebs wird der nächstuntere wetterdicht abgeblendet.

Die beim Nachschießen des Nebengesteins im Bremsberge gewonnenen Berge werden bei starker Flözneigung in einen Rollkasten abgestürzt, den man durch Auskleidung eines Abschnitts des Überhauens herstellt; bei mittlerem Einfallen können sie auch abgebremst werden. Sie werden zweckmäßig gleich als Versatz benutzt. Am besten können die Berge gleich bei der Gewinnung des Grundstreckenpfeilers Verwendung finden, indem man diesen Pfeiler gleichzeitig mit der Erweiterung des Bremsberges in Angriff nimmt (Abb. 302) und die auf Ort 2 aus dem Rolloch abgezogenen oder nach Ort 2 abgebremsten Berge in ihn verstürzt.

**58. — Herstellung der Bremsberge bei flacher Lagerung.** Die Herstellung von Bremsbergen in flachgelagerten Flözen vereinfacht sich wesentlich dadurch, daß das Nebengestein gleich während des Aufhauens

nachgerissen werden kann, da die gewonnenen Berge nicht auf dem Liegenden herabrutschen. Auch können diese Berge sofort an Ort und Stelle versetzt werden, indem ein genügend breiter Kohlenstoß (Abb. 308) mitgenommen und durch Bergeversatz ersetzt wird. Man erzielt dadurch dieselben Vorteile wie beim Breitauffahren von Grund-

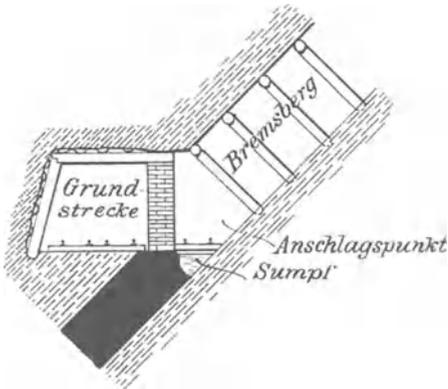


Abb. 309<sup>1)</sup>. Bremsberganschlag mit Umbruch im Hangenden.

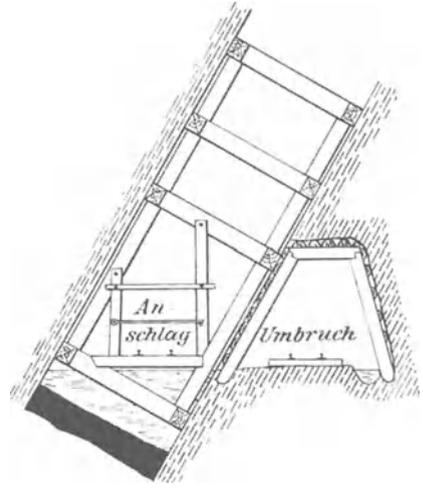


Abb. 310<sup>1)</sup>. Anschlag mit Umbruch im Liegenden bei steilerem Einfallen.

strecken (s. oben, S. 314). Wenn die Berge beim Nachreißen in einigermaßen genügender Menge fallen, bringt man sie zu beiden Seiten des Bremsberges

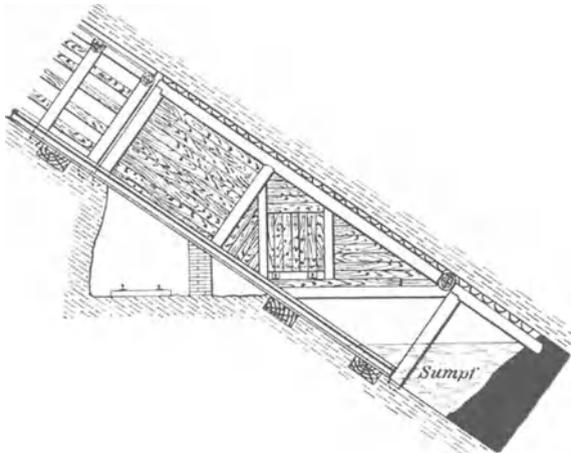


Abb. 311<sup>1)</sup>. Anschlag mit Umbruch im Liegenden bei flacherem Einfallen.

unter, um den Gebirgsdruck auf diesen gleichmäßig wirken zu lassen. An den beiden Grenzen des Bergepfeilers werden die späteren Fahrüberhauen

<sup>1)</sup> Sammelwerk Bd. II, Tafel XV.

ausgespart. Sind diese entbehrlich, weil der Bremsberg selbst zum Fahren benutzt werden kann, so sieht man hier nur Wetterröschchen vor, die die Bewetterung des Aufhauens ermöglichen und später Raum für die Eröffnung des Abbaues bieten. Die Stöße des Bremsberges werden durch Holzpfiler oder trockene Bergemauerung (vgl. den Abschnitt „Grubenausbau“ in Bd. II) gesichert.

#### 59. — Anschluß der Bremsberge an die Grundstrecken.

Am Fuße der Bremsberge sind Vorkehrungen zu treffen, um die Grundstrecken gegen abstürzende Wagen u. dgl. zu sichern; auch ist in der Regel hier ein wetterdichter Abschluß vorzusehen. Bei steilem und mittlerem Flözfallen wird die Grundstrecke durch

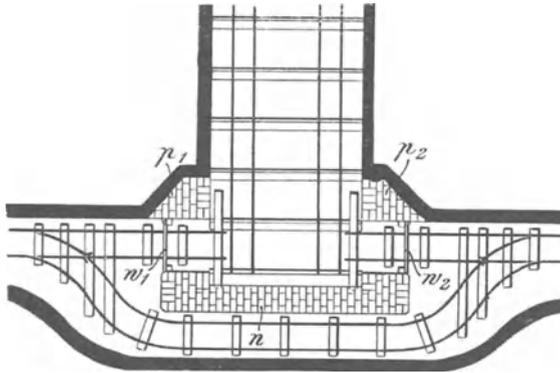


Abb. 312<sup>1)</sup>. Anschlag mit Schutzmauer bei flacher Lagerung (Grundriß).

Verumbruchung im Hangenden (Abb. 309) oder im Liegenden (Abb. 310 und 311) geschützt. Flach geneigte Bremsberge erhalten am Fuße eine Abschlußmauer (Abb. 312), an deren Stelle auch eine Bergemauer (Abb. 313), ein starker Stempelschlag oder weiter gestellte Stempel mit Drahtseilgeschlinge treten können. Außerdem

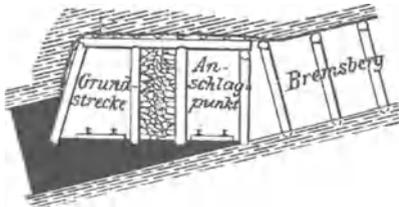


Abb. 313<sup>1)</sup>. Anschlag mit Bergemauer bei flacher Lagerung (Profil).

kann bei flacher Lagerung auch ein Kohlenpfiler zur Sicherung der Grundstrecke dienen und der Bremsberganschlag mit dieser durch eine Gesteinstrecke oder eine Diagonale im Flöz verbunden werden; in diese Verbindungstrecken können die zur Abdichtung dienenden Wettertüren in ähnlicher Weise wie in Abb. 312, wo diese Türen mit  $w_1$   $w_2$  bezeichnet sind, eingebaut werden.

**60. — Rollöcher.** Die Rollöcher, auch „Rollkasten“ oder „Roller“ (Stütz- oder Förderrollen) genannt, ermöglichen in genügend steil einfallenden Lagerstätten eine bequeme und billige Abwärtsförderung, eignen sich freilich nur für Fördergut, das eine rauhe Behandlung ertragen kann. Im Steinkohlenbergbau kommen sie vorzugsweise für die Förderung von Versatzbergen in Frage, während die Kohlenförderung mit Rücksicht auf die starke Zerkleinerung und Staubbildung nur ausnahmsweise durch Rollöcher erfolgt, z. B. beim Hochbringen von Überhauen oder beim Abbau kleiner, durch Gebirgstörungen abgegrenzter Feldesteile, für die die Herstellung von Bremsbergen sich nicht lohnen würde. Das Haupt-

<sup>1)</sup> Sammelwerk Bd. II, Taf. XV.

anwendungsgebiet der Rollochförderung ist der Erzgangbergbau, für den sie die Regel bildet. Da die Rollen jedoch hier meist nicht als Vorrichtungsbau vor Beginn des Abbaues hergestellt, sondern in dessen Verlauf im Bergeversatz ausgespart werden, so soll die Besprechung der beim Erzbergbau üblichen Stützrollen erst unter „Abbau“ erfolgen.

Röllöcher erfordern naturgemäß nur geringe Querschnitte. Allerdings ist neben der eigentlichen Rolle eine Fahrabteilung (*f* in Abb. 314) vorzusehen, damit etwaige Verstopfungen bequem und gefahrlos beseitigt werden können.

Der Ausbau ist je nach der Bestimmung der Rollen verschieden. Für die Kohlenförderung genügt eine leichte Abkleidung am Liegenden und Hangenden, um Verunreinigungen der Kohle zu verhüten. Bergerollen werden mit einer kräftigen Verschalung an allen vier Seiten versehen, die aus Bohlen oder Rundhölzern hergestellt

wird; ein Rolloch mit besonders kräftigem Ausbau aus Schachthölzern mit starker Halbholzverschalung zeigt Abb. 314. Bei flacherem Einfallen (25–30°) oder bei Verwendung geschlossener Rutschen zur Förderung (vgl. den Abschnitt „Rollochförderung“ in Bd. II) erübrigt sich eine besondere Verschalung.

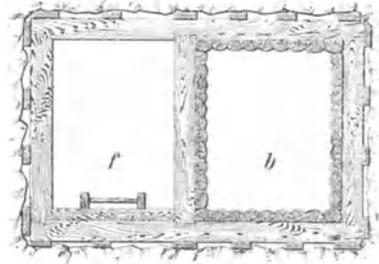


Abb. 314. Bergerolloch mit Fahrtrumm.

#### e) Lösungstrecken für besondere Zwecke.

**61. — Vorbemerkung.** Beim Vortreiben von Strecken irgendwelcher Art, die an alten Bauen vorbeigetrieben werden oder unmittelbar in diese durchschlagen sollen, sind besondere Vorsichtsmaßregeln erforderlich, da in solchen Bauen Standwasser und Ansammlungen schädlicher Gase zu vermuten sind, die vielfach unter hohem Drucke stehen. In anderen hierher gehörigen Fällen handelt es sich um die Durchörterung großer Verwerfungen mit Wasserführung oder um die Abzapfung ersoffener Schächte von unten her.

**62. — Vorbohren.** Eine einfache und zweckmäßige Vorsichtsmaßregel ist das Vorbohren nach Abb. 315. Es ermöglicht bei Bauen, die umfahren werden sollen, in der Regel das rechtzeitige Erkennen einer zu weitgehenden Annäherung durch Wassertröpfchen oder Gasausströmungen, die aus einem vorgebohrten Loche austreten. Sollen die Hohlräume angefahren werden, so werden die Leute durch diese Anzeichen rechtzeitig zur größten Vorsicht gemahnt. Auch wird eine allmähliche Abzapfung der Standwasser durch die Bohrlöcher ermöglicht; jedoch empfiehlt es sich, zu diesem Zwecke, nachdem man der unterirdischen Wasseransammlung genügend nahe gekommen ist, besondere Bohrlöcher herzustellen und mit Rohrverschluß nebst Hahn und Manometer aus-

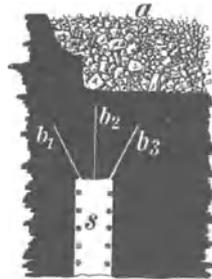


Abb. 315. Vorbohren gegen den alten Mann.

besondere Bohrlöcher herzustellen und mit Rohrverschluß nebst Hahn und Manometer aus-

zurüsten<sup>1)</sup>. Die Vorbohrlöcher werden nach den Seiten hin, auf denen die Wassersäcke zu vermuten sind, also erforderlichenfalls nicht nur in der Firste, sondern auch an beiden Stößen hergestellt ( $b_1$ — $b_3$  in Abb. 315). Sie erhalten eine schräge Richtung und eine Länge von mindestens 2,5—3 m; jedoch muß die Länge um so größer genommen werden, je höher der zu erwartende Wasserdruck und je wasserdurchlässiger und gebräucher das Gebirge ist, so daß z. B. beim Vorbohren in der Kohle Längen von 5—6 m gebräuchlich sind. Den genauen Überblick über den jeweiligen Stand der Bohrungen sichert man sich durch die Führung einer Liste, in die die Richtung und Tiefe der einzelnen Bohrlöcher eingetragen wird.

Gegen das Herausschleudern des Bohrers bei unvermutetem Anbohren der Wasseransammlungen und gegen das Hervorbrechen großer Wassermassen aus diesen schützen Einrichtungen, für die Abb. 119 auf S. 125 ein Beispiel gibt.

**63. — Weitere Sicherheitsmaßregeln.** Ferner muß für die Herstellung eines gesicherten Fluchtweges für die Leute gesorgt werden. Die Lösungstrecke darf daher nicht zu stark ansteigend aufgefahren werden; nach Möglichkeit ist auch darauf Bedacht zu nehmen (namentlich bei Lösungstrecken in der Lagerstätte), daß in nicht zu großer Entfernung vom Ortstoß Überhauen oder blinde Schächte, die mit höheren Grubenbauen durchschlägig sind, den Leuten die Flucht nach oben ermöglichen. Besonders wichtig ist ferner die Beleuchtung; da Sicherheitslampen bei unvermutetem Anhauen von wasser- und gaserfüllten Hohlräumen durch den plötzlichen Schlag erlöschen können, so empfiehlt es sich, nicht nur die Leute mit elektrischen Lampen auszurüsten, sondern auch die ganze Strecke mit elektrischer Beleuchtung zu versehen.

## IV. Abbau.

**64. — Bedeutung eines vollständigen Abbaues.** Die bedrängte Lage unseres Vaterlandes macht für den deutschen Bergbau größte Sparsamkeit in der Auswertung der Bodenschätze und demgemäß einen möglichst vollständigen Abbau der erschlossenen Lagerstätten zur Pflicht. Aber auch bergmännische Erwägungen wirken in gleichem Sinne. Allerdings ist bei reinem Abbau der gegenwärtige Gewinn vielfach bedeutend geringer als bei dem sog. „Raubbau“, d. h. der rücksichtslosen Beschränkung des Abbaues auf die wertvollsten Lagerstätten und Lagerstättenteile, wobei aber die gegenwärtigen Gewinne in der Zukunft mit unverhältnismäßig großen Verlusten bezahlt werden.

Die Vollständigkeit der Gewinnung besteht nicht nur darin, daß möglichst jede Lagerstätte abgebaut wird, sondern auch darin, daß in jeder Lagerstätte die Abbauverluste möglichst eingeschränkt werden. In erster Hinsicht ist z. B. zu berücksichtigen, daß der Nachteil einer geringen Mächtigkeit durch eine für die Arbeit und Förderung bequeme steile Lagerung, der

<sup>1)</sup> Glückauf 1909, Nr. 18, S. 617 u. f.; Stegemann: Das Vorbohren als Sicherungsmittel gegen Wasser- und Gasdurchbrüche.

Nachteil einer unreinen Kohle durch geringen Gebirgsdruck, der Nachteil einer starken Schlagwetterentwicklung durch einen hohen Marktwert der Kohle, der Nachteil höherer Abbaukosten durch geringe Entfernung des Flözes vom Schachte und dementsprechend verringerte Förderkosten ausgeglichen werden kann. Sogar der Abbau eines an sich unbauwürdigen Flözes kann noch lohnend sein, wenn nämlich ein solches Flöz zwischen mehreren bauwürdigen Flözen auftritt und so sein Abbau das Vordringen in größere Teufen verlangsamt und die Verteilung der Ausrichtungs-, Streckenförderungs-, Wasserhaltungs- und Schachtförderkosten auf eine größere Kohlenmenge ermöglicht, oder wenn sein Abbau den Versatz überschüssiger Bergemengen, die Verwendung von anderwärts wiedergewonnener Zimmerung gestattet u. dgl.

Der möglichst reine Abbau des einzelnen Flözes ist für den Steinkohlenbergbau noch in anderer Hinsicht wichtig. Denn die im alten Mann oder in unverritzten Flözen zurückbleibenden Kohlenmengen erschweren und gefährden durch starke Gasentwicklung den Betrieb. Die Kohlen im alten Mann insbesondere verursachen durch ihre Erwärmung infolge allmählicher Sauerstoffaufnahme vielfach Grubenbrände und haben in jedem Falle eine für die Abbaubetriebe schädliche Wärmeentwicklung zur Folge.

Der vollständige und reine Abbau steigert den Wert des ganzen Grubenfeldes mit seinen Lagerstätten entsprechend. Auch geht der Abbau auf diese Weise so lange wie möglich in den oberen Teufen um, in denen die günstigsten Verhältnisse herrschen, da Wärme und Gebirgsdruck noch gering und die Kosten für die Wasserhaltung und Förderung noch mäßig sind. Ferner verteilen sich die Kosten für die Ausrichtungsarbeiten jeder Sohle auf eine größere Fördermenge.

**65. — Rücksicht auf benachbarte Lagerstätten.** Im allgemeinen galt früher im Steinkohlenbergbau der Grundsatz, das hangende Flöz vor dem liegenden abzubauen, um den Abbau im ersteren den Bruchwirkungen

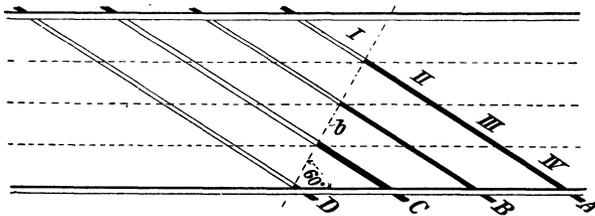


Abb. 316. Gleichzeitiger Abbau auf Nachbarflözen.

des Abbaues im Nachbarflöz zu entziehen. Jedoch hat dieser Grundsatz durch die allgemeine Einführung des Bergeversatzes, der die Abbauwirkungen nach einiger Zeit in der Regel völlig zur Ruhe kommen läßt, wesentlich an Bedeutung verloren. Vor dem Festdrücken des Versatzes im liegenden Flöz ist hier allerdings (s. Abb. 328 auf S. 344) außer der Beunruhigung des Gebirges mit dem Nachteil zu rechnen, daß der Druck des Hangenden auf den Kohlenstoß im hangenden Flöz vermindert und so die Gewinnung verteuert wird. Jedoch können trotzdem bei nicht ganz flacher Lagerung gewisse Teile der liegenderen Lagerstätten schon vor Beendigung des Abbaues

in den hangenderen in Verhieb genommen werden, sofern nur die unten (Ziff. 170) zu besprechenden Bruchwinkel, d. h. die Winkel gegen die söhliche Ebene, unter denen sich die Bruchwirkungen fortpflanzen, berücksichtigt werden. So z. B. würden bei dem in Abb. 316 angenommenen Bruchwinkel von  $60^\circ$  nach Abbau des Teilsohlenabschnitts I im Flöze *A* bereits die Abschnitte I und II im Flöze *B* oder die Abschnitte I bis III im Flöze *C* oder endlich alle vier Abschnitte im Flöze *D* abgebaut werden können, ohne daß sich nachteilige Wirkungen auf den Abbau der unteren Abschnitte im Flöze *A* ergeben würden.

**66. — Ein- und zweiflügeliger Abbau.** Man unterscheidet bei der Bremsbergförderung den ein- und zweiflügeligen Abbaubetrieb, je nachdem das Baufeld vom Bremsberge aus nur nach einer Seite oder gleichzeitig nach beiden Seiten hin in Angriff genommen wird. Im allgemeinen wird der zweiflügelige Bau bevorzugt, da er die doppelte Angriffsfläche liefert und eine entsprechend höhere Förderleistung ermöglicht. Doch muß dabei auch auf die Förderung Rücksicht genommen werden.

Das Anschlagen von beiden Seiten macht keine Schwierigkeiten, wenn mit Gestellen gefördert wird, wogegen Wagenbremsberge wegen der Rücksicht auf das Gegengewichts- oder zweite Fördergleise besondere Hilfseinrichtungen erfordern. Die Ausnutzung der Bremsberge und ihre Leistungsfähigkeit ist namentlich bei Gestellförderung größer als bei einflügeligem Betrieb, weil infolge der Kohlenzufuhr von beiden Seiten die flache Bauhöhe geringer genommen werden kann und muß und infolgedessen die mittlere Förderhöhe im Bremsberg kleiner ausfällt.

Andererseits ist die Förderung in der Streichrichtung bei zweiflügeligem Betriebe mit Bremsbergförderung ungünstiger, da in dem Flügel, dessen Abbau in der Richtung nach dem Schachte hin fortschreitet, eine Rückförderung in den Kauf zu nehmen ist. Ebenso ist hinsichtlich der Stoßstellung mit Rücksicht auf den besten Verhieb (vgl. Ziff. 68) in jedem Falle der eine Flügel ungünstiger gestellt als der andere.

Bei Bremsbergförderung wirkt der zweiflügelige Betrieb auf die Vorrichtung insofern zurück, als wegen der erforderlichen Verringerung der flachen Bauhöhe mit Rücksicht auf die beschränkte Leistungsfähigkeit der Bremsberge mehr Teilsohlen eingelegt werden müssen.

Seinem Grundgedanken nach einflügelig ist der Strebbau mit wandernden Bremsbergen (s. Ziff. 94) und der Rutschenbau (s. Ziff. 103 u. f.).

**67. — Rücksicht auf das Hangende in den Abbauhohlräumen. Hauptenteilung der Abbauarten.** Je nach der Rücksicht, die man beim Abbau auf das Hangende nimmt, können verschiedene Hauptgruppen von Abbauverfahren unterschieden werden. Man kann nämlich das Hangende einfach hinter sich zu Bruch gehen lassen (Bruchbau) oder seine Senkung durch das Einbringen von Versatz mehr oder weniger abschwächen (Abbau mit Bergeversatz) oder endlich durch Anstehenlassen genügend großer Teile der Lagerstätten zwischen den einzelnen Abbauräumen seinen ursprünglichen Zusammenhalt voll zu erhalten suchen (Abbau mit Bergfesten).

Von den hiernach sich ergebenden verschiedenen Abbauarten wird man grundsätzlich stets diejenigen mit Bergeversatz zu bevorzugen haben,

da sie bei nicht zu starker Störung des Zusammenhangs der hangenden Gebirgsschichten einen möglichst vollständigen Abbau gestatten. Sind die Selbstkosten beim Abbau mit Versatz im Verhältnis zum Werte der zu gewinnenden Mineralien zu hoch, so kommen die beiden anderen Abbaumöglichkeiten in Frage. Von diesen wird man dem Bruchbau den Vorzug geben, wenn das Nachbrechen des Hangenden nicht von erheblicher Bedeutung und das Mineral zum Tragen des Hangenden mittels stehenbleibender Pfeiler nicht fest genug ist. Muß aber zur Sicherstellung des Bergbaubetriebes oder aus Rücksicht auf die Tagesoberfläche eine Beunruhigung des Hangenden unbedingt vermieden werden, wie das bei der Gewinnung von wasserlöslichen Mineralien unter wasserreichem Deckgebirge (Kalisalzbergbau), beim Abbau unter dem Meere oder unter Seen und Flüssen oder unter Siedelungen, landwirtschaftlich wertvollem Gelände u. dgl. der Fall ist, so kann bei größerer Mächtigkeit das Stehenlassen von Bergfesten geboten erscheinen. Doch ist auch in solchen Fällen immer auf die Ausbildung möglichst vollkommener und nicht zu teurer Versatzverfahren zu sinnen, um Abbauverluste zu vermeiden, zumal bei größeren Tiefen die Tragfähigkeit der Bergfesten immer zweifelhafter wird (vgl. Ziff. 163).

**68. — Verhiebarten.** Die Arten des Verhiebes im Abbau

veranschaulicht Abb. 317. Man kann den Abbaustoß unten oder oben vorausgehen lassen, ihn streichend, schwebend oder abfallend angreifen und in seiner ganzen Breite gleichmäßig oder mit einzelnen Absätzen vorgehen.

Die Neigung, die man dem Stoße, im ganzen betrachtet, gibt, hängt zunächst von dem Verlauf der Schlechten (Ablösungen) in der Kohle ab, da ein senkrecht gegen diese gerichtetes Vorgehen, d. h. eine den Schlechten gleichlaufend gerichtete Stoßstellung, die Gewinnung wesentlich erleichtert (s. die Abbildung). Diese Rücksichtnahme verlangt bei zweiflügeligem Betriebe (Ziff. 66) eine entgegengesetzte Stoßstellung auf beiden Flügeln, indem der Stoß auf dem einen Flügel oben, auf dem andern unten vorgesetzt werden muß.

Jedoch sind die Schlechten nicht immer ausschlaggebend für die Stellung des Arbeitstoßes. Zunächst ist nämlich ihre Bedeutung geringer bei steilerem Einfallen und beim Abbau mit breitem Blick (Ziff. 103 u. f.), bei dem der Gebirgsdruck die Gewinnung erleichtert. Ferner ist auch besonders auf die Gefahr des Stein- und Kohlenfalls Rücksicht zu nehmen, die je nach dem Fallwinkel und je nach der Beschaffenheit der Kohle oder

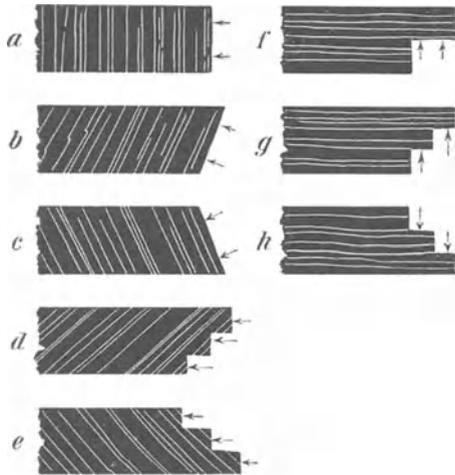


Abb. 317. Verschiedene Verhiebarten beim Abbau. Die Pfeile bezeichnen die Richtung des Verhiebes, die dünnen Linien die Schlechten.

des Nebengesteins von verschieden großer Bedeutung ist. Eine Voranstellung des Stoßes am oberen Ende bevorzugt man hiernach besonders in steilstehenden, mächtigen Flözen mit nicht zu schlechtem Hangenden, um nicht nur eine Gefährdung der Hauer durch Kohlenfall zu verhüten, sondern ihnen auch einen bequemen Einbau der schweren Zimmerung von einem sicheren Standpunkte aus zu ermöglichen. Ist jedoch das Hangende unzuverlässig, so ist die Voranstellung unten vorzuziehen, um eine Abschließung der Hauer beim Zubruchgehen des Hangenden zu verhüten.

Der schwebende oder abfallende Verhieb (Abb. 317*f—h*) eignet sich für flachere Flözneigung. Er wird in erster Linie bei streichendem Verlauf der Schichten angewandt. Im übrigen bietet er aber auch den Vorteil, daß der Hauer den alten Mann nicht hinter sich, sondern neben sich hat, also besser beobachten kann. Auch ist bei schwebendem Verhieb in mächtigen Lagerstätten die Förderung aus hohen Pfeilern insofern etwas bequemer, als das Gestänge im Abbau immer nur stückweise verlängert zu werden braucht, während es bei streichendem Verhieb im ganzen nachgerückt werden muß und mittlerweile der Abbaustoß sich immer weiter vom Gestänge entfernt.

Die Bildung mehrerer Absätze beim streichenden Verhieb (Abb. 317*d* und *e*) erfolgt vorzugsweise bei steilem Einfallen, um mehrere Angriffspunkte zu schaffen, ohne daß die Hauer sich gegenseitig stören und gefährden. Auch erleichtert dieses Vorgehen die Gewinnung, indem nach dem Einkerbigen der Ecken die stehengebliebenen Keilstücke auf den Schließflößen abgedrückt werden.

### A. Abbauverfahren ohne Unterstützung des Hangenden.

69. — **Der Pfeilerbau.** Allgemeines. Von den hier in Betracht kommenden Abbauarten soll nur der Pfeilerbau als die weitaus wichtigste behandelt werden. Er hat seinen Namen daher, daß dem eigentlichen Abbau eine Einteilung des Baufeldes durch Abbaustrecken in einzelne Pfeiler vorausgeht. Das vorgängige Treiben der Strecken ist erforderlich, weil man den alten Mann zu Bruche gehen läßt und deshalb hinter sich lassen, d. h. mit dem Abbau an der Grenze des Baufeldes (daher auch „Pfeilerrückbau“) beginnen muß. Da man beim Pfeilerbau das Hangende zu Bruch gehen läßt, nennt man ihn auch „Pfeilerbruchbau“.

Die Anwendung des Pfeilerbaues ist im großen und ganzen auf den Stein- und Braunkohlenbergbau beschränkt.

Eine verschiedenartige Ausgestaltung des Pfeilerbaues ergibt sich, je nachdem es sich um Lagerstätten von beliebigem Neigungswinkel mit geringerer oder mittlerer Mächtigkeit oder um flachgelagerte, sehr mächtige Flöze handelt. Die ersteren Bedingungen liegen z. B. im rheinisch-westfälischen, im Saarbrücker und im niederschlesischen Steinkohlenbergbau vor, während die letztgenannten Verhältnisse im ober-schlesischen Steinkohlenbergbau (Sattelflözgruppe) und im deutschen Braunkohlenbergbau überwiegen, wo Mächtigkeiten von 10 m und darüber keine Seltenheit sind. Auf den mäßig mächtigen Flözen werden durch die Vorrichtungstrecken lange Pfeiler gebildet, deren Verhieb in gleichmäßiger Weise ununterbrochen

von der Baugrenze aus fortschreitet; hinter dem Abbaustoß geht das Hangende nach und nach zu Bruch. Auf den mächtigen, flachliegenden Flözen dagegen werden die Pfeiler wieder in einzelne Abschnitte (Brüche) eingeteilt; jedesmal nach Auskohlung eines Abschnitts wird dessen Hangendes zu Bruch geworfen, ehe zur Gewinnung des nächsten Abschnitts übergegangen wird.

### a) Der Pfeilerbau mit gleichmäßig fortschreitendem Verhieb.

#### 1. Der streichende Pfeilerbau.

70. — **Einteilung des Baufeldes.** Die Zahl der Abbaustrecken oder, anders ausgedrückt, die Stärke der Pfeiler hängt in der Hauptsache ab von der Beschaffenheit des Nebengesteins, dem Fallwinkel und der Flözmächtigkeit. Stets wird man auf möglichste Beschränkung der Zahl der Abbaustrecken sehen, da diese wegen der geringen Hauerleistung und großen Unterhaltungskosten den Betrieb verteuern, auch den Gebirgsdruck vorzeitig rege machen. Namentlich in dünnen Flözen wird man größere Streckenabstände wählen, da die Strecken hier teurer als in mächtigen Flözen werden und andererseits die Kohlengewinnung des einzelnen Pfeilers stark hinter derjenigen bei größerer Mächtigkeit zurückbleibt, auch die Hauer nicht so wie in mächtigeren Flözen durch Stein- und Kohlenfall in höheren Pfeilern gefährdet werden.

71. — **Das Treiben der Vorrückungstrecken.** Um gleichmäßige Betriebsbedingungen beim Rückbau der Pfeiler zu erhalten, ist auf gleichbleibende Stärke der Pfeiler, d. h. auf gleichlaufenden Verlauf der Abbaustrecken zu halten. In flachgelagerten Flözen ist dieserhalb Vorsicht erforderlich, da in diesen eine kleine Zunahme (Abnahme) des Neigungswinkels gemäß Abb. 8 auf S. 15 bereits eine erhebliche Verringerung (Vergrößerung) des Streckenabstandes nach sich zieht. Man muß dann durch Vermittlung von Diagonals

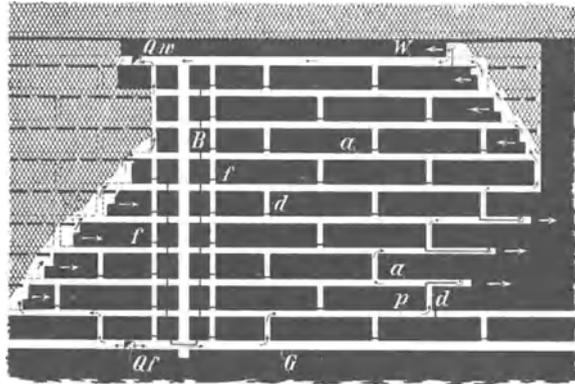


Abb. 318. Gang des Streckenbetriebes und Abbaues beim streichenden Pfeilerbau. *G* Grundstrecke, *p* Begleitort, *Qf* Förderquerschlag, *Qw* Wetterquerschlag, *B* Bremsberg, *f* Fahrüberhauen, *W* Wetterstrecke, *aa* Abbaustrecken, *dd* Durchhiebe.

strecken zwei Abbaustrecken zu einer zusammenziehen, (wenn das Einfallen steiler wird), oder von einer Abbaustrecke eine zweite abzweigen, (wenn die Neigung abnimmt), und demgemäß an jedem Durchhieb die Pfeilerstärke messen.

Da der Verhieb beim Rückbau mit dem obersten Pfeiler beginnt, so muß die oberste Strecke auch zuerst die Baugrenze erreichen. Die übrigen

sollen in solchen Abständen (5—10 m) nachfolgen, daß auf jeder Strecke sofort nach Ankunft an der Baugrenze mit dem „Pfeilern“ begonnen werden kann, dabei aber angemessene Abstände zwischen den einzelnen Pfeilerstößen bleiben (Abb. 318).

Im übrigen ist beim Auffahren der Vorrichtungstrecken besonders die Bewetterung von Bedeutung, weil diese Strecken in das unverritzte Feld hineingetrieben werden. Die älteste und einfachste Art der Bewetterung ist die aus Abb. 318 rechts ersichtliche mit Durchhieben *d*, die in regelmäßigen Abständen zwischen je zwei Strecken hergestellt und, wenn entbehrlich, abgeblendet werden und von denen aus in schlagwettergefährlichen Flözen Wetterscheider oder -latten (s. d. Abbildung) bis vor Ort nachgeführt werden müssen. Im übrigen muß bezüglich der Bewetterung der Abbau-strecken auf den Abschnitt „Grubenbewetterung“ verwiesen werden. — Fallen beim Auffahren der Vorrichtungstrecken Berge, so werden diese nach Möglichkeit an Ort und Stelle in einem „Damm“ untergebracht.

**72. — Vorrichtung unter günstigen Verhältnissen.** Eine besondere Ausbildung des Vorrichtungsbetriebes ergibt sich in mächtigen, flach gelagerten Lagerstätten mit gutem Hangenden dadurch, daß man die Strecken ganz oder nahezu in der Breite der Pfeiler auffährt, wie das besonders im amerikanischen Steinkohlenbergbau und im Minette-Bergbau Lothringens der Fall ist. Ein Beispiel aus dem letzteren gibt Abb. 319, die auch erkennen läßt, daß man zum Schutze der Bremsberge und sonstigen Hauptförderwege in deren Nachbarschaft die Strecken auf eine gewisse Erstreckung (5—10 m) mit geringerer Breite auffährt. Man erzielt bei dieser Betriebsweise im Streckenbetriebe annähernd die gleiche Hauerleistung wie im Abbau. Die Breite der Strecken und Pfeiler hängt dann lediglich von der Rücksicht auf das Verhalten des Hangenden ab, für das auch die Dauer des Abbaues, d. h. die Länge der Bauabteilungen, von Bedeutung ist. Diese Baulänge kann aber gering gehalten werden, da bei derartigen Lagerungsverhältnissen Bremsberge entweder (bei ganz flachem Fallen) überhaupt nicht erforderlich sind oder doch ihre Anlage und Unterhaltung nur geringe Kosten verursacht, so daß man ihre Zahl nicht sehr zu beschränken braucht.

**73. — Der Rückbau der Pfeiler.** Der Rückbau der Pfeiler muß wegen des Nachbrechens des Hangenden mit dem obersten Pfeiler beginnen. Die unteren Pfeiler läßt man dann in Abständen von etwa 5—10 m nachfolgen. Bei steilerer Lagerung muß jeder Pfeiler gegen Steinfall aus dem zu Bruche gehenden alten Mann über ihm gesichert werden. Das geschieht meist durch Anstehenlassen einer Schweben (in Westfalen „Strang“ genannt) am oberen Rande eines jeden Pfeilers. Sie wird durchschnittlich etwa 1 m stark genommen, muß jedoch um so stärker sein, je steiler das Flöz steht, je größer seine Mächtigkeit und je mürber die Kohle ist. Nach unten hin muß sie sicher abgefangen werden. In nicht zu großen Abständen (etwa alle 5 m) werden in der Schweben Durchbrüche für den Wetterzug hergestellt (Abb. 318). Wegen der großen Kohlenverluste, die das Anstehenlassen der Schweben namentlich bei größerer Flözmächtigkeit mit sich bringt, ersetzt man sie verschiedentlich durch einen starken Stempelschlag, der von jeder Kameradschaft für den nächstunteren Pfeiler, also in der Sohle ihrer Abbaustrecke, eingebracht wird. In dünneren Flözen kann die Schweben

auch durch einen Bergedamm ersetzt werden, in dem die vom Nachreißen der Strecken stammenden Berge untergebracht werden. Auch bei größerer Mächtigkeit kann man nach Abb. 319 die Schweben entbehren, wenn das Einfallen flach und das Hangende fest ist. Hier sind nur in dem oberen Baufelde bei *s* Sicherheitspfeiler vorgesehen, die dieses Feld in je zwei gleichzeitig in Verhieb zu nehmende Abschnitte teilen.

**74. — Sicherheitspfeiler.** Der Grundstreckenpfeiler (Sohlenpfeiler) sollte nach Möglichkeit beim Auffahren der Grundstrecke (vgl.

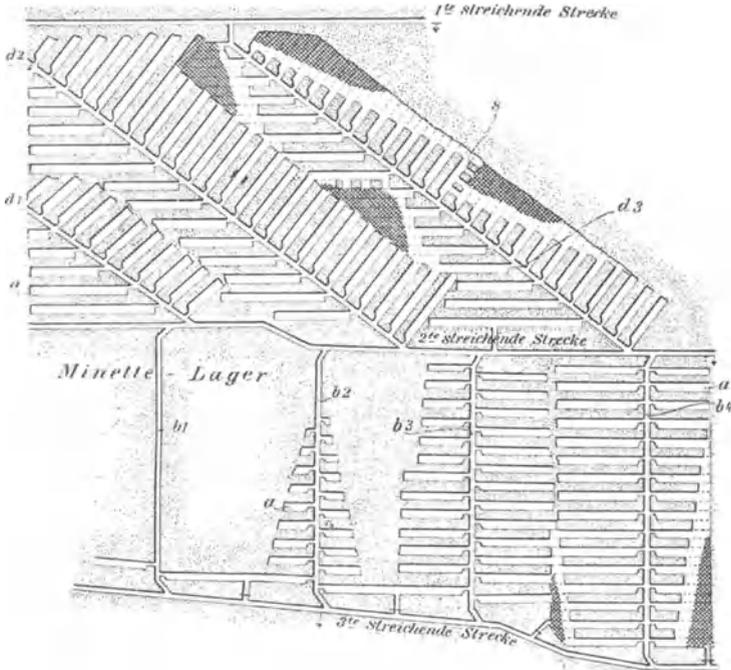


Abb. 319). Pfeilerbau der Minettegrube Moltke bei Algringen.

Ziff. 48) abgebaut und durch Bergeversatz ersetzt werden. Sofern das nicht geschehen ist, muß er zum Schutze der Grundstrecke einstweilen stengelassen werden, da diese später noch als Wetterabzugstrecke dienen muß. Daher muß beim Abbau eines Baufeldes auch der Sohlenpfeiler über der Wetterstrecke (*W* in Abb. 318 auf S. 329) mitgenommen werden, was nach der Abbildung mit abfallender Wetterführung unter Benutzung eines Wetterscheiders geschieht.

Nach Beendigung des Abbaues einer Bauabteilung wird der zum Schutze des Bremsbergs stehengebliebene Sicherheitspfeiler (falls nicht der Bremsberg von vornherein in Versatz gesetzt war) noch soweit wie möglich verhauen.

<sup>1)</sup> Glückauf 1906. Nr. 47, S. 1545; Dr. Ahlburg: Die Abbauverfahren auf den größeren Minettegruben im Bergrevier Diedenhofen.

In den meisten Fällen kann allerdings wegen des mittlerweile aufs höchste gestiegenen Gebirgsdrucks nur ein Teil dieser Pfeilerstücke gewonnen werden; nicht selten muß man sogar auf die Gewinnung überhaupt verzichten.

## 2. Der schwebende und diagonale Pfeilerbau.

**75. — Schwebender Pfeilerbau.** Beim schwebenden Pfeilerbau werden die Vorrichtungstrecken schwebend aufgefahren und sodann die Pfeiler abfallend zurückgebaut. Dieses Abbauverfahren kommt fast ausschließlich für flache Lagerung in Betracht.

Dem Hochbringen der einzelnen schwebenden Abbaustrecken geht in schlagwettergefährlichen Flözen wie beim streichenden Pfeilerbau die Herstellung eines Wetterdurchhiebcs bis zur oberen Sohle oder Teilsohle voraus.

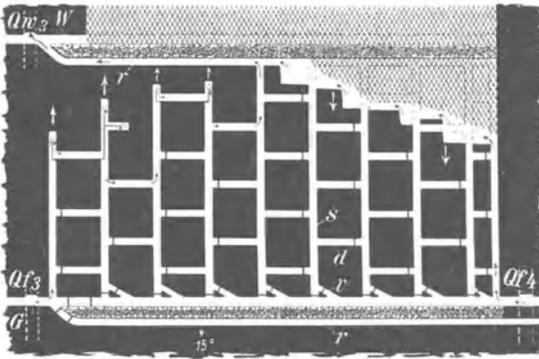


Abb. 320. Schema des schwebenden Pfeilerbaues.

Die Bewetterung beim Streckenvortrieb erfolgt mit Hilfe streichender Durchhiebe ( $d$  in Abb. 320). In den Strecken  $s$  kann bei genügend flachem Fallen Schlepperförderung umgehen; bei stärkerer Neigung werden kleine „fliegende Bremsen“ mitgenommen, die auch nachher für die Förderung aus dem Abbau Verwendung finden. An

die Grundstrecke  $G$  werden die einzelnen Förderstrecken bei nahezu söhligler Lagerung durch einfache Kranzplatten, bei Bremsförderung durch kleine Diagonalen ( $v$  in der Abbildung) angeschlossen.

**76. — Anwendung des schwebenden Pfeilerbaues.** Der Grund zu einer Bevorzugung des schwebenden Pfeilerbaues vor dem streichenden liegt verschiedentlich in dem Verlauf der Schichten in der Kohle. Im übrigen ergibt sich häufig durch geringfügige „Wellen“ im Flöz ohne weiteres ein Übergang vom streichenden zum schwebenden oder diagonalen (s. d.) Pfeilerbau und umgekehrt, falls man die Abbaustrecken ohne Berücksichtigung der kleinen Änderungen im Einfallen geradeaus treiben will.

**77. — Diagonaler Pfeilerbau.** Der diagonale Pfeilerbau ist durch die zwischen Streichen und Einfallen annähernd die Mitte haltende Richtung seiner Abbaustrecken gekennzeichnet. Er wird bei so flachem Einfallen angewendet, daß in den Diagonalen noch durch Schlepper gefördert werden kann. Doch ist er in den wenigen Fällen, in denen er überhaupt vorkommt, in der Regel lediglich eine durch einen Wechsel im Fallwinkel und damit auch in der Streichrichtung bedingte Übergangsform zwischen dem streichenden und dem schwebenden Pfeilerbau. So zeigt z. B. Abb. 319, wie über der zweiten streichenden Strecke an die Stelle des über der dritten Strecke

umgehenden streichenden Baues ein halb schwebender, halb diagonal Bau getreten ist. Die spitzen Winkel zwischen den streichenden Strecken und den Diagonalen, die im Kohlenbergbau wegen der Gefahr ihrer Zerdrückung ein wesentlicher Nachteil des diagonalen Baues sind, wirken hier wegen der größeren Festigkeit des Minerals und des Hangenden nicht schädlich.

### 3. Beurteilung des Pfeilerbaues mit ununterbrochenem Verhieb.

78. — **Vorzüge und Nachteile des Pfeilerbaues.** Ein Vorzug des Pfeilerbaues ist seine allgemeine Anwendbarkeit in allen solchen Lagerstätten, in denen nicht reichlicher Bergesfall oder die Notwendigkeit, die Hohlräume auszufüllen, ohne weiteres zum Abbau mit Versatz nötigen. Er kann in mächtigeren sowohl wie in dünnen, in flachliegenden sowohl wie in steil auferichteten Lagerstätten, bei guten sowohl wie bei schlechten Nebengesteinsverhältnissen, im Kohlenbergbau außerdem sowohl in Flözen mit als auch in solchen ohne Bergmittel oder Nachfall angewendet werden. Denn allen diesen verschiedenartigen Bedingungen läßt er sich durch entsprechende Ausgestaltung (größere oder kleinere Abmessungen der Baufelder und einzelnen Pfeiler, streichenden oder schwebenden Verhieb usw.), anpassen und hängt außerdem von der Zuführung „fremder“ Berge nicht ab, ohne deshalb das Versetzen von mäßigen Mengen „eigener“ Berge an Ort und Stelle auszuschließen.

Auf der anderen Seite sind aber schwerwiegende Nachteile ohne weiteres zu erkennen. Zunächst bringt der Pfeilerbau eine Reihe von Abbauverlusten mit sich. Allerdings können die Kohlenverluste aus dem Anstehenlassen von Grundstrecken- und Bremsberg-Sicherheitspfeilern durch Breitauffahren der Grundstrecken und Bremsberge vermieden und auch die aus dem Anstehenlassen von Schweben sich ergebenden Verluste wesentlich verringert werden. Doch bleiben immer noch große Kohlenmengen anstehen infolge vorzeitigen Zubruchgehens von Pfeilerabschnitten oder starken Gebirgsdrucks, der zum Preisgeben von Pfeilern oder sogar ganzen Bauabteilungen zwingen kann. Daher ist in der Regel mit einem Kohlenverlust von 20 %, vielfach aber auch mit einem solchen von 30 % und darüber zu rechnen. Zu dem Verlust, den diese nicht gewonnenen Mineralmengen darstellen, treten im Steinkohlenbergbau noch die durch Wärme- und Gasentwicklung aus den zurückbleibenden Kohlen sowie durch deren Brandgefährlichkeit sich ergebenden Belästigungen und Gefahren. — Dazu kommt die ungünstige Wirkung der offenstehenden oder doch nur teilweise durch Zubruchgehen des Hangenden ausgefüllten, ausgedehnten Hohlräume; diese geben dem frischen Wetterstrom Gelegenheit, sich zu zerstreuen, und bilden große Sammelbehälter für schädliche Gase, die namentlich bei plötzlichen Barometerstürzen und bei dem plötzlichen Zubruchgehen größerer Hohlräume in Masse den belegten Bauen zuströmen und so eine ständige Bedrohung für diese bilden. — Außerdem wirkt der Pfeilerbau stark auf das Gebirge ein, da er dieses in zahlreiche einzelne „Schollen“ zerbrechen läßt. Dadurch werden zunächst die Grubenbaue unter großen Druck gebracht, der sich namentlich beim Vordringen in größere Teufen sehr nachteilig bemerkbar macht. Weiterhin aber wird die Tagesoberfläche durch diese

Brucherscheinungen stark in Mitleidenschaft gezogen. — Ein weiterer Übelstand ist die Verschlechterung der Kohle, die infolge der vielfachen Durchörterung mit Strecken und Durchhieben nicht nur reichliche Gelegenheit zur Entgasung erhält, sondern auch durch den Gebirgsdruck mürbe gemacht und so in ihrem Stückkohlengehalt wesentlich beeinträchtigt wird. Zwar gibt es in dieser Beziehung auch Ausnahmen: in sehr schlagwetterreichen Flözen kann die dem Abbau vorhergehende Entgasung, in Flözen mit festem Hangenden und harter Kohle die Entfesselung des Gebirgsdrucks, der die Gewinnung erleichtert, bis zu einem gewissen Grade erwünscht sein. Doch sind bei stärkerer Grubengasentwicklung wieder die ohnehin stets bedenklichen Durchhiebe besonders gefährlich.

**79. — Wirtschaftlichkeit des Pfeilerbaues.** Der Pfeilerbau wurde namentlich früher für billig gehalten, weil bei ihm die Beschaffung von Versatzbergen und die durch die Ausführung der Versatzarbeit verursachten Kosten für Löhne und besondere Einrichtungen fortfallen. Diese Rechnung war jedoch zu kurzfristig aufgemacht, denn dieser Ersparnis stehen verschiedene Ausgaben gegenüber, die die Selbstkosten stark belasten. Zunächst verteuert das Auffahren der Strecken und Durchhiebe wegen der dabei erzielten geringen Hauerleistung und der schlechten Ausnutzung der Bremsbergförderung den Betrieb wesentlich. Ferner erfordern Strecken und Bremsberge, da sie lange offen bleiben müssen und stark unter Druck kommen, große Unterhaltungskosten; dementsprechend sind die Holzkosten hoch, zumal auch eine Wiedergewinnung des Holzes im Abbau kaum möglich ist. Dazu treten als mittelbare Selbstkosten: die Bergförderung aus Gesteinsbetrieben aller Art mit ihrer Belastung der Förderschächte und den für den Haldensturz notwendigen Ausgaben für Grunderwerb, Löhne und Fördereinrichtungen sowie ferner die erheblichen Aufwendungen für Bergschäden. Hierhin sind auch die bereits vorhin gewürdigten Abbauverluste zu rechnen.

Alles in allem ergibt sich sonach, daß auch hinsichtlich der Gesteinskosten der Pfeilerbau dem Abbau mit Bergeversatz meist nachsteht.

Dennoch wird wahrscheinlich der Pfeilerbau in manchen Fällen das Feld behaupten, nämlich dann, wenn (wie im Minettebergbau) günstige Gesteinsverhältnisse die Abbauverluste und die Kosten für die Streckenunterhaltung verringern, die Schlagwettergefahr und die Wärmeentwicklung unerheblich und die Bergschädenkosten wegen geringer Besiedelung des Geländes geringfügig sind, anderseits aber in Flözen von einer gewissen Mächtigkeit die Beschaffung und Zuführung von Bergen (z. B. wegen abgelegener Lage der Abbaubetriebe oder wegen Erschöpfung der alten Bergehalden oder wie vielfach im Aachener Bezirk wegen ungünstiger Lagerungsverhältnisse) besonders teuer sein würde.

#### **b) Der Pfeilerbau in einzelnen Abschnitten (Pfeilerbruchbau im engeren Sinne).**

**80. — Grundgedanke.** Sollen Flöze von großer Mächtigkeit bei flacher Lagerung abgebaut werden, so ergibt sich eine besondere Ausgestaltung des Pfeilerbaues, da hier dieselbe Kohlenmächtigkeit, die beim Bau auf dünneren Flözen erst im Laufe von längeren Jahren, von den hangenden zu den

liegenden Flözen fortschreitend, abgebaut wird, auf einmal zum Verbrüche kommt. Zunächst müssen die hohen Kohlenstöße möglichst bald vom Drucke des Hangenden, soweit das überhaupt möglich ist, entlastet werden. Denn wegen ihrer größeren freien Flächen sind sie gegenüber diesem Drucke viel weniger widerstandsfähig als die Stöße in Flözen von geringerer Mächtigkeit. Außerdem ist mit Rücksicht auf die Tagesoberfläche ein längeres Offenstehen der großen Hohlräume besonders bei festem Gebirge äußerst bedenklich; denn ein plötzliches Zubruchgehen ausgedehnter „Glocken“ zieht noch wesentlich stärkere, erdbebenartige Erscheinungen nach sich, als sie bereits beim Abbau von weniger mächtigen Flözen beobachtet werden. (Vgl. auch die Ausführungen unter „Gebirgsdruck“ im Abschnitt „Grubenausbau“ des II. Bandes.) Daher überläßt man unter solchen Verhältnissen das Hangende nicht sich selbst, sondern führt jedesmal nach Freilegung einer mäßig großen Fläche durch „Rauben“ der Zimmerung das Zubruchgehen des Hangenden künstlich herbei. Daraus ergibt sich das als „Bruchbau“<sup>1)</sup> bezeichnete Verfahren.

Aus diesem mit der Gewinnung abwechselnden Zubruchwerfen des Hangenden folgt die Einteilung eines Pfeilers zwischen zwei Abbaustrecken in eine Reihe einzelner Abschnitte, deren jeder für sich zunächst verhauen und dann zu Bruch geworfen wird.

Bereits oben wurden als Hauptanwendungsgebiete dieses Pfeilerbaues der oberschlesische Steinkohlenbergbau und der Braunkohlenbergbau bezeichnet. Jedoch unterscheiden beide sich dadurch, daß das Hangende im oberschlesischen Bergbau vorzugsweise aus sprödem Gebirge (Sandstein), im Braunkohlenbergbau dagegen aus milden, nachgiebigen Schichten besteht.

**81. — Oberschlesischer Pfeilerbau.** In Oberschlesien war dieser Abbau früher in den „Sattelflözen“ (s. oben, S. 73—74), deren Mächtigkeit 4—10 m und mehr beträgt, fast ausschließlich in Gebrauch; jetzt tritt auch hier der Abbau mit Bergeversatz mehr und mehr in den Vordergrund. Der oberschlesische Pfeilerbruchbau wird durch die Abbildungen 321—323 veranschaulicht. Die einzelnen Bremsberge werden in der Regel einflügelig abgebaut, da sie sonst die wegen der großen Mächtigkeit gelieferten bedeutenden Kohlenmengen nicht würden bewältigen können, auch zu stark in Druck kommen würden. Die Abbaustrecken werden meist rd. 3 m breit und hoch aufgefahren.

Der Rückbau der Pfeiler erfolgt wie beim Pfeilerbau auf dünneren Flözen von hinten und oben nach vorn und unten. Die Breite der vorhin erwähnten Unterabschnitte beträgt meist 7—8 m. Die Ausgewinnung eines jeden Abschnitts wird eingeleitet durch Hochbrechen in der Abbaustrecke bis zur Firste (d. h. bis zum Hangenden oder bis zu der etwa unter diesem anzubauenden Kohlenbank) unter gleichzeitiger Verbreiterung der Abbaustrecke auf 5 m. Das Hangende der so verbreiterten Abbaustrecke *A* (Abb. 321) wird durch schwebende Kappen *f* abgefangen, die zunächst beiderseits in

<sup>1)</sup> Dieser Ausdruck kann allerdings zu Verwechslungen Anlaß geben, da er aus dem Erzbergbau übernommene Ausdruck „Bruchbau“ ursprünglich den Abbau in oder unter losen Bruchmassen bezeichnete (vgl. die Lehrbücher von Serlo, Köhler, Treptow u. a.).

den Kohlenstoß eingebüht werden, nach begonnenem Verhieb des eigentlichen Pfeilers aber mit ihrem oberen Ende auf der untersten der in diesem eingebauten streichenden Kappen *s* ruhen. — Sodann erfolgt die Gewinnung der im Pfeiler selbst anstehenden Kohle, und zwar schwebend durch firstenbauartigen (Abb. 322 *a*) oder strossenbauartigen (Abb. 322 *b*) Verhieb unter Abstützung der überhängenden Kohlenbank bzw. des Hangenden durch Hilfstempel und -spreizen. Der Firstenangriff bildet die Regel.

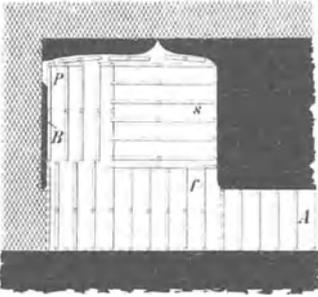


Abb. 321. Verzimmerung eines Abschnitts beim oberschlesischen Pfeilerbau.

Liegen die Verhältnisse schwierig, d. h. ist bei großer Flözmächtigkeit ein wenig festes Hangendes vorhanden, so läßt man zunächst gegen den alten Mann der oberen Strecke sowohl wie gegen denjenigen des benachbarten, „ausgeraubten“ Abschnittes ein Kohlen-„Bein“ stehen, das nach beendigtem Verhiebe des Abschnittes noch soweit wie möglich hereingewonnen wird. Man muß dabei mit großer Vorsicht vorgehen, um ein Hereinrollen und Hereinbrechen des zu Bruch gegangenen Hangenden in den Abbauraum zu verhüten. Daher beginnt man bei dem oberen Bein (*P* in Abb. 321) mit dessen Schwächung in der Mitte und arbeitet von dort aus langsam und vorsichtig nach den Seiten weiter. Das seitliche Bein *B* wird in ebenso vorsichtiger Weise von oben nach unten abgebaut, soweit das möglich ist.

Während des Auskohlens eines Pfeilerabschnittes wird seine vordere

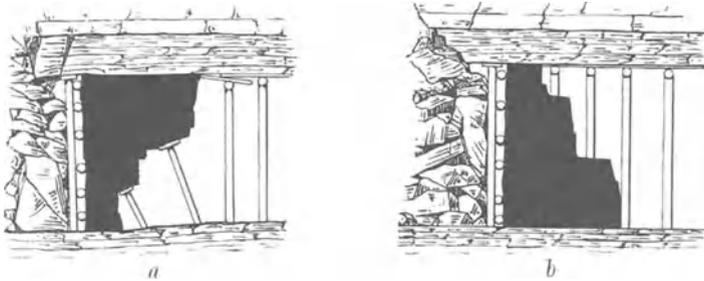


Abb. 322 *a* und *b*. Verhiebarten beim oberschlesischen Pfeilerbau.

sowohl wie seine untere Kante durch die sog. „Orgeln“  $O_1$  und  $O_2$  (Abb. 323) gesichert, die durch Stempel, die zwischen den einzelnen Kappen eingebaut sind, gebildet werden. Die Orgeln sollen das Hereinbrechen des Hangenden auf den jeweiligen Abschnitt beschränken und das Weiterrollen der hereingebrochenen Blöcke in die seitlich und nach unten hin angrenzenden Abschnitte verhüten. Die Zahl der Orgelstempel richtet sich daher nach den zu erwartenden Druckverhältnissen und nach der Größe der einzelnen Blöcke; im Bedarfsfalle werden die Stempel nicht nur sehr dicht gestellt, sondern

auch noch durch Vorstempel verstärkt (vgl. auch den Abschnitt „Grubenausbau“ in Bd. II).

Ist der Verhieb eines Abschnittes beendet und sind die Orgeln gestellt, so erfolgt das „Rauben“, d. h. die Entfernung der Stempel. Wegen der Gefährlichkeit dieser Arbeit raubt man nicht alle Stempel, sondern nur die weniger belasteten; auch dürfen zum Rauben nur besonders erfahrene und gewandte, dem Ortsältesten sich unbedingt unterordnende Leute verwendet werden. Weil Bewegungen im Hangenden sich

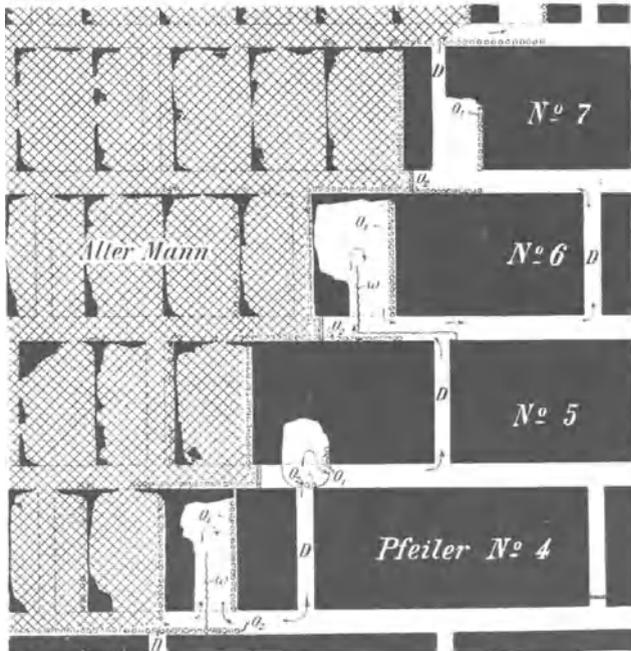


Abb. 323. Grundriß mehrerer Abbaubetriebe beim oberschlesischen Pfeilerbau.

durch kleine Geräusche ankündigen, darf das Rauben nur bei größter Stille, d. h. nicht während der Förderschicht, erfolgen.

Nach dem Rauben wird der Abschnitt an seinem vorderen Ende in der Strecke durch einen starken Verschlag („Damm“) abgeschlossen (Abb. 323), um das Hereinrollen von Bergen in die Strecke und deren Zubruchgehen beim Rauben zu verhüten.

Liegen die Verhältnisse günstiger, so kann ohne oberes Bein gearbeitet werden. Vielfach läßt man aber auch das seitliche Bein fort, um die Kohlenverluste zu verringern. Man muß dann diesen Kohlensicherheitspfeiler, dem Vorrücken des schwebenden Verhiebes nach oben entsprechend, durch eine starke Zimmerung („Versatzung“) ersetzen. Zu diesem Zwecke wird die den vorher ausgekohlten Abschnitt begrenzende Orgel ausreichend verstärkt, indem etwa herausgeschlagene Stempel ersetzt und

außerdem die Stempel noch durch schräge Streben gegen Firste und Sohle verspreizt werden.

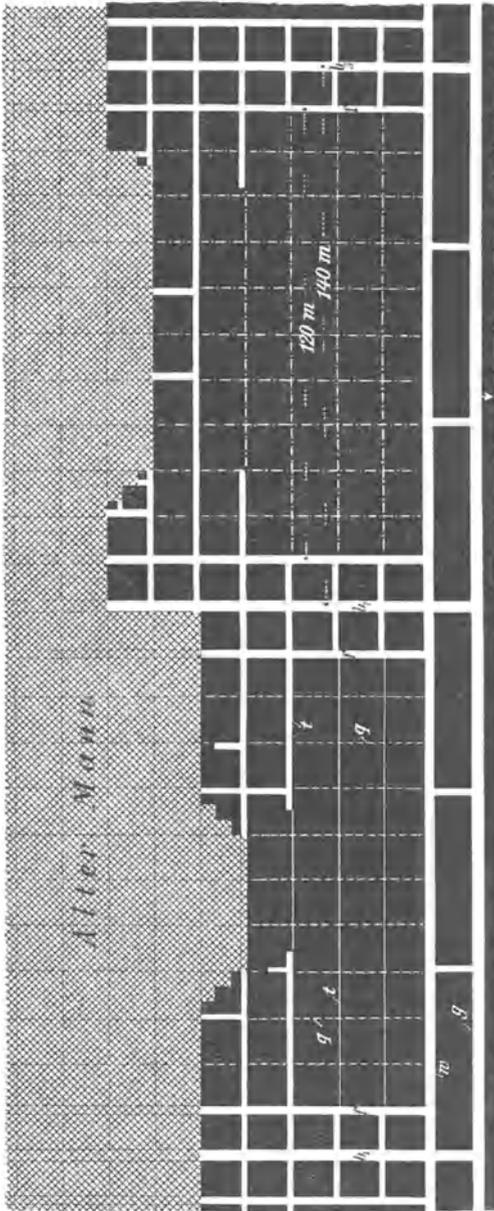


Abb. 324. Deutscher Braunkohlen-Pfeilerbruchbau in geneigten Scheiben.

Die Wetterführung wird gleichfalls durch die Abbildungen veranschaulicht. Der frische Wetterstrom streicht in der nach dem Bremsberg hin zunächst gelegenen Reihe von Durchhieben *D* hoch und wird von diesen aus in streichender und schwebender Richtung durch Wetterscheider den einzelnen Bauabschnitten zugeführt (Pfeiler Nr. 4 und 6). Kann das obere Bein ganz durchbrochen werden (Pfeiler Nr. 7), so geht der Wetterstrom durch diesen Durchbruch unmittelbar zum nächsthöheren Pfeiler.

**82. — Pfeilerbruchbau in der Braunkohle.** Im Braunkohlenbergbau sind die aus Sand, Kies und Ton bestehenden Deckschichten vielfach von so geringer Mächtigkeit, daß die geworfenen Brüche sich gleich bis zur Erdoberfläche fortpflanzen. Da in der Regel nur ein Flöz abgebaut wird, kann nach dessen Verhieb, sobald das Hereinbrechen der Deckschichten abgeschlossen ist, die Oberfläche gleich wieder in Benutzung genommen werden.

Der Pfeilerbruchbau auf Braunkohlenflözen zeigt gewisse Verschiedenheiten, je nachdem die Kohle von milder oder fester Beschaffenheit ist und je nachdem der Abbau in söhlichen (in sehr mächtigen und in

flachgelagerten Flözen) oder in geneigten Bauabschnitten (in geneigten Flözen von geringer und mittlerer Mächtigkeit) geführt wird. Im letzteren Falle ist noch zu unterscheiden, ob das ganze Flöz auf einmal (bei geringerer Mächtigkeit) in Angriff genommen wird oder ob (bei größerer Mächtigkeit) der Abbau bankweise erfolgt.

Die Vorrichtungstrecken werden zur Vermeidung unnötiger Unterhaltungskosten, da der Abbau wegen der großen Mächtigkeit nur langsam vorrückt, nach Möglichkeit erst ganz kurz vor dem Abbau aufgefahen; die Vorrichtung erfolgt daher wie der Abbau in kleinen Abschnitten.

Ein für die meisten deutschen Braunkohlen-Tiefbaue bezeichnender Abbau wird in den Abbildungen 324—326 veranschaulicht. Er erfolgt in geneigten (Abb. 324) oder söhligem (Abb. 325 und 326) Scheiben. In jeder beginnt die

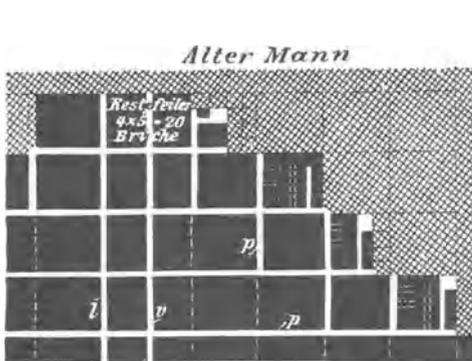


Abb. 325.

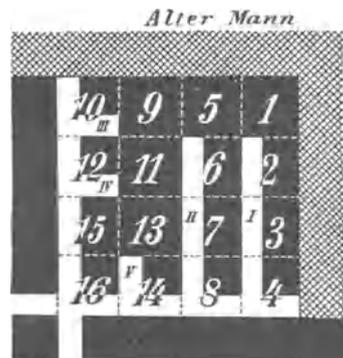


Abb. 326.

Deutscher Braunkohlen-Pfeilerbruchbau in söhligem Scheiben.

Vorrichtung mit dem Treiben einer Hauptförderstrecke *g* (Abb. 324), die der besseren Bewetterung wegen mit einer Begleit- und Fahrstrecke *w* aufgefahen wird. Von der Hauptförderstrecke aus wird die Scheibe durch die Hilfstrecken *b*<sub>1</sub>—*b*<sub>3</sub> (*l* in Abb. 325), die in Abständen von 100—300 m aufgefahen werden, in Hauptabschnitte zerlegt. Diese letzteren werden nun durch ein nach und nach unmittelbar vor dem Abbau hergestelltes Netz von streichenden und querschlägigen Strecken *l* und *q* (*p* in Abb. 325) in eine Reihe von Bruchabschnitten geteilt, deren jeder 9—16 „Brüche“ von je 12—20 qm Fläche umfaßt. Diese Abschnitte werden wieder mit kleinen Hilfstrecken *I*—*V* (Abb. 326) soweit durchörtert, wie es notwendig ist, um für jeden einzelnen Bruch einen Angriffspunkt zu erhalten. Von den Strecken aus werden die Brüche in der Regel nach einer Seite ausgekohlt, so daß die Strecke an den Rand des zugehörigen Bruches zu liegen kommt. Die Stempel werden unter Kappen geschlagen, die zur besseren Sicherung des Hangenden noch Querpfähle tragen. In ähnlicher Weise werden die Stöße gesichert; die Verpfählung wird hier gegen die Bruchstempel oder auch durch den ganzen Bruch hindurch gegen die Verpfählung auf der anderen Seite abgespreizt. Bei gebräucher Kohle muß man Sicherheitspfeiler („Beine“) gegen den alten Mann um den Bruch herum anstehen lassen, was zu erheblichen Kohlen-

verlusten führt. Man setzt daher an den Bruchrändern vielfach Schutzstempel („Orgeln“), um die Beine möglichst vollständig gewinnen zu können.

Das „Werfen“ eines Bruches erfolgt durch Hereinrauben der Zimmerung, nachdem die Schienen entfernt sind und zum Zurückhalten des hereingebrochenen Gebirges sowie zur Verhütung eines etwaigen Verschlämmens der Bruchstrecke am Eingang des Bruches ein Damm in die Strecke gesetzt ist. Die Brüche „gehen“ um so besser, je mehr Sand- und Kiesschichten im Hangenden vorhanden sind. Wird dieses dagegen ganz oder größtenteils durch Tonschichten gebildet, so bleiben diese häufig hängen, so daß immer erst mehrere Brüche auf einmal geworfen werden können. — Die Reihenfolge, in der das Werfen der einzelnen Brüche erfolgt, ist in Abb. 326 durch Ziffern angedeutet; die römischen Ziffern dieser Abbildung kennzeichnen die Reihenfolge im Auffahren der Bruchstrecken.

Derartige Brüche werden (Abb. 325) auf allen einzelnen streichenden Strecken gleichzeitig in Angriff genommen, so daß der Abbau, im ganzen betrachtet, in diagonaler Richtung rückwärts fortschreitet.

Wird in geneigten Scheiben abgebaut (Abb. 324), so ist der Betrieb ähnlich. Nur muß hier mit einem Hereinbrechen der Massen des alten Mannes an der oberen Bruchgrenze gerechnet werden. Man wirft daher nacheinander erst die Brüche über einer einzigen streichenden Strecke  $t$ , so daß bis zur Inangriffnahme der nächsttieferen Brüche der alte Mann zur Ruhe kommen kann.

## B. Abbaufverfahren mit Unterstützung des Hangenden.

### a) Der Abbau mit Bergeversatz.

#### 1. Allgemeine Erörterungen.

83. — **Vorteile des Einbringens von Versatz.** Die Vorzüge des Abbaues mit Bergeversatz entsprechen im allgemeinen den oben ausführlicher geschilderten Nachteilen des Pfeilerbaues, brauchen hier also nur kurz, wie folgt, besprochen zu werden.

Die Bergschäden können zwar nur bei äußerst sorgfältiger Ausführung des Bergeversatzes fast ganz hintangehalten werden, werden aber immer durch den Versatz mehr oder weniger verringert. Die wohltätige Wirkung des Versatzes beruht nicht nur darauf, daß das Maß der Senkungen überhaupt eingeschränkt wird, sondern auch auf deren milderem und gleichmäßigerem Verlauf. Das über den Hohlräumen lagernde Gebirge kann weniger in einzelne Schollen zerbersten und ruckweise hereinbrechen, sondern wird zunächst von dem Versatz getragen und senkt sich erst allmählich unter entsprechender Zusammenpressung der Versatzberge; es ruht gleichsam auf einem Polster.

Allerdings kommt diese günstige Wirkung des Versatzes nur bei Tonschiefer-Hangendem voll zur Geltung. Sandsteingebirge macht, namentlich bei größerer Flözmächtigkeit und flacher Lagerung, Schwierigkeiten, da es sich zunächst in gewissem Umfange frei trägt und dann ruckweise setzt.

Sehr günstig wirkt der Versatz auf die Wetterführung: die Abbaustöße werden von geschlossenen Strömen, die zwischen ihnen und dem Ver-

satz gut zusammengehalten werden, wirksam bestrichen, was namentlich für gasreiche Flöze und warme Abbaue besonders wichtig ist. Auch bleiben keine größeren Hohlräume, die als Gas- und Wasserbehälter und als Herde des Grubenbrandes gefährlich werden können. Diese letzteren Gefahren sowie die schädliche Wärmeentwicklung im alten Mann werden außerdem auch durch den reineren Abbau vermieden, der durch die Einbringung von Versatz ermöglicht wird. Ein wichtiger Vorzug ist ferner die starke Beschränkung der Abbauverluste (vgl. auch Ziff. 84).

Das Tragen des Hangenden durch den Versatz wirkt außerdem insofern günstig, als dadurch nicht nur die Unfälle durch Stein- und Kohlenfall verringert werden, sondern auch der allgemeine Gebirgsdruck wesentlich herabgemindert wird, was sich namentlich beim Offenhalten von Wetterstrecken und -querschlägen sowie beim Auffahren von Aus- und Vorrichtungsbetrieben auf den tieferen Sohlen vorteilhaft bemerklich macht. Dementsprechend verringert der Bergeversatz die Holzkosten teils unmittelbar (durch die Möglichkeit der Wiedergewinnung der Zimmerung unter günstigen Verhältnissen), teils mittelbar (durch Verringerung des allgemeinen Gebirgsdrucks). Der Nachteil, daß Strecken im Versatz stark unter Druck kommen und oft mehrere Male neu ausgebaut werden müssen, bis der Versatz sich festgedrückt hat, wird durch das schnellere Abwerfen dieser Strecken größtenteils wieder wettgemacht, da diese nicht vor Beginn des Abbaues hergestellt, sondern erst mit diesem zugleich aufgefahren werden.

Weiterhin sind zu nennen die günstige Hauerleistung, der Wegfall der Berge-Aufwärtsförderung im Schachte und des Haldensturzes und (im Steinkohlenbergbau) die Gewinnung der Kohle in gas- und stückreicher Beschaffenheit.

**84. — Bedeutung des Bergeversatzes für den Abbau der Sicherheitspfeiler.** In dem Bestreben, die durch den Bergeversatz zu erzielenden Vorteile voll auszunutzen, ist man neuerdings besonders im Ruhrkohlenbezirk immer mehr dazu übergegangen, die früher bis zur Beendigung des Abbaues stehengelassenen oder überhaupt verloren gegebenen Sicherheitspfeiler gleich zu Anfang abzubauen. Der Übelstand, daß man dann in den streichenden und schwebenden Flözstrecken im Anfang, nämlich bis zum Festdrücken des Versatzes durch Senkung des Hangenden, mit starkem Gebirgsdruck zu kämpfen hat und den Ausbau (vielfach mehrere Male) erneuern muß, wird gering geachtet gegenüber den Vorteilen, die dieses Verfahren bringt: Druckfreiheit der betreffenden Betriebe nach Beruhigung des Gebirges, Gewinnung der Kohlen mit günstiger Hauerleistung und in guter Beschaffenheit, vorteilhafte Einwirkung auf die Bewetterungs- und Temperaturverhältnisse. Auch die Querschläge sollte man trotz der vorübergehenden Störung der Förderung infolge des Zusammenpressens des Versatzes nicht durch Kohlen-Sicherheitspfeiler zu schützen versuchen. Im Gegenteil empfiehlt Nieß<sup>1)</sup> mit Recht den sofortigen Abbau („Entspannungsverhieb“) der dem Querschlag benachbarten Flözstücke noch vor Eröffnung des eigentlichen Abbaubetriebes. Bei Aufbrüchen hat in flachgelagertem Gebirge das Ab-

<sup>1)</sup> Glückauf 1909, Nr. 28, S. 993; Nieß: Streckensicherung und Entspannungsverhieb in druckhaften Flözen.

bauen der Flözteile in ihrer Umgebung keine bedenklichen Folgen. Bei steilem Einfallen ist die Wirkung des Abbaues auf Aufbrüche allerdings ungünstiger, da hier außer der Seigerbewegung des Gebirges auch dessen söhlicher Schub sich bemerklich macht. Jedoch kann man auch hier die Sicherheitspfeiler bei Beobachtung der nötigen Vorsichtsmaßregeln (Holzpfeiler in den benachbarten Flözteilen, Faschinenpackung zwischen diesen und dem Schachtausbau, vgl. den Abschnitt „Schachtausbau“ in Bd. II) gleich mitgewinnen.

Wegen des Abbaues der Sicherheitspfeiler für Hauptschächte vgl. Ziff. 178, S. 434.

**85. — Verschiedene Ausführung des Versatzes.** Die Abschwächung der Gebirgsbewegungen durch den Versatz ist je nach seiner Ausführung und den Lagerungsverhältnissen sehr verschieden. Zunächst wird die Wirksamkeit des Versatzes durch die in ihm enthaltenen Hohlräume beeinträchtigt; feinkörniges, dicht liegendes Versatzgut (Sand, Asche u. dgl.) trägt daher bedeutend besser als grobe Berge. Ferner ist das Einfallen von Bedeutung. Bei steiler Lagerung, d. h. solange die Berge noch auf dem Liegenden rutschen, ist nicht nur das Entleeren der Bergewagen bedeutend bequemer, sondern auch keine besondere Sorgfalt auf das Bergestürzen und dessen Beaufsichtigung zu verwenden; auch drücken die Berge sich durch ihr Eigengewicht fest zusammen. Fällt dagegen die Lagerstätte flach ein, so ist das Versetzen namentlich in sehr dünnen und in sehr mächtigen Lagerstätten mühsam. Daher kann dann nur durch scharfe Überwachung ein sorgfältiger Versatz erzwungen werden. Auch muß unterschieden werden, ob die Förderstrecken mitversetzt oder im Versatze offen gehalten werden; letzteres Verfahren führt zu stärkeren Gebirgsbewegungen, da die Strecken sich allmählich zudrücken. Außerdem ist die Herkunft der Berge von Einfluß. Stammen sie nur aus dem Abbau selbst oder aus dem Nachreißen der Abbaustrecken, d. h. wird mit „eigenen“ Bergen versetzt, so wird das Senken des Hangenden zwar zeitweilig aufgehalten (infolge der Auflockerung der gewonnenen Berge), nicht aber endgültig verhindert; die Senkung kann vielmehr, da der Versatz sich im Laufe der Zeit in alle Hohlräume hineindrückt, schließlich den vollen, durch die Mineralgewinnung bedingten Betrag erreichen. Eine nennenswerte Verringerung der Senkungen läßt sich also auf die Dauer nur durch Zuführung „fremder“ Berge, d. h. solcher aus anderen Betrieben oder von Tage her, erreichen, weil nur durch solche Berge ein tatsächlicher Ersatz für die gewonnenen Mineralien beschafft wird. Immerhin läßt sich auch durch den Versatz mit eigenen Bergen bereits ein großer Teil der Vorteile des Abbaues mit Versatz erzielen.

Der wirksamste Versatz ist der durch Einspülen feinkörnigen Versatzgutes in die Baue bewirkte sog. „Spülversatz“, auf den in Ziff. 137 u. f. näher eingegangen werden soll.

Endlich ist auch noch zu bedenken, daß ein Sinken des Hangenden vor der Einbringung des Versatzes sich gemäß Abb. 327 kaum vermeiden läßt. Daher ist auch fast stets der Bedarf an Versatzbergen geringer, als er sich unter Zugrundelegung der abgebauten Kohlenmächtigkeit rechnerisch ergeben würde.

Unter Berücksichtigung aller dieser Gesichtspunkte kann man im allgemeinen für die Zusammenpressung von Versatz folgende Zahlen annehmen:

Art des Versatzes	Endgültige Höhe im Verhältnis zur ursprünglichen Kohlenmächtigkeit
Guter Spülversatz <sup>1)</sup> . . . . .	85—95%
Handversatz bei steiler Lagerung	{ mit feinkörnigen Bergen . . . . . 75—85% { mit grobkörnigen Bergen . . . . . 60—75%
Handversatz bei flacher Lagerung	
	{ mit Zuführung fremder Berge { mit Beschränkung auf eigene Berge . . . . . 15—30%

86. — Die Bedeutung des Bergeversatzes für die Mineralgewinnung. Da jeder Versatz sich zusammendrücken läßt, so tritt stets ein Nachsinken des Hangenden hinter dem Abbaustoß ein, wobei dieses sich

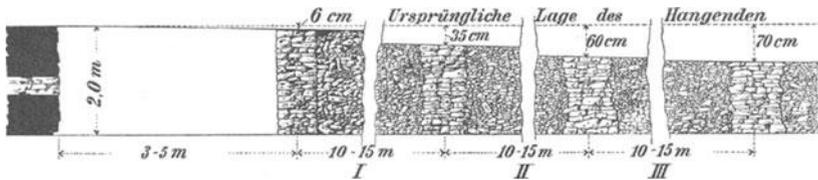


Abb. 327. Verlauf der Senkung des Hangenden beim Abbau mit Bergeversatz.

auf den Versatz setzt. In den meisten Fällen erfolgt bei genügend raschem Vorrücken des Abbaues die Senkung des Hangenden ohne Bruch; es biegt sich durch und folgt in Gestalt einer flacheren oder steileren „Welle“ dem Abbaustoß. Abb. 327<sup>2)</sup> zeigt beispielsweise einen solchen Senkungsvorgang nach genauen Messungen, bei denen in regelmäßigen Abständen vom Abbaustoß der jeweilige Abstand des Hangenden von Sohlenpflocken festgestellt wurde, die genügend tief ins Liegende eingetrieben wurden, um nicht mehr durch dessen Quellen beeinflusst zu werden. Das Hangende verhält sich demgemäß ähnlich wie ein über der Kohle eingespannter, hinter ihr sich durchbiegender Balken und drückt als einarmiger Hebel auf den Abbaustoß um so stärker, je näher die „Welle“ an diesen heranrückt. Durch die Mitwirkung dieses Druckes kann die Gewinnung wesentlich erleichtert werden. Daher ist auf richtigen Fortschritt des Abbaustoßes im Verhältnis zur Druckwirkung zu achten. Denn wenn die Welle im Hangenden zu weit zurückbleibt, so wird der Druck zu schwach; rückt sie dagegen dem Kohlenstoß zu nahe, so klemmt der zu stark ansteigende Gebirgsdruck die Kohle fest und bringt den Stoß unter Spannung, erschwert und gefährdet also die Gewinnung. Die Schnelligkeit des Vorrückens des Abbaustoßes muß demgemäß je nach der Festigkeit der Kohle, dem Auftreten von Schlechten, der Flözmächtigkeit

<sup>1)</sup> Vgl. hierzu die Abb. 379 auf S. 398, die Beispiele für das Maß der Zusammendrückbarkeit im einzelnen gibt.

<sup>2)</sup> Glückauf 1912, Nr. 43, S. 1750; von Bolesta-Malewski: Abbau mit hohem Stoß unter Verwendung von Abbaufördereinrichtungen.

keit, der Zusammendrückbarkeit des Bergeversatzes und der Beschaffenheit des Hangenden verschieden geregelt werden. Die zweckmäßigste Verhiebgeschwindigkeit wurde beispielsweise durch Versuche auf Zeche Rheinpreußen bei Homberg für Flöze von 0,6—1,2 m Mächtigkeit zu 1,0—1,5 m in der Schicht ermittelt<sup>1)</sup>.

Von Bedeutung ist außerdem die Lage des Abbaues zu den Bauen benachbarter, gleichfalls mit Bergeversatz abgebauter Flöze<sup>2)</sup>. Denn da deren Versatz gleichfalls mehr und mehr zusammengedrückt wird, so findet der vom Hangenden eines höheren Flözes („Bertha“ in Abb. 328) ausgeübte Druck vollen Gegendruck erst über demjenigen Teil des Bergeversatzes im liegenden Flöze („Marie“), der bereits völlig zusammengedrückt ist. Dagegen wird über den jüngeren Abbaubetrieben in Flöz Marie dessen Versatz noch zu-

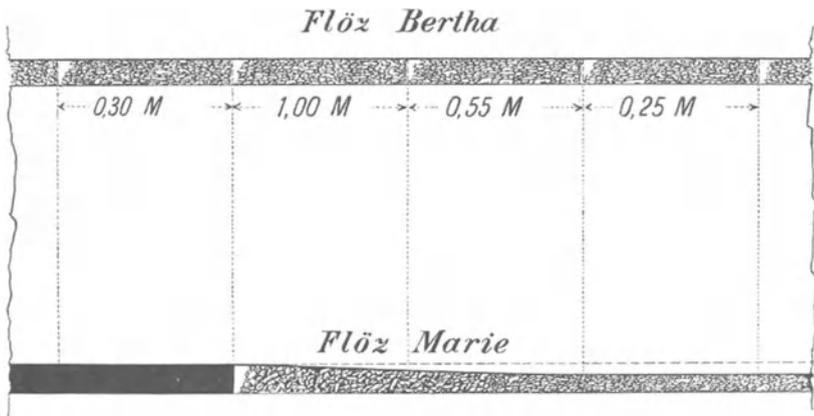


Abb. 328. Einwirkung eines älteren Abbaues auf das Gedinge beim Abbau eines hangenden Flözes (nach Morin).

sammengedrückt und dadurch der auf das Flöz Bertha zurückwirkende Gegendruck verringert und der Verhieb dieses Flözes verteuert (vgl. die an den einzelnen Streben in Flöz Bertha angegebenen Lohnsätze für den Wagen Kohlen), ganz abgesehen davon, daß der Abbau im Flöze Bertha auch durch die noch nicht abgeschlossenen Gebirgsbewegungen im Gefolge des Abbaues in „Marie“ erschwert und gefährdet wird. Ähnliche Wirkungen treten auch ein, wenn das später abzubauen Flöz im Liegenden des früher abgebauten liegt, indem dann das erstere durch den noch nicht zusammengedrückten Versatz des letzteren vom Gebirgsdruck entlastet wird.

Man sollte also nach Möglichkeit den Abbau nicht vor der Zusammendrückung des Versatzes in den Nachbarflözen eröffnen.

Die vorstehenden Erörterungen gelten in erster Linie für flacheres Einfallen, da bei steilerer Neigung ein immer geringerer Teil des gesamten Gebirgsdruckes senkrecht zur Flözebene wirkt.

<sup>1)</sup> S. die auf S. 71 in Anm. <sup>1)</sup> angeführte Festschrift zum XI. Deutschen Bergmannstage, III. Teil, S. 147; A. Schwemann: Die Grubenbaue.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1892, S. 223 u. f.; Dütting: Welche Erfahrungen usw. — Bulletin de la soc. de l'ind. min. 1912, S. 252 u. f.; L. Morin: Quelques effets de pressions de terrains etc.

Bleibt der Abbau längere Zeit an einer Stelle stehen oder bleibt der Versatz zu weit zurück, so bricht das Hangende durch (Abb. 329), und es bilden sich am Rande des Abbaustoßes entlang gefährliche Bruchkanten aus, auf die daher die preußische Stein- und Kohlenfallkommission mit Recht hinweist<sup>1)</sup>.

**87. — Beschaffung der Versatzberge.** Die für den Versatz notwendigen Berge können „eigene“ oder „fremde“ Berge sein. Erstere stammen aus der Lagerstätte selbst (Bergmittel oder Nachfall in Kohlenflözen, taube „Gangart“ in Erzgängen, Steinsalz in Kalisalzlagern) oder aus dem Nebengestein, wie es beim Nachreißen der Abbaustrecken, Bremsberge usw. gewonnen wird. Hinsichtlich der zum Versatz erforderlichen Menge von eigenen Bergen muß die „Auflockerungszahl“ oder das „Schüttungsverhältnis“, d. h. das Verhältnis zwischen dem Raummaß der hereingewonnenen und dem der anstehenden Berge, in Rechnung gestellt werden, das für Gebirgsarten, die in mehr oder weniger flachen, regelmäßigen Stücken brechen (Schiefer, Kohle), mit 1,5:1, für Gebirgsarten, die zur Bildung unregelmäßiger Bruchstücke neigen (Sandstein, Konglomerat), mit bis zu 2,5:1 angenommen zu werden pflegt. Nach den Beobachtungen von Fayol<sup>2)</sup> ist jedoch das Verhältnis 2:1 als Höchstmaß anzusehen. Auch ist das Verhältnis für ein- und dasselbe Gestein verschieden, je nachdem den groben Bruchstücken mehr oder weniger kleine beigemischt sind.

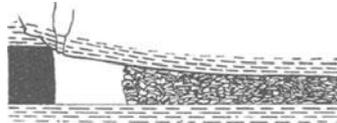


Abb. 329. Durchbrechen des Hangenden bei zu langsamem Fortschritt eines Abbaues mit Versatz.

Fremde Berge sind zunächst die in der Grube bei den verschiedenen Gesteinsarbeiten fallenden Berge. Es empfiehlt sich, den Abbaubetrieb so zu führen, daß stets eine passende Gelegenheit zur Unterbringung dieser Bergemengen geboten wird. Weiterhin können die bei der Aufbereitung ausgeschiedenen Klaub- und Waschberge vorteilhaft Verwendung finden. Allerdings werden solche Berge auf Steinkohlenbergwerken zweckmäßig mit anderen vermischt. Sie neigen nämlich infolge ihres starken Gehaltes an Kohlenstoff und Schwefelkies zur Wärmeentwicklung, die sich bei flacher Lagerung, wo der Versatz nicht dicht genug wird, um die Luft fernzuhalten, bis zum Brande steigern kann. Im Kalisalzbergbau entsprechen den Waschbergen die Rückstände der Chlorkaliumfabriken, die häufig einen bedeutenden Prozentsatz der Förderung (auf Hartsalzwerken bis 70%) ausmachen und dann zum Versatz nahezu ausreichen. — Große Mengen von Versatzbergen können auch aus alten Bergehalden und aus den Schlacken- und Aschenhalden benachbarter Hüttenwerke entnommen werden. Ebenso kann man gut ausgebrannte und abgelöschte Kesselasche versetzen.

Bergwerke, die sehr mächtige Lagerstätten abbauen und ohne Versatz überhaupt nicht auskommen können, sehen sich zur Einrichtung besonderer Betriebe für die Gewinnung von Versatzbergen genötigt. Diese befinden sich entweder über Tage (Steinbrüche, Sandgruben) oder unter Tage. Im letzteren

<sup>1)</sup> S. den auf S. 306 in Anm. <sup>1)</sup> angeführten Gesamtbericht, S. 205.

<sup>2)</sup> Haton de la Goupillièrre, Cours d'exploitation des Mines, (Paris, Dunod), 3. Aufl., 1907, Bd. II, S. 93.

Falle werden sie „Bergemühlen“ genannt und bestehen in großen Hohlräumen im Nebengestein, die so weit und hoch ausgeschossen werden, wie es die Gebirgsfestigkeit zuläßt. Besonders der deutsche Kalisalzbergbau macht von diesem Mittel der Bergegewinnung Gebrauch, da ihm in dem das Liegende der Kalisalzlager bildenden „älteren Steinsalz“ ein vorzügliches, zähes Gebirge für diesen Zweck zur Verfügung steht.

Ist die volle Menge der notwendigen Versatzberge überhaupt nicht oder nur mit unverhältnismäßig großen Kosten zu beschaffen, so hilft man sich bei flacher Lagerung durch Holzpfeiler aus altem Grubenholz, die mit Bergklein ausgefüllt werden. Läßt sich auch damit kein vollständiger Versatz erzielen, so muß wenigstens darauf gesehen werden, daß der Versatz, wo er eingebracht wird, bis unter das Hangende hochgeführt wird und eher einzelne Stellen ganz ohne Versatz bleiben, als daß durch gleichmäßige Ausbreitung des Versatzes größere Flächen des Hangenden ohne Unterstützung gelassen werden.

**88. — Bergewirtschaft.** Die Art und Weise der Verteilung der fremden Berge und ihre Zuführung zu den einzelnen Betriebspunkten richtet sich in erster Linie nach der Herkunft der Berge, an zweiter Stelle nach den Förderwegen und Förderkosten. Es lassen sich im allgemeinen drei Verfahren unterscheiden, die allerdings häufig auch gemischt zur Ausführung kommen, nämlich:

1. Die Verteilung der Berge vom Schachte aus über die Wettersohle nach unten (Abb. 330),
2. die Verteilung der Berge vom Schachte aus über die Fördersohle nach oben (Abb. 331),
3. die Hochförderung der Berge von besonderen Förderstellen ( $b_2$  in Abb. 332) innerhalb der Grube zur Wettersohle und ihre Verteilung auf dieser nach unten durch Bremsberge, Bremsschächte oder Rolllöcher  $b_1$  und  $b_3$ .

Bei den Verfahren 1. und 3. kann es sich sowohl um Berge, die in der Grube gewonnen sind, als auch um solche, die vom Tage her eingefördert werden, handeln, während im zweiten Falle Grubenberge kaum in Frage kommen. — Im einzelnen ist hierzu noch folgendes zu bemerken:

1. Die Zuführung der Berge über die Wettersohle vom Schachte aus kommt vorzugsweise für die von Tage her einzuhängenden Berge in Frage und vermeidet eine Störung der Förderung auf der Fördersohle durch die Bergförderung. Wird über der Wettersohle gleichfalls noch Abbau geführt, so stehen die Streckenfördereinrichtungen auf dieser Sohle auch für die Bergförderung zur Verfügung. Für die in der Grube gewonnenen Berge kommt das Verfahren, da eine lebhaftere Schachtförderung die Störung durch die Bergförderung zwischen zwei Sohlen nicht erträgt, überhaupt nur dann in Betracht, wenn im Schachte eine Nebenförderung umgeht oder in der Nähe des Schachtes ein blinder Schacht  $s$  zur Verfügung steht.

2. Das Verfahren nach Abb. 331 verringert die Belästigung der Schachtförderung und nützt das Eigengewicht der Berge für diese besser aus. Auf der anderen Seite sind hier als Nachteile die Störung der Streckenförderung und der Kraftverbrauch für das Hochziehen der Berge in zahlreichen besonderen Bremsbergen und blinden Schächten in den Kauf zu nehmen.

3. Die Bergförderung und -verteilung nach Abb. 332 vermeidet bei den Grubenbergen die Rückförderung ganz oder doch zum größten Teile und vereinigt im übrigen die Vorteile der unter 1. und 2. besprochenen Verteilungsarten, indem für das Hochziehen der Berge wenige, gut ausgenutzte Fördereinrichtungen ausreichen und das Abziehen der von Tage kommenden Berge am Hauptfüllort erfolgt.

Am besten eignet sich dies Verfahren sowie das unter 1. genannte bei steiler Lagerung, wo die Berge von der Wettersohle aus durch Rolllöcher abgestürzt werden können. Bei flachem Einfallen dagegen wird der

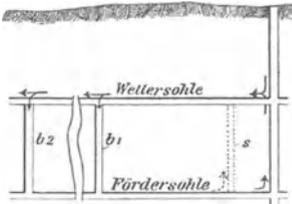


Abb. 330.

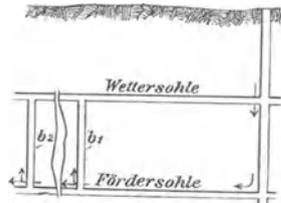


Abb. 331.

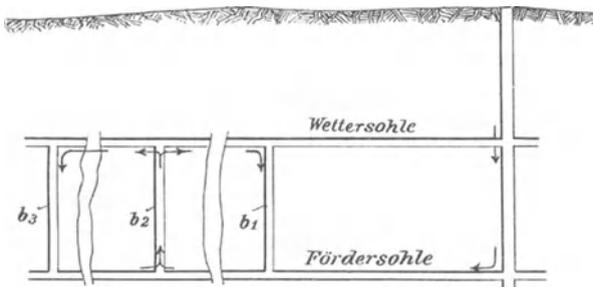


Abb. 332.

Abb. 330—332. Verschiedene Arten der Zuführung fremder Berge.  
 $b_1$ — $b_3$  Bremsberge oder -schächte bzw. Rolllöcher.

Bremsberg- und Bremsschachtbetrieb durch das Einhängen der Berge von oben her erschwert; hier verdient daher das Verfahren unter 2. den Vorzug.

In allen Fällen ist auf Steinkohlengruben die Herstellung der richtigen Beziehungen zwischen Bergzuführung und Kohlenförderung, die häufig auf große Schwierigkeiten stößt, von großer Wichtigkeit, da sonst leicht ein Teil der Vorteile des Bergeversatzes durch unzureichende Zuführung leerer Wagen zu den Betriebspunkten und sonstige Stockungen in der Förderung wieder verlorengeht. Besonders schwierig wird die Lösung dieser Aufgabe, wenn die obere Sohle nicht lediglich Wettersohle, sondern auch noch Fördersohle für einen über ihr umgehenden Abbau ist.

Auch die richtige Anpassung des Gefälles an die beiden entgegengesetzten Förderrichtungen ist wichtig, damit weder die Kohlen- noch die Bergförderung einseitig bevorzugt wird. Das gilt auch für das

Verfahren 1, weil die hier zur Bergförderung benutzte Wettersohle früher Fördersohle gewesen und als solche mit entsprechendem Ansteigen ins Feld aufgefahren worden ist. Man ist daher schon so weit gegangen, auf der Wettersohle eine besondere Richtstrecke nebst den zugehörigen Abteilungsquerschlägen mit einem Gefälle von 1:80 eigens für die Bergförderung zu Felde zu führen<sup>1)</sup>. Doch werden sich die dafür aufzuwendenden erheblichen Anlage- und Unterhaltungskosten in der Regel nicht durch die zu erzielenden Kraftersparnisse bezahlt machen.

## 2. Besprechung der einzelnen Abbauarten.

89. — **Vorbemerkung.** Im folgenden soll auf die wichtigsten Verfahren für den Abbau mit Bergeversatz näher eingegangen werden. Dabei sollen zunächst diejenigen, bei denen die Lagerstätte in breiter Fläche angegriffen wird, und darauf diejenigen, bei denen der Abbau in einzelnen Streifen erfolgt, besprochen werden. Eine besondere Gruppe bilden außerdem noch die an den Pfeilerbau erinnernden Abbauverfahren mit Vor- und Rückbau. Die erstgenannten Abbauarten sind in neuerer Zeit wegen ihrer weiter unten (Ziff. 119—122) zu erörternden Vorzüge immer mehr in den Vordergrund getreten.

### α) Der Strebbau.

90. — **Allgemeines.** Beim Strebbau wird die in Angriff genommene Bauabteilung von der Vorrichtungstrecke (in der Regel vom Bremsberge)

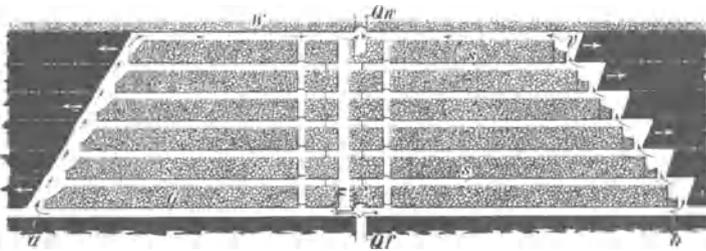


Abb. 333. Schema des Strebbaus mit breitem Blick (links) und mit abgesetzten Stößen (rechts).

aus in breiter Fläche nach der Baugrenze hin fortschreitend verhauen. Dabei werden in dem in geringem Abstände nachrückenden Bergeversatz eine Anzahl Förderstrecken ausgespart, so daß die Förderung rückwärts erfolgt und der Versatz in eine entsprechende Anzahl von Streifen zerlegt wird.

Wie beim Pfeilerbau kann auch hier der streichende, schwebende und diagonale Abbau unterschieden werden.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1908, S. 138; Versuche und Verbesserungen.

aa) Der streichende Strebbaue.

**91. — Abgrenzung und Einteilung des Baufeldes.** Als Vorrichtung genügt (Abb. 333) ein Bremsberg, der bei steilerem Einfallen von einem oder zwei Fahrüberhauen begleitet wird.

Über die zweckmäßige Bemessung der flachen Höhe und streichenden Länge eines Baufeldes gilt im allgemeinen das früher (S. 305 u. f.) Gesagte.

Für die Wahl des Streckenabstandes, d. h. der Breite des von je einer Kameradschaft zu gewinnenden Streifens, ist hier außer den beim Pfeilerbau angeführten Gesichtspunkten auch die Gewinnung von Versatzbergen durch Nachreißen der Strecken zu berücksichtigen, die besonders dann ins Gewicht fällt, wenn fremde Berge gar nicht oder nur mit großen Kosten zugeführt werden können. Sollen z. B. (Abb. 334) in einem 0,8 m einschließlich 0,2 m Bergmittel mächtigen, mit 5° einfallenden Flöz Strecken von 1,6 m Breite und 1,8 m mittlerer Höhe hergestellt werden und nimmt man der

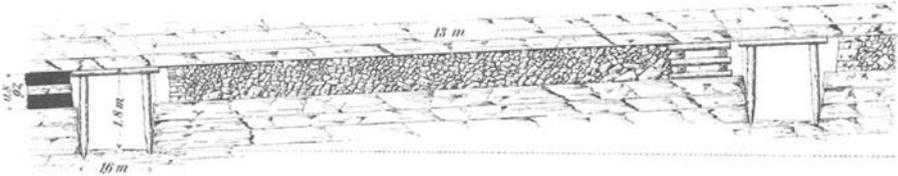


Abb. 334. Abstand der Strebstrecken beim Versatz mit eigenen Bergen.

Einfachheit halber, da eine genaue Begrenzung des Streckenquerschnitts nicht vorhanden ist, für diesen Rechteckform an, so beträgt er annähernd  $1,6 \times 1,8 = 2,9$  qm, der Rauminhalt also für 1 lfd. Meter Strecke 2,9 cbm. Davon werden  $0,8 \times 1,6 \sim 1,3$  cbm durch Gewinnung des Flözes, also der Fehlbetrag  $2,9 - 1,3 = 1,6$  cbm durch Nachreißen des Liegenden erhalten. Rechnet man mit einem Schüttungsverhältnis von 2, so füllen diese 1,6 cbm anstehenden Gesteins lose einen Raum von 3,2 cbm aus. Dazu kommen noch rund 2 m des 0,2 m mächtigen Bergmittels in der Strecke, die bei dem gleichen Schüttungsverhältnis  $2 \times 2 \times 0,2 = 0,8$  cbm ausfüllen, so daß im ganzen  $3,2 + 0,8 = 4,0$  cbm zur Verfügung stehen. Berücksichtigt man nun, daß das Bergmittel im Abbau unter Berücksichtigung der Schüttung einen Raum von  $2 \times 0,2 = 0,4$  m Höhe ausfüllt, und nimmt man eine Senkung des Hangenden mit 0,05 m vor dem Einbringen des Versatzes an, so ergibt

sich der Streckenabstand zu  $\frac{4,0}{0,8 - 0,4 - 0,05} = \frac{4,0}{0,35} \sim 11,5$  m, was unter Be-

rücksichtigung des zweckmäßig zwischen Versatz und Strecken gelassenen Abstandes und des Einbaues von Holzpfeilern auf etwa 13 m Strebweite führt.

Sollen außer den „eigenen“ noch „fremde“ Berge versetzt werden, so vergrößert sich der Streckenabstand entsprechend.

Liegt umgekehrt der Fall so, daß die eigenen Berge jeder Strecke wegen größerer Flözmächtigkeit nur vielleicht 3—5 m flache Höhe ausfüllen können, fremde Berge aber nicht zu beschaffen sind, so darf man den Streckenabstand doch nicht so gering werden lassen, weil sonst die Streckenunterhaltungs- und die Förderkosten zu sehr steigen würden. Man muß dann, falls man

nicht überhaupt ein anderes Abbaufahren, z. B. den vereinigten Streb- und Pfeilerbau (s. d.), vorzieht, entweder sich mit unvollständigem Versatz begnügen oder besondere, nicht zur Förderung benutzte Hilfstrecken („blinde Strecken“ oder „Blindörter“) zur Bergengewinnung nachführen.

**92. — Abbau.** Der Abbau beginnt gleich am Bremsberge. Liegt die Lagerstätte flach und ist daher der Bremsberg, wie das jetzt die Regel bildet, von vornherein in Versatz gesetzt worden, so beginnt man von der diesen Versatzstreifen begleitenden schwebenden Strecke (Fahrüberhauen oder Wetterrösche) aus. Bei steiler Lagerung läßt man am besten ebenfalls den Abbau gleich am Bremsberge beginnen, muß diesen aber dann durch eine kräftige Verschalung sichern.

Nach der Gestaltung des Abbaustoßes unterscheidet man den Strebbaue mit „breitem Blick“ (Abb. 333 links) und denjenigen mit „abgesetzten

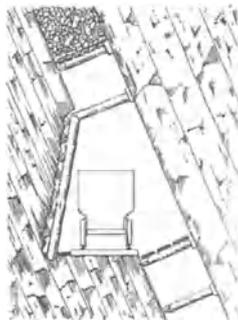


Abb. 335. Strebstrecke auf dem Liegenden bei steilem Einfallen mit abgefangenem Versatz.

Stößen“ (Abb. 333 rechts). Die erstere Angriffsart verdient im allgemeinen den Vorzug. Sie vermeidet zunächst einspringende Ecken, die auf Schlagwettergruben stets eine gewisse Gefahr bilden, ermöglicht also eine günstige Bewetterung. Ferner verhütet sie durch das gleichmäßige Vorrücken in breiter Front bei hinreichender Geschwindigkeit dieses Vorrückens (vgl. Ziff. 86) das gefährliche Durchbrechen des Hangenden, wie es bei abgesetzten Stößen wegen des größeren Abstandes vom Versatz leicht (s. Abb. 329 auf S. 345) an den streichenden Kanten der Stöße eintritt. Endlich kann beim Vorgehen mit breitem Blick auch die maschinelle Schrämarbeit mit Stangenschrämmaschinen (s. oben, S. 150 u. f.) in großem Maßstabe und mit gutem Nutzen angewandt werden, sofern sich die Lager-

stätte überhaupt dazu eignet. Doch kann mit breitem Blick im allgemeinen nur dort vorgegangen werden, wo das Einfallen genügend flach ist, damit nicht die unteren Kameradschaften durch den Abbau über ihnen gefährdet werden, und wo außerdem das Hangende in seiner Gesamtheit fest genug ist, um die vorübergehende Bloßlegung in einem ununterbrochenen Streifen zu ertragen.

Wird mit abgesetzten Stößen zu Felde gegangen, so läßt man bei steilerer Lagerung in der Regel die unteren Stöße vorausgehen, um in den Abbaustrecken nicht über den Hohlraum zwischen dem Bergversatz und dem Kohlenstoß der darunterliegenden Streben hinwegfahren zu müssen. Jedoch zieht man nicht selten die Voranstellung der oberen Streben vor. Dieses Vorgehen macht bei flacher Lagerung keine Schwierigkeiten und kann auch bei steilem Fallen ohne weiteres dann erfolgen, wenn die Lagerstätte so wenig mächtig ist, daß das Fördergestänge auf das nachgerissene Liegende zu liegen kommt (Abb. 335). In mächtigeren Flözen macht allerdings diese Stoßstellung die Überbrückung des freien Raumes über dem nächsttieferen Strebstoß mittels Sohlenstempel und Bahnschwellen erforderlich.

Zu dieser Reihenfolge der Stöße kann der Verlauf der Schlechten Veranlassung geben. Außerdem kann dadurch die Bewetterung verbessert werden, indem durch abfallenden Verhieb einspringende Ecken vermieden und schädliche Gase, die sich infolge des Abbaues benachbarter Flöze aus diesen durch Setzrisse im Hangenden in den Strebbau hinein durchdrücken, ohne Gefährdung der Abbaustöße schräg vom Abbau fort und zum Wetterquerschlage hin abgesaugt werden. Ferner braucht bei dieser Stoßstellung der Bremsberg nur für die denkbar kürzeste Zeit offen gehalten zu werden, da die obersten Streben zuerst die Baugrenze erreichen und daher der Bremsberg von oben nach unten stückweise abgeworfen werden kann.

Eine besondere Gestalt nimmt der streichende Strebbau an, wenn er in dünnen, steil gelagerten Flözen mit gutem Hangenden geführt und der Versatz größtenteils durch fremde Berge gedeckt wird. Man geht dann



Abb. 336<sup>1)</sup>. Strebbau mit fremden Bergen bei steilem Einfallen.

(Abb. 336) mit hohen Stößen vor, deren jeder in Absätzen angegriffen werden muß, um ihn mit mehreren Hauern belegen zu können. Die Strecken werden der Bergzufuhr wegen söhlig hergestellt; die Schlepper können den von vorn mitgebrachten Bergewagen zuerst in den Versatz des nächstunteren Stoßes entleeren, um ihn dann vor ihrem eigenen Betriebspunkt mit Kohlen zu füllen. Dies Vorbeifahren an den einzelnen Abbaustößen, sofern der untere Stoß vor dem oberen zu Felde rückt, muß durch Abfangen der Kohlen in Sammeltrichtern unter jedem Abbaustoß ermöglicht werden. — Ein solches Abbauverfahren kann freilich auch als ein über mehreren Teilsohlen gleichzeitig umgehender Firstenbau bezeichnet werden (s. Ziff. 106 u. f.).

Die Abbildung veranschaulicht gleichzeitig die Lösung des Flözes durch Ortsquerschläge  $q$  von einem Nachbarflöze oder einem Stapelschachte aus; ein Bremsberg ist mithin in dem dargestellten Flöze nicht erforderlich.

**93. — Abbaustrecken.** Die im Versatz nachgeführten Strecken liegen bei mittlerem und steilem Einfallen, wie die Abbildungen erkennen lassen, an der oberen Grenze des zugehörigen Strebstoßes, so daß jede Kameradschaft den Streckenhohlraum für die nächsthöhere schafft,

<sup>1)</sup> Sammelwerk Bd. II, S. 217.

während diese letztere den „Bahnbruch“ und die Fördereinrichtung dieser Strecke herstellt. Bei flachem Einfallen jedoch legt man die Strecken zweckmäßig in die Mitte der zugehörigen Strebstöße (Abb. 337), um den Versatz und die Abförderung vom Abbaustoß zu erleichtern. Der Förderung zum Bremsberge hin kommt man durch Herstellung der Strecken mit entsprechendem Ansteigen entgegen. Sollen jedoch viel fremde Berge zugeführt werden, so daß auf einer und derselben Strecke annähernd gleiche Kohlen- und Bergemengen in entgegengesetzten Richtungen gefördert werden müssen, so fährt man die Strecken zweckmäßig „totsöhlig“ auf.

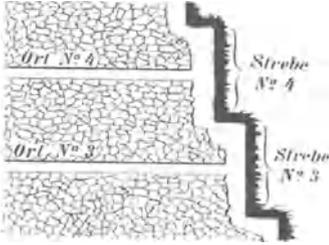


Abb. 337. Nachführen der Strebstrecken in der Mitte der Stöße.

In steilgeneigten Flözen muß das Abrutschen des Versatzes in die Strecken durch dessen sorgfältiges Abfangen verhütet werden. Das geschieht in Flözen von geringerer Mächtigkeit am besten durch einen besonderen Stempelschlag („Bergekasten“, s. Abb. 335), während man in mächtigeren Flözen die Berge der Holzersparris halber lieber auf der Streckenzimmerung selbst aufrufen läßt und diese nachgiebig gestaltet.

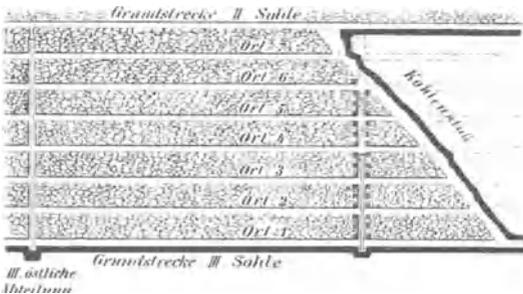


Abb. 338. Strebbaue mit Aufrollen der Bremsbergfelder.

**94. — Strebbaue mit wandernden Bremsbergen.** Bei dem als „Aufrollen“<sup>1)</sup> der Bremsbergfelder bezeichneten Abbaufahren läßt man (Abb. 338 u. 339) den Abbaustoß so lange vorrücken, bis der Gebirgsdruck das Offenhalten der Strecken und des Bremsbergs zu sehr erschwert oder die Förderwege zu

lang werden. Nunmehr wird der neue Bremsberg im Versatz durch Bergemauern und Holzpfiler abgegrenzt, aber zugleich mitversetzt, damit er völlig gleichmäßig mit seiner Umgebung durch den Gebirgsdruck zusammengedrückt wird (nach Abb. 339 von 1,8 auf 1,1 m). Damit seine Zimmerung dabei nicht leidet, wird sie unter Vermeidung von Stempeln lediglich durch Kappen („Firstenbänke“) gebildet, die auf Unterzüge zu liegen kommen (u in Abb. 339), die ihrerseits auf die Bergemauern gelegt werden und noch in die Holzpfiler hineinragen. Jede Kameradschaft stellt so ein weiteres Stück

<sup>1)</sup> Glückauf 1905, Nr. 43, S. 1349 u. f.; Dr. Herbig: Ein Beitrag zur Frage der Bemessung von Abbaufeldern.

Bremsberg her, sobald sie mit ihrem Abbaustoß in dessen Linie eingerückt ist. Sind die unteren Streben genügend weit vorgeschritten, so daß anzunehmen ist, daß der Versatz sich gesetzt hat, so geht man, von unten nach oben fortschreitend, daran, den Bremsberg wieder auszuräumen und ihn durch Nachreißen des Liegenden und Legen des Gestänges für die Förderung fertig zu machen (s. den unteren Teil des Bremsbergs in Abb. 338 und die gestrichelte Begrenzung in Abb. 339). Soweit diese Arbeiten beendet sind (in Abb. 338 bis Ort 3), kann der neue Bremsberg für die unteren Streben bereits zur Förderung benutzt werden. Die Bremse wird mit der Fertigstellung des Bremsbergs stückweise höher gesetzt.

Dieser Strebbau bietet wesentliche Vorteile. Einmal kann die Flügelänge der Abbaufelder je nach dem Gebirgsverhalten beliebig bemessen und braucht nicht vorher festgelegt zu werden. Die nachteiligen Folgen einer unrichtigen Bemessung dieser Länge fallen also fort. Ferner werden die Bremsbergkosten wesentlich herabgedrückt, da nicht nur der Aufwand für

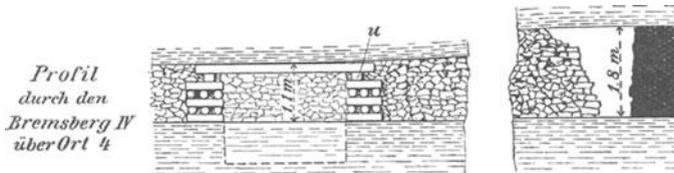


Abb. 339. Aussparung eines neuen Bremsbergs im Versatz.

die Herstellung der Bremsberge gegenüber dem Aufhauen in der Kohle ganz wesentlich (in einem Flöze des Saarreviers z. B. um mehr als die Hälfte) verringert wird, sondern auch die sonst bei jedem neuen Bremsberge beträchtlichen Kosten für Erneuerung des Ausbaues bis zum ersten Setzen des Gebirges hier gänzlich wegfallen. Auch tritt kein Zeitverlust zwischen dem Abbau einer Abteilung und demjenigen der Nachbarabteilung ein. Dazu kommt, daß größere Förderstockungen beim Übergang der Förderung von einem Bremsberg auf den anderen nicht eintreten, weil dieser Übergang sich ganz allmählich vollzieht. Auf der anderen Seite ist man allerdings an den einflügeligen Betrieb gebunden, der eine geringere Zahl von Angriffspunkten ergibt. Auch läßt sich im Bedarfsfalle, da keine in Vorrichtung stehenden Nachbarabteilungen vorhanden sind, nicht so schnell wie bei dem gewöhnlichen Verfahren einer vermehrten Nachfrage durch stärkere Belegung von Vorrichtungs- und Abbaubetrieben genügen.

#### bb) Der schwebende Strebbau.

**95. — Gewöhnliche Ausführung.** Bei dieser Art des Strebbaus wird in Schlagwettergruben wie immer zunächst ein Wetterdurchschlag mit der oberen Sohle durch Hochbringen eines Überhauens (in der Regel mit Breit-auffahren) hergestellt. An diesen Vorrichtungsbetrieb können sich dann beiderseits die schwebend zu Felde rückenden Abbaue anschließen, wobei die Abbaustrecken durch Aussparen im Versatz schwebend nachgeführt werden. Und zwar kann der Abbau wie der streichende Strebbau mit abgesetzten

Stößen (Abb. 340 links) oder mit breitem Blick (Abb. 340 rechts) geführt werden.

Wird mit breitem Blick vorgegangen, so richtet sich die Stellung des Stoßes (schräg nach der einen oder anderen Seite oder ungefähr streichend) nach dem Verlauf der Schlechten. Beim Abbau mit abgesetzten Stößen müssen diese in schlagwettergefährlichen Flözen in der Richtung des Wetterstromes ansteigend gehalten werden, um Schlagwetteransammlungen in einspringenden Ecken zu verhüten. Die Wetterverbindung zwischen den einzelnen Streben wird bei diesem Abbaufverfahren durch schmale Wetterröschchen hergestellt, die, wie aus der Abbildung ersichtlich, zwischen Versatz und Kohlenstoß offen gehalten werden.

Hinsichtlich der Abbaustrecken und der in ihnen umgehenden Förderung zu den Sohlen- und Teilsohlenstrecken gilt für den schwebenden Strebbau

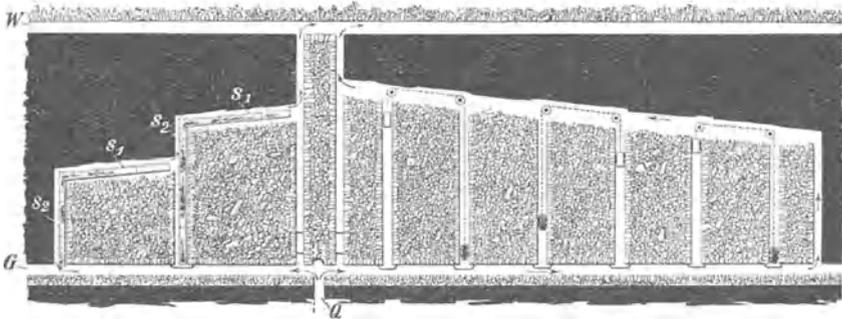


Abb. 340. Schwebender Strebbau mit breitem Blick und mit abgesetzten Stößen.

bau das beim schwebenden Pfeilerbau (Ziff. 75) Gesagte. Die Strecken liegen beim Abbau mit abgesetzten Stößen in der Mitte der zugehörigen Abbau-stöße, wenn nicht gemäß Abb. 340 links besondere Fördervorrichtungen vor den Stößen benutzt werden.

Um die Förderstrecken möglichst eng halten zu können, kann man, wie in Abb. 340 rechts angedeutet ist, je zwei benachbarte Förderstrecken durch eine gemeinsame Bremsenrichtung verbinden, so daß jede nur einspurig hergestellt zu werden braucht. In großem Maßstabe wird dieser Betrieb im Obernkirchener Steinkohlenbergbau durchgeführt<sup>1)</sup>.

Die Förderung kann auch durch Schüttelrutschen vermittelt werden. Um in diesem Falle die Rutsche möglichst ausnutzen zu können, hat man verschiedentlich (Abb. 340 links) die Stöße breiter genommen und die Kohlen zunächst auf eine parallel zum Stoße mitgeführte Fördervorrichtung (Schüttelrutsche  $s_1$ ) gelangen lassen, die sie der schwebenden Rutsche  $s_2$  zuführte. (Vgl. Bd. II unter „Abbauförderung“.) Die Förderstrecken müssen dann an dem einem Ende der Stöße, nicht in ihrer Mitte, nachgeführt werden.

**96. — Beschaffung der Versatzberge.** Beim schwebenden Strebbau stößt die Zuführung fremder Berge auf Schwierigkeiten, falls nicht das

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- und Sal.-Wes. 1910, S. 106; Versuche und Verbesserungen.

Einfallen so flach und das Flöz so mächtig ist, daß man mit den Bergewagen sowohl von der unteren wie von der oberen streichenden Begrenzungstrecke bequem vor jeden Punkt des Abbaustoßes gelangen kann. In dünnen Flözen mit geneigter Lagerung bleibt, da nicht für jeden Stoß ein Haspel aufgestellt werden kann, als einfachstes Mittel das Hochziehen von halb beladenen Bergewagen durch das Übergewicht der Kohlenwagen oder das Hochziehen je eines leeren und eines Bergewagens durch zwei Kohlenwagen, wodurch fremde Berge also auch nur in beschränktem Maße zugeführt werden können.

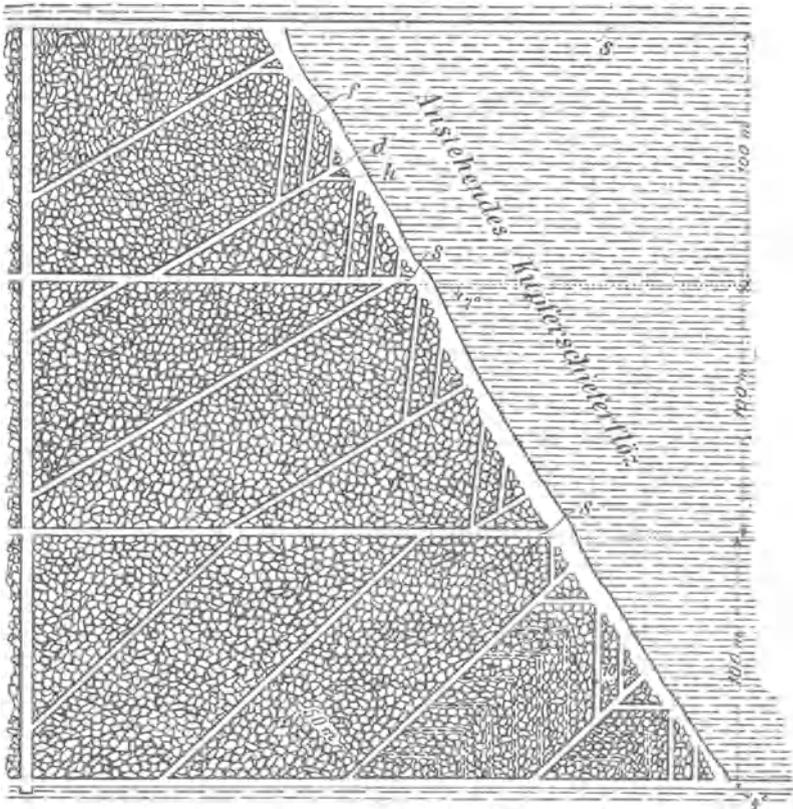


Abb. 341. Strebbaubau auf dem Mansfelder Kupferschieferflöz.

cc) Der diagonale Strebbaubau.

97. — **Ausführung im allgemeinen.** Dieses Abbauverfahren ist für den Steinkohlenbergbau von sehr geringer Bedeutung; es bedarf aber auch schon deshalb keiner näheren Beschreibung, weil Abb. 341 ein genügend deutliches Bild gibt und von den Strecken *d* das beim diagonalen Pfeilerbau Erwähnte gilt. Bei flach-wellenförmiger Lagerung kann ein streichender oder schwebender Strebbaubau wegen des wechselnden Einfallens örtlich zufällig das Bild eines diagonalen Abbaues zeigen.

98. — **Diagonaler Strebbau im Mansfeldschen.** In großem Maßstabe wird der diagonale Strebbau beim Abbau des sehr regelmäßig und großenteils unter Fallwinkeln von  $5-7^{\circ}$  gelagerten Mansfelder Kupferschieferflözes angewendet. Hier muß man wegen der geringen Mächtigkeit der Erzschiefer, die schon im Abbau das Nachreißen des Hangenden erfordert, den Bahnbruch in den Förderstrecken auf das Notwendigste beschränken. Das geschieht durch das sog. „gemischte Streckensystem“, zu dem man nach zeitweiligen anderen Versuchen wieder zurückgekehrt ist<sup>1)</sup> und das durch Abb. 341 veranschaulicht wird. Es werden nämlich nur in großen Abständen streichende, für Wagenförderung nachgerissene Förderstrecken *s* (Teilsohlenstrecken) aufgefahren. Da nun die geringe Höhe im Abbau im Verein mit dem hier nur sehr schmalen Raume zwischen Versatz und Abbaustoß dazu nötigt, die gewonnenen Schiefer möglichst gleich an der Gewinnungstelle durch den Versatz hindurch abzufördern, so werden von

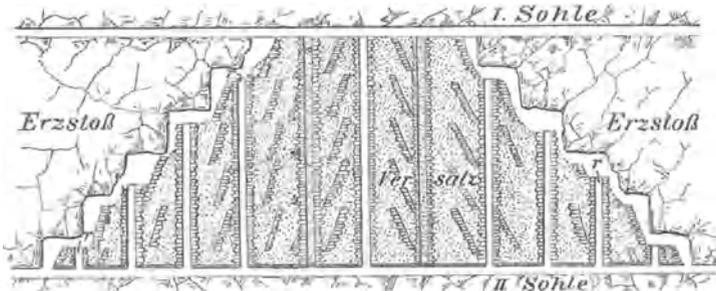


Abb. 342. Schema des Firstenbaues auf Erzgängen.

diesen Förderstrecken *s* sowie anfangs auch von der schwebenden Verbindungstrecke aus in Abständen von etwa 50 m, rechtwinklig gemessen, Diagonalen *d* nachgeführt. Die zwischen den Diagonalen und den streichenden Strecken gelegenen Abbaufächen werden aber außerdem noch durch sog. „Fahrten“ *f* an die Diagonalen und Strecken angeschlossen. Die Fahrten werden in Abständen von 10 m ausgespart. Sie erhalten eine geringe Breite und ein Ansteigen von  $2-3^{\circ}$ , verlaufen also bei mehr als  $3^{\circ}$  Flözfallen ebenfalls etwas diagonal; nur die dicht unter den Diagonalen mündenden Fahrten *h* können streichend hergestellt werden. Diagonalen und Fahrten werden für die Förderung mit den niedrigen Mansfelder „Strebräderhunden“ eingerichtet, die an den Förderstrecken entleert werden.

*β) Der Firsten- und der Strossenbau auf Erzgängen.*

99. — **Wesen des Firstenbaues auf Erzgängen.** Der Firstenbau, wie er von altersher sich auf den steil einfallenden Erzgängen herausgebildet hat, gleicht teils dem streichenden, teils dem schwebenden Strebbau. Mit dem ersteren hat er die Abbaurichtung, mit dem letzteren die schwebend nachgeführten Förderwege gemeinsam. Und zwar werden die letzteren hier

<sup>1)</sup> Festschrift der Mansfeldschen Kupferschiefer bauenden Gewerkschaft zum X. Deutschen Bergmannstage, 1907, S. 106.

als Stürzrollen ausgebaut, wie das bei der starken Neigung der Lagerstätte nicht anders möglich und bei den gegen rauhe Behandlung nicht empfindlichen und meist feuchten Erzen auch unbedenklich ist.

Der Abbau beginnt von einem Überbrechen oder Absinken aus an dessen unterem Ende. Ist der erste Stoß 8—10 m weit zu Felde gerückt, so folgt der zweite über ihm nach usw. Jeder Stoß greift also die Firste des vorhergehenden an, und im Versatz, der entsprechend nachrückt, bildet sich eine Treppe heraus.

**100. — Treiben des untersten Firstenstoßes.** Der Abbau (Abb. 342) wird je nach der Erstreckung der Erzmittel oder dem Durchsetzen von Störungen ein- oder zweiflügelig geführt.

Der unterste Firstenstoß nimmt die Sohlenstrecke („Feldortstrecke“, „untere Zeugeugstrecke“) mit, die so ausgebaut werden muß, daß sie den in ihrer Firste einzubringenden Versatz tragen kann. Sie wird daher schmal gehalten und infolgedessen nur in wenig mächtigen Gängen in der vollen Gangmächtigkeit, in mächtigen oder zusammengesetzten

Gängen aber am Liegenden aufgefahren. Vielfach legt man im letzteren Falle auch die Feldortstrecke ganz in das liegende Nebengestein (Abb. 305 auf S. 315), um sie möglichst billig ausbauen zu können und sie den Druckwirkungen des Abbaues zu entziehen. Die einzelnen Förderrollen (s. unten) müssen dann durch kurze „Rollenquerschläge“ an die Strecke angeschlossen werden, und die Grundstrecke kann mitversetzt werden.

Das Tragen des Versatzes in der Firste der Feldortstrecke wird durch Stempelschlag oder Mauergewölbe (Abb. 343) ermöglicht. Ein sich auf die Streckensohle oder die eigentliche Streckenzimmerung stützender Ausbau wird zweckmäßig vermieden, da dessen Abfangen beim späteren Abbau des „Deckelstoßes“, d. h. der Schweben unter der Grundstrecke, Schwierigkeiten machen würde. Ist das Gangstück in der Firste der Grundstrecke so erzarm, daß man es nicht abzubauen braucht, so läßt man es wohl bei genügender Festigkeit der Gangmasse in 1—2 m Stärke als Schweben ( $f$  in Abb. 344) stehen, so daß diese nunmehr den Versatz trägt und nur leicht unterfangen zu werden braucht.

**101. — Abbau der oberen Firsten. Rollenförderung.** Der untersten Firste folgen die höheren in Abständen von etwa 5—15 m bei je 3—4 m Höhe nach. Die für die Förderung dienenden Rolllöcher („Stürzrollen“)  $r$  in Abb. 342 ( $r_1$   $r_2$  in Abb. 345) werden von der Kameradschaft der untersten Firste in ihrem Versatz ausgespart und von den Hauern der oberen Firsten dem Vorrücken entsprechend stückweise höher geführt, so daß jede Kamerad-



Abb. 343. Feldortstrecke mit Gewölbemauerung.



Abb. 344. Feldortstrecke mit Schweben.

schaft die Rolle, sobald ihr Abbau darüber hinweggeschritten ist, bis zur nächsthöheren Firste weiter verlängert. In genügend mächtigen Gängen können diese Rollen seiger angelegt werden ( $r_2$  in Abb. 345), wodurch ihrer Verstopfung am besten vorgebeugt und der auf ihnen lastende Druck abgeschwächt wird. Ausgebaut werden die Rollen mit Schrotzimmerung, Bolzenschrotzimmerung mit starker Verschalung (Abb. 314 auf S. 323), Bruch- oder Ziegelsteinmauerung oder mit Eisenblechzylindern (alten Dampfkesselschüssen u. dgl.), und zwar überwiegt im allgemeinen Bruchsteinauskleidung aus trockenem oder aus Mörtelmauerwerk.

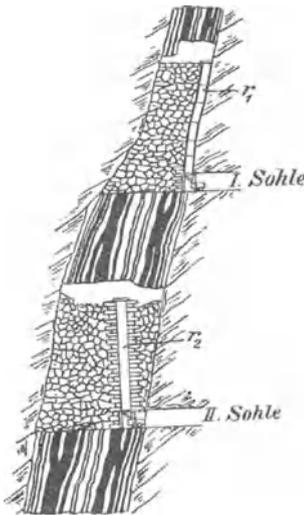


Abb. 345. Stützrollen beim Erzfirstenbau.

Die Erzförderung vom Abbaustoß bis zu den Rollen erfolgt unter Benutzung von Kratze und Trog durch kleine Karren.

Für den Versatz genügt in der Regel das taube Ganggestein. Etwa noch fehlende Versatzberge müssen von der oberen Gezeugstrecke her zugeführt werden. Zur Erleichterung der Fahrung vor dem Abbaustoß und zur Verhütung von Erzverlusten durch Vermengung von Erzstücken mit dem Versatz werden vor den Firsten wohl Treppen aus groben Bergen (Abb. 342) mit Verlettung der Fugen hergestellt. Lassen sich reichere oder besonders wertvolle Erzstufen bereits vor Ort aushalten, so werden diese in Körben u. dgl. an den Stößen entlang nach unten gefördert, während die Erzrollen dann nur zum Verstürzen der ärmeren Erze benutzt werden. Fallen zeitweilig Berge im Überschuß, so müssen für diese besondere Berge- rollen angelegt werden.

**102. — Strossenbau.** Der Strossenbau bildet das Gegenstück zum Firstenbau, indem bei ihm die Lagerstätte in der Reihenfolge von oben nach unten angegriffen wird. Während also beim Firstenbau im Bergeversatz eine Treppe entsteht, bildet diese sich beim Strossenbau in der Lagerstätte selbst. Dabei müssen die Berge, damit der Raum zwischen Versatz und Abbaustößen offen bleibt, mit Hilfe von Stempelschlag und Verzug „aufgehängt“ werden.

Im ganzen bietet der Strossenbau das Bild eines streichenden Strebbaues, als Unterwerksbau mit Voranstellung der oberen Stöße betrieben.

Heute ist er nur noch von geringer Bedeutung.

*γ) Abbauverfahren mit geschlossenem Bergeversatz („Rutschenbau“).*

**103. — Erläuterung.** Bei den Abbauverfahren mit geschlossenem Bergeversatz läßt man die Bremsberge und die zu ihnen führenden Förderstrecken gänzlich fallen und fördert durch feste oder bewegliche Rutschen die gewonnenen Mineralien bis zur Sohle oder Teilsohle unmittelbar am Abbaustoße entlang. Der Versatz kann dann also in geschlossener Masse

nachgeführt werden. Wegen der Verwendung von Rutschen für die Förderung soll dieser Abbau als „Rutschenbau“ bezeichnet werden.

Allen derartigen Abbauverfahren gemeinsam ist der starke Bedarf an fremden Versatzbergen, da einerseits die Gewinnung von solchen aus dem Nachreißen der Strecken fortfällt, andererseits infolge des Vorgehens in breiter Fläche das Hangende nicht lange ohne Unterstützung gelassen werden darf. Ohne ausreichende Vorkehrungen zur Beschaffung fremder Berge mit mäßigen Selbstkosten ist also ein solcher Abbau nicht denkbar.

Unterarten des Abbaues mit geschlossenem Versatz ergeben sich, je nachdem die Lagerstätte flaches, mittleres oder steiles Einfallen hat.

**104. — Abbau bei flacher Lagerung.** Ist das Einfallen so flach, daß das Fördergut nicht mehr auf dem Liegenden rutscht, so müssen besondere Fördereinrichtungen zu Hilfe genommen werden. Bei nicht ganz geringem Fallwinkel können als solche einfache, offene Blechrutschen dienen. Da diese aber bei den großen flachen Höhen, um die es sich hier handelt, nur schwierig zu geschlossenen Strängen verbunden werden können und außerdem vom Einfallen sehr abhängig sind, insbesondere bei geringer Verschwächung des Fallwinkels bereits versagen können, so bedient man sich durchweg der im II. Bande unter „Abbauförderung“ beschriebenen maschinellen Fördereinrichtungen, in erster Linie der Schüttelrutschen, sofern nicht die Mächtigkeit so groß ist, daß im Abbau Schlepperförderung (bei ganz geringem Fallwinkel) oder Brems- bzw. Haspelförderung (bei etwas größerer Flözneigung) möglich ist.

Infolgedessen muß ein solcher Abbau auf die maschinelle Förderung besonders zugeschnitten und nach folgenden Gesichtspunkten geführt werden:

1. Der Stoß muß annähernd in die Fallrichtung gestellt werden, da der Schüttelrutschenbetrieb in schräger Richtung schwierig durchzuführen ist. Allerdings verzichtet man dann auf die volle Ausnutzung der Schlechten, wird dafür aber durch die Mitwirkung des Gebirgsdrucks auf die langen Stöße gemäß Ziff. 86 entschädigt.

2. Um den Gebirgsdruck nicht zu stark werden zu lassen und die Abbauförderung stets voll ausnutzen zu können, ist für einen genügend raschen Verhieb zu sorgen.

3. Der Betrieb muß aus dem gleichen Grunde mit strenger Regelmäßigkeit geführt werden, damit die einzelnen Arbeiten (Schrämen, Abkohlen, Versetzen, Verbauen, Umsetzen der Fördereinrichtung) ohne Zeitverlust und ohne gegenseitige Behinderung ineinandergreifen.

4. Für Beschaffung der erforderlichen Bergemengen und rechtzeitige Nachführung des Versatzes ist ständig zu sorgen, da durch eine Betriebsstörung im Falle des Zubruchgehens eines Abbaubetriebes oder auch nur eines Teiles desselben gleich ein starker Förderausfall entsteht.

Überhaupt ist immer zu bedenken, daß infolge der größeren Höhe der einzelnen Abbaustöße größere Fördermengen von jedem Stoße geliefert werden und daß maschinelle Abbauförderungen sehr teuer arbeiten, wenn sie unvollkommen ausgenutzt werden.

Der Grundsatz des vollständigen Versatzes wird verschiedentlich insofern durchbrochen, als man in diesem in größeren Abständen „Blindörter“

nachführt, die zur Gewinnung gewisser Mengen eigener Berge durch Nachreißen des Nebengesteins benutzt werden können und außerdem bei Brüchen als Zufluchtsörter für die Hauer dienen. Gestänge und Ausbau sind für diese Strecken nicht erforderlich. Ein Beispiel für einen solchen Abbau liefert

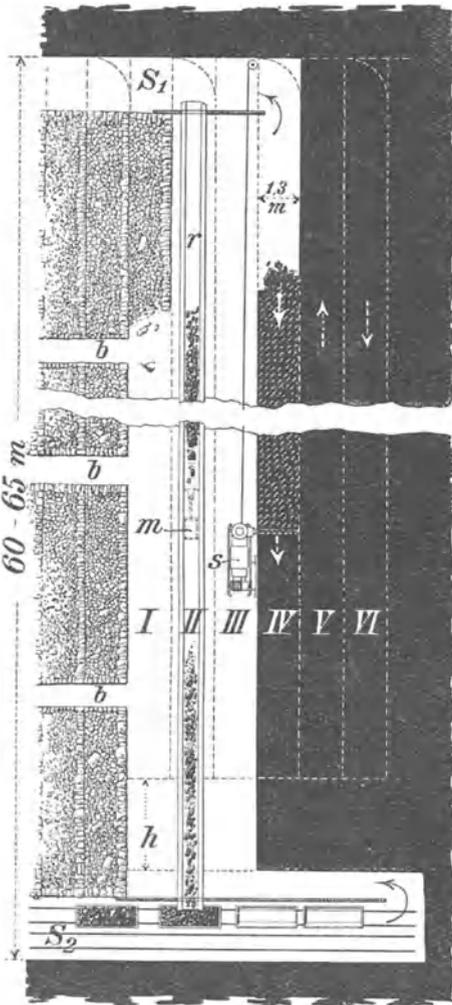


Abb. 346. Abbau mit geschlossenem Versatz, maschinellen Schrämbetrieb und Schüttelrutschenförderung in Flözen von 0,6–1,0 m Mächtigkeit.

einigen solchen Abbau liefert Abb. 346 gemäß der Ausführung auf Zeche König Ludwig bei Recklinghausen. Hier konnte wegen des günstigen Hangenden auch noch maschinelle Schrämarbeit (mit der Stangenschrämmaschine *s*, s. S. 150 u. f.) betrieben werden. Es wird also immer ein Feld der Zimmerung für die Kohlegewinnung, ein zweites für die Schrämmaschine *s*, ein drittes für die Schüttelrutsche *r* und ein viertes für das Einbringen des Versatzes benutzt. Die Schrämmaschine arbeitet abwechselnd aufwärts und abwärts, wie die gestrichelten Pfeile und Begrenzungslinien erkennen lassen. Unten angekommen, wird sie in der Streichrichtung, quer zum Abbaustoß, um ein Feld weiter in ihre neue Arbeitsstellung geschoben, zu welchem Zwecke der untere Teil des Stoßes in der Höhe *h* von Hand gewonnen wird. Die Berge werden aus dem Nachreißen der Sohlen- und Teilsohlenstrecken *S*<sub>1</sub> *S*<sub>2</sub> und aus den blinden Strecken *b* gewonnen.

Der Betrieb wird in drei Schichten in der Weise geführt, daß in der Nachtschicht geschrämt und die Rutsche umgesetzt wird, morgens die Haupt-

Kohlegewinnung und der vorläufige Ausbau erfolgt und nachmittags der Verhieb des Streifens beendet und der endgültige Ausbau eingebracht wird.

Bei größerer Flözmächtigkeit kann der Bedarf an Versatzbergen nicht mehr durch das Nachreißen der Strecken gedeckt werden; es werden dann fremde Berge zugeführt. Diese Bergförderung kann — wie in Band II, Abschnitt „Förderung“, unter „Bergförderung mittels Schüttelrutschen“

näher ausgeführt ist — entweder in derselben Rutsche, und zwar gleichzeitig oder abwechselnd mit der Kohlenförderung, oder aber mittels einer besonderen Rutsche erfolgen. Das letztere Verfahren verdient unter den heutigen Verhältnissen den Vorzug<sup>1)</sup>, da es keine jedesmalige Reinigung der Rutsche bei der Umstellung von der Kohlen- auf die Bergeförderung und umgekehrt erfordert, die im Betrieb fallenden und von Tage her zugeführten Berge jederzeit unterzubringen gestattet, durch die rasche Entleerung der Bergewagen dem Mangel an leeren Wagen vorbeugt und eine gleichmäßige Beschäftigung der Hauer — je nach Bedarf vor dem Kohlenstoß oder beim Bergeversatz — ermöglicht, auch das Druckluftrohrnetz gleichmäßiger beansprucht.

Abb. 347 veranschaulicht die Anwendung von doppelten Rutschen in zwei Beispielen. In Abb. 347a handelt es sich um den Abbau in mächtigeren Flözen, in denen ein Gewinnungspunkt bereits eine hinreichende Kohlenmenge liefert und daher schwebender Verhieb möglich ist. Ein solcher Abbau kann auch als „schwebender Stoßbau“ (s. Abb. 364 auf S. 374) mit Rutschen bezeichnet werden. Wie dort das Fördergestänge für die Bergezufuhr, so wird hier die durch den Motor  $M_I$  bewegte Bergerutsche  $B$  ständig in dem Maße verkürzt, wie die Kohlenrutsche  $K$  verlängert wird, indem die bei  $B$  frei werdenden Rutschenschüsse bei  $K$  angesetzt werden. Dabei kann die Stoßkraft der Rutsche, namentlich wenn sie als Hängerutsche ausgeführt wird, vorteilhaft dazu ausgenutzt werden, die Berge bis unter das Hangende zu bringen. — Bei dem streichenden Verhieb nach Abb. 347b dagegen, wie er bei geringerer Mächtigkeit zur Gewinnung größerer Fördermengen erforderlich ist, werden beide Rutschen in ihrer ganzen Länge ausgenutzt. Man kann dann entweder beide Rutschenstränge ständig in derselben gegenseitigen Lage dem Abbaustoß folgen lassen oder immer abwechselnd die frühere Bergerutsche als

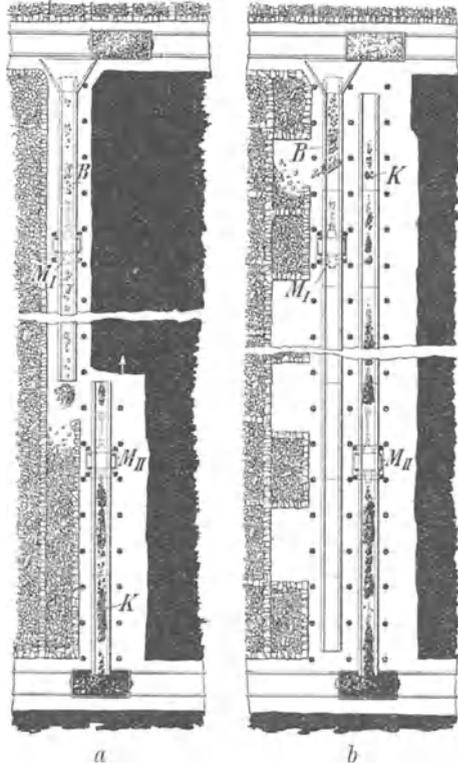


Abb. 347 a und b. Rutschenbau mit besonderen Schüttelrutschen für Kohlen- und Bergeförderung.

<sup>1)</sup> Glückauf 1922, Nr. 19, S. 553 u. f.; Gerke: Die Anwendung von doppelten Rutschen beim Strebbau.

Kohlen-, die frühere Kohlenrutsche als Bergerutsche benutzen. Im letzteren Falle braucht man den Rutschenstrang nur halb so oft umzulegen, muß allerdings dafür auf die besondere Anpassung von Rutsche und Motor an die verschiedenen Belastungen bei der Kohlen- und Bergförderung verzichten und den einen Rutschenstrang jedesmal über den anderen hinweg-schieben, kann auch nicht die Möglichkeit ausnutzen, bei günstigem Gebirge und zweckentsprechendem Ausbau die Rutschenstränge im ganzen zu verschieben.

Welche Ausmaße der Rutschenbau annehmen kann, lassen die Abbildungen 348 und 349<sup>1)</sup> erkennen. In Abb. 348 handelt es sich um 3 übereinander zu Felde gehende Rutschenstöße von 90, 110 und 100 m Höhe, deren Rutschen hintereinander geschaltet sind und von seit-

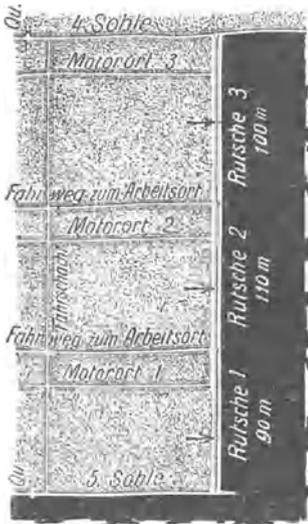


Abb. 348. Rutschenbau mit breitem Blick, 3 Stöße umfassend.

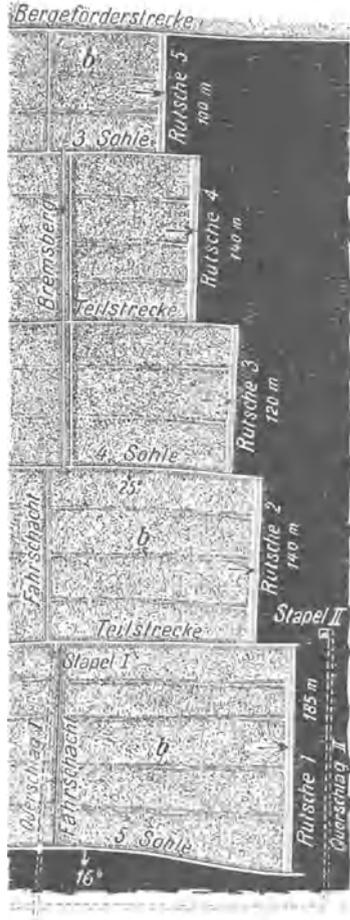


Abb. 3-9. Rutschenbau mit 4 abgesetzten Rutschenstößen.

wärts (in den „Motorörter“<sup>4)</sup>) aufgestellten Motoren aus angetrieben werden. Die Versatzberge werden von oben aus zugeführt. — In Abb. 349 sind 5 Rutschenstöße mit Höhen von 185, 140, 120, 140 und 100 m dargestellt, und zwar läßt die Abbildung verschiedene Möglichkeiten für die Weiterbeförderung der Kohle in söhlicher Richtung erkennen: die oberen Rutschen 5 und 4 münden auf eine Sohlen- und eine Teilstrecke, die das Fördergut

<sup>1)</sup> Die Abbildungen entsprechen mit kleinen Änderungen Abbaubetrieben der Gewerkschaft Friedrich Thyssen in Hamborn.

einem Bremsberge zuführen, während die Teilsohle für Rutsche 2, wo das Flöz flacher einfällt, von dem Stapel I bedient wird. Die Abbildung deutet an, wie bei rechtzeitiger weiterer Vorrichtung nach entsprechendem Vorrücken des Abbaues ein neuer, weiter im Streichen hergestellter Stapel II in Betrieb genommen und dadurch die frühere Förderstrecke auf der Teilsohle entbehrlich gemacht werden kann. Die Blindörter *b* dienen zur Gewinnung von Versatzbergen; die noch fehlenden Berge werden durch die Rutschen zugeführt.

Ein Rutschenbau mit schwebendem Vorgehen<sup>1)</sup> wird durch Abb. 350 veranschaulicht. Der Abbau rückt von einem Wetterüberhauen aus nach beiden Seiten zu Felde, wobei die Baulänge jedes Flügels sich in erster Linie nach den Gebirgsverhältnissen richtet, bei größerer Länge allerdings

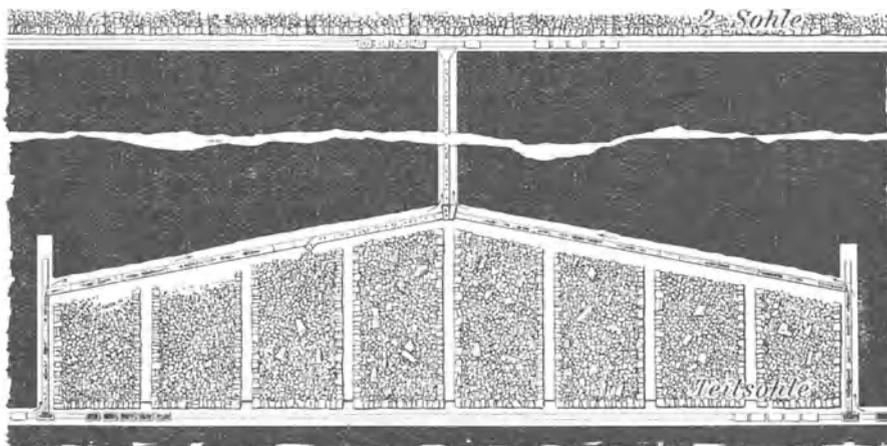


Abb. 350. Schwebender Rutschenbau mit vollständiger Durchführung der Rutschenförderung.

auch durch Förderschwierigkeiten begrenzt wird. Die Kohlen werden durch die schrägen Rutschen den an den Enden des Abbaufeldes mit hochgeführten schwebenden Rutschen, die zum Versatz noch erforderlichen fremden Berge durch eine Mittelrutsche von der oberen Sohle aus zugeführt; diese kann mittels eines verschiebbaren Verteilungstückes nach Bedarf auf die rechte und die linke Rutsche arbeiten. Die im Versatz ausgesparten Strecken sind bei diesem Förderverfahren für die Förderung entbehrlich; sie werden teils zur Bergengewinnung, teils zur Ersparnis an Versatzbergen, teils zur Erleichterung der Holzförderung und des Ein- und Ausbaues von Rutschen und Motoren benutzt.

Sind nur geringe Mengen fremder Berge erforderlich, so kann man diese an den beiden Baugrenzen von unten aus hochziehen, indem man dort schwebende Strecken mit Gestänge mitführt. Der Stoß erhält dann die entgegengesetzte Neigung wie in der Abbildung, und es wird von beiden Grenzen aus nach der Mitte hin gefördert. Wegen der abfallenden Wetterführung ist dieses Verfahren nur für sehr flache Lagerung oder für grubengasfreie Flöze geeignet.

<sup>1)</sup> Glückauf 1922, Nr. 12, S. 33 u. f.; Gerke: Schwebender Strebbaubau bei flacher Lagerung.

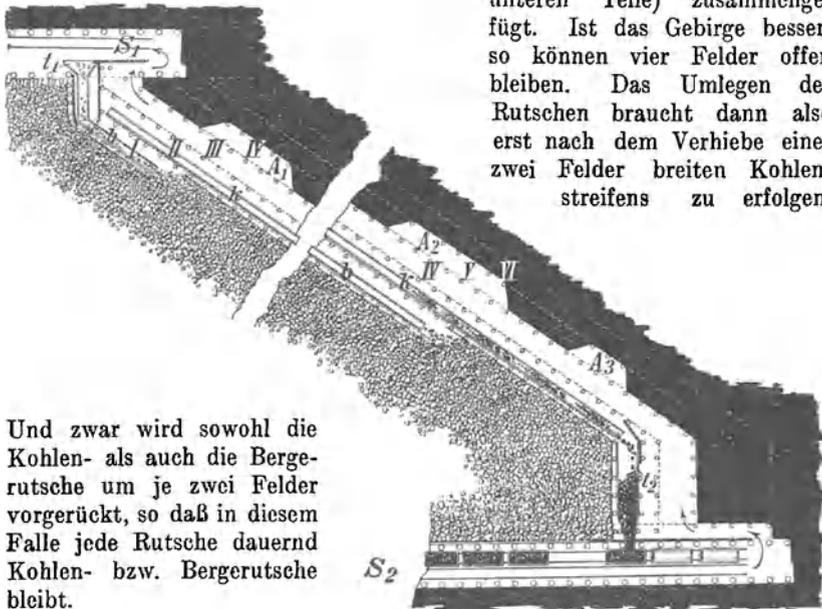
Der schwebende Abbau bietet den Vorteil, daß mit geringen Aus- und Vorrichtungskosten größere Abbauflächen erschlossen werden können. Die Bildung von Teilsohlen kann eingeschränkt werden, da die abfallende bzw. schwebende Förderung in den 3 schwebenden Strecken auch bei größerer Höhe noch billig bewerkstelligt werden kann. Diese schwebenden Strecken, die den Teilsohlen bei streichendem Verhieb entsprechen, können mit wesentlich geringeren Kosten als diese hergestellt und unterhalten werden, denn ihr Querschnitt braucht (soweit nicht die Wetterführung einen größeren Querschnitt verlangt) nur für die Rutschenförderung oder (bei Bergförderung in Wagen an den beiden Baugrenzen) nur für die schwebende Förderung auszureichen und kann daher geringer als bei streichender Förderung sein. Auch kann im Bedarfsfalle die Kohलगewinnung leichter als beim streichenden Betrieb verstärkt werden, da ohne große Schwierigkeiten die Stöße über die derzeitige Baugrenze hinaus in der Streichrichtung verlängert werden können.

Nachteilig ist, daß die Rutschenstränge vor den Stößen eine sehr flache Lage erhalten und daher erheblichen Kraftaufwand für die Förderung verlangen. Auch lassen sich die Vorteile eines langen Abbaustoßes meist nicht voll ausnutzen, da der bei Brüchen, Motorschäden usw. eintretende Förderausfall dann zu groß werden würde. Ferner erfordert das Wetterüberhauen, wenn man mit wenig Teilsohlen auskommen will, auf die Dauer nicht unerhebliche Unterhaltungskosten, da der Druck mit dem Vorschreiten des Abbaues ständig zunimmt.

Im übrigen ist, wie beim schwebenden Strebbaue, auch die Richtung der Schlichten maßgebend: je mehr diese sich der Streichrichtung nähern, um so vorteilhafter wird dieser Abbau.

**105. — Abbau bei mittleren Fallwinkeln. (Schrägbau.)** Wird das Einfallen so stark, daß das Fördergut auf dem Liegenden rutscht, so kann der Stoß nicht mehr schwebend stehen, sondern muß schräg gestellt werden, damit die unteren Hauer nicht durch die oberen gefährdet werden. Und zwar muß der Förderung wegen das untere Ende des Stoßes vorausgehen. Dieser schräge Stoß rückt dann in der Regel in streichender Richtung vor. Die Förderung kann nicht mehr maschinell erfolgen, sondern wird am besten durch fest verlagerte, offene Blechrutschen bewirkt, die gleichlaufend mit dem Stoße, also gleichfalls schräg, verlegt und dem Vorrücken des Abbaues folgend nachgeschoben werden. Der Verhieb beginnt meist an einem Überhauen in der gleichen Weise, wie sie Abb. 354 für den Firstenbau erkennen läßt. Einen solchen Abbau veranschaulicht Abb. 351 nach einer Ausführung auf Zeche König Ludwig. Und zwar stellt der untere Teil der Abbildung zur Erleichterung des Überblicks den Abbau in einem Zeitpunkt dar, wo er gegenüber dem Stande des Verhiebes im oberen Teile um ein Feld vorge-rückt ist. Der Verhieb beginnt an den einzelnen Stellen  $A_1$   $A_2$   $A_3$  jedesmal damit, daß die Hauer sich schräg in den Stoß hineinarbeiten. Die gewonnenen Kohlen werden in die Kohlenrutsche  $k$  geschaufelt, die in einen Sammelbehälter  $t_2$  mündet. Für die Bergzufuhr dient eine zweite Rutsche  $b$ , die an den Füllrumpf  $t_1$  angeschlossen ist; in diesen werden die über die Wetterstrecke  $S_1$  zugeführten Bergewagen durch Umwerfen mit Hilfe einer Kippvorrichtung und durch Vermittlung eines Trichters entleert.

Im vorliegenden Falle sind bei hochgeführtem Versatz zwischen Kohlenstoß und Versatz nur drei Felder (II, III und IV im oberen, III, IV und V im unteren Teile) offen, da das Gebirge druckhaft ist. Bei dieser Art des Betriebes dient, wie der Vergleich des unteren und oberen Teiles der Abbildung deutlich macht, die frühere Kohlenrutsche nachher als Bergerutsche. Die Bergerutsche wird in dem Maße, wie sie unten entbehrlich wird, stückweise ausgebaut; die ausgebauten Stücke werden über die alte Kohlenrutsche (*k* im oberen Teil der Abbildung) hinweggeschoben und weiter unten zu der neuen Kohlenrutsche (*k* im unteren Teile) zusammengefügt. Ist das Gebirge besser, so können vier Felder offen bleiben. Das Umlegen der Rutschen braucht dann also erst nach dem Verhiebe eines zwei Felder breiten Kohlenstreifens zu erfolgen.



Und zwar wird sowohl die Kohlen- als auch die Bergerutsche um je zwei Felder vorgerückt, so daß in diesem Falle jede Rutsche dauernd Kohlen- bzw. Bergerutsche bleibt.

Unten wird der Stoß wegen des Kohlenbehälters *t*<sub>2</sub> schwebend gestellt. Blinde Strecken können bei diesem Abbau nicht ausgespart werden. Die Wetterführung wird durch Wetterscheider und -gardinen bewirkt. Die flache Höhe des Stoßes, schräg gemessen, beträgt 60 bis 90 m. Die Stellung des Stoßes ist je nach dem Einfallen etwas verschieden, sie wird immer so bemessen, daß die Rutschen eine Neigung von etwa 28° erhalten.

Eine andere Ausführung des Schrägbaues, mit gleichzeitigem Betrieb über der Haupt- und einer Teilsohle, zeigt Abb. 352 nach dem Verfahren auf Zeche Erin<sup>1)</sup>. Auch hier wird, nachdem der Abbaustoß am Überhauen seine volle Höhe erreicht hat, das unterste Stück (in 2—4 m Höhe) senkrecht angegriffen, um die Kohlen-Sammeltrichter ein-

<sup>1)</sup> Vgl. Glückauf 1918, Nr. 1, S. 1 u. f.; Grahn: Schrägbau und andere Neuerungen im Flözabbau. — S. auch Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1916, S. 10; Versuche und Verbesserungen.

Abb. 351. Schrägbau mit Förderung durch feste Rutschen.

bauen zu können. Der Verhieb erfolgt in Flözen mit Bergmittel in einem Stoß (Abbau oberhalb der Teilsohle), um die Berge des Mittels auf Bühnen abfangen zu können; in bergmittelfreien Flözen kann (unterer Bauabschnitt der Abbildung) mit zwei Stößen gleichzeitig vorgegangen werden. Die Berge werden durch die oberen festen Rutschen zugeführt, und zwar nach dem Verhieb des durch Strichelung abgegrenzten Stückes, an dessen unterem Ende dann ein Verschlag (s. die untere Abbauhälfte, dicht unter der Teilsohle) hergestellt wird. Vor dem Versetzen eines

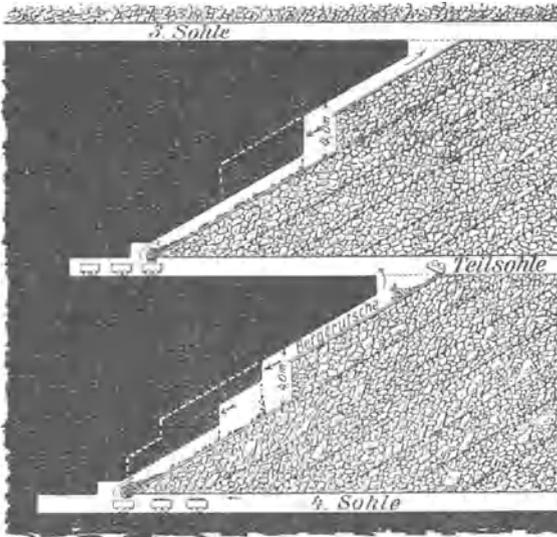


Abb. 352. Schrägbau mit eingelegeter Teilsohle.

Streifens wird die Kohlenrutsche in diesem ausgebaut, um nachher als Bergerutsche wieder Verwendung zu finden.

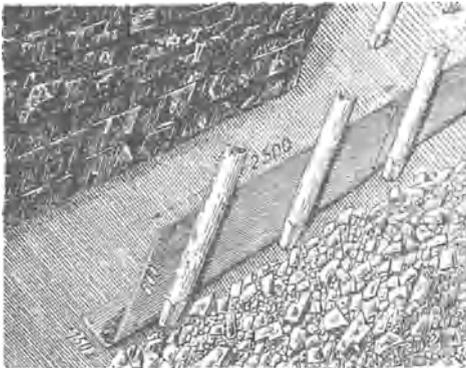


Abb. 353. Schrägbau mit Winkelblechen als Rutschen.

verwendet worden (Abb. 353), die also nach dem Kohlenstoß hin keine Wand haben.

Eine Schattenseite des Abbaues mit eingelegeter Teilsohle ist die Herausbildung spitzer Ecken im Kohlenstoß, die bei nicht genügend raschem Verhieb zu starker Zerdrückung der Kohle führen kann.

Auf der Saargrube Dudweiler<sup>1)</sup> hat man den Schrägbau mit Stößen von 150 m Höhe (schräg gemessen) mit gutem Erfolge durchgeführt. Als Rutschen sind hier einfache, rechtwinklig gebogene Eisenbleche von 3 mm Stärke

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1917, S. 37; Versuche und Verbesserungen.

**106. — Abbau bei steiler Lagerung. Firstenbau auf Steinkohlenflözen.** Bei dem Firstenbau, wie er sich im deutschen Steinkohlenbergbau herausgebildet hat, erwiesen die für den Erzbergbau so vorzüglich verwendbaren Stürzrollen sich als unzweckmäßig, da die flache Förderhöhe in der Regel größer als beim Erzbergbau ist und die Rutschen sich daher leichter verstopfen sowie auch wegen des stärkeren Gebirgsdruckes nicht in ihrem vollen Querschnitt offen halten lassen. Für die Förderung am Stoße entlang

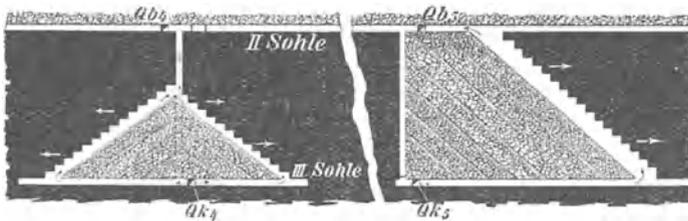


Abb. 354<sup>1)</sup>. Firstenbau ohne Rutschen im Anfang (links) und im vollen Betriebe (rechts).

können hier keine Blechrutschen mehr Verwendung finden; sie erfolgt entweder auf der Oberfläche des Bergeversatzes oder auf Holzrutschen, deren Bretter auf die Stempel genagelt werden. Die fremden Berge werden von oben her nachgestürzt und rollen auf der Versatzböschung herunter.

**107. — Ausführung des Firstenbaues.** Die Ausführung des Firstenbaues auf Steinkohlenflözen wird durch die Abbildungen 354 u. 355 veranschaulicht. Der Abbau beginnt von einem Überhauen aus und rückt in gleicher Weise wie der Erzfirstenbau mit einer größeren Anzahl abgesetzter Stöße zu Felde, wobei jeder Firstenstoß eine Arbeitsstelle bildet.

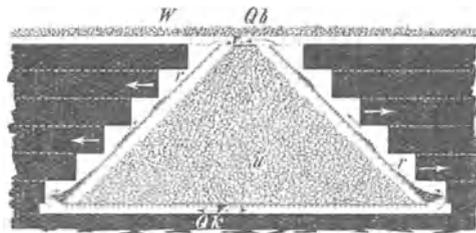


Abb. 355. Firstenbau mit Kohlenrutschen.

Die beiden Abbildungen lassen zwei verschiedene Arten der Kohlenabförderung erkennen. Bei dem Abbau nach Abb. 354 läßt man die Kohlen unmittelbar auf dem Versatz selbst herabgleiten und bringt, um Kohlenverluste und Verunreinigungen der Kohlen zu vermeiden, auf die groben Berge eine Lage feinkörniger Waschberge oder eines ähnlichen Versatzgutes, das nach kurzer Zeit eine feste und glatte Oberfläche bildet. Nach Abb. 355 dagegen erfolgt die Kohlenförderung über Holzrutschen *rr*, hinter denen die Versatzberge verstückt werden. In beiden Fällen wird der Versatz einfach von der oberen streichenden Strecke aus mit Hilfe von Kopfkippern, fahrbaren Kreiselwippen und ähnlichen Vorrichtungen nachgestürzt. Das Verfahren nach Abb. 355 bietet den Vorteil, daß die Staubbildung verringert wird, weil die Kohle durch das Wasser in den Waschbergen wenigstens im Anfang

<sup>1)</sup> Sammelwerk Bd. II, S. 263.

etwas feucht gehalten wird. Auch läßt sich ein großer Teil des Holzes — günstige Druckverhältnisse vorausgesetzt — wieder gewinnen, indem vor dem Nachstürzen des Versatzes jedesmal die letzte Stempelreihe vor der Versatzböschung nach Möglichkeit geraubt wird. Andererseits können nicht gleichzeitig Kohlen gefördert und Berge verstürzt werden, vielmehr muß erst eine Zeitlang das eine und dann das andere erfolgen. Daher wird der Abstand zwischen Kohlen- und Bergestoß größer, und die Festigkeit des Hangenden wird stärker auf die Probe gestellt. Auch erfordert der Abbau eine größere Aufmerksamkeit in der richtigen Führung des Betriebes. Denn der beim Einbringen des Versatzes entstehende Förderausfall muß durch rechtzeitigen Wiederbeginn der Förderung anderer Bauabteilungen ausgeglichen werden, wenn eine gleichmäßige Förderung geliefert werden soll.

Bei dem Firstenbau mit Holzrutsche können Kohlenhauer und Bergeschlepper auf demselben Flügel gleichzeitig arbeiten; man erzielt also

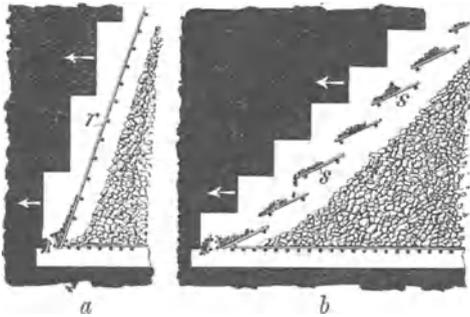


Abb. 356 *a* und *b*. Verschiedene Stoßstellungen und Rutschenbauarten beim Firstenbau.

einen gleichmäßigeren Betrieb und kann auch ein Flöz mit etwas schlechterem Hangenden abbauen, indem man den Versatz möglichst dicht beihält. Die Kosten der Rutsche sind nicht erheblich, da sie mehrere Male Verwendung finden kann. Die Wiedergewinnung von Holz ausbau ist allerdings nicht möglich; doch wiegt dieser Nachteil nicht schwer da der Firstenbau auf dünne

Flöze mit geringwertigem Ausbau beschränkt bleiben muß.

Die Höhen der einzelnen Firstenstöße und ihre streichenden Abstände schwanken in den Grenzen von 3 bis 15 m. Man wählt gern niedrige Stöße, um eine größere Anzahl von Angriffspunkten zu erhalten. Im übrigen muß auf die Flözneigung Rücksicht genommen werden. Fällt das Flöz ziemlich flach, d. h. mit etwa 45—50° ein, so werden die Stöße höher und die Absätze schmäler genommen (Abb. 356*a*), um die Versatzböschung genügend steil für das Rutschen der Kohle machen zu können, ohne unten eine zu große Fläche des Hangenden freilassen zu müssen, wogegen man in steilstehenden Flözen breite und niedrige Stufen (Abb. 356*b*) zu bilden pflegt.

Die Hauer stehen während ihrer Arbeit auf Bühnen, die sie nach Bedarf höher oder tiefer legen (*b* in Abb. 357).

Während des Ansetzens eines Firstenbaues, wie es Abb. 354 links veranschaulicht, müssen die Versatzberge, da der Abbaustoß noch nicht die obere Sohle erreicht hat, durch ein in dem Vorrichtungüberhauen abgekleidetes Rolloch zugeführt werden. Das Überhauen selbst kann später zugestürzt werden.

**108. — Besonderheiten beim Steinkohlen-Firstenbau.** Führt das Flöz ein Bergmittel, so kann man die Kohlenrutsche nach Abb. 356*b* aus einzelnen, dachziegelartig übereinanderliegenden Teilstücken *s* zusammen-

setzen, durch deren Zwischenräume hindurch die Hauer die auf ihren Arbeitsbühnen ausgehaltenen Berge in den Versatz werfen können.

Auch kann man nach Abb. 358 das Bergmittel zunächst durch einen Stempelschlag mit Halbhölzern abfangen und dann für sich gewinnen und durch Querstellung jedes zweiten Rutschenschusses in den Versatz gleiten lassen<sup>1)</sup>.

Die Kohlen werden in einem oder mehreren Holztrichtern  $f_2$  (Abb. 357) gesammelt. Um für die unterste Firste ebenfalls die Möglichkeit eines bequemen Einladens der Kohlen zu schaffen, dabei aber den Wetterzug nicht zu behindern, wird zweckmäßig, wie die Abbildung zeigt, für diesen Stoß ein besonderer Trichter  $f_1$  mitgeführt. Beim Vorhandensein einer Holzrutsche muß die Firste der Grundstrecke zwischen Rutsche und Trichter wetterdicht abgedeckt werden (s. die Abbildungen), damit nicht der Wetterstrom sich hinter der Rutsche einen Weg sucht. — Der Kohlenfall bis zur Rutsche kann durch Hilfsrutschen  $t$  (Abb. 357) gemildert werden.

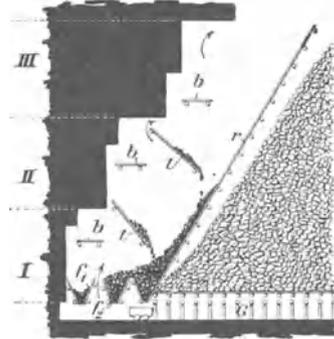


Abb. 357. Arbeitsbühnen, Hilfsrutschen und Kohlentrichter beim Firstenbau.

Bei gutem Gebirge kann man die ganze Bauhöhe zwischen zwei Sohlen mit einem Abbaustoße angreifen, so daß dieser dann 100—150 m flache Höhe erhalten kann. Jedoch werden meistens, namentlich bei druckhafterem Gebirge oder größerer Flözmächtigkeit, die Bauhöhen geringer (etwa 30 bis 50 m) genommen. In letzterem Falle läßt der Abbau sich über mehreren Teilsohlen gleichzeitig betreiben. Es muß dabei jede Teilstrecke die Kohlenförderung des über ihr und die Bergeversorgung des unter ihr liegenden Firstenbaues vermitteln; sie wird daher zweckmäßig sählig aufgefahren. Der Firstenbau nimmt dadurch die Gestalt des in Abb. 336 auf S. 351 dargestellten streichenden Strebbaues an.

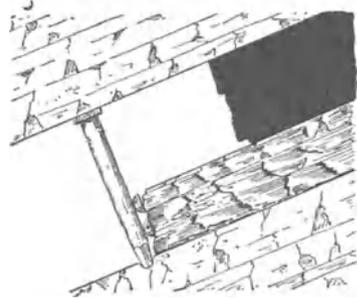


Abb. 358. Abfangen eines Bergmittels beim Firstenbau.

*δ) Abbau mit Bergeversatz in einzelnen Streifen (Stoßbau).*

**109. — Wesen und Einteilung.** Während alle bisher besprochenen Abbaufverfahren die Lagerstätte in langer, wenn auch vielfach gebrochener Linie angreifen, wird beim Stoßbau immer nur ein verhältnismäßig schmaler Streifen in Angriff genommen und für sich allein verhauen. Daraus folgt,

<sup>1)</sup> Glückauf 1918, Nr. 1, S. 4 u. 5; Grahn: Schrägbau und andere Neuerungen im Flözabbau.

daß mit dem fortschreitenden Verhiebe eines Stoßes auch die zugehörige Abbaustrecke abgeworfen, d. h. mitversetzt werden kann, da sie dann ihren Zweck erfüllt hat. Das Wesen des Stoßbaues besteht also darin, daß das Baufeld in einzelne Streifen („Stöße“) eingeteilt wird, die jeder für sich abgebaut werden, und daß der Bergeversatz vollständig wird. Auch der Stoßbau kann streichend und schwebend geführt werden.

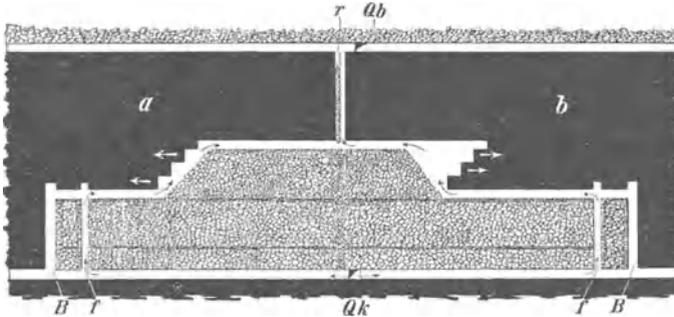


Abb. 359. Schema eines zweiflügeligen streichenden Stoßbaues. Kohlenbrensberge an beiden Seiten.

aa) Der streichende Stoßbau.

**110. — Gewöhnliches Verfahren.** Beim streichenden Stoßbau bildet das in den Abbildungen 359—361 dargestellte Verfahren die Regel. Es werden nämlich gewöhnlich zwei Förderstrecken benutzt, von denen die obere, mit dem Stoße neu aufgefahrene für die Zuführung der Versatzberge, die untere, vom vorigen Stoße herrührende für die Wegförderung der Kohlen dient.

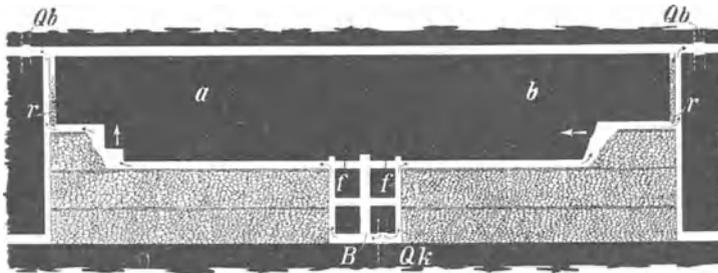


Abb. 360. Schema eines zweiflügeligen streichenden Stoßbaues; Kohlenbrensberg in der Mitte.

Jede Strecke ist also in der ersten Hälfte ihres Bestehens Berge-, in der zweiten Hälfte Kohlenförderstrecke; da aber Kohlen- und Bergewagen sich in derselben Richtung bewegen, so können die Strecken mit Gefälle hergestellt werden. Wie die Abbildungen ferner erkennen lassen, kann der Abbau zweiflügelig betrieben werden, und zwar entweder von der Mitte nach der Grenze des Baufeldes, (wenn nach Abb. 359 der Bergebrensberg bzw. das Rolloch  $r$  in der Mitte steht, während die Kohlenbrensberge  $B$  an den Grenzen hergestellt werden), oder umgekehrt (Kohlenbrensberg  $B$  nach Abb. 360 in der

Mitte, Bergebremserberge bzw. -rolllöcher  $r$  an beiden Seiten). Wird der Stoßbau in größerem Maßstabe betrieben, so rücken gleichzeitig nach der anderen Seite der Kohlenbremserberge bzw. der Bergebremserberge ebenfalls Stöße zu Felde, denen wieder andere entgegengetrieben werden; es wechseln dann einfach Kohlen- und Bergebremserberge ab. Die Kohlenbremserberge sowie die neben ihnen etwa angelegten Fahrüberhauen (s. die Abbildungen) können, dem Fortschreiten des Abbaues von unten nach oben entsprechend, stückweise verlängert werden. Sollen jedoch über einer oder mehreren Teilsohlen gleichzeitig andere Stöße in Angriff genommen werden (Abb. 361), so muß der Kohlenbremserberg gleich bis zur obersten Teilsohle hergestellt werden, falls nicht die Teilsohlen durch Ortsquerschläge mit den Bremserbergen eines Nachbarflözes oder mit einem Stapelschacht in Verbindung stehen. — Die Bergebremserberge werden,

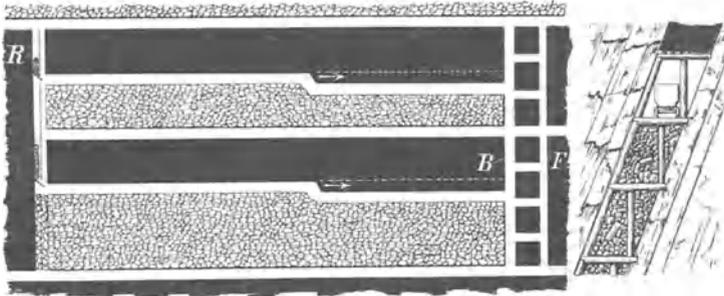


Abb. 361. Stoßbau mit Stößen von Streckenhöhe und eingelegerter Teilsohle.

je nachdem die Berge von oben oder von unten oder teils von oben und teils von unten zugeführt werden müssen, mit einfacher Bremse oder mit vereinigter Brems- und Haspeleinrichtung versehen. Für die Bergförderung von oben zieht man vielfach Rolllöcher vor. Die Rolllöcher sowie die lediglich von oben Berge zuführenden Bremserberge können mit dem Höherrücken des Abbaues stückweise mit versetzt und abgeworfen werden.

**111. — Verschiedenheiten beim streichenden Stoßbau.** Für die Bemessung der Stoßhöhe oder -breite sind die früher (S. 329, Ziff. 70) erörterten Rücksichten auf Lagerung, Gebirgsbeschaffenheit und Förderung maßgebend. Nur ist noch zu erwähnen, daß beim Stoßbau in flach geneigten Flözen im Gegensatz zum Pfeilerbau auch maschinelle Abbauförderung möglich ist. Infolgedessen können dann die Stoßhöhen größer genommen werden, als es sonst die Erschwerung der Kohlenförderung und Bergezuführung bei höheren Stößen gestatten würde. Der Bergefall beim Bahnbruch, der beim Strebbau von Bedeutung ist, spielt hier nur eine untergeordnete Rolle, da der Stoßbau wegen des Mitversetzens der Strecken und wegen seiner besonderen Eignung für mächtigere Flöze vorwiegend auf die Zuführung fremder Berge zugeschnitten ist. Die geringste Stoßhöhe ergibt sich in Flözen mit schlechtem Nebengestein und großer Mächtigkeit; hier wird der Stoßbau nach Abb. 361 mit Stößen von nur Streckenhöhe geführt, so

daß die Zimmerungen der neuen Strecke unmittelbar auf diejenigen der alten zu stehen kommen; man erhält so den sog. „Stoßortbetrieb“.

Weitere Unterschiede leiten sich her aus der verschiedenen Einrichtung der Kohlen- und Bergförderung. Ist nämlich das Einfallen flach oder

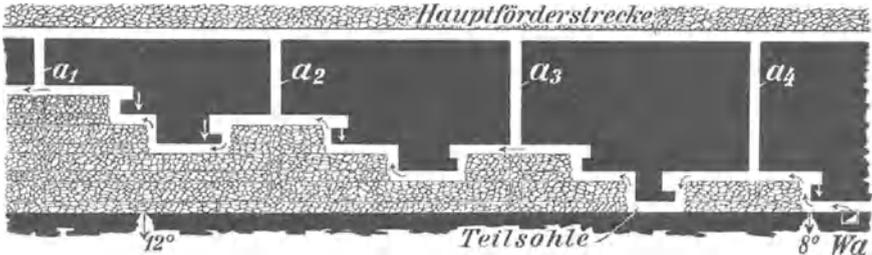


Abb. 362. Stoßbau mit nur je einer Förderstrecke, in mehreren Nachbarabteilungen gleichzeitig betrieben (Unterwerksbau).

handelt es sich bei steiler Lagerung um Stöße von nur Streckenhöhe, so kann man statt der zwei Förderstrecken für jeden Stoß auch mit der oberen Strecke allein auskommen, so daß diese für die Kohlen- und Bergförderung gleichzeitig benutzt wird und Kohlen und Berge auf ihr in entgegengesetzten

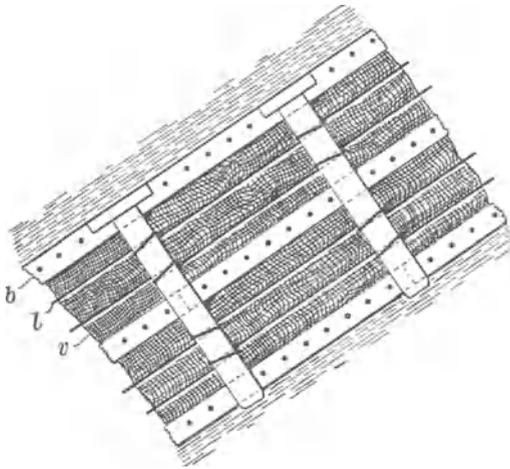


Abb. 363. Halten des Versatzes durch Versatzleinen.

Richtungen gefahren werden. Die Strecken werden dann zweckmäßig „totsöhlig“ hergestellt. Man braucht hierbei also die untere Strecke nicht mehr für die Förderung offen zu halten, sondern ihr nur einen für die Wetterführung ausreichenden Querschnitt zu bewahren. Auch fällt die Hälfte der Bremsberge fort, da einer und derselbe Bremsberg gleichzeitig der Kohlen- und Bergförderung dient; an den Grenzen des Baufeldes brauchen nur Wetterüberhauen ausgespart zu werden. Daher eignet sich dies Verfahren besonders für druckhaftes Gebirge. Abb. 362 veranschaulicht einen derartigen Abbau, bei dem die Abhauen  $a_1$ — $a_4$  die Abförderung der Kohlen zur oberen Sohle und die Zuführung der Berge von dieser aus vermitteln. Die Stöße werden abfallend verhauen. Dieser Verhieb ist bei dem Vorhandensein nur einer Strecke dem schwebenden vorzuziehen, da bei letzterem die Kohlen- und Bergförderung vor dem Abbaustoß sich durchkreuzen würden, während sie bei der in der Abbildung dargestellten Verhiebweise sich nicht stören. Allerdings muß in schlagwetterführenden Flözen

das Einfallen genügend flach sein, um die Abwärtsführung der Wetter vor jedem zweiten Stoße zu gestatten.

Den Bergeversatz kann man, wenn der Abbaustoß unten vorgestellt wird, bei genügend steilem Einfallen nach dem natürlichen Böschungswinkel herunterrollen lassen. Wird der Stoß oben vorangestellt (Abb. 359 rechts), so erweitert der Hohlraum sich nach oben hin; es bleiben daher größere Flächen des Hangenden ohne Unterstützung. Da das bei druckhaftem Gebirge zu bedenklich ist, so bringt man hier den Versatz besser in schwebenden, rechteckigen Streifen hinter Verschlägen ein. Diese können aus Brettern oder gemäß Abb. 363 aus dem billigeren Versatzleinen (*v*) gebildet werden, das unter dem Hangenden und am Liegenden, bei größerer Flözmächtigkeit auch noch in der Mitte der Mächtigkeit, an Brettern *b* befestigt wird, die ihrerseits an die Stempel genagelt sind. Vielfach wird das Versatzleinen auch noch durch Drähte oder durch Litzen abgelegter Drahtseile *l* verstärkt.

**112. — Erhöhung der Förderleistung beim Stoßbau.** Ein Übelstand des Stoßbaues, der sich bei seiner Anwendung im großen bemerklich macht, ist die geringe Zahl von Angriffspunkten und dementsprechend schwache Förderleistung. Man kann diesem Nachteil durch möglichst hohe Stöße, besonders aber durch Abkürzung der Baulängen, d. h. durch weitgehende Zerlegung eines größeren Baufeldes in streichende Abschnitte, und durch Einlegung von Teilsohlen, also durch Zerlegung des Baufeldes in schwebende Abschnitte, begegnen. Die weitgehende Unterteilung in der Streichrichtung wird durch Abb. 362 veranschaulicht. Diese läßt erkennen, daß man die einzelnen streichenden Abschnitte nacheinander in solchen Zeitabständen in Angriff nimmt, daß die vorhergehende Bauabteilung der nachfolgenden immer um eine Stoßhöhe voraus ist. Dadurch wird eine zu schnelle Entfesselung des Gebirgsdruckes verhütet und außerdem dem Bestreben des Hangenden entgegengewirkt, am Bergeversatz entlang durchzubrechen und so sich in einzelne, den Stößen entsprechende Streifen zu zerlegen, was sowohl auf den Abbau als auch auf die Tagesoberfläche ungünstig einwirkt. Man kann nämlich bei hinreichend festem Hangenden schon wieder vorn beginnen, ehe ein solches Durchbrechen eingetreten ist. Auch werden die sonst beim Stoßbau sehr langen Wetterwege auf ein Mindestmaß beschränkt, so daß die Wetter weniger Gelegenheit finden, sich zu erwärmen und mit schädlichen Gasen zu beladen.

Das zweite Mittel zur Erhöhung der Förderleistung, die Zerlegung des Baufeldes nach dem Einfallen, wird durch Abb. 361 veranschaulicht. Für die Kohlenförderung ist der gemeinsame Bremsberg *B* vorhanden, während die Berge aus dem gleichfalls gemeinsamen Rolloch *R* abgezogen werden. Die Bremsberge können bei diesem Betrieb nicht absatzweise hergestellt, sondern müssen gleich mindestens bis zur obersten Teilsohle aufgefahren werden.

**113. — Bewetterung beim streichenden Stoßbau.** Die Wetterführung ist beim streichenden Stoßbau einfach, indem die Wetter durch die Bremsberge oder durch die Fahr- oder Wetterüberhauen zu- und abgeführt werden und ohne besondere Maßregeln die Stöße bestreichen. Die dem Stoßbau eigentümliche Trennung der einzelnen Betriebspunkte voneinander ist insofern günstig für die Bewetterung, als sie eine weitgehende Teilung des Wetterstromes, d. h. eine Zerlegung in viele einzelne Wetterabteilungen, mit

sich bringt. Auf Schlagwettergruben jedoch, in denen der Wetterstrom stets aufwärts geführt werden muß, ergibt sich hieraus eine ungünstige Zersplitterung des Stromes, da z. B. ein zweiflügeliger Stoßbau zwei getrennte Wetterströme erfordert und infolgedessen beim Vorhandensein einer größeren Anzahl von Abbaubetrieben viele Abschluß- und Verteilungseinrichtungen für die Wetterführung notwendig werden, deren Überwachung und Instandhaltung schwierig ist. Ist dagegen das Flöz schlagwetterfrei oder (Abb. 362) ganz flach gelagert, so können beide Flügel eines Stoßbaues von demselben Wetterstrom versorgt werden; man kann dann mit einem stärkeren Teilstrom für eine größere Anzahl von Stößen auskommen.

#### bb) Der schwebende Stoßbau.

Der schwebende Stoßbau nimmt je nach der Flözneigung verschiedene Gestalt an, so daß er für flache und steile Lagerung gesondert besprochen werden muß.

**114. — Schwebender Stoßbau in flachgelagerten Flözen.** Der Abbau ist an der Hand der Abbildung 364<sup>1)</sup> ohne weiteres verständlich. Zu

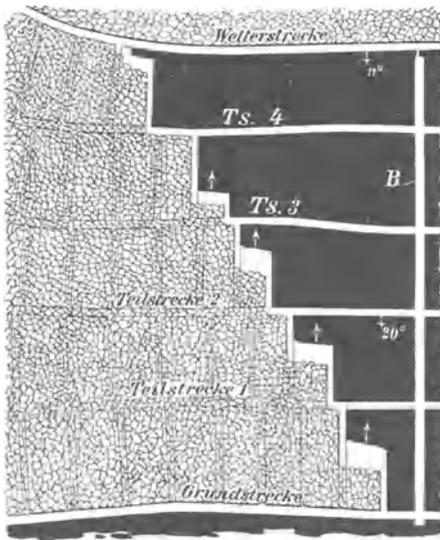


Abb. 364<sup>1)</sup>. Schwebender Stoßbau bei flacher Lagerung über mehreren Teilsohlen.

jedem der schwebend vorrückenden Stöße gehört eine nach unten (rechts in der Abbildung) und eine nach oben (links) führende Förder-, Fahr- und Wetterstrecke. Dem Fortschreiten des Abbaues entsprechend wird die erstere immer länger, die letztere, die versetzt wird, immer kürzer. Dient die nach oben führende Strecke zur Bergförderung, so werden ihre Schienen oder Rutschen in dem Maße, wie sie hier entbehrlich werden, in die untere Strecke gelegt. Die Abbildung läßt gut erkennen, wie beim schwebenden Stoßbau durch Einlegung einer größeren Zahl von Teilsohlen ohne große Schwierigkeiten und mit kurzen Wetterwegen, also günstiger Wetterführung, eine größere Fördermenge beschafft werden kann.

Die Zuführung fremder Berge kann zur Not auch von unten erfolgen, stößt jedoch dann auf dieselben Schwierigkeiten wie beim schwebenden Strebau.

**115. — Schwebender Stoßbau bei steiler Lagerung.** In steil aufgerichteten Flözen läßt der schwebende Stoßbau sich nicht in der eben geschilderten Weise durchführen, da das Einbringen des Versatzes bei gleich-

<sup>1)</sup> Sammelwerk Bd. II, S. 190.

zeitiger Kohलगewinnung und Förderung zu große Schwierigkeiten bieten würde. Man verfährt deshalb in der Weise, daß man abschnittsweise zunächst nur die Kohlen gewinnt und fördert und erst dann den Versatz auf einmal einbringt. Die gewonnenen Kohlen können zur größeren Sicherheit für die Hauer und zur Verringerung der Staub- und Feinkohlenbildung zunächst im Verschlage liegenbleiben (Abb. 365 I u. III), so daß nur die infolge der Auflockerung überschießenden Mengen abgefördert werden. Jedoch ergibt sich dann eine ungleichmäßige, stoßweise erfolgende Förderung sowie ein längeres Offenstehen des Hohlraumes bis zur Einbringung des Versatzes, indem nach dem Verhieb eines Abschnitts zunächst der ganze Kohlenvorrat ausgefördert werden muß. Auch verschlechtert die lose Kohle sich durch Entgasung, die auch die Schlagwettergefahr erhöht. Diese Übelstände vermeidet man durch sofortige Abförderung der Kohle gemäß Abb. 365 IV, muß dann aber eine größere Gefährdung der Hauer und eine stärkere Zertrümmerung der Kohle in den Kauf nehmen.

Die Hauer nehmen einen Brettverschlag mit hoch, der unten durch mehrere Fülltrichter mit Schiebern

abgeschlossen wird und zunächst zur Aufnahme der Kohlen dient; zwischen Verschlag und seitlichem Kohlenstoß bleibt ein Raum für das Fahr- und Wetterüberhauen frei. Ist der Stoß an der Teilsohle oder oberen Sohle angekommen, so folgt das Verstürzen des durch den neuen und den früheren Verschlag abgekleideten Hohlraumes mit Bergen von oben her, nachdem bei dem Abbau nach Abb. 365 I und III die Kohlen aus dem Verschlage abgezogen und herausgefördert sind. Während dieser Arbeit kann bereits die Inangriffnahme des nächsten Stoßes erfolgen.

Die Breite der Stöße sowie ihre Höhe, d. h. der Abstand der Sohlen- und Teilsohlenstrecken voneinander, hängt von der Festigkeit des Hangenden ab. Es darf nicht nur kein Zubruchgehen, sondern auch keine Beunruhigung des Hangenden eintreten. Denn bei dem Abbau nach IV würde dann die Gefahr zu groß werden, und bei dem Abbau nach I und III würde das Hangende sich auf die im Verschlag lagernden Kohlen setzen können, so daß die Kosten für deren Gewinnung doppelt gezahlt werden müßten und doch nicht alle Kohlen mehr gewonnen werden könnten.

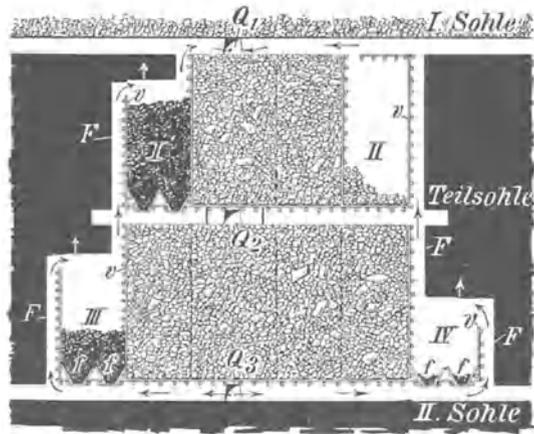


Abb. 365<sup>1)</sup>. Schwebender Stoßbau bei steiler Lagerung, mit Teilsohle.

<sup>1)</sup> Sammelwerk Bd. II, S. 195.

Ist das Gebirge genügend zuverlässig, so kann sogar mit je zwei Stößen nebeneinander vorgegangen werden. Dadurch sowie durch die Einlegung von Teilsohlen nach Abb. 365 läßt sich die Kohlenlieferung auf eine befriedigende Höhe bringen. Jedoch ist hier die Kohlenabfuhr noch ungleichmäßiger als beim Firstenbau ohne Rutsche (Abb. 354), da beim schwebenden Stoßbau nicht nur zwei, sondern unter Umständen (nach Abb. 365 I und III) sogar drei Betriebsabschnitte (1. Förderung der überschüssigen Kohlenmengen während des Verhiebes, 2. Förderung großer Massen während der Entleerung der Verschläge, 3. Unterbrechung der Kohlenförderung durch das Einbringen des Versatzes gemäß Abb. 365 II) zu unterscheiden sind. Es muß daher hier mit besonderer Sorgfalt darüber gewacht werden, daß durch eine genügende Anzahl gleichzeitig vorrückender, aber in verschiedenen Betriebszuständen befindlicher Stöße der erforderliche Ausgleich geschaffen und eine gleichmäßige Kohlenförderung und Bergezufuhr ermöglicht wird.

ε) *Abbauverfahren mit Vor- und Rückbau.*

**116. — Erläuterung.** Bei allen bisher besprochenen Abbauverfahren mit Bergeversatz begann der Abbau gleich am Bremsberge oder Überhauen und schritt in einer und derselben Richtung bis zur Baugrenze fort. Bei den im folgenden beschriebenen Abbauarten dagegen wird der Abbau wie der Pfeilerbau in zwei Zeitabschnitten geführt, indem man zunächst bis zur Abbau-  
grenze mit Strecken oder breiten Stößen vorgeht und sodann die dabei noch stehengebliebenen Kohlenpfeiler von rückwärts her gewinnt. Wird dabei der Versatz erst im zweiten Bauabschnitt eingebracht, so nennt man den Abbau „Pfeilerbau mit Bergeversatz“. Wird der Abbau dagegen im ersten Bauabschnitt mit Versatz, im zweiten ohne Versatz betrieben, so handelt es sich um den „vereinigten Streb- und Pfeilerbau“.

aa) *Der Pfeilerbau mit Bergeversatz.*

**117. — Ausführung des Pfeilerbaues mit Versatz.** Bei diesem Abbauverfahren werden zunächst ganz wie beim Pfeilerbau Abbaustrecken getrieben, die das Baufeld in einzelne Pfeiler zerlegen. Der Rückbau der Pfeiler erfolgt mit Ausfüllung der Hohlräume durch Versatz.

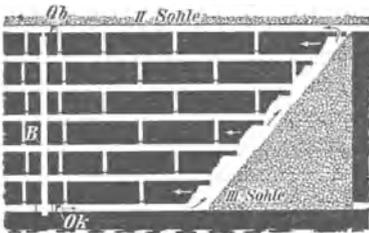


Abb. 366. Pfeilerbau mit geschlossenem Versatz.

Nur auf den streichenden Betrieb eines solchen Abbaues braucht hier eingegangen zu werden.

Die Einbringung des Versatzes kann in verschiedener Weise erfolgen. Man kann zunächst wie beim gewöhnlichen Pfeilerbau den Verhieb der oberen Pfeiler vorgehen lassen und die Förderwege im Versatz offen halten, so daß jeder Pfeiler einen besonderen Bergekasten für das Aufhängen des Versatzes erhält.

Wenn jedoch das Gebirge es gestattet und das Einfallen steil genug ist, kann man vorteilhafter den Versatz von der Feldegrenze aus in einer zusammenhängenden Masse (Abb. 366) einbringen, indem man statt der oberen die unteren Pfeiler vorgehen läßt und die Berge von der oberen Sohle aus nachstürzt. Die kostspieligen „Bergekasten“ auf den einzelnen Strecken fallen dann fort, und der Versatz wird vollständig.

bb) Der vereinigte Streb- und Pfeilerbau.

**118. — Durchführung (im allgemeinen und im einzelnen).** Bereits der Pfeilerbau mit Versatz nimmt wegen seiner weitergehenden Vorrichtung eine besondere Stellung unter den Abbauverfahren mit Bergeversatz ein. Noch weiter entfernt sich der vereinigte Streb- und Pfeilerbau von dem Begriff des Abbaues mit Versatz, da bei ihm nicht nur der Abbau durch das Auffahren von Vorrichtungstrecken vorbereitet, sondern auch der Versatz nur ganz unvollständig ausgeführt wird.

Gemäß Abb. 367 werden zunächst Strebstöße ins Feld getrieben, die mehr oder weniger starke Kohlenpfeiler zwischen sich lassen, und nach Ankunft dieser Strebstöße an der Baugrenze die stehengebliebenen Pfeiler rückschreitend verhaufen. Der Bergebedarf der Strebstöße wird lediglich durch Nachreißen der Förderstrecken gedeckt. Daher werden sie auch je nach der Menge der hierbei fallenden Berge verschieden breit aufgefahren. Bei dem Abbau nach Abb. 367 ist die Breite der Strebstöße annähernd gleich derjenigen der Pfeiler. In diesem Falle, der flache Lagerung voraussetzt, werden die Strebstöße von je zwei Förderstrecken begrenzt, auf denen je die Hälfte der beim Strebbaue gewonnenen Kohlen zum Bremsberg gefahren wird und die auch je zur Hälfte mit ihren Bergen zum Versatz beisteuern, so daß das Kohlenladen und Bergeversetzen möglichst erleichtert wird.

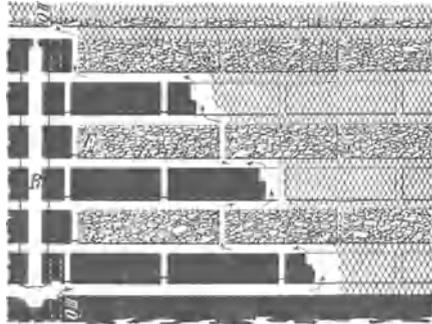


Abb. 367. Vereinigter Streb- und Pfeilerbau mit breiten Strebstößen bei flacher Lagerung.

Zur besseren Wetterführung werden Durchhiebe in den Kohlenpfeilern hergestellt und entsprechende Wetterröschchen im Versatz ausgespart; die ersteren ermöglichen die Abkürzung der Wetterwege während des Strebbaues, die letzteren erfüllen dieselbe Aufgabe für den Pfeilerbau.

Bei zweiflügeligem Abbau legt man wohl am Bremsberg jedesmal einen Strebstoß einem Kohlenpfeiler gegenüber, um den entstehenden Gebirgsdruck möglichst gleichmäßig auf den Bremsberg zu verteilen.

Werden bei geringem Bergefall die Strebstöße wesentlich schmaler als die Kohlenpfeiler, so nimmt der Abbau die Gestalt eines Pfeilerbaues an, dessen Strecken mit Damm aufgefahren werden.

### 3. Beurteilung der verschiedenen Abbauverfahren mit Bergeversatz auf Lagerstätten von mäßiger Mächtigkeit und Abgrenzung ihres Anwendungsgebietes.

**119. — Allgemeine Beurteilung der Abbauarten mit Abbaustrecken.** Diejenigen Abbauverfahren, die Förderstrecken im Versatz mit zu Felde führen, bieten den Vorteil, daß die einzelnen Kameradschaften hinsichtlich der Förderung voneinander unabhängig sind, also ein Bruch an einer Stelle nicht ohne weiteres auf alle anderen Angriffspunkte zurückwirkt. Auch sind sie von Unregelmäßigkeiten im Einfallen im allgemeinen wenig abhängig, wenn auch bei schwebendem Vorgehen dadurch Unbequemlichkeiten entstehen können. Daher ist die Kohlenlieferung solcher Abbaubetriebe gleichmäßig. Eine Ungleichmäßigkeit macht sich nur in größeren Zwischenräumen bemerklich, indem die Herstellung eines neuen Bremsbergs eine Unterbrechung der Kohlegewinnung mit sich bringt. Doch fällt auch dieser Stillstand bei dem Strebbau mit Aufrollen der Bremsbergfelder fort, da hier der Übergang der Förderung von einem Bremsberg auf den andern allmählich stattfindet. Ein Vorteil ist ferner, daß man bei der Stellung der Stöße weitgehende Rücksicht auf die Schlechten nehmen kann und bei teilweise unruhigem Gebirge oder Belästigung durch Gasentwicklung die oberen oder unteren Stöße rascher zu Felde führen, sich überhaupt den wechselnden Verhältnissen besser anpassen kann. Dazu kommt, daß der Abbau größtenteils mit eigenen Bergen vom Bahnbruch betrieben werden kann.

**120. — Beurteilung des Rutschenbaues.** Die Rutschenbau-Verfahren bieten unter den für sie günstigen Verhältnissen erhebliche Vorteile. Zunächst fallen die in der Herstellung und Unterhaltung teuren Bremsberge gänzlich fort. Ebenso scheidet auch die Unterhaltung der Abbaustrecken aus, da die allenfalls nachgeführten blinden Strecken keine Unterhaltungskosten verursachen. Die auf diese Weise ermöglichten Ersparnisse sind bedeutend. Denn man kann beim Strebbau an monatlichen Kosten für die Unterhaltung eines Bremsbergs mindestens etwa 5  $\mathcal{M}$  je lfd. Meter und für diejenige der Abbaustrecken mindestens 2  $\mathcal{M}$  je lfd. Meter annehmen. Berücksichtigt man nun, daß die Strecken erst am Ende des Abbaues ihre volle Länge erhalten, für die Unterhaltung also im Durchschnitt mit ihrer halben Länge eingesetzt werden müssen, so ergibt sich beispielsweise bei einer streichenden Länge von 150 m und einer flachen Höhe von 100 m, wenn das Baufeld in 10 Streben eingeteilt ist und die Herstellung des Bremsbergs 3 Monate, der Abbau 6 Monate erfordert, eine Gesamtsumme von rd. 12000  $\mathcal{M}$  an Unterhaltungskosten bis zur Beendigung des Abbaues; die Tonne Förderung wird also bei 1 m Flözmächtigkeit und dementsprechend rd. 18000 t Kohleninhalt des gedachten Baufeldes mit rd. 67  $\mathcal{S}$  belastet. Dazu treten noch die Kosten der Herstellung des Bremsbergs, wenn ohne „Aufrollen“ vorgegangen wird. Beim Rutschenbau aber fallen nicht nur diese Herstellungs- und Unterhaltungskosten fort, sondern es wird auch noch die Zeitdauer des Abbaues verkürzt, so daß auch die Unterhaltung der wenigen bei diesem Abbau noch übrigen Strecken (Grund- und Teilsohlenstrecken) nur für diese kürzere Zeitspanne den Betrieb belastet. Daß eine solche Beschleunigung des Abbaues

möglich ist, hat seinen Grund darin, daß der Zeitaufwand für das Nachreißen und Ausbauen der Abbaustrecken fortfällt und die gewonnenen Kohlen rascher als durch die Streckenförderung abgefördert werden können.

Dazu tritt noch die Verringerung der Kohlegewinnungskosten infolge der geringeren Belastung der Hauer durch Nebenarbeiten. Auch wird an Förderkosten gespart, da die auf der oberen und unteren Sohle und den Teilsohlen beschäftigten Berge- und Kohlenschlepper, (sofern nicht überhaupt die Pferde- oder Maschinenförderung bis hierher geführt wird), gut ausgenutzt werden, die Unterhaltung der Gestänge, Bremsgestelle, Seile, Bremswerke usw. fortfällt und die Zeitverluste durch das Warten am Bremsberge, das An- und Abschlagen der Wagen usw. ausscheiden.

Ein weiterer wesentlicher Vorzug dieser Abbaufverfahren ist der geschlossene Bergeversatz an sich, der bei richtiger Bemessung der Schnelligkeit des Verhiebs (Ziff. 86) ein gleichmäßiges und bruchfreies Senken des Hangenden und eine erwünschte Unterstützung der Gewinnung durch den Gebirgsdruck herbeiführt. Dazu kommt noch, daß eine Beunruhigung des Gebirges, wie sie beim Nachreißen von Strecken eintritt, vermieden wird, was besonders bei Vorhandensein von „Nachfall“ wichtig ist. Auch ist die Wetterführung infolge des Fortfalls der Strecken sehr günstig, da Verzettelungen des Wetterstromes durch diese sowie auch Schlagwetteransammlungen in den Strecken vermieden werden und der Wetterstrom geschlossen und kräftig den Abbaustoß bestreichen kann. Im Saarbrücker Steinkohlenbergbau ist sogar für verschiedene Gruben die Gefahr von Schlagwetteransammlungen in den Abbaustrecken ein Hauptgrund für die Einführung des Schüttelrutschen-Abbaues gewesen<sup>1)</sup>.

Der schnelle Verhieb, zu dem schon die Rücksicht auf das Gebirge nötigt, ist, abgesehen von der günstigen Einwirkung auf das Hangende, auch insofern vorteilhaft, als er eine starke Zusammenziehung der Förderung an wenigen Stellen und eine bequeme Beaufsichtigung ermöglicht; zwei gut belegte Schüttelrutschen- oder Firstenbaubetriebe können schon die Förderung einer ganzen Steigerabteilung liefern.

Einige besondere Bemerkungen verdient der Firstenbau. Er wirkt ganz besonders günstig auf das Hangende, da die Versatzberge bei dem steilen Einfallen in alle Hohlräume gelangen und sich fest zusammenpressen. Nachteilig ist die wegen der vielen einspringenden Ecken ungünstigere Wetterführung sowie die starke Kohlenzerkleinerung und Staubbildung durch Fall. Daher ist der Firstenbau im Steinkohlenbergbau nur für solche Flöze geeignet, deren Kohle auch in zerkleinertem Zustande nutzbringend verwendet werden kann. Auch nach dem Flözverhalten ist die Anwendbarkeit des Firstenbaues eingengt. Flöze von etwa 1,5 m Mächtigkeit und darüber verursachen, wenn es sich nicht gerade um besonders feste Kohle handelt, zu große Schwierigkeiten durch die Kohlenfallgefahr und durch die Einbringung der schweren Zimmerung. Bergmittel im Flöz sind zwar kein unüberwindbares Hindernis, erschweren aber den Abbau bedeutend. Hiernach eignet der Firstenbau sich in erster Linie für dünne, steilgelagerte Flöze ohne Bergmittel, mit fester

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1911, S. 405; Hochstrate: Abbaufördereinrichtungen auf den staatlichen Steinkohlenbergwerken bei Saarbrücken.

Kohle und festem Hangenden, wenn fremde Berge zur Verfügung stehen und auf die Erzielung von Stückkohlen kein großer Wert gelegt zu werden braucht.

Dagegen ist ein Hauptnachteil der Rutschenbau-Verfahren eine gewisse „Starrheit“. Wegen der Abhängigkeit der einzelnen Angriffspunkte jedes Stoßes voneinander und der Notwendigkeit, den Abbaustoß so zu stellen, wie es die Rücksicht auf die Förderung erfordert, fehlt ihnen die Beweglichkeit, die den Abbau mit Förderstrecken kennzeichnet und ihm eine weitgehende Anpassung an die Lagerungs- und Flözverhältnisse gestattet. Ferner machen sich schon geringe Betriebsstörungen sehr bemerklich, da sie leicht die ganze Förderung des Flügels zum Stillstande bringen und dieser Förderausfall nicht an anderen Stellen wieder eingebracht werden kann. Bei flacher Lagerung treten hierzu die Schwierigkeiten, die der Betrieb der Abbauförderungen verursacht und die namentlich bei empfindlichen Motoren oder nicht genügend eingearbeiteter Belegschaft leicht zu Störungen führen können. Auch können, da der Abbau auf die reichliche Zufuhr fremder Berge angewiesen ist, hohe Kosten für diese den Betrieb sehr verteuern und so seine Vorteile größtenteils aufwiegen. Dieser Gesichtspunkt tritt besonders bei flacher Lagerung hervor, da dann die Bergförderung im Abbau gleichfalls durch Schüttelrutschen erfolgen muß. — Außerdem geht die Hauerleistung vor den hohen Stößen infolge der starken Belegung und des geringeren Ansporns für den einzelnen Hauer zurück.

Im allgemeinen wird man sagen können, daß der Rutschenbau wegen seiner Vorteile nach Möglichkeit anzustreben ist, daß aber folgende Vorbedingungen für ihn gefordert werden müssen: einigermaßen gleichmäßiges Flözverhalten; ein Hangendes, das nicht zu sehr zum plötzlichen Niedergehen in größeren, selbständigen Schollen neigt; nicht zu hohe Kosten für die Zufuhr der Berge zum Abbaufelde und für ihre Förderung im Abbau selbst.

Kleinere Gebirgstörungen<sup>1)</sup> sind für die Abbauverfahren mit geschlossenem Versatz schon bei geringen Verwurfshöhen (von weniger als Flözmächtigkeit) sehr störend, wenn der obere Teil des Stoßes gesunken ist, weil dann leicht ein zu starker Knick entsteht, als daß er von der Schüttelrutsche usw. noch überwunden werden könnte. Dagegen verursachen Störungen mit entgegengesetzter Verwurfrichtung geringere Schwierigkeiten als beim gewöhnlichen Strebbau. Denn es brauchen immer nur die beiden Strecken am unteren und oberen Ende durch die Störung hindurch getrieben zu werden, und der Beginn eines neuen Abbaues hinter einer größeren Störung erfordert nur die Herstellung eines einfachen Überhauens. Der Abbau bis an eine größere Störung heran kann bei Schüttelrutschenbetrieb je nach der Streichrichtung der Störung durch Schwenken der Schüttelrutsche oder, wenn der Stoß die Störung zuerst oben erreicht, durch allmähliche Verkürzung der Rutsche (Abb. 368) ermöglicht werden.

Die Flözmächtigkeit kommt bei diesem Vergleich insofern in Betracht, als mit wachsender Mächtigkeit im allgemeinen die Vorteile des Rutschenbaues geringer, seine Nachteile größer werden. Denn in mäch-

<sup>1)</sup> S. den auf S. 379 in Anm. <sup>1)</sup> genannten Aufsatz, S. 416 u. f.; — ferner Glückauf 1911, Nr. 18, S. 689 u. f.; Pieper: Über die Arbeitsweise der Schüttelrutschen usw.

tigen Flözen macht der Gebirgsdruck sich stärker bemerklich, der Abbaustoß rückt langsamer vor, und die Gefahr eines Förderausfalls bei Brüchen u. dgl. fällt wegen der größeren Förderleistungen in solchen Flözen schwerer ins Gewicht. Bei steilem Einfallen wird außerdem die Gefahr des Kohlenfalls aus den überhängenden Firsten zu groß. Dagegen verursachen in mächtigen Flözen Abbaustrecken und Bremsberge geringere Kosten, zumal sich bei der Unterhaltung durch nachgiebige Zimmerung viel sparen läßt, und bei genügend flacher Lagerung kann mit den Förderwagen unmittelbar aus dem Abbau gefördert werden.

**121. — Strebbau.** Der Strebbau mit breitem Blick kommt hinsichtlich der günstigen Senkung des Hangenden und der guten Bewetterung dem Rutschenbau nahe, teilt aber mit diesem auch die größere Empfindlichkeit gegen ein rackweise sich setzendes Hangendes, weil er die Bloßlegung ununterbrochener, breiter Streifen erfordert. In letzterer Hinsicht kann der Strebbau mit abgesetzten Stößen den Vorzug verdienen, der sonst wegen der Bruchkanten, die sich an den streichenden Streifen zwischen den einzelnen Stößen leicht bilden (vgl. Ziff. 92), und wegen der größeren Schlagwettergefahr in den einspringenden Ecken weniger günstig ist.

Vergleicht man den streichenden mit dem schwebenden Strebbau, so ist zugunsten des letzteren in die Wagschale zu werfen: der geringere Querschnittsbedarf in den Abbaustrecken, in denen schwebend, also mit bester Einfügung der Förderwagen in den Streckenquerschnitt, gefördert wird; die bequeme und billige Förderung, da die Schlepperförderung großenteils durch den Bremsbetrieb ersetzt wird; die Unabhängigkeit in der Bemessung der streichenden Baulänge eines Abbaufeldes, weil bei einigermaßen günstigem Hangenden immer neue Stöße fortschreitend zu Felde rücken können; endlich die Gleichmäßigkeit des Betriebes, die nicht wie beim streichenden Strebbau durch den Übergang des Abbaues von einem Bremsbergfeld auf ein anderes gestört wird. Jedoch ist das Anwendungsgebiet des schwebenden Strebbaus sehr beschränkt. Nicht nur kann er bei steilerer Lagerung keine Verwendung finden, sondern er eignet sich auch bei flacher Flözneigung nicht für mächtigere Flöze, die wenig eigene Berge liefern, aber viel Versatzberge erfordern, deren Beschaffung beim schwebenden Strebbau sehr schwierig ist. Die Wetterführung verlangt, da es sich um lauter schwebende Betriebe handelt, größere Vorsicht als beim streichenden Strebbau.

Wo nach Lage der Verhältnisse sowohl mit streichendem als auch mit schwebendem Strebbau abgebaut werden kann, läßt man zweckmäßig den Verlauf der Schichten für die Wahl der einen oder anderen Abbauart entscheiden.

**122. — Firsten- und Strossenbau im Erzbergbau.** Im Erzbergbau, soweit er sich auf Gängen von nicht sehr bedeutender Mächtigkeit bewegt, ist der Firstenbau die am häufigsten, vielfach sogar ausschließlich in Betracht

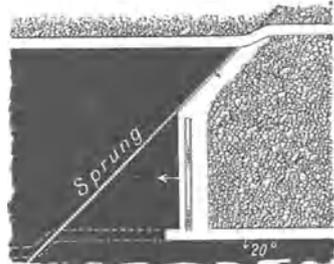


Abb. 368. Abbau mit allmählich verkürzter Schüttelrutsche bei Annäherung an eine Störung.

kommende Abbauart, da er wegen des Wegfalls von Förderstrecken und der bequemen Rollochförderung sich sehr billig stellt.

Der Strossenbau auf Erzgängen unterscheidet sich vom Firstenbau nachteilig durch seine hohen Holzkosten für die Bergeverschlüge der einzelnen Strossen und durch die Belästigung der Hauer durch Gebirgswasser und das Herunterschaffen der Erze über mehrere Strossen bis zur nächsten Abbau-strecke. Er hat demgegenüber nur den Vorteil, daß er gleich an der Erdoberfläche begonnen werden kann und daß keine Erze in den Versatz geraten können; die letztere Eigenschaft des Strossenbaues führt manchmal zu seiner Verwendung auf Lagerstätten mit besonders wertvollen Erzen.

**123. — Der Abbau in einzelnen Streifen (Stoßbau).** Der Stoßbau unterscheidet sich von den bisher besprochenen Abbauarten dadurch, daß er immer nur verhältnismäßig kurze Angriffsflächen hat. Daraus erwächst ein Hauptvorteil dieses Verfahrens: seine Anwendbarkeit bei schlechtem Hangenden, da keine großen Flächen gleichzeitig bloßgelegt werden. Aus dem gleichen Grunde empfiehlt sich der Stoßbau für brandgefährliche Flöze: zur Absperrung eines Brandes an einem Betriebspunkt sind nur wenig Abdämmungsarbeiten erforderlich, und der dadurch herbeigeführte Förderausfall ist nur geringfügig. Auch das Zufüllen der Förderstrecken ist in verschiedener Hinsicht vorteilhaft: man erzielt einen vollständigen Versatz wie beim Rutschenbau; ein kostspieliges „Aufhängen“ der Versatzberge bei steiler Lagerung, wie es beim Strebbau notwendig ist, fällt weg, was besonders in Flözen von großer Mächtigkeit sehr ins Gewicht fällt; und die Strecken-Unterhaltungskosten werden gegenüber dem Strebbau wesentlich verringert, da die Strecken wegen der geringeren Baulänge nicht so lange zu stehen brauchen und immer auf einer Seite den noch ziemlich druckfreien Kohlenstoß haben.

Diesen Vorzügen stehen jedoch beim streichenden Stoßbau als Nachteile gegenüber: die zerstreute Lage der einzelnen Betriebspunkte mit ihrer Zersplitterung der Förderung und Wetterführung; die Schwierigkeit, eine größere Förderleistung zu erzielen; der langsame Abbau und die Gefahr der Bildung von Bruchlinien entlang der oberen Stoßgrenze und daher der Zerlegung des Hangenden in eine Anzahl selbständig sich bewegender Streifen. Man zieht deshalb im allgemeinen den Abbau in breiter Fläche vor und beschränkt den streichenden Stoßbau vorzugsweise auf mächtige Flöze mit schlechtem Hangenden und milder, zur Selbstentzündung neigender Kohle.

Beim schwebenden Stoßbau in der Ausgestaltung, wie sie bei flachem Einfallen in Betracht kommt, treten die Nachteile des Stoßbaues mehr zurück, da hier sich leichter eine größere Angriffsfläche ohne große Zersplitterung erzielen läßt (vgl. Abb. 364 auf S. 374), auch die Wetterführung einfacher wird. Vor dem schwebenden Strebbau hat der schwebende Stoßbau die Möglichkeit voraus, fremde Berge von oben in beliebigen Mengen zu führen zu können. Dem streichenden Stoßbau wird er vielfach wegen der Lage der Schlechten vorgezogen. Bei steilem Einfallen kann der schwebende Stoßbau als ein vorteilhaftes Verfahren bezeichnet werden; mit dem Firstenbau hat er die Billigkeit infolge des Wegfalls der Strecken gemeinsam, zeichnet sich aber vor ihm aus durch die bessere Wetterführung und die Möglichkeit einer besseren Schonung der Kohle. Allerdings erfordert er größere Sorgfalt

bei der Regelung des Betriebes, wenn eine gleichmäßige Kohlenlieferung und Bergezuführung erzielt werden soll. Ein Vorteil ist auch die Arbeitsteilung in Hauer-, Schlepper- und Versatzarbeit, die eine günstige Ausnutzung der Arbeitskraft der Leute ermöglicht. Das Anwendungsgebiet dieser Abbauart ist freilich noch beschränkter als das des Firstenbaues, da die Flözmächtigkeit nur gering sein darf, das Hangende sich längere Zeit selbst tragen und daher sehr fest sein muß und das Flöz kein Bergmittel führen darf.

**124. — Abbauverfahren mit Vor- und Rückbau.** Der Pfeilerbau mit Versatz kann sowohl mit dem Strebbau als auch (Abb. 366) mit dem Firstenbau Ähnlichkeit haben. Diesen Abbauarten gegenüber hat er jedoch den Nachteil, daß besondere Vorrichtungstrecken mit allen ihren oben (Ziff. 78 u. 79) geschilderten Nachteilen aufgefahren werden müssen; er wird deshalb nur bei schwierigeren Verhältnissen angewandt. Im übrigen hat der Abbau nach Abb. 366 bei steilem Einfallen vor dem Firstenbau, mit dem er den Vorzug der großen Angriffsfläche und des vollständigen Versatzes teilt, die Anwendbarkeit in mächtigen, unreinen oder druckhaften Flözen voraus. Er eignet sich außerdem vorzugsweise für festes Hangendes, insbesondere Sandstein, das dazu neigt, längere Zeit sich selbst zu tragen und sich dann mit Heftigkeit auf den Versatz zu setzen; in diesem Falle ist der Rutschenbau gefährlicher, während beim Strebbau das Offenhalten der Strecken im Versatz gegen den Schluß hin auf sehr große Schwierigkeiten stoßen kann. Auch kann, wenn die Grenze eines Abbaufeldes durch eine größere Gebirgstörung gebildet wird, der Pfeilerbau mit Versatz deshalb den Vorzug verdienen, weil er diese Störung mit ihren schädlichen und gefährlichen Nebenwirkungen hinter sich läßt.

Der vereinigte Streb- und Pfeilerbau ist nur für solche Fälle von Bedeutung, in denen nur wenig eigene Berge fallen und deren Abförderung vermieden werden soll, ein vollständiger Versatz aber weder dem Flözverhalten nach noch auch durch die Rücksicht auf die Erdoberfläche geboten erscheint. Sollen lediglich die im Betriebe fallenden Berge untergebracht werden, so beschränkt man die Zahl der nachzureißenden Förderstrecken, indem man die Strebstöße nicht mit zwei Strecken, sondern nur mit Damm und Wetterröschle auffährt. Der Abbau nach Abb. 367 dagegen kann sich empfehlen, wenn infolge größerer Flözmächtigkeit der Bergefall in den Strecken gering und der Hohlraum groß ist und daher der zur Unterbringung des Versatzes mitzunehmende Strebstreifen für eine Strecke zu schmal werden würde, um eine befriedigende Hauerleistung zu erzielen.

**125. — Zusammenfassung.** Einen Überblick über die Anwendung der verschiedenen Abbauarten, soweit er sich bildlich veranschaulichen läßt, gibt Abb. 369. Es sind hier Flöze von verschiedener Mächtigkeit mit und ohne Bergmittel in steiler, mittlerer und flacher Lagerung und mit verschieden festem Hangenden, sowie verschiedenartige Verhältnisse an der Erdoberfläche dargestellt. Erläuternd braucht nur noch folgendes bemerkt zu werden:

An den Markscheiden ist wegen der schwierigen Beschaffung von Versatzbergen von der Zuführung fremder Berge ganz abgesehen worden, da die Tagesoberfläche einen Abbau mit Versatz hier nicht dringend notwendig macht. Infolgedessen soll das mächtige Flöz *A* auf dem steilen Flügel mit streichendem Pfeilerbau, das einzige, eigene Berge liefernde Flöz *O* auf dem

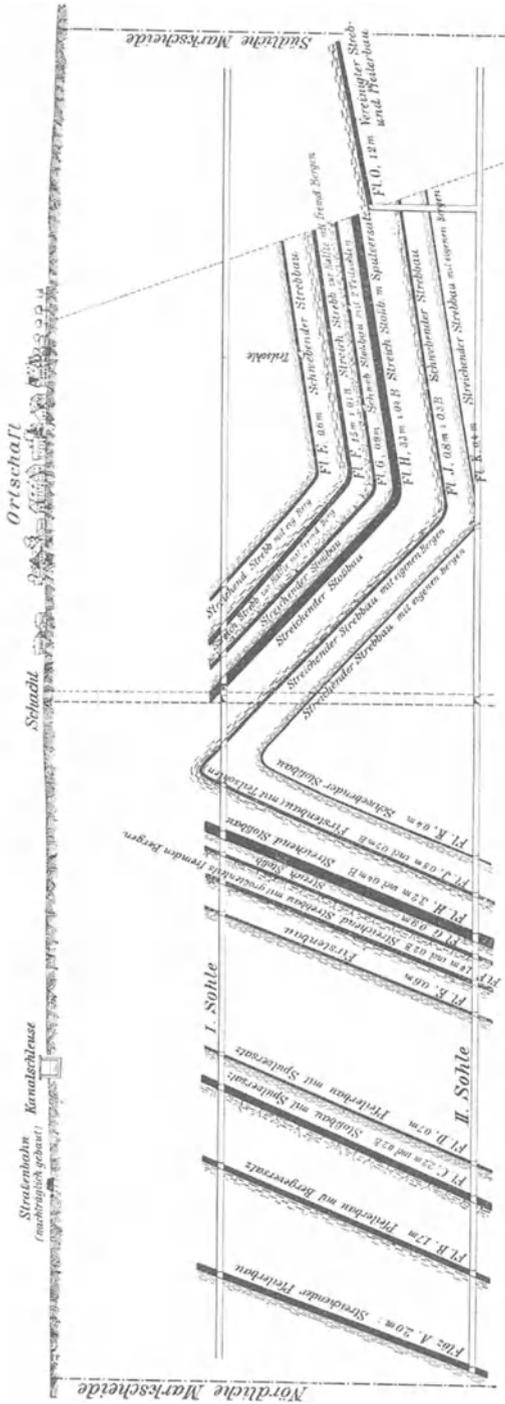


Abb. 389. Übersicht über die Anwendung der verschiedenen Abbauarten.

flachen Flügel mittels vereinigten Streb- und Pfeilerbaues gewonnen werden. Bei dem steilen Flügel von Flöz B ist angenommen, daß die Vorrichtung zum Pfeilerbau schon in Angriff genommen war, als in dieser Gegend eine Straßenbahn angelegt wurde, und daß man sich infolgedessen nachträglich zur Einbringung von Versatz in die entstehenden Hohlräume entschlossen hat. Bei den Flözen C und D ist unterstellt, daß die Bergbehörde den Abbau unter der Schleuse mit sorgfältig ausgeführtem Spülversatz (s. Ziff. 137 u. f.) gestattet hat, so daß dieser hier nicht nur in dem mächtigen Flöze C, sondern auch in dem wenig mächtigen Flöze D mit steilem Hangenden, also unter Verhältnissen, wie sie sonst die Vorteile des Spülversatzes mehr zurücktreten lassen, zur Anwendung kommt. Die Gebäude über den Flügeln mit mittlerem und flachem Einfallen erfordern, da sie nicht zu Straßenzügen zusammengeschlossen sind und da ange-

Erklärung:   
 fest   
 druckhalt   
 drucklos   
 Hangendes   
 Versatz   
 druckhalt u. gebrauch

nommen ist, daß Gas- und Wasserleitungen u. dgl. nicht vorhanden sind, nicht die Anwendung aller Mittel zur Vermeidung von Bergschäden, so daß hier nur für den flachen Flügel des mächtigen Flözes *H* Spülversatz vorgesehen, im übrigen die Einbringung von Handversatz als ausreichend erachtet ist. Beim streichenden StREBBAU ist die Zuführung von mehr oder weniger großen Mengen fremder Berge in denjenigen Fällen in Aussicht genommen, in denen wegen steiler Lagerung und hoher Stöße (Flöz *F*, steiler Flügel) wenig eigene Berge fallen, auch das Verstürzen von fremden Bergen wegen dieser Verhältnisse und wegen der Nähe des Schachtes billig ist, oder in denen die Bebauung der Erdoberfläche einen möglichst vollständigen Versatz besonders in mächtigeren Flözen wünschenswert macht (mittlerer und flacher Flügel im Flöz *F*).

#### 4. Besondere Ausbildung einzelner Abbauverfahren für die Gewinnung mächtiger Lagerstätten.

**126. — Vorbemerkung.** Die bisher besprochenen Abbauverfahren mit Bergeversatz versagen oder bedürfen doch einer entsprechenden Umgestaltung, wenn die Mächtigkeit der Lagerstätte eine gewisse Grenze überschreitet. Diese Grenze wird im Steinkohlenbergbau eher erreicht als beispielsweise im Erzgangbergbau, da der Gebirgsdruck im ersteren Falle im allgemeinen größer ist und daher die Schwierigkeiten der Beschaffung und Einbringung einer entsprechenden Zimmerung mit zunehmender Mächtigkeit schnell wachsen, auch die Gefahr eines Flözbrandes wesentlich näher gerückt wird und ferner bei flacher Lagerung die Einbringung des Versatzes auf erhebliche Schwierigkeiten stößt, bei steilem Einfallen aber die Gefahr des Kohlenfalls zu groß wird. Ein Flöz von 5 m Mächtigkeit z. B. wird dem Abbau bereits erhebliche Hindernisse in den Weg legen, während ein Erzgang von dieser Stärke in vielen Fällen ohne sonderliche Schwierigkeiten durch den gewöhnlichen Firstenbau in Angriff genommen werden kann.

Von den verschiedenen hier in Frage kommenden Abbauverfahren sollen nur besprochen werden: der Scheibenbau, der Stoßbau in seiner Ausbildung für mächtige Lagerstätten und der Querbau. Sie laufen alle darauf hinaus, daß die umfangreiche Masse der Lagerstätte in Streifen („Scheiben“ oder „Platten“) von so geringer Stärke zerlegt wird, daß deren Gewinnung ohne besondere Schwierigkeiten erfolgen kann<sup>1)</sup>.

##### α) Der Scheibenbau.

**127. — Begriffsbestimmung.** Unter „Scheibenbau“ versteht man einen Abbau, der durch Zerlegung eines Flözes in einzelne Bänke oder streichende „Scheiben“ gekennzeichnet ist, die im einzelnen nach den bekannten Abbauverfahren in Angriff genommen werden. Zahl und Mächtigkeit der verschiedenen Scheiben richtet sich nach der Mächtigkeit und dem Verhalten des Flözes. Vielfach wird das Flöz schon durch eingelagerte Bergmittel in natürliche Scheiben zerlegt.

<sup>1)</sup> Näheres s. auch Glückauf 1910, Nr. 9, S. 305 u. f.; Unterhössel: Der Abbau besonders mächtiger Flöze im Ruhrbezirk.

Auch in den Fällen, in denen ein Bergmittel zwischen zwei Kohlenbänken im Verhältnis zur Kohlenmächtigkeit so stark ist, daß man von zwei (oder auch mehr) Einzelflözen sprechen muß, läßt sich der Abbau des einen Flözes nicht ohne Rücksicht auf den des anderen führen, sofern der Abstand beider Flöze ein bestimmtes Maß nicht überschreitet. Es sollen auch derartige Abbaugemeinschaften im folgenden besprochen werden.

**128. — Allgemeines über den Scheibenbau.** Der Abbau kann entweder in den verschiedenen Scheiben nahezu gleichzeitig zu Felde rücken, indem in jeder Scheibe der Stoß gegen die vorangehende etwas zurückbleibt, oder es kann mit der Inangriffnahme einer weiteren Scheibe bis nach der Beendigung des Abbaues der vorhergehenden gewartet werden. Im letzteren Falle wiederum kann der Abbau der nächsten Scheibe sich zeitlich unmittelbar an den der vorhergehenden, und zwar in derselben Richtung oder nach

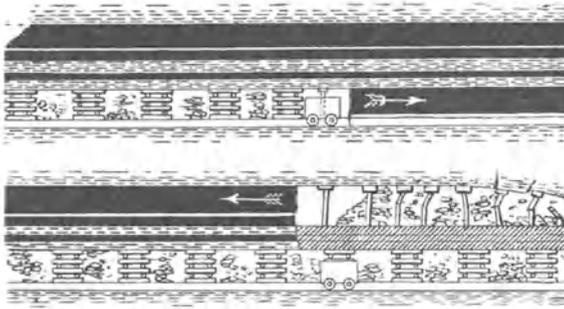


Abb. 370<sup>1)</sup>. Längsprofil durch einen Scheibenbau; Streibbau nach der Baugrenze hin in der Unterbank (oben) Pfeilerbau mit Versatz zum Bremsberge zurück in der Oberbank (unten).

rückwärts hin, anschließen, oder man kann diese Bank erst nach Verlauf eines längeren Zeitabschnittes in Verhieb nehmen, der dem Hangenden Gelegenheit gibt, sich zu setzen.

**129. — Scheibenbau mit nahezu gleichzeitigem Abbau der einzelnen Scheiben.** Ein nahezu

gleichzeitig auf den einzelnen Scheiben betriebener Abbau kann in der Weise geführt werden, daß man in allen Scheiben mit Streibbau vorgeht und den Abbau einer höheren Scheibe demjenigen der nächsttieferen in einem Abstände von 15—20 m folgen läßt<sup>2)</sup>. Die Versatzberge werden dann durch Hereingewinnung der Bergmittel in den Strecken gewonnen. Nachteilig ist dabei, daß die Abbaustrecken gleichzeitig für die Förderung aus der untersten und obersten Scheibe dienen und daher mit dem Abbau der oberen Scheiben höher nachgerissen und mehrmals neu ausgebaut werden müssen. Man wird daher, wenn eben möglich, diesen Abbau mit geschlossenem Versatz und maschineller Abbauförderung führen.

**130. — Scheibenbau mit Gewinnung der einen Bank unmittelbar nach der anderen.** Bei dem in Abb. 370 dargestellten Scheibenbau handelt es sich um ein flachgelagertes Flöz, das sich aus zwei Hauptbänken

<sup>1)</sup> S. die auf S. 306 in Anm. <sup>1)</sup> angeführten Verhandlungen der Stein- und Kohlenfallkommis., Texttaf. VI, S. 255.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- und Sal.-Wes. 1892, S. 240; Dütting: Welche Erfahrungen hat man bisher im Saarbrücker Steinkohlenbezirk über den zweckmäßigsten Abbau nahe beieinanderliegender Flöze gemacht? — Glückauf 1913, Nr. 41, S. 1692 u. f.; Kneue: Gemeinschaftlicher Abbau nahe beieinanderliegender Flöze durch streichenden Streibbau.

zusammensetzt. Es wird hier zunächst die Unterbank mittels Strebbaues abgebaut und sodann die Oberbank durch Pfeilerrückbau mit Bergeversatz gewonnen.

Das Bergmittel, das sich wegen seiner guten Beschaffenheit als Dach eignet, wird hier während des Abbaues der Unterbank auch in den Förderstrecken angebaut; der erforderliche Versatz für die Unterbank wird durch Nachreißen eines Streifens am Liegenden in den Strebstrecken erhalten. Für den Abbau der Oberbank wird das Bergmittel in den Strecken ganz hereingewonnen, wodurch es ermöglicht wird, auch die beim Rückbau geschaffenen Hohlräume auszufüllen.

Sind die Berge für den Versatz in der Unterbank nur durch Nachreißen des Bergmittels zu gewinnen und führt die Oberbank ihrerseits kein stärkeres Bergmittel, so wird diese verschiedentlich im gewöhnlichen Pfeilerrückbau verhalten. Jedoch ist in solchen Fällen der Abbau mit Spülversatz (s. unten) meist vorzuziehen. Auf der Saargrube Sulzbach<sup>1)</sup> z. B. hat man so auf drei Bänken nacheinander, und zwar in der untersten nach der Abbaugrenze hin, sodann in der mittleren zum Bremsberg zurück und schließlich in der obersten Bank wieder zur Grenze hin, abgebaut. Man hat dabei den Vorteil der dichten Ausfüllung und kann außerdem die Abbaustrecken und Bremsberge mit dem Vorrücken des Abbaues in eine höhere Scheibe unten zuspülen und oben nachreißen, so daß sie nicht lange zu stehen brauchen. Zudem wird die Gewinnung in den oberen Bänken dadurch erleichtert, daß sich in dem Versatz der unteren mit geringer Anstrengung ein Schram herstellen läßt. Auch der weiter unten (S. 408) beschriebene Myslowitzer Pfeilerbau mit Spülversatz geht auf zwei Bänken eines 11 m mächtigen Flözes nacheinander um.



Abb. 371<sup>2)</sup>. Stoßbau, in zwei Bänken eines mächtigen Flözes abwechselnd.

Bei steilem Einfallen, gutem Gebirge und festem Bergmittel kann man auch<sup>3)</sup> in der Weise verfahren, daß man die Oberbank mittels Firstenbaues bis zur Baugrenze abbaut und sodann rückschreitend die von 5 zu 5 m durch kleine Durchbrüche (ähnlich wie in Abb. 372) gelöste Unterbank mittels schwebenden Stoßbaues in 5 m breiten Streifen gewinnt.

Ein anderes Beispiel für Scheibenbau bei steilem Einfallen bietet Abb. 371. Dieser Abbau unterscheidet sich von den bisher beschriebenen dadurch, daß hier die Gewinnung der beiden Scheiben in einzelnen Stößen abwechselnd erfolgt. Es handelt sich um einen streichenden Stoßbau auf einem 7 m mächtigen Kohlenflöz der Zeche Kurl bei Dortmund. Vom Lösungsquerschlage aus wird zunächst eine Vorrichtungstrecke I in der hangenden Scheibe bis zur Grenze des Baufeldes aufgefahren und dort

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1907, S. 80; Versuche und Verbesserungen.

<sup>2)</sup> Nach dem Sammelwerk, Bd. II, S. 314.

<sup>3)</sup> Sammelwerk Bd. II, S. 307.

durch ein Bergeroloch nebst Fahrüberhauen mit der oberen Sohle verbunden. Während des Auffahrens wird unmittelbar am Hangenden durch Mittelstempel ein Abschnitt abgekleidet und gleich wieder ersetzt. Vom Bergeroloch aus wird dann rückwärts der Stoß *II/II* in der liegenden Bank in doppelter Streckenhöhe in Angriff genommen. Ist dieser am Querschlag angekommen, so folgt der Stoß *III/III* in der hangenden Scheibe, diesem wieder der Stoß *IV/IV* in der liegenden, dann der Stoß *V/V* in der hangenden Bank usw. Dabei wird immer die neu aufzufahrende Strecke, die die obere Stoßhälfte bildet und zur Bergezufuhr dient, etwas im Kohlenstoß vortrieben und mit Türstockzimmerung gleich derjenigen der Grundstrecke *I* ausgebaut. Damit diese Zimmerung nachher frei über dem offenen Raume stehen kann, wie die Abbildung zeigt, wird, zwischen die Beine eines jeden Türstocks ein sie festklemmendes Sohlenholz geschlagen; außerdem wird der eine Stempel auf die Zimmerung der nächsttieferen Stoßstrecke in der Nachbarscheibe gestellt, der andere Stempel in den liegenden Strecken in das Liegende eingebüht. Von jeder Strecke aus wird sowohl die untere Hälfte des Stoßes als auch die Strecke in der Nachbarscheibe mit Bergen verstützt. In dem durch die Abbildung festgehaltenen Zeitpunkt ist also die Strecke *V* in der Auffahrung begriffen

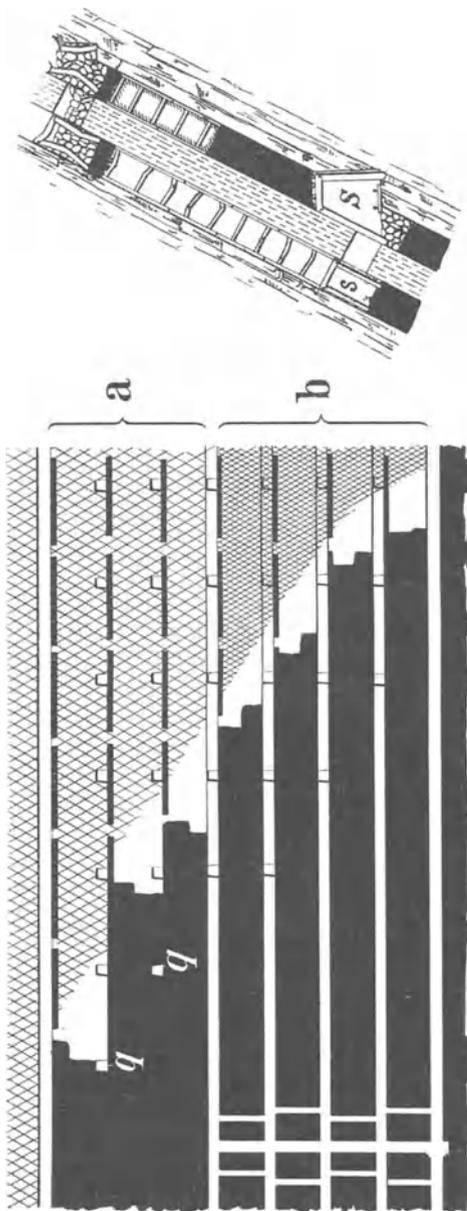


Abb. 372. Scheibenbau mit abschnittweise in beiden Bänken abwechselndem Pfeilerbau, im Aufriß und Profil (letzteres 5fach vergrößert). Auf die Höhe *a* im Aufriß ist nur das Hangende, auf die Höhe *b* außerdem noch Oberbank und Bergmittel abgedeckt gedacht.

und dient zur Zuführung der Berge für das Verstützen des Stoßes *V* und der Strecke *IV*, die in ihrem noch offenstehenden Teil zur Kohlenförderung

benutzt wird. Jeder Stoß fördert mithin durch die Förderstrecke der Nachbarscheibe, wodurch die Anzahl der auszubauenden und offen zu haltenden Strecken auf die Hälfte vermindert wird.

**131. — Scheibenbau mit abschnittsweise abwechselndem Abbau in der Unter- und Oberbank.** Ein Scheibenbau, bei dem der Abbau in der einen Bank jedesmal nach Hereingewinnung eines Abschnitts von einigen Metern unterbrochen wird, damit vor seinem weiteren Fortschreiten erst ein entsprechender Abschnitt in der anderen Bank gewonnen werden kann, wird vorzugsweise dann angewendet, wenn beide Bänke mittels Pfeilerrückbaues abgebaut werden, weil bei

einem solchen abwechselnden Abbau die Leute den alten Mann in beiden Bänken hinter sich lassen, also nicht durch ihn belästigt oder gefährdet werden können. Ein Beispiel wird durch Abb. 372 (Pfeilerbau in einem steilstehenden Doppelflöz) veranschaulicht. Vorgerichtet wird hier nur die Unterbank (s. *b* im Aufriß), so daß die Oberbank vollständig unverritz bleibt, bis die Abbaustrecken *S* der Unterbank die Baugrenze erreicht haben. Mittlerweile ist nun in etwa 5—10 m Abstand von der Baugrenze auf jeder der einzelnen, nacheinander an dieser ankommenden Strecken ein Durchbruch oder Querschlag *q* nach der Oberbank hergestellt worden. Nun wird in der Oberbank ein

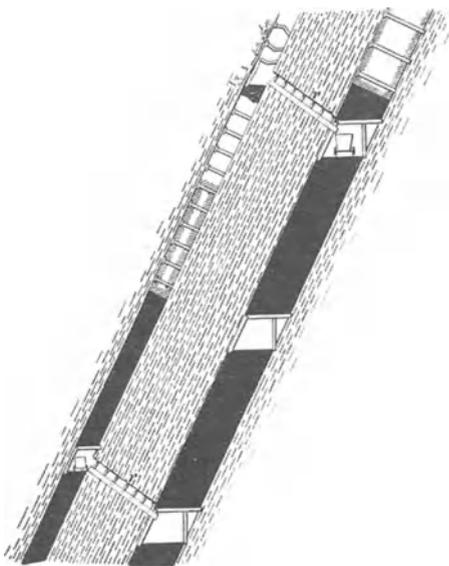


Abb. 373. Pfeilerbau in zwei Nachbarflözen mit verschiedenen hohen Pfeilern.

bis zum Durchbruch reichender Abschnitt verhauen, worauf der entsprechende Abschnitt in der Unterbank zum Verhieb kommt. Inzwischen sind dann in demselben Abstand neue Durchbrüche hergestellt worden, so daß nunmehr wieder ein Abschnitt der Oberbank gewonnen werden kann usw. Auf diese Weise schreitet der Abbau weiter vor, und zwar in der beim Pfeilerbau üblichen Reihenfolge, d. h. mit Vorausgehen der oberen Pfeiler. In der Oberbank werden nur kurze „verlorene“ Streckenstücke *s* unmittelbar vor der Gewinnung der einzelnen Abschnitte hergestellt.

Der Abstand der Durchbrüche oder Querschläge *q* voneinander soll hier bei ähnlichen Verfahren im allgemeinen mit der Stärke des Zwischenmittels wechseln. Doch läßt diese Forderung sich bei druckhaftem Hangenden des Nebenflözes nicht durchführen, weil dann die Abschnitte schmal, d. h. die Abstände der Durchbrüche kurz gehalten werden müssen. Ist aber bei größerer Mächtigkeit des Zwischenmittels das Hangende der Nebenbank gut und ihre Mächtigkeit im Verhältnis zum Hauptflöz gering, so können die Durchbrüche auch in der Fallrichtung beschränkt werden, wie Abb. 373 zeigt.

Hier werden im Nebenflöz Pfeiler von der doppelten Höhe derjenigen des Hauptflözes gebildet; die Durchbrüche bleiben also bei der Hälfte der Strecken fort. Sie sind im übrigen hier ansteigend als Rolllöcher hergestellt, so daß die im Nebenflöz fahrenden kleinen Förderwagen ihren Inhalt in die großen Förderwagen entleeren können.

Endlich sei hier noch auf das in Abb. 374 veranschaulichte Verfahren hingewiesen. Hier wird nach Ankunft der in der Unterbank aufgefahrenen Abbaustrecken an der Baugrenze abschnittsweise zuerst die Oberbank verhauen, dann das Bergmittel abgedeckt und zum Aufbau von Bergemauern mit Zwischenfüllung verwendet und zuletzt die Unterbank hereingewonnen. Dieser Abbau eignet sich dort, wo bei flacher Lagerung das Hangende gut und das Bergmittel nicht zu mächtig und nicht von sehr fester Beschaffenheit ist.

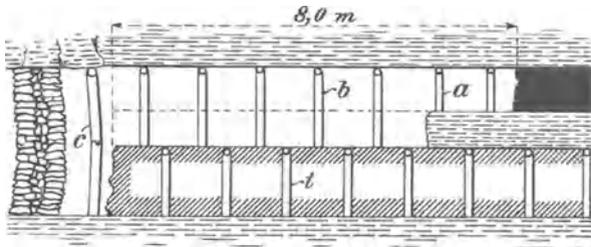


Abb. 374. Pfeilerrückbau mit Gewinnung der einzelnen Bänke in Abschnitten. (Längsprofil durch eine Förderstrecke.)

**132. — Rückblick.** Außer der bereits erwähnten Möglichkeit, Flöze, die an sich unbauwürdig sind, mitzugewinnen, bietet der Scheibenbau im Vergleich mit dem im ganzen erfolgenden Abbau eines zusammengesetzten Flözes verschiedene Vorteile: die Sicherheit gegen Stein- und Kohlenfall wird wesentlich erhöht, da große Höhen im Abbau wegfallen; der Holzverbrauch wird vielfach bedeutend verringert, indem vorwiegend kurze Stempel benutzt werden können und diese außerdem wegen ihrer größeren Knickfestigkeit nicht so dicht wie lange Stempel gesetzt zu werden brauchen. Diese größere Sicherheit und Holzersparnis wird nicht nur durch die Verringerung der auf einmal in Angriff genommenen Flözmächtigkeit, sondern vielfach auch dadurch erreicht, daß das Bergmittel oder die Oberbank selbst ein bedeutend festeres Dach abgibt als das eigentliche Hangende, so daß der Abbau beim Scheibenbau nur zum kleineren Teile unter ungünstigen Gebirgsverhältnissen umgeht. Damit hängt dann auch die Möglichkeit einer reineren Kohlegewinnung zusammen.

Der gleichzeitige oder nahezu gleichzeitige Abbau der verschiedenen Scheiben gewährt den Vorteil, daß die Kohle gleich in der ganzen Mächtigkeit gewonnen werden kann und der Gefahr einer Selbstentzündung nach Möglichkeit vorgebeugt wird. Dagegen ist die gleichmäßige Verteilung des frischen Wetterstroms schwierig; auch hat man beim Fortschreiten des Abbaues mit schnell wachsendem Gebirgsdruck zu kämpfen. Ferner ergeben sich hierbei starke Beschädigungen an der Erdoberfläche, da die ganze Mächtigkeit der Lagerstätte auf einmal abgebaut wird und daher auch die Gebirgsbewegungen gleich in ihrem vollen Umfange einsetzen, zumal

der Abbaustoß nur langsam vorrückt, also dem Hangenden Zeit zum Durchbrechen gelassen wird.

Nacheinander können die einzelnen Scheiben nur unter der Bedingung abgebaut werden, daß wenigstens die zuerst gewonnenen in Versatz gesetzt werden. Läßt man den Abbau der hangenderen Bänke dem der liegenderen unmittelbar folgen, so wird man, soweit nicht der Abbau mit geschlossenem Versatz geführt wird, die in den liegenden Bänken aufgefahrenen Abbau-strecken in der Regel für den späteren Abbau mitbenutzen können. Wird dagegen erst das Setzen des Hangenden, d. h. das Zusammenpressen des Bergeversatzes, abgewartet, so werden zweckmäßig für jede Scheibe besondere Förderstrecken hergestellt.

Für den Ruhrbezirk ist der Scheibenbau von geringer Bedeutung, da hier Flöze von mittlerer Mächtigkeit die Regel bilden, deren etwa vorhandene Bergmittel meist nur geringe Stärke haben, während die Gebirgsmittel zwischen benachbarten Flözen gewöhnlich zu stark sind, um eine Abbaugemeinschaft zu rechtfertigen. Jedoch verdient immerhin in einer Reihe von Fällen die Frage, ob der Scheibenbau Vorteile bietet, eine nähere Prüfung. Denn nicht selten liegt der Fall so, daß man schmale Kohlenbänke im Hangenden oder Liegenden eines Flözes, die von diesem durch ein mäßiges Bergmittel getrennt sind, lieber anstehen läßt, also verloren

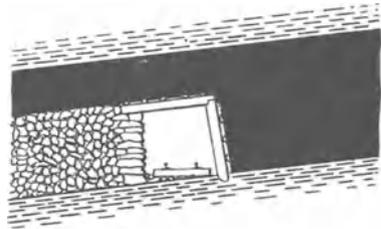


Abb. 375. Anbauen der Oberbank bei gebrächem Hangenden.

gibt, weil sie für sich nicht bauwürdig sind, während ihre Mitgewinnung den Abbau des dadurch entstehenden Gesamtflözes zu sehr erschwert. Es kann sogar vorkommen, daß wegen schlechter Beschaffenheit des Hangenden eine Kohlenoberbank von zähem Gefüge angebaut wird und so die Stelle des Hangenden vertritt (Abb. 375). Durch Scheibenbau würden sich manche dieser Verluste ohne zu große Mehrkosten vermeiden lassen. — Für den Saarbezirk, in dem eine große Anzahl schmalerer Flözbänke, die mit Bergmitteln von sehr schwankender Mächtigkeit wechsellagern, auftreten, ist der Scheibenbau wichtig, weshalb er dort seit Jahrzehnten vielfach in Gebrauch ist.

### β) Der Stoßbau auf mächtigen Lagerstätten.

**133. — Vorbemerkung.** Bei stärkerem Einfallen wird für mächtige Lagerstätten der Stoßbau in besonderer Ausbildung bevorzugt. Diese Bevorzugung erklärt sich daraus, daß bei großer Mächtigkeit nur kleine Flächen auf einmal freigelegt werden dürfen und daß auf der anderen Seite in solchen Lagerstätten ausreichende Gelegenheit geboten wird, durch gleichzeitiges Ansetzen einer größeren Zahl von Stößen eine befriedigende Förderleistung zu erzielen, zumal auch die Mächtigkeit der einzelnen Stoßscheiben genügend groß genommen werden kann, um die Leistungsfähigkeit eines Einzelbetriebes möglichst zu erhöhen.

Man kann einen solchen Abbau streichend oder querschlägig führen. Hier braucht jedoch nur der erstere besprochen zu werden.

**134. — Streichender Stoßbau.** Ein Bild eines streichenden Stoßbaues auf einem etwa  $6\frac{1}{2}$  m mächtigen Doppelflöz der Zeche Massen<sup>1)</sup> bei Dortmund gibt Abb. 376. Die Stöße werden in der ganzen Flözmächtigkeit vorgetrieben; sie erhalten nur Streckenhöhe. Jeder Stoß wird im Querschnitt durch Mittelstempel in vier Abschnitte geteilt, von denen einer ( $F_1$  bzw.  $F_2$ ) zur Förderung dient. Beim Auffahren des untersten Stoßes wird außerdem, da noch keine durchgehende Wetterverbindung mit der oberen Sohle besteht, der Abschnitt am Liegenden als Wetterrösche offen gehalten. Die anderen Abschnitte werden sofort wieder mit Bergen zugesetzt. Nach Erreichung der Baugrenze wird dort ein Wetter- und Fahrüberhauen hergestellt. Beim Abbau der höheren Stöße wird zunächst immer der den beiden mittleren Abschnitten entsprechende Teil des Kohlenstoßes angegriffen und soweit herein gewonnen, daß ein neues Feld der Türstockzimmerung Platz findet. Der neu

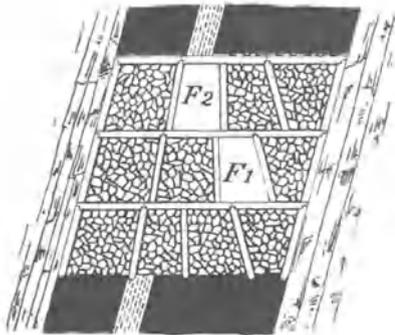


Abb. 376. Stoßbau im  $6\frac{1}{2}$  m-Flöz der Zeche Massen.

gesetzte Türstock wird durch einen Mittelstempel in den Raum für die Förderstrecke  $F_1$  bzw.  $F_2$  und einen gleich wieder zu versetzenden Abschnitt geteilt. Dem Mittelstück folgen dann die Stoßteile am Hangenden und Liegenden, deren aus halben Türstöcken bestehende Zimmerungen an die Kappe des mittleren Türstocks angeblattet werden. Auch diese Abschnitte werden gleich wieder versetzt. Außerdem wird, wie überhaupt beim Stoßbau, das überfahrene Stück der alten Förderstrecke ( $F_1$ ) immer gleich mitversetzt. Die letztere dient übrigens in ihrem noch offenen

Teile für den höheren Stoß nur noch als Wetterstrecke, da dieser seine außer dem Bergmittel noch erforderlichen Versatzberge vom Kohlenbremsberge oder Bremsschachte her erhält, die neue Förderstrecke  $F_2$  daher sowohl zur Kohlen- wie auch zur Bergförderung dient (vgl. oben, S. 372). Um den Förderstrecken eine feste Sohle zu geben, werden sie abwechselnd in den rechten und linken Abschnitt des Mittelgeviertes verlegt, so daß sie den Versatz unter sich haben. Die Zimmerungen der einzelnen Stöße werden unmittelbar aufeinander gesetzt und vorläufig durch lange Drahtstifte in dieser Lage festgehalten.

*γ) Der Abbau in söhligem Scheiben. (Querbau.)*

**135. — Wesen des Querbaues. Allgemeines.** Im Gegensatz zur Zerlegung der Lagerstätte in Scheiben nach dem Einfallen beim Scheibenbau wird sie beim Querbau in söhligem „Scheiben“ oder „Platten“ zerlegt, deren jede für sich in der ganzen söhligem Breite der Lagerstätte gewonnen wird.

Der Verhieb der einzelnen Scheiben erfolgt beim Querbau im allgemeinen in der Reihenfolge von unten nach oben. Ist jedoch die Kohle sehr gebräuch und leicht entzündlich und die Schlagwetterentwicklung stark, so kann es

<sup>1)</sup> Sammelwerk Bd. II, S. 310 u. f.

zweckmäßiger werden, in umgekehrter Reihenfolge die unteren Scheiben nach den oberen in Angriff zu nehmen, so daß die Firste im Abbau nicht durch die Kohle, sondern durch den Versatz gebildet wird. Durch diesen Abbau von oben nach unten wird einmal die Bildung von „Wettersäcken“ durch Herausbrechen von Kohlenstücken aus der Firste verhütet. Auch können keine Kohlen in den Versatz geraten. Ferner werden die Hauer nicht durch Kohlenfall gefährdet. Endlich wird die Gefahr der Selbstentzündung umgangen, die sonst durch die starke Zerklüftung der Firstkohle be-

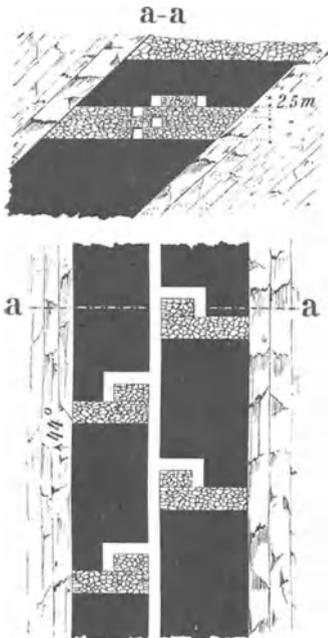


Abb. 377. Querbau von einer Mittelstrecke aus.

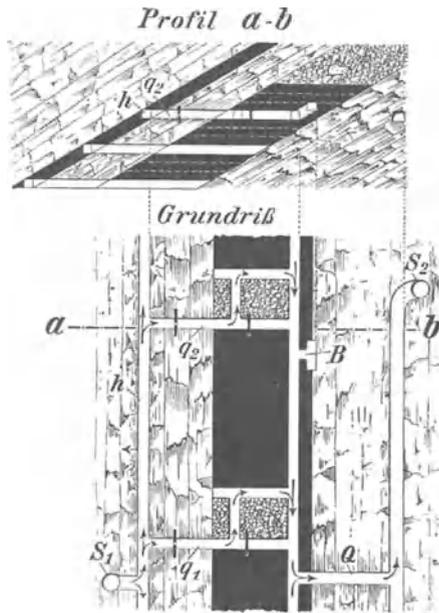


Abb. 378<sup>1)</sup>. Querbau mit gleichzeitigem Verhieb mehrerer Bauabschnitte.

sonders nahegerückt wird, weil die vielen Klüfte dem Zutritt der Luft zur Kohle, der die Selbstentzündung veranlaßt, ebenso viele Wege öffnen. Der Versatz muß dabei eine solche Beschaffenheit haben, daß er sich nach der Zusammenpressung als Dach eignet. Zu diesem Zwecke wird den Versatzbergen mildes Versatzgut (z. B. Letten oder Schieferton) in solcher Menge zugesetzt, daß sich die harten Berge fest in dieses hineindrücken; man kann dadurch einen Versatz erzielen, der nach der Zusammenpressung manchem natürlichen Hangenden vorzuziehen ist.

**136. — Beispiele für den Querbau<sup>2)</sup>.** Ohne auf die einzelnen Ausführungsformen dieses Verfahrens näher einzugehen, sei hier nur kurz an der Hand der Abbildungen 377 u. 378 auf zwei Beispiele hingewiesen. Abb. 377

<sup>1)</sup> S. die auf S. 305 in Anm. <sup>1)</sup> erwähnten Verhandlungen der Stein- und Kohlenfall-Kommission, Texttaf. XIX bei S. 380.

<sup>2)</sup> Vgl. auch den auf S. 385 in Anm. <sup>1)</sup> angeführten Aufsatz, S. 313 (Querbau auf Zeche Prinz von Preußen).

veranschaulicht einen Querbau im engeren Sinne. Die Vorrichtung jeder einzelnen, 2,5 m hohen Scheibe erfolgt durch eine streichende Strecke, die hier in die Mitte gelegt ist, um bei der besonders großen Flözmächtigkeit durch Abbau nach beiden Seiten hin eine größere Zahl von Angriffspunkten erhalten und so den Verhieb möglichst beschleunigen zu können. Die Vorrichtungstrecken in den einzelnen Scheiben werden etwas gegeneinander versetzt, damit jede eine feste Bergeversatzsohle erhält (s. Querprofil). Der Versatz folgt dem Verhieb jedes Querstreifens auf dem Fuße nach.

Bei dem Abbau nach Abb. 378 ist das Flöz in der Fallrichtung in eine Anzahl von Bauabschnitten zerlegt, deren jeder wieder in vier Scheiben von 2—3 m Höhe abgebaut wird. In mehreren Abschnitten kann gleichzeitig Abbau geführt werden. Die Abschnitte als solche werden in der Reihenfolge von oben nach unten in Angriff genommen, wogegen die Gewinnung der einzelnen Scheiben in der Reihenfolge von unten nach oben erfolgt. Als Vorrichtungstrecken für die Scheiben dienen hier streichende Strecken, die nahe am Liegenden, jedoch durch eine angebaute Kohlenbank von diesem getrennt, aufgefahren und mit dem Kohlen- und Bergebremberg *B* verbunden sind. Die Versatzberge werden durch den Querschlag *Q* von dem im Liegenden stehenden Schachte  $S_2$  aus zugeführt, der sie von der Tagesoberfläche erhält. Die Abförderung der Kohlen erfolgt durch den im Hangenden befindlichen Schacht  $S_1$ . In jeder Scheibe wird von den Querstrecken und Querschlägen  $q_1$   $q_2$  aus je ein Abbaustoß streichend mit breitem Blick zu Felde geführt, wobei im Versatz nahe am Hangenden Wetterstrecken zur Zuführung des frischen Stromes ausgespart werden, den sie aus den im Nachbarflöze aufgefahrenen Hauptwetterstrecken *h* und den Querschlägen  $q_1$   $q_2$  erhalten. Die Ausziehströme ziehen durch die Strecke am Liegenden und durch den Hauptquerschlag *Q* zum Berge-Einhängeschacht  $S_2$ .

#### 5. Der Abbau mit Spülversatz.

137. — **Einleitung.** Bereits oben (Ziff. 85, S. 342) ist darauf hingewiesen worden, daß die Wirksamkeit des Bergeversatzes für die Verhütung von Gebirgsbewegungen je nach der Beschaffenheit und Einbringung des Versatzgutes und nach den Lagerungs- und Abbauverhältnissen durchaus verschieden ist und daß die Einspülung feinkörnigen Versatzgutes mit einem unter Druck stehenden Wasserstrom den weitaus besten Versatz liefert.

Der Spülversatz ist bereits zu Anfang der 1880er Jahre vorübergehend auf der Königsgrube in Oberschlesien<sup>1)</sup> und Ende der 1880er Jahre auf nordamerikanischen (pennsylvanischen) Steinkohlenbergwerken angewendet worden. Er war jedoch in beiden Gegenden noch nicht in die unmittelbare Beziehung zum Abbau getreten, in der wir ihn heute finden. Im erstgenannten Falle handelte es sich in erster Linie um die Beseitigung von lästigen Schlämmen aus Klärstümpfen über Tage durch deren Einspülung in die Grubenbaue, während in Pennsylvanien erst nach beendigtem Abbau ohne Versatz durch Bohrlöcher von der Tagesoberfläche aus Versatzgut in die alten Baue gespült wurde, um Gebirgsbewegungen möglichst hintanzuhalten. Im deut-

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1883, S. 1896; Versuche und Verbesserungen.

schen Braunkohlenbergbau ist um die Mitte der 1880er Jahre der Spülversatz vereinzelt verwendet worden, so z. B. vom Bergwerksdirektor Haase zur Ermöglichung des Abbaues unter einem Friedhof<sup>1)</sup>. Unabhängig von diesen Anwendungen des Spülversatzes wurde er seit 1895 im sächsischen Steinkohlenbergbau vielfach benutzt, um den Luftzutritt zu alten Bauen völlig abzuschließen und dadurch Grubenbrände zu verhüten. Die Einführung eines planmäßigen Spülversatzes im großen in den deutschen Bergbau ist dagegen erst im Anfang unseres Jahrhunderts nach dem Vorgange des ober-schlesischen Steinkohlenbergbaues erfolgt.

Versuche mit Druckluft- statt mit Wasserspülung sind in Oberschlesien angestellt<sup>2)</sup>. jedoch wegen der besseren Bewährung der Wasserspülung wieder aufgegeben worden.

**138. — Bedeutung des Spülversatzes für Tagesoberfläche und Grubenbetrieb<sup>3)</sup>.** Der Spülversatz kommt in erster Linie für solche Fälle in Frage, in denen die Beschränkung der Gebirgsbewegungen, wie sie der Handversatz ermöglicht, nicht mehr ausreicht. Diese Bedingung kann besonders dann vorliegen, wenn es sich um sehr mächtige Lagerstätten handelt. Eine Zusammenpressung des Versatzes um 30 % beispielsweise, die bei einer Mächtigkeit von 1 m nur eine Senkung von 30 cm bedeutet, hat für ein Flöz von 10 m Mächtigkeit eine Senkung von 3 m im Gefolge. Dazu kommt, daß bei größerer Flözmächtigkeit, wenn das Einfallen flach ist, der Handversatz immer unvollkommen ausfällt und daher auch die verhältnismäßige Zusammenpressung des Versatzes größer ist als in Flözen von geringerer Stärke. Aber auch die geringfügigen Bewegungen, die ein Abbau mit nicht ganz dichtem Versatz in Lagerstätten von geringer Mächtigkeit nach sich zieht, können unter Umständen großen Schaden anrichten, nämlich dort, wo es sich um größere Gebäude (Kirchen, Hüttenwerke, Fabrikgebäude usw.) handelt, deren Größe nicht gestattet, sie gleichmäßig in ihrer ganzen Ausdehnung sinken zu lassen, oder um Anlagen, die wie Kanalschleusen, Eisenbahnen u. dgl. auch durch kleine Bewegungen bereits stark in Mitleidenschaft gezogen werden können. In dicht bebauten Gegenden können über der Gerechtsame einer Grube so viele große und empfindliche Tagesanlagen liegen, daß dieser Grube nur die Wahl zwischen dem Abbau mit Spülversatz einerseits und der baldigen Erschöpfung der geringen, nach Anstehenlassen der erforderlichen Sicherheitspfeiler noch verfügbaren Mineralienmengen anderseits bleibt. Hier wird also auch bei ausnahmsweise hohen Kosten der Spülversatz noch angewandt werden. Sehr schädlich wirken kleine Senkungen auch durch Versumpfungen und Vorflutstörungen in Gegenden mit hohem Grundwasserstande oder in Gebieten, die von einem Wasserlauf mit geringem Gefälle, wie es z. B. den Unterlauf der Emscher kennzeichnet, durchflossen werden.

<sup>1)</sup> Braunkohle 1903/04, S. 519; Kegel: Die Anwendung des Spülversatzes im Braunkohlenbergbau.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1904, S. 283; Versuche und Verbesserungungen.

<sup>3)</sup> Eingehende Ausführungen hierüber s. Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1911, S. 394 u. f.; Volmer: Der Spülversatz auf den staatlichen Steinkohlenbergwerken bei Saarbrücken.

Auch bergmännische Gesichtspunkte können für die Anwendung des Spülversatzes in Betracht kommen. In mächtigen, flachgelagerten Flözen, die zur Vermeidung von Abbauverlusten mit Bergeversatz abgebaut werden sollen, kann die Einbringung des Versatzes durch einen Wasserstrom sich billiger stellen als nach dem gewöhnlichen Verfahren. Ferner verringert das sichere Tragen des Hangenden durch den Versatz die Steinfallgefahr und ermöglicht eine wesentliche Holzersparnis in den im Versatze offen zu haltenden Strecken.

Über die besondere Bedeutung des Spülversatzes für den deutschen Kalisalz- und Braunkohlenbergbau wird in Ziff. 149—151 gesprochen werden.

**139. — Versatzgut.** Für den Spülversatz kommen in erster Linie feinkörnige Berge in Betracht, wie feine Waschberge von Steinkohlengruben, Kesselasche, granuliert (durch Einleiten der glutflüssigen Schlacke in Wasser oder durch Durchblasen von Luft oder Dampf zerstäubte) Hochofenschlacke, Sand, Lehm u. dgl. Der günstigste Stoff ist im allgemeinen Sand, der sich leicht mit Wasser mischen und durch Wasser forttragen läßt, einen sehr dichten Versatz liefert und das Wasser nachher schnell und in ziemlich klarem Zustande wieder abgibt, allerdings die Rohrleitungen nicht unerheblich angreift. Waschberge aus Steinkohlenwäschen haben vielfach infolge größeren Schwefelkiesgehaltes ein ziemlich hohes spezifisches Gewicht, so daß sie viel Wasser erfordern; auch reiben ihre weichen, kohligten Teile sich stark ab, wodurch schwer zu klärende Abwässer entstehen. Außerdem säuert der sich zersetzende Schwefelkies das Wasser, wenn es einen fortgesetzten Kreislauf macht, im Laufe der Zeit nicht unerheblich an. Kesselasche hat nur untergeordnete Bedeutung, da sie in nur geringen Mengen zur Verfügung steht. Granulierte Hochofenschlacke kommt für solche Gruben in Betracht, die in der Nachbarschaft von Hüttenwerken liegen. Für diese hat sie den Vorzug, daß sie billig und in großen Mengen und regelmäßigen Lieferungen zur Verfügung steht und für die Hütte erwünschte Gelegenheit bietet, sich der äußerst lästigen Schlackenmengen zu entledigen. Sie liefert wegen ihrer blasigen Beschaffenheit, für sich allein verwendet, keinen völlig dichten Versatz, hat aber aus demselben Grunde ein verhältnismäßig geringes spez. Gewicht, so daß sie leicht vom Wasser getragen wird und die Rohrleitungen nicht so angreift, wie man das bei ihrer Härte und Scharfkantigkeit erwarten könnte. Lehm endlich ist für die Erhaltung der Rohrleitungen sehr günstig, führt aber leicht Verstopfungen herbei und hat besonders den Nachteil, daß seine feinsten Teile von dem aus dem Abbau abfließenden Wasser mitgeführt werden und sich aus diesem nur sehr schwer und langsam wieder abscheiden lassen. Es muß daher bei dererspülung von Lehm in größeren Mengen (abgesehen von dem Falle des vereinigten Hand- und Spülversatzes, vgl. S. 413) dafür Sorge getragen werden, daß eine vollständige Auflösung im Wasser vermieden wird, andererseits aber auch keine zu groben Brocken eingespült werden, die leicht zu Verstopfungen Anlaß geben. Als Beimischung zu feinkörnigerem Versatzgut kommt auch Kies in Betracht.

Für den Kalisalzbergbau sind die Rückstände der an die Bergwerke angeschlossenen chemischen Fabriken als Spülgut von besonderer Bedeutung.

Die auf natürlichen Ablagerungen vorkommenden Spülstoffe Sand,

Kies, Lehm u. dgl. werden im Großbetriebe durch Baggararbeit oder durch die spülende Wirkung des Wasserstrahls gewonnen.

Ein Bagger liefert je nach der Bauart und nach der Beschaffenheit des Baggergutes im allgemeinen 60—240 cbm stündlich. Die Wasserstrahlgewinnung kann dort in Frage kommen, wo die Ablagerungen in der Nähe der Grube liegen. Bei Sand kann man mit 6—7 Atm. Druck auskommen, während fester Lehm mindestens 15—20 Atm. erfordert, neuerdings aber zur Vermeidung einer zu feinen Zerteilung und zur Zerschneidung gefrorener Klumpen im Winter mit Wasserstrahlen von bis 100 Atm. Druck und 200 m Austrittsgeschwindigkeit angegriffen wird<sup>1)</sup>.

An zweiter Stelle sind für den Spülversatz auch grobe Berge in Betracht zu ziehen, wenn sie nicht zu hart sind und sich daher ohne zu große Kosten auf die gewünschte Korngröße zerkleinern lassen, wie verwitterte Tonschiefer (Haldenberge), Mergel u. dgl. Solche Berge können aber, wenn ein dichter Versatz erzielt werden soll, nur als Zusatz zu feinkörnigem Versatz verwendet werden (s. Ziff. 140). Gruben mit größerem Spülbetrieb legen regelrechte Aufbereitungen<sup>2)</sup> für Haldenberge u. dgl. an (vgl. Abb. 381 auf S. 401), die mit Zerkleinerungsanlagen für die groben Berge, bei Aufbereitung von Hüttenhalden auch mit Magneten zum Entfernen der Eisenteile ausgerüstet werden.

Die für das gröbste Korn noch zulässige Korngröße richtet sich nach den Widerständen gegen die Fortbewegung des Versatzgutes in den Spülrohrleitungen. Je länger die Wege, je zahlreicher die Krümmungen und je größer die etwa unterwegs noch zu überwindenden Steigungen sind, um so kleiner muß das gröbste Korn sein, wenn der Wasserverbrauch nicht unverhältnismäßig ansteigen soll. Daher liegt die obere Grenze für ungünstige Verhältnisse etwa bei 40, für günstige bei 80 mm; vereinzelt ist man sogar bis 100 mm gegangen.

**140. — Mischungsverhältnis.** Die Menge der beizumischenden gröberen Berge, auf die man bei Mangel an hinreichend feinkörnigen Massen zurückgreifen muß, darf ein mäßiges Anteilverhältnis nicht übersteigen, wenn man nicht einen zu lockeren Versatz erhalten will. Man kann als Regel hinstellen, daß mindestens 50 % der einzuspülenden Berge aus Korngrößen von unter 6 mm bestehen müssen und daß die Stücke mit mehr als 40 mm nur einen sehr geringen Anteil ausmachen dürfen. Wird die richtige Mischung hergestellt, so werden die Hohlräume zwischen den gröberen Stücken durch die feineren und feinsten Teile ausgefüllt, so daß ein dem Sand nahezu gleichwertiger Versatz erzielt wird. Einen Überblick über die Zusammendrückbarkeit verschiedener Spülgutarten und -mischungen gibt Abb. 379 nach Versuchen auf der Zeche Ver. Sälzer & Neuack in Essen<sup>3)</sup>. Als Abszissen sind die angewandten Drücke, als Ordinaten

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1908, S. 138; Versuche und Verbesserungen.

<sup>2)</sup> S. die unter <sup>1)</sup> genannte Zeitschr. 1912, S. 92; Versuche und Verbesserungen. — Glückauf 1912, Nr. 34, S. 1362; Nr. 36, S. 1444 u. 1446; Pütz: Das Spülversatzverfahren im In- und Auslande.

<sup>3)</sup> Kruppsche Monatshefte 1922, Juliheft, S. 172; Leyendecker: Die Aufbereitung des Versatzmaterials der Zeche Ver. Sälzer-Neuack.

die Verhältniszahlen der Zusammendrückung in Prozenten der ursprünglichen Schichtdicke aufgetragen. Das Bild zeigt deutlich die vorzügliche Bewährung des Sandes und die starke Zusammendrückbarkeit von Kesselasche, läßt den Unterschied von feinkörnigem und grobkörnigem Haldengut erkennen und veranschaulicht auch die Wirkung von Mischungen. Von den herausgegriffenen drei Beispielen (s. die Neben-Abbildung) bezieht sich das erste auf luftgranulierte Hochofenschlacke unter 40 at Druck, das zweite zeigt deren Beeinträchtigung durch Beimischung von 75% ge-

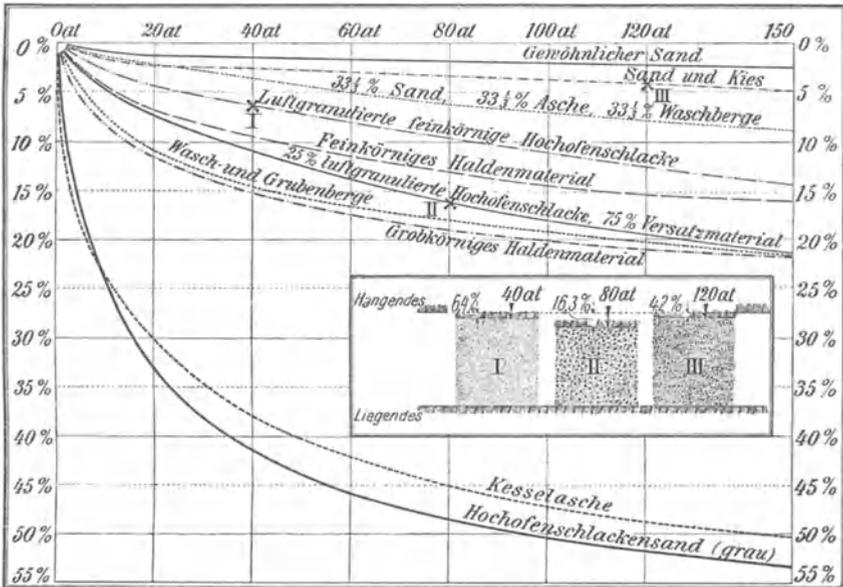


Abb. 379. Veranschaulichung von Versuchsergebnissen über die Zusammendrückbarkeit von Spülversatzgut auf der Zeche Ver. Sälzer & Neuack.

wöhnlichen Handversatzgutes (bis 80 at), das dritte die geringe Verschlechterung des Sandes durch Kieszusatz (bei 120 at).

Mischungen können außer Ersparnissen auch noch andere Vorteile bieten: Lehmzusatz zu granulierter Schlacke füllt deren Poren aus und verringert den Verschleiß der Rohrleitungen; scharfkantige Steinbruchstücke, wie sie der Steinbrecher liefert, geben einen festen Verband; Koksstaub erleichtert die Abscheidung des Wassers aus Lehm u. dgl.

**141. — Wasserzusatz.** Der Wasserzusatz muß auf ein möglichst geringes Maß herabgedrückt werden, da alles Wasser wieder gehoben werden muß und daher der Wasserverbrauch für die Wirtschaftlichkeit des Spülversatzes von erheblicher Bedeutung ist. Wichtig ist zunächst die möglichst gute Ausnutzung der treibenden Kraft. Wird die Falleitung im Schachte und der ihren Kopf bildende Mischbehälter stets mit Wasser gefüllt gehalten („Druckspülung“), so wirkt auf die Fortbewegung des Spülstromes der volle, dem Höhenunterschied entsprechende Wasser-

druck, und die Fallhöhe der Rohrleitung wird voll ausgenutzt. Ein solches Verfahren läßt sich am besten dort durchführen, wo das Versatzgut durch das Wasserspritzverfahren gewonnen, also der Spülleitung gleich in Gestalt eines Schlammstromes zugeführt wird. Kann die Rohrleitung und der Behälter nicht dauernd voll gehalten werden („Stoßspülung“), so läßt der Druck sich nicht ausnutzen; es ist dann für die Fortbewegung zunächst nur die Beschleunigung in Rechnung zu stellen, die der Masse durch den senkrechten Fall erteilt wird. Dazu kann dann allerdings noch eine gewisse Druckwirkung kommen, indem der Schlammstrom wenigstens einen Teil der seigeren Fallleitung erfüllt. Doch ist dabei seine Gewichtsverminderung durch die eingeschlossenen Luftblasen zu berücksichtigen.

Die Druckspülung ist vorzuziehen, da sie nicht nur größere Spüllängen bei geringerem Wasserverbrauch ermöglicht, sondern auch das Ansaugen von Luft vermeidet, das den Schlammstrom im Abbau stoßweise austreten läßt und vielfach zu explosionsartigen Luftstößen Veranlassung gibt, die die Rohrverbindungen beschädigen.

Ferner nimmt der Wasserverbrauch mit wachsender Seigerhöhe der Falleitung ab und mit wachsenden Widerständen — zunehmender Länge und zunehmendem Ansteigen — der söhlichen Leitungen zu. Auch die möglichst vollständige Ausnutzung des Wassers durch seine möglichst innige Mischung mit dem Versatzgut ist wichtig; daher arbeitet das Abspritzverfahren (s. oben und S. 402) mit hohem Wasserdruck sparsam durch rasche und gründliche Mischung. Stets müssen überdies die Bedienungsleute sorgfältig überwacht werden, da sie dazu neigen, sich die Arbeit durch reichlichen Wasserzusatz zu erleichtern.

Auch wächst die erforderliche Wassermenge mit der Korngröße und dem spezifischen Gewicht des Spülgutes. Setzt man die unter bestimmten Verhältnissen für einen stark lehmigen Sand erforderliche Wassermenge gleich 100, so braucht scharfer Sand einen Zusatz von 100—200 und stückige Hochofenschlacke einen solchen von 400—600<sup>1)</sup>. Als sehr günstig kann ein Wasserverbrauch von 1 cbm je cbm Versatzgut bezeichnet werden; jedoch muß man nach dem Vorstehenden häufig mit einem Verhältnis von 2:1 zwischen beiden Bestandteilen zufrieden sein, und vereinzelt werden auch Wassermengen von 5 cbm und mehr für 1 cbm Versatz erforderlich.

**142. — Mischanlagen. Allgemeines.** Die Herstellung der Spülmischung kann über oder unter Tage erfolgen.

Das Einspülen von Tage her bietet wichtige Vorteile. Die Mischung erfolgt bei Tageslicht und läßt sich daher gut überwachen; Raum ist genügend vorhanden; die Fallhöhe im Schachte liefert beim Druckverfahren eine große Druckhöhe, beim Stoßverfahren wenigstens eine für das Spülen auf größere Entfernungen ausreichende Beschleunigung, und der tiefe Sturz der Berge kann noch zur Zerkleinerung grober Stücke ausgenutzt werden. Auf der anderen Seite muß, wenn von Tage aus gespült wird, das Wasser auch wieder bis zu Tage gehoben werden; die Rohrleitungen werden in tiefen Schächten

<sup>1)</sup> Zeitschr. d. Oberschles. Berg- u. Hüttenmänn. Ver. 1911, Januarheft, S. 1 u. f.; Seidl: Das Spülversatzverfahren in Oberschlesien.

durch Verstopfungen und daraus sich ergebende plötzliche Drucksteigerungen gefährdet; die Fußkrümmer, die die Schachtleitungen mit den söhliglen Rohrleitungen verbinden, haben stark zu leiden.

Man wird im allgemeinen sagen können, daß geringe Schachtteufen (etwa bis 300 m) die Mischung über Tage, größere Teufen dagegen diejenige unter Tage als vorteilhafter erscheinen lassen. Besonders günstige Verhältnisse für die Einführung des Spülstromes von Tage aus bietet Oberschlesien. Dort bewegt sich nicht nur der Abbau noch in mäßigen Teufen, sondern es

kann auch verschiedentlich eine Sandgewinnung mit Wasserstrahl in der Nähe des Schachtes stattfinden, so daß der Spülstrom dem Schachte gleich von dem Sandlager aus zugeführt werden kann.

**143. — Ausführung der Mischanlagen im einzelnen.** Soweit nicht durch das Abspritzverfahren die Mischung mit der Gewinnung verbunden wird, kann sie in Trichtern oder in Wannen erfolgen.

Eine Mischanlage mit Trichter und eingebautem Rost für lehmfreies Versatzgut nach dem Vorbilde der Anlage auf der Hedwigswunschgrube in Oberschlesien<sup>1)</sup> zeigt Abb. 380. Der Rost *g* am Fuße des Aufgabetrichters *a* soll die zu groben Stücke zurückhalten, seine Spalt- oder Lochweite entspricht daher der höchsten noch zulässigen Korn-

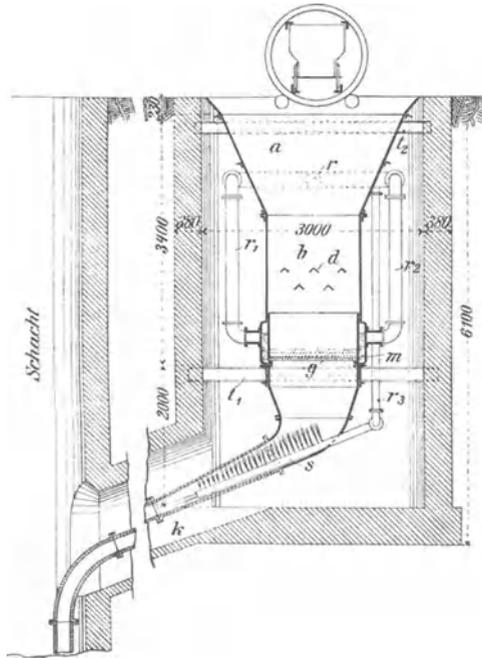


Abb. 380. Trichter-Mischanlage für Spülversatz.

größe. Bevor das Gut auf diesen Rost fällt, muß es durch einen lebhaften Wassersprühregen hindurch, der dadurch hergestellt wird, daß die Hauptzuführungsleitung *r* mit zwei Zweigrohren *r*<sub>1</sub>*r*<sub>2</sub> in eine Wasserkammer *m* mündet, von der aus 240 in drei Reihen angeordnete Sieblöcher von 4 mm Durchmesser in das Innere des Trichters führen. Das auf diese Weise gründlich zerteilte und durchtränkte Versatzgut gerät vor Eintritt in die Rohrleitung in den Bereich einer zweiten Wasserbrause, bestehend aus einem mit zahlreichen Löchern an der Oberseite versehenen Rohr *s*, das an das Zweigrohr *r*<sub>3</sub> angeschlossen ist; dadurch wird die Mischung vollendet und gleichzeitig einer Verstopfung des Krümmers vorgebeugt, sowie dessen Verschleiß wesentlich verringert. Auf der Saarbrücker Schachtanlage Alten-

<sup>1)</sup> S. die auf S. 305 in Anm. <sup>1)</sup> angeführten Verhandlungen d. Preuß. Steiu. Kohlenfallkommission, S. 572 u. Texttaf. XLI.

wald<sup>1)</sup> hat man dieser Zerteilung durch Wasser noch vorgearbeitet durch den Einbau von dachartig gestellten und gegeneinander versetzten Winkel-eisen *d*, auf die das Versatzgut fällt, bevor es den Rost erreicht. — Die ganze Trichteranlage wird durch Vermittelung von angenieteten  $\sqcup$ - und  $\sqsubset$ -Eisen von den  $\Gamma$ -Trägern  $t_1 t_2$  getragen.

Sollen größere Mengen grober Berge zugesetzt werden, so müssen diese erst durch einen Steinbrecher oder eine andere Zerkleinerungsvorrichtung, deren Austrag dann dem Aufgabetrichter durch eine besondere Rutsche zugeführt wird, vorgebrochen werden (vgl. Abb. 381).

Der Trichter wird bei kleineren Anlagen aus Blech, bei größeren aus Eisenbeton hergestellt. Die ganze Mischanlage wird zweckmäßig (s. Abb. 380) in einem besonderen Hilfschächtchen untergebracht, das einige Meter unterhalb der Hängebank mit dem Hauptschacht durch den einfallenden Querschlag *k* verbunden wird. Man vermeidet auf diese Weise eine Inanspruchnahme des Raumes an der Hängebank.

Eine Mischvorrichtung im freien Fall nach einer Ausführung auf Zeche Hibernia bei Gelsenkirchen zeigt Abb. 381<sup>2)</sup>. Diese Anlage ist gleichzeitig dadurch gekennzeichnet, daß dem Versatzgut Haldenberge zugesetzt werden, die zum Teil erst zerkleinert werden müssen, und daß die Mischung erst unter Tage erfolgt und die Berge dem Vorratsbehälter durch eine als Stützrolle dienende Rohrleitung zugeführt werden. Die Berge gelangen mittels des Wippers *a* auf das Schwingsieb *b*, das die Stücke von mehr als 50 mm Korngröße dem Steinbrecher *d* zuführt, während der Siebdurchfall mit dem zerkleinerten Gut zusammen über die Rutsche *c* in den Zwischenbehälter *e* gleitet, um aus diesem nach Bedarf in die trichterförmig erweiterte Mündung der Rohrleitung *f* abgezogen zu werden. Diese ist eine alte Steigleitung von 385 mm lichter Weite und rd. 380 m Länge. Aus ihr gelangen die Berge durch die schräge Rutsche *h* in den rd. 30 m hohen Aufbruch *i*, dessen Fassungsvermögen etwa demjenigen

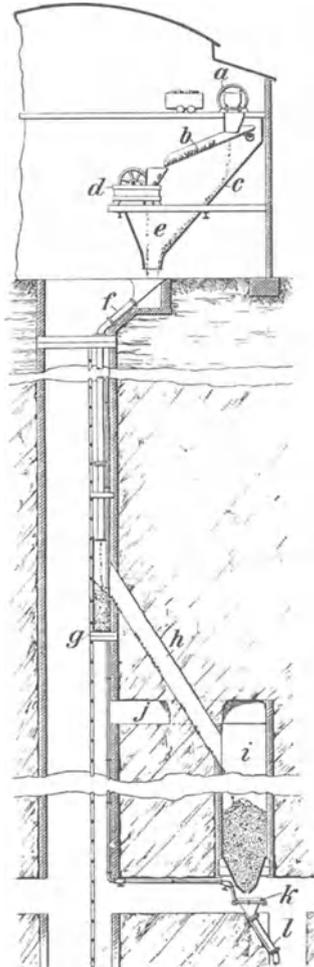


Abb. 381. Einrichtung zum Zerkleinern und Abstürzen von Versatzbergen auf Zeche Hibernia.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1905, S. 73; Versuche und Verbesserungen.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1907, S. 83; Versuche und Verbesserungen.

von 500 Bergewagen gleichkommt und der von oben durch einen Querschlag  $j$  zugänglich ist. Der Anprall der aus der Rohrleitung stürzenden Berge wird durch einen Bergesack aufgenommen, dessen Bildung durch starke Trägerlager  $g$  ermöglicht ist. Unter dem Aufbruch befindet sich auf der 430 m-Sohle der Mischtrichter  $k$ , in dem durch Wasserzusatz der Spülstrom hergestellt wird, um in die Spülleitung  $l$  zu gelangen.

Bei der Mischung in Wannen wird das Versatzgut entweder unmittelbar in den Behälter hineingestürzt und aus diesem durch Druckwasser ab-

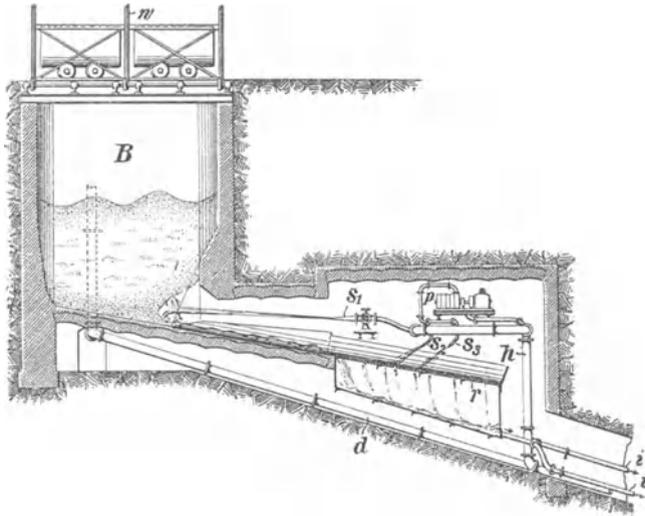


Abb. 382. Wannen-Mischanlage mit Abspülvorrichtung.

gespritzt oder, wie bei der Trichtermischung beschrieben, auf einem Rost mit Wasserstrahlen bearbeitet. Größere Behälter dieser Art werden als kleine Schächte mit schrägem Boden oder als breite Wannen mit 300 bis 1500 cbm Inhalt aus Eisenbeton hergestellt und im letzteren Falle zweckmäßig mit Sohlenheizung versehen, um das Einfrieren zu verhüten. Ein Beispiel für eine Abspritzanlage für lehmig-sandiges Versatzgut (Parkschacht der Richterschächte bei Laurahütte, O.-S.) gibt Abb. 382<sup>1)</sup>. Der Behälter  $B$  hat 220 cbm Inhalt; das Spülgut wird von seiner schrägen Sohle durch zwei Strahlrohre  $s_1$  mit 4 Atm. Druck in eine schräge Rinne abgespritzt, die in die zwei Spülleitungen  $z$  ausgießt. Auf dem weitmaschigen Roste  $r$  bleiben größere Stücke und Lehmklumpen liegen; erstere werden einer Zerkleinerungsanlage zugeführt, letztere durch zwei Hilfstrahlrohre  $s_2$   $s_3$  bearbeitet und möglichst ohne Auflösung durch den Rost gedrückt. Die Strahlrohre  $s_2$   $s_3$  erhalten ihr Druckwasser (mit 12 Atm. Druck) aus einer besonderen Preßpumpe  $p$ , die ihr Wasser aus der Druckleitung  $h$  entnimmt. Diese zweigt ihrerseits von der Hauptleitung  $d$  ab.

<sup>1)</sup> Festschrift zum 12. Allgemeinen Deutschen Bergmannstag in Breslau; Seidl: Der gegenwärtige Stand des Spülversatzverfahrens in Oberschlesien, S. 33.

Die Mischung in Wannen eignet sich besonders für große Anlagen. Sie ist billig und leistungsfähig und bietet außerdem den Vorteil, daß über der Falleitung stets ein gewisser Vorrat von Spültrübe steht und infolgedessen der Luftzutritt vermieden und die Druckspülung rein durchgeführt werden kann. Im oberschlesischen Bergbau ist das Abspritzverfahren mit etwa 5—20 Atm. Wasserdruck aus großen Behältern das herrschende geworden.

**144. — Spülschächte.** Verschiedene Gruben haben in der Nähe der Gewinnungstelle für das Spülgut oder der zu verspülenden Bauabteilung besondere Schächte zum Einspülen des Versatzes abgeteuft. Für diese Spülschächte genügt ein geringer Durchmesser, da der Querschnitt nur auszureichen braucht, um eine Rohrleitung einbauen und Fahrten einbringen zu können, die die Überwachung und Instandhaltung der Leitung ermöglichen. Die Gewerkschaft Friedrich Thyssen bei Hamborn z. B. begnügt sich des schwierigen Deckgebirges halber mit Schächten von nur 0,8—1,5 m lichter Weite<sup>1)</sup>, die durch Abbohren hergestellt und in welche die Spül-

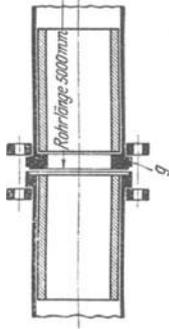


Abb. 383.

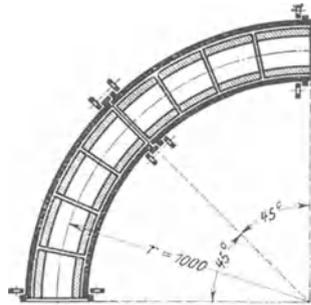


Abb. 384.

Abb. 383 und 384 <sup>2)</sup>. Porzellaneinlagen in geraden Rohrleitungen und Krümmern.

leitungen an Kabeln eingehängt werden, so daß sie zum Nachsehen und Ausbessern leicht herausgezogen werden können.

**145. — Rohrleitungen <sup>3)</sup>.** Der Verschleiß der Rohrleitungen stellt einen bedeutenden Anteil an den Gesamtkosten des Spülversatzes dar. Man ist daher unablässig bemüht gewesen, ihn herabzudrücken. Am stärksten verschleßen die sog. „Hauptabfallkrümmer“, d. h. diejenigen Krümmer, die den Übergang zwischen Schacht- und Streckenleitungen vermitteln und den ganzen Stoß des herabstürzenden Spülstroms auszuhalten haben. Dann folgen in absteigender Reihenfolge: Krümmer in geneigten Leitungen, Krümmer in söhligem Leitungen, Streckenleitungen, Schachtleitungen.

<sup>1)</sup> Glückauf 1907, Nr. 44, S. 1461 u. f.; Spülversatzanlagen auf Zeche Deutscher Kaiser bei Hamborn.

<sup>2)</sup> Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1910, Nr. 47, S. 1976; Kammerer: Der Ersatz der Handarbeit durch die Maschine im Bergbau.

<sup>3)</sup> Zeitschr. d. Oberschles. Berg- u. Hüttenmänn. Vereins 1910, Maiheft, S. 185; Lück: Die verschiedenartigen Spülleitungen im Versatzbetriebe. — Stahl u. Eisen 1909, Nr. 50, S. 1982; Busch: Über die Erfahrungen beim Spülversatz in neuerer Zeit. — Vgl. auch den auf S. 399 in Anm. <sup>1)</sup> angeführten Seidlschen Aufsatz, S. 30 u. f.

Nach der Beschaffenheit des Spülguts läßt sich folgende Reihenfolge mit wachsendem Verschleiß aufstellen: Lehm, lehmiger Sand, Sand, Kesselasche, Querschlagberge, Zinkräumasche, Hochofenschlacke.

Für die Krümmer wird wegen ihres besonders starken Verschleißes und ihrer geringen Anzahl Gußeisen oder Stahlguß mit größeren Wandstärken (15 bis 20 mm an der inneren, 20—25 mm an der äußeren Seite des Kreisbogens) gewählt; jedoch kommt für die Schachtkrümmer jetzt nur noch Schmiedeeisen und Stahl in Betracht, da Gußeisenkrümmer sich rascher abnutzen und im Falle größerer Drucksteigerung durch vorübergehende Verstopfung leicht springen. Gut bewährt haben sich Krümmer mit Futter aus Hartstahl. Für die Leitungen selbst wird jetzt Flußeisen bevorzugt, weil Gußeisenrohre wegen ihrer größeren Wandstärken un bequem ein- und auszubauen sind, auch stärker verschleifen, sobald die harte Gußhaut abgeschliffen ist.

Eine gute Ausnutzung der Spulleitungen wird dadurch ermöglicht, daß der Verschleiß im untersten Teile des Rohrquerschnitts am größten ist, indem

hier eine Rinne eingeschliffen wird. Man läßt die Leitungen an dieser Stelle sich bis auf 1,5—2 mm Wandstärke abnutzen und wendet sie dann, um die noch unverschlissenen Teile der Wandung nach unten zu bringen. Ist die Verschleißrinne schmal und tief, so kann die Leitung 2—3mal gewendet werden; ist sie dagegen breit und flach, so muß man sich mit einmaligen Wendungen begnügen.



Abb. 385.  
Crotofino-Rohr.

Eine weitere Ersparnis an Rohrleitungen wird durch Ausfütttern der Rohre mit Gußeisen, Holz und Porzellan erzielt. Eiseneinlagen werden (Abb. 386) durch Schrauben befestigt. Holzeinlagen sind zuerst auf der Myslowitz-Grube in Oberschlesien in größerem Maßstabe verwandt und dort aus einzelnen Stäben aus Eichenkernholz mit trapezförmigem Querschnitt hergestellt worden, die in Stücken von je 20 cm Länge hydraulisch in die Rohre gepreßt wurden. Neuerdings liefern Stephan, Frölich & Klüpfel in Scharley (O.-S.) die nach ihrem Erfinder benannten Crotofino-Rohre, bei denen das Holzfutter aus Stäben von Rohrlänge gebildet wird, die gemäß Abb. 385 ineinandergreifen; durch besondere Behandlung des Holzes wird auch die Ausfüttterung von Krümmern und überhaupt beliebigen Formstücken ermöglicht. Porzellanfutter nach den Patenten von Thyssen & Co. in Mülheim-Ruhr hat sich für sehr hartes, fein- und scharfkörniges Gut, wie es granuliert Schlacke (Schlackensand) darstellt, auf den Zechen Deutscher Kaiser bei Hamborn und Alma bei Gelsenkirchen, vorzüglich bewährt. Es besteht aus Rohrstücken von je 20—30 cm Länge; der Stoff ist bestes Hartfeuerporzellan von der Härte 8. Die Befestigung dieser Einlagen erfolgt jetzt durch Hintergießen mit Zement<sup>1)</sup>. In Schachtleitungen werden die Einlagen durch Tragringe *g* (Abb. 383) gestützt. Zu berücksichtigen ist, daß Porzellanfutter wegen seiner Sprödigkeit möglichst wenig auf Stoß beansprucht werden sollte. Demgemäß muß auf

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1909, S. 36; Versuche und Verbesserungen.

gleichmäßiges Hintergießen geachtet werden, damit die Einlagen nicht an einzelnen Stellen hohl liegen; auch ist das Vorstehen einzelner Kanten im Innern zu vermeiden, weil an diesen das Porzellan abspaltert. Daher haben sich auch in Hauptabfallkrümmern und für gröberes Versatzgut Porzellaneinlagen nicht bewährt, da sie durch den harten Anprall der Stücke zerschlagen werden.

Einen Vergleich von kreisrunden Rohrleitungen aus Flußeisen (a) mit porzellangefütterten Leitungen (b) ermöglicht nachstehende Zahlentafel:

Lichte Weite in mm		Gewicht in kg je lfd. m		Preis in $\mathcal{M}$ je lfd. m		Wandstärke in mm			
						Rohr		Futter	
a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
185	185	55	80	15,5	26,1	10,0	6,5	—	15
125	125	37,5	46	14,8	21,0	10,0	4,5	—	15

In Oberschlesien haben neuerdings die von Bergwerksdirektor Busch vorgeschlagenen Rohre mit eiförmigem Querschnitt (Abb. 386) und Ausfüllung des spitzen unteren Teiles durch entsprechend dicke Einlagen in großem Umfange Anwendung gefunden, da sie infolge eines günstigen Verhältnisses des Querschnitts zum benetzten inneren Umfang bei wechselnden Geschwindigkeiten und infolge selbsttätigen Ausgleichs zwischen Geschwindigkeit und Korngröße bedeutend langsamer verschleifen. Die Rohre werden von der Firma Stephan, Frölich & Klüpfel geliefert; sie sind aus Flußeisen nahtlos gewalzt und nachher in die Eiform gezogen. Als Futter dient gewalztes Flußeisen von Schienenhärte. Das bei kreisrunden Rohren mögliche Wenden nach teilweisem Verschleiß scheidet hier aus. Dafür hält aber ein Eirohr mit drei Einlagen (Gesamtprice 46  $\mathcal{M}$  je lfd. Meter bei 187 mm l. W.) etwa ebensolange wie sechs runde Rohre von 187 mm l. W. (Gesamtprice 87  $\mathcal{M}$  je lfd. Meter).

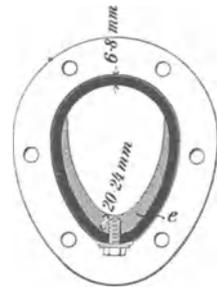


Abb. 386<sup>1)</sup>. Spülrohr von eiförmigem Querschnitt mit Walzeiseneinlage.

Ein Abrieb von 1 mm in annähernd söhlig verlegten Leitungen wird bei Flußeisen durch etwa 10000—40000 cbm hindurchgespülten Sandes mit mehr oder weniger Lehm und bereits durch etwa 5000 cbm Schlackensand herbeigeführt, wogegen Porzellanfutter verschiedentlich nach Durchspülung von etwa 200000 cbm Schlackensand sich nur an den Stoßfugen, nicht aber an der Wandfläche etwas abgenutzt zeigte.

Zur Verhütung von Verstopfungen, die Explosionen geschwächter Rohre zur Folge haben können, muß auf eine sorgfältige Mischung des Versatzgutes mit Wasser und auf eine genügend große Wassergeschwindigkeit (1,5—2 m i. d. Sek.) Bedacht genommen werden; Krümmungen sind möglichst zu vermeiden oder mit möglichst großem Radius zu nehmen; auch empfiehlt sich das Einspritzen von Wasser unter hohem Druck an den Krüm-

<sup>1)</sup> S. den auf S. 397 in Anm.<sup>2)</sup> angeführten Aufsatz von Pütz, S. 1363.

nungstellen, wodurch gleichzeitig die Krümmer geschont werden. — Der Durchmesser der Rohrleitungen darf weder zu klein noch zu groß sein, da in beiden Fällen die Gefahr der Verstopfung besteht, in zu weiten Rohrleitungen auch starke Schläge und Erschütterungen durch die mitgerissene Luft hervorgerufen werden können. Eine lichte Weite von 150 mm für kleinere und von 180—190 mm für größere Anlagen bildet die Regel.

**146. — Krümmer und Verzweigungen.** Die Mittel zur Verlängerung der Lebensdauer der Krümmer sind teilweise die auch gegen Verstopfungen angewendeten: schlanker Bau der Krümmer, Einführung eines Wasserstrahls unter hohem Druck. Außerdem kommt noch in Betracht: Herstellung der Krümmer aus Stahl, Futtereinlagen aus Hartstahl, größere Dicke der dem Stoß ausgesetzten Wandung, Angießen von Innenrippen (Abb. 387), zwischen denen sich eine Schutzlage von Bergen ansammelt, Angießen eines durch einen Blindflansch  $b$  verschlossenen T-Stücks (Abb. 388), das ebenfalls einen

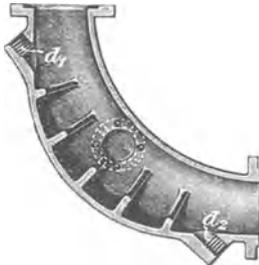


Abb. 387. Fußkrümmer der Westfalia A.-G. mit Innenrippen und Durchstoßstützen.

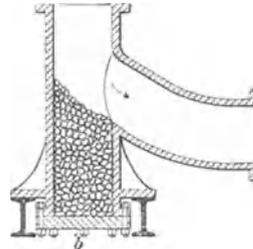


Abb. 388. Fußkrümmer mit T-Stück und Bergesack.

Bergesack bilden soll. Auch können die Krümmer aus mehreren Stücken zusammengesetzt werden, deren jedes für sich ausgewechselt werden kann. Zur schnellen Beseitigung von Verstopfungen können Durchstoßöffnungen  $d_1$   $d_2$  nach Abb. 387 vorgesehen werden.

Die Verzweigung des Schlammstromes mit abwechselnder Spülung durch die verschiedenen Zweigleitungen stößt wegen des starken Verschleißes, dem Wechselschieber und -klappen ausgesetzt sind, auf Schwierigkeiten. Eine einfach und kräftig gebaute Wechselklappe (Bauart Kohrman) zeigt Abb. 389<sup>1)</sup>. Auf der Achse der Klappe  $k$  sitzt außen eine Stange  $h$ , die mittels einer auf ihr gleitenden Hülse  $b$  mit Klappschraube an einem angegossenen Vorsprung  $n$  des Dreiwegestückes auf der Seite, nach der die Absperrung erfolgen soll, befestigt wird. Bei hartem und grobkörnigem Spülgut zieht man aber vielfach die Umstellung durch Drehen eines Krümmers vor, der nach Bedarf die Hauptleitung mit der einen oder anderen Zweigleitung verbindet. Soll unter Ausschaltung der Zweigleitungen der Spülstrom in der Hauptleitung weitergeführt werden, so wird der Krümmer (Abb. 390 oben) durch ein gerades Rohrstück ersetzt.

<sup>1)</sup> Vgl. den auf S. 397 in Anm. <sup>2)</sup> erwähnten Aufsatz von Pütz, S. 1362, Abb. 17.

147. — **Abbauverfahren beim Spülversatz<sup>1)</sup>.** Im Abbau ist, wie die schematische Darstellung eines zweiflügeligen Stoßbaues mit Spülanlage in Abb. 390 zeigt, ein Hohlraum herzustellen, der an mindestens einer Seite durch einen Verschlag ( $v_1$  bzw.  $v_2$ ) abzugrenzen ist, der das Versatzgut zurückhält, dem abfließenden Wasser aber den Durchgang gestattet. Je kleiner und leichter diese Verschläge ausgeführt werden können und je seltener sie hergestellt zu werden brauchen, um so billiger wird der Abbau. Am besten eignen sich der Stoßbau und der Pfeilerbau mit Bergeversatz, weil beide den Versatz geschlossen einzubringen gestatten und der Stoßbau mit niedrigen Verschlägen auskommt, der Pfeilerbau aber die Möglichkeit bietet, die Verschläge in den Strecken herzustellen. Der Pfeilerbau hat den Vorzug, daß er mehr Angriffsflächen liefert, wird aber teuer wegen der umfangreichen Vorrichtung. Beim Stoßbau fällt dessen geringere Angriffsfläche hier weniger ins Gewicht, da es sich beim Spülversatz durchweg um mächtige Flöze handelt. In dünneren Flözen kann man die Förderleistung durch größere Höhe des einzelnen Stoßes bis zu etwa 30—40 m steigern. Der Abbau geht dann in den Abbau mit geschlossenem Versatz und maschineller Abbauförderung über. Dieser läßt sich jedoch nur dann vorteilhaft mit Spülversatz durchführen, wenn das Einfallen flach ist, weil sonst die Druckhöhen für die Verschläge zu groß werden. Günstig ist für solchen Abbau der Wegfall der sonst notwendigen Bergfördereinrichtungen. —

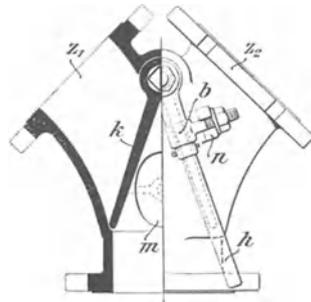


Abb. 389. Wechsellappe nach K o h r m a n n.

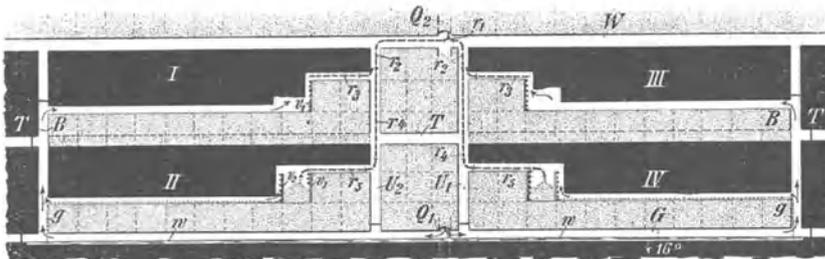


Abb. 390. Zweiflügeliger Stoßbau mit Spülversatz und eingelegerter Teilsohle.

Verwendbar ist auch der schwebende Strebbau, bei dem die Wasser ohne Belästigung der Hauer gleich nach unten ablaufen können und bei größerer Breite der Strebstöße — auf Zeche Prosper<sup>2)</sup> bei Bottrop beispielsweise 30—40 m — die Verschlagkosten niedrig ausfallen.

<sup>1)</sup> S. auch Glückauf 1906, Nr. 27, S. 871 u. f.; Hundt: Die beim Ruhrkohlenbergbau üblichen Abbaumethoden in ihrer Anwendbarkeit für Spülversatzbetriebe; — ferner den auf S. 402 in Anm. <sup>1)</sup> erwähnten Aufsatz von Seidl, S. 49 u. f.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1912, S. 95; Versuche und Verbesserungen.

Das Schema eines Stoßbaues mit gleichzeitigem Abbau über der Haupt- und einer Teilsohle zeigt Abb. 390. Hier findet in den beiden oberen Bauflügeln gerade Kohलगewinnung statt, während man in den beiden unteren mit der Zuspülung der Abschnitte beschäftigt ist. Die ablaufenden Wasser fließen durch das Gefluter  $g g$  und die Wasserseige  $w$  dem unteren Abteilungsquerschlage  $Q_1$  zu.

Der Abstand der Verschlüge voneinander, d. h. die Größe der Spülabschnitte, richtet sich nach der Festigkeit des Hangenden. Man muß sich bei mäßig guter Beschaffenheit des letzteren mit 40—80 qm bloßgelegter Fläche begnügen, kann aber bei standfestem Gebirge 200 qm und darüber auf einmal auspülen.

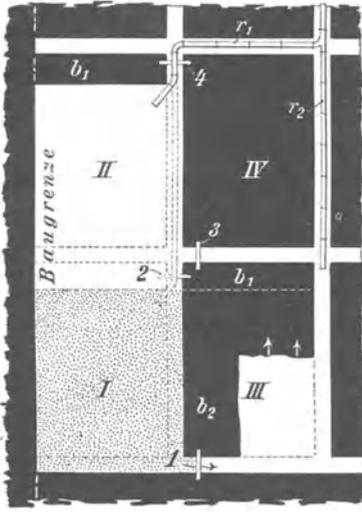


Abb. 391. Schwebender Pfeilerbau mit Spülversatz. (Der schwarze Pfeil bezeichnet die Richtung des abfließenden Wassers.)

Wenn man beim Pfeilerbau auf mächtigen Flözen die einzelnen Abschnitte durch Durchhiebe bildet, so braucht man beim Zuspülen nicht auf die Offenhaltung eines Wetterweges bedacht zu sein, da der nächste Durchhieb die Abführung der Wetter beim Verhieb des nächsten Abschnitts ermöglicht. Infolgedessen kann dann der abgebaute Abschnitt bis an den Kohlenstoß heran zuspült werden, so daß an die Stelle eines im Einfallen hochgeführten langen Verschlages ein kleiner Verschlag in der Strecke treten kann. In dieser Weise wird gemäß Abb. 391 auf verschiedenen oberschlesischen Gruben verfahren. Die Pfeiler werden hier in der durch die römischen Ziffern gekennzeichneten Reihenfolge schwebend in Verhieb genommen, wobei jedesmal an der

oberen Grenze eine Schwebel  $b_1$  von etwa 3 m stehen bleibt, die während des Verspülens des Abschnitts den Abschluß nach oben bildet und beim Auskohlen des nächsthöheren Pfeilers mit gewonnen wird. Die Rohrleitungen sind mit  $r$ , die Verschlüge mit arabischen Ziffern bezeichnet. Das streichend stehengelassene Bein  $b_2$  wird, je nachdem sich eine geringere oder größere Festigkeit des Versatzes durch Vorbohren ergibt, auf 2 oder 1 m geschwächt oder auch ganz (streichend) abgebaut.

**148. — Verschlüge.** Die Verschlüge sollen bei möglichst geringen Kosten genügend widerstandsfähig sein (namentlich bei stärkerer Flözneigung, größerer Mächtigkeit und größerer Stoßhöhe), die Beobachtung der Dichtigkeit des Versatzes gestatten und die Trübe möglichst klar abfließen lassen, ohne sie zu sehr zu stauen. Bei sehr feinkörnigem Versatzgut (Lehmtrübe) lassen sich die beiden letzteren Erfordernisse nicht vereinigen; man muß dann eine gewisse Stauwirkung durch möglichst dichte Verschlüge anstreben, um die Trübe sich etwas absetzen zu lassen und sie am oberen Ende des Verschlages geklärt abziehen zu können.

Bretterverschlage werden, wenn man nicht mit Streckendammen auskommt, im allgemeinen zu teuer, gestatten auch nicht die Beobachtung des Versatzes und sind daher in den westlichen Bergbaugebieten jetzt meist durch Verschläge aus Versatzleinen und Drahtgeflecht mit 3—5 mm Maschenweite oder aus Siebblechen mit 4—5 mm Lochweite ersetzt worden; Drahtgeflecht wird bei größerer Druckbeanspruchung noch durch Drähte oder durch Litzen abgelegter Drahtseileverstarkt. Neuerdings haben auch Rahmen mit Drahtbespannung und Strauchwerk (aus Ginster u. dgl.) nach Mommertz (D. R.-P. 305 280) Verwendung gefunden.

Soweit nicht durch größere streichende Breite der einzelnen Abschnitte (bei gutem Gebirge) an Verschlägen gespart werden kann, empfiehlt es sich, nach Möglichkeit den Abbau so zu führen, daß, wie in Abb. 391, nur in den Strecken Verschläge hergestellt zu werden brauchen. Auch beim streichenden Stoß- oder Pfeilerbau kann man mit Streckendammen (Riegeldammen  $r_1$  bis  $r_3$  in Abb. 391) auskommen, indem man bis an den Kohlenstoß selbst spült. Jedoch muß dann für jeden Abschnitt von neuem schwebend aufgehauen werden. Man kann sich aber dadurch helfen, daß man nach dem Patent Nr. 202951 der Firma Aug. Thyssen zwischen Spülabschnitt und Kohlenstoß eine Leitung aus gelochten Wetterlutton ( $l$  in Abb. 392)<sup>1)</sup> einbaut und mit einspult. Das obere Ende der Luttonleitung wird in die den Versatz nach oben hin begrenzende Bergemauer  $b$  eingebettet. Auf diese Weise behält man stets Wetterverbindung nach oben. Das Wasser aus dem Spülabschnitt kann durch die Lutton ablaufen. Beim Aufhauen für den neuen Abschnitt werden die Lutton stückweise wieder ausgebaut.

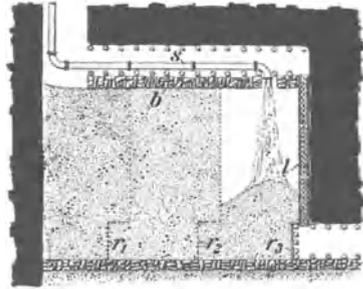


Abb. 392. Spülversatz mit Riegeldammen und gelochten Wetterlutton auf Zeche Deutscher Kaiser.

Für Lehmtrube müssen Bretterverschlage mit Fugendichtung (durch Heu, Stroh, Pferdemit u. dgl.) oder Verschläge aus Versatzleinen mit Verstärkung durch Bretter, Spitzen oder Drähte hergestellt werden.

In mächtigen, flachgelagerten Flözen ist außer der seitlichen Begrenzung der Spulabschnitte auch eine solche an deren oberer streichender Kante erforderlich, weil sonst die ganze über die Sohle der oberen Strecke hinausreichende Fläche des Hangenden ohne Unterstützung bleiben würde. Abb. 393 veranschaulicht die Zuspulung eines solchen obersten Abschnitts: die Strecke wird durch einen leichten Verschlag  $v$  geschützt, der durch die Spreizen  $s_1$   $s_2$  gegen den Kohlenstoß abgestützt und über dem die Rohrleitung unter dem Hangenden eingeführt wird. Die Bedienung der Leitung  $r$  erfolgt von der nach und nach wiederzugewinnenden Holzbuhne  $p$  aus. Auch werden bei flachem Einfallen bewegliche Mundstücke benutzt, die den Schlammstrom nach allen Richtungen zu lenken gestatten.

<sup>1)</sup> S. auch Glückauf 1909, Nr. 10, S. 338.

Da solche in den Spülabschnitt hineinführende Rohrleitungen, wenn man sie nicht preisgeben will, stückweise ausgebaut werden müssen, so ersetzt man sie in Oberschlesien neuerdings durch Holzlутten, die mit eingespült werden. Auf Grube Altenwald im Saarbezirk hat man mit gutem Erfolge die Hauptrohrleitung schwebend am Spülverschlage entlang geführt und durch kurze Stützen, die allmählich in der Reihenfolge von unten nach oben durch Drehschieber geschlossen werden, in den Spülabschnitt ausgießen lassen<sup>1)</sup>. Diese Hilfsmittel vermeiden gleichzeitig die Unterbrechung des Spülbetriebs durch das Ausbauen der Rohrstücke.

**149. — Der Spülversatz im Kalisalzbergbau. Allgemeines<sup>2)</sup>.** Der deutsche Kalisalzbergbau bietet mit seinen mächtigen und großenteils flachgelagerten Lagerstätten, in denen der Handversatz schwierig und teuer wird, sehr günstige Bedingungen für den Spülversatz. Für diesen Versatz spricht hier außerdem die wesentlich bessere Unterstützung des Hangenden, die

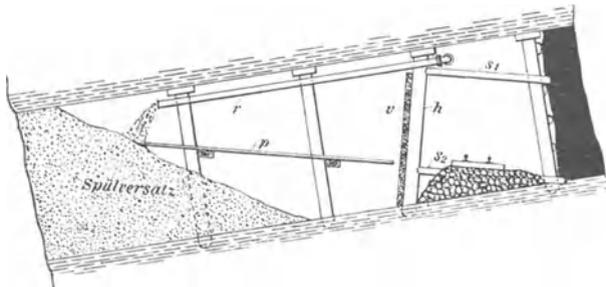


Abb. 393. Ausspülen des oberen Teiles eines Abschnitts in einem mächtigen Flöz.

bei gleichzeitiger erheblicher Verringerung der Abbauverluste die Gefahr von Wassereintrüben durch Zerreißen der wassertragenden Schichten beseitigt, und die bequeme und saubere Einförderung des Versatzgutes (Rückstände aus den angeschlossenen Chlorkaliumfabriken), dessen Zuführung in Förderwagen große Übelstände durch Rosten und Zerfressen der Wagen und Schienen, Festbacken in den Wagen usw. im Gefolge hat.

Daher hat der Spülversatz sich im Kalisalzbergbau nach dem befriedigenden Ausfall des ersten, in den Jahren 1907 und 1908 auf der staatlichen Schachtanlage Bleicherode angestellten Versuchs rasch ausgebreitet<sup>3)</sup>. Allerdings ist er bisher auf die Hartsalz- und Sylvinitwerke beschränkt geblieben, da

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1914, S. 100; Versuche und Verbesserungen.

<sup>2)</sup> Vgl. hierzu die zusammenfassenden Arbeiten: Kali 1914, S. 1 u. f.; Rodatz: Die Frage des Spülversatzes für Kalibergwerke. — Zeitschr. d. Oberschles. Berg- u. Hüttenmänn. Ver. 1914, August/September-Heft, S. 331 u. f.; Seidl: Über den Verhieb der Kalisalzlagerstätten durch reinen Versatzbau. — Kali 1920, Nr. 20, S. 335 u. f.; Weber: Zur Einführung des Spülversatzes in Kaligruben.

<sup>3)</sup> Vgl. Kali 1913, Nr. 5, S. 105 u. f.; Glöckner: Die Spülversatzanlage auf dem Brügenschacht des Kalibergwerks Glückauf. — Kali 1917, Nr. 5, S. 65 u. f.; Hundt: Spülversatzanlage auf dem Kalibergwerke Roßleben. — Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1919, S. 6 u. f.; Versuche und Verbesserungen.

für diese sich ohne Schwierigkeiten eine Spüllauge herstellen läßt, die das anstehende Salz nicht angreift, wogegen die Carnallitwerke mit der Schwierigkeit zu rechnen haben, daß das Chlormagnesium ihrer Lagerstätten leicht löslich ist und infolgedessen an die Zusammensetzung der Lauge strenge Anforderungen gestellt werden müssen. Doch sind auch für Carnallitwerke bereits eine Anzahl von Vorschlägen gemacht worden<sup>1)</sup>.

**150. — Einiges über die Ausführung des Spülversatzbetriebes im Kalisalzbergbau.** Als Versatzgut kommen hauptsächlich die Rückstände aus der chemischen Verarbeitung der Rohsalze in Betracht, die bei Hartsalzwerken bis zu 70—80% der geförderten Rohsalze ausmachen können. Dazu kommt in der Regel noch Kesselasche. Die Lauge soll nach Möglichkeit so zusammengesetzt sein, daß sie gegen die anstehenden Salze auch nach einer gewissen Erwärmung in der Grube gesättigt ist. Auf Bleicherode verwendet man z. B. die aus den von Hand versetzten Rückständen abtropfende „Schachtlauge“.

Die Rückstände halten die Spüllauge wesentlich fester, als das beim gewöhnlichen Spülversatz der Fall ist, so daß Monate vergehen können, bis die Lauge abgelaufen und der Versatz völlig fest geworden ist.

Die Herstellung des Spülstromes erfolgt durchweg nach dem Abspritzverfahren in großen Spülwannen, in die das Versatzgut durch Entleeren von Förderwagen mit Hilfe von Kreiselwipfern gestürzt oder denen es unmittelbar durch eine Förderschnecke von der Fabrik aus zugeführt wird.

Die Abnutzung der Spüleleitungen ist verhältnismäßig gering, da das Spülgut nicht nur von milder Beschaffenheit und ohne scharfe Kanten ist, sondern auch infolge seines im Vergleich zur Lauge geringen spezifischen Gewichtes leicht von dieser getragen wird; das Verhältnis der spez. Gewichte von Spülgut und Lauge beträgt hier etwa 1,8:1,3 gegen etwa 2,2:1,1 beim gewöhnlichen Spülversatz.

Im Abbau können die Verschlüge, da es sich einstweilen nur um das Vollspülen von Abbaufirsten („Kammern“, vgl. Ziff. 162) handelt, in die Strecken bzw. Querschläge gesetzt werden. Man benutzt in der Regel Bohlen-dämme mit Abdichtung durch Versatzleinen. Ein Beispiel für die Verspülung einer Firste gibt Abb. 394; hier bezeichnen  $v_1v_2$  die Dämme.

Der Versatz schwindet nach einiger Zeit ebenso wie der Handversatz mit Rückständen durch Austrocknung, jedoch beträgt das Maß der Schwindung nur etwa 1%, auch läßt der dadurch entstehende Hohlraum sich durch Nachspülen leicht schließen. Die Dichtigkeit und demgemäß die Tragfähigkeit des Spülversatzes ist besonders bei geringen und mittleren Fallwinkeln erheblich größer als die des Handversatzes, da der Spülversatz dann etwa 90%, der Handversatz dagegen, bei dem das Versatzgut locker liegt und außerdem nicht in alle Winkel hineinzubringen ist, nur etwa 70% des zu versetzenden Hohlraumes ausfüllt.

**151. — Der deutsche Braunkohlenbergbau und der Spülversatz.** Da der deutsche Braunkohlenbergbau bei dem jetzt üblichen Pfeilerbruchbau

<sup>1)</sup> Richter, D. R.-P. 301588. — Rodatz in der auf S. 410 in Anm.<sup>2)</sup> erwähnten Abhandlung, S. 54. — Techn. Blätter 1918, S. 11 u. f.; Mummenthey: Spülversatzverfahren beim Abbau von Carnallit usw.

mit erheblichen Abbauverlusten zu rechnen hat, die bei der außerordentlichen Bedeutung unserer Kohlenvorräte für unsere gesamte Volkswirtschaft in Zukunft nicht mehr zu rechtfertigen sein werden, so wird voraussichtlich auch für ihn der Abbau mit Spülversatz sehr wichtig werden<sup>1)</sup>. Günstig für dieses Abbauverfahren sind die Sand- und Kiesablagerungen über den Braunkohlenflözen, die eine vorteilhafte Gewinnung underspülung mittels des Abspritzverfahrens ermöglichen, ungünstig die geringen Teufen und entsprechend geringen Wasserdrücke, die erforderliche, umständliche Sicherung der Kohlenstöße gegen das Eindringen der verunreinigenden Spültrübe und die strengen Anforderungen, die infolge des vergleichsweise geringen Wertes der Braunkohle an die Billigkeit des Verfahrens gestellt werden müssen. Versuche mit dem Spülversatzabbau sind im Braunkohlenbergbau bereits einige

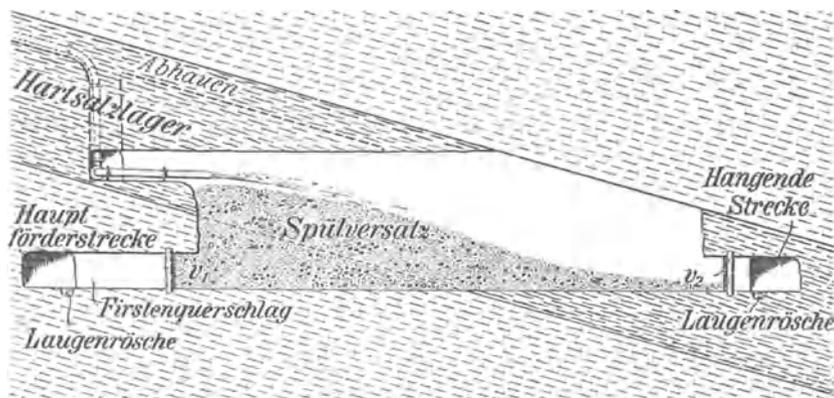


Abb. 394. Verspülung einer Firste in einem Kalisalzlager.

Jahre nach der Einführung des Spülversatzes im Steinkohlenbergbau gemacht worden, aber unbefriedigend verlaufen. Vorschläge zur Beseitigung der dabei hervorgetretenen Schwierigkeiten hat Kegel bereits 1906 gemacht<sup>2)</sup>. — In neuester Zeit haben die Riebeck'schen Montanwerke wieder Versuche mit einem besonderen Abbauverfahren (D. R. P. 348374) angestellt, die noch nicht abgeschlossen sind<sup>3)</sup>. Im Tagebaubetriebe hat der Spülversatz, da er hier mit der Gewinnung des Abraumes durch das Abspritzverfahren vorteilhaft verbunden werden kann, sich neuerdings eingeführt<sup>4)</sup>.

**152. — Besondere Arten des Spülversatzes.** Außer der im Vorstehenden beschriebenen, gebräuchlichsten Ausführung des Spülversatzes sind noch zwei besondere Verfahren zu unterscheiden. Das eine, der sog. „Breiversatz“, kommt dort in Betracht, wo man zur Verhütung eines zu

<sup>1)</sup> Näheres s. Braunkohle 1922/23, Nr. 30 u. f., S. 525 u. f.; Schwahn: Die Frage der Einführung des Spülversatzes in den Braunkohlentiefbau.

<sup>2)</sup> Braunkohle 1906/7, Nr. 47, S. 743 u. f.; Kegel: In welcher Weise ist die Anwendung des Spülversatzes im Braunkohlenbergbau möglich?

<sup>3)</sup> S. den in Anm. <sup>1)</sup> genannten Aufsatz, Nr. 32, S. 561 u. f.

<sup>4)</sup> Braunkohle 1917/18, Nr. 44, S. 361; Flegel: Über ein neues Verfahren zur Gewinnung und zum Versatz von Abraum in Braunkohlen-Tagebauen durch das Abspritz- und Spülversatzverfahren usw.

starken Quellens von Tonschieferschichten den Wasserzusatz möglichst beschränken will oder nur einzelne, weiter vom Schacht entfernte Bauabteilungen mit dichtem Versatz abgebaut werden sollen und daher die Herstellung besonderer Mischanlagen und Rohrleitungen sich nicht lohnen würde, wo aber andererseits Druckwasser (z. B. in Berieselungs-Rohrleitungen) zur Verfügung steht. Es besteht<sup>1)</sup> darin, daß an Stelle eines Schlammstromes ein aus feinkörnigem Gut (Waschbergen u. dgl.) bestehender Versatz in die Baue gebracht wird, dem vor oder beim Verstürzen der Berge soviel Wasser zugesetzt ist, daß die Masse eine breiartige Beschaffenheit erhält, also die Hohlräume genügend dicht ausgefüllt werden und das Weiterschaulen der Berge entbehrlich wird. Die geringen, hier benötigten Wassermengen können keine nennenswerte Menge von feinen Teilchen mit sich fortreißen, fließen vielmehr fast klar ab, so daß sie keine weiteren Übelstände verursachen. Andererseits wird die Ausfüllung nicht sehr dicht, so daß mit 15—20 % Zusammendrückung des Versatzes gerechnet werden muß. Auch ist das Verfahren auf Flöze mit steilerer Neigung, d. h. über 20°, beschränkt.

Das andere Verfahren ist die „Tränkung“ des Handversatzes, wie sie z. B. auf der Schachtanlage Katharina bei Essen mit gutem Erfolge angewendet wird<sup>2)</sup>. Hierbei wird in Baue, die mit Hilfe von Handversatz mit Bergen ausgefüllt worden sind, nachträglich feinkörniges Gut eingespült. Um das einfache Abfließen der Spültrübe über der Sohle zu verhüten, wird die durch dichte Bergemauerung, die den Bauabschnitt unten und seitlich einfaßt, aufgestaut. Sind Bergemauern nicht vorhanden oder zu locker, so werden Verschläge hergestellt. Man erzielt durch dieses Verfahren eine Verdichtung des Handversatzes mit einem Mindestmaß an Verbrauch von feinem Spülgut und kann außerdem mit engeren und billigeren Rohrleitungen und geringeren Wassermengen auskommen. Auch fallen die zahlreichen Einzelverschläge fort. Günstig ist ferner, daß der von der Spültrübe zu durchfließende Versatz schon an sich eine gute Filterwirkung ausübt und daher der Wasserklärung erfolgreich vorarbeitet. Man kann deshalb hier den sonst nicht gern benutzten Lehm verwenden und erzielt dadurch den Vorteil, daß die Rohrleitungen kaum leiden und außerdem inwendig sich mit einem glatten Überzug auskleiden, der Verstopfungen vorbeugt. Besonders wichtig ist die Benutzung von Lehm für den Ruhrbezirk, wo Lehm überall, Sand dagegen nur untergeordnet vorkommt. Auf der anderen Seite ist die Wirksamkeit dieses Versatzes entsprechend geringer, da vor der Ausspülung der Luftzwischenräume im Handversatz das Hangende, wenn es nicht sehr fest ist, sich bereits auf den Versatz gesetzt hat und da außerdem dem Spülstrom keine bestimmten Wege vorgeschrieben werden können, sondern dieser sich selbst überlassen bleiben muß.

**153. — Wasserklärung und -hebung.** Die Klärung des abfließenden Wassers verursacht häufig große Schwierigkeiten. Bei tonigem Spülgut führt das Wasser bis zu etwa 40 % der eingespülten Stoffe wieder mit fort, wenn man es nicht im Spülraume selbst längere Zeit stehen lassen kann, was in

<sup>1)</sup> Glückauf 1910, Nr. 16, S. 565; Rossenbeck: Versuche mit einer neuen Art des Bergeversatzes.

<sup>2)</sup> Glückauf 1908, Nr. 5, S. 145 u. f.; O. Dobbelsstein: Der kombinierte Hand- und Spülversatz.

der Regel wegen der dadurch verursachten Stillstände im Verhieb nur im Kalisalzbergbau durchführbar ist. Mangelhaft geklärtes Wasser greift aber die Pumpen stark an. Zum Teil kann die Klärung in „Überfallbecken“ erfolgen, aus denen das Wasser oben abfließt. Auch werden Faszinen und ähnliche Filtereinrichtungen in den Wasserstrom eingeschaltet. Für schwer zu klärendes Wasser kann man entweder die „Standklärung“ oder die „Laufklärung“<sup>1)</sup> anwenden. Die Standklärung besteht darin, daß die abfließenden Wasser in Behältern angestaut und mit der fortschreitenden Klärung nach und nach von oben nach unten durch besondere Öffnungen abgezöpft werden. Der abgelagerte Schlamm wurde früher von Zeit zu Zeit ausgestochen und abgefördert. Neuerdings wird aber die maschinelle Ausschlämmlung bevorzugt, die wesentlich billiger ist und außerdem den großen Vorteil bietet, daß der Schlamm sofort wieder durch seine Förderung in alte Baue (auch oberhalb der Sohle) oder in die Spülversatzabbaue selbst beseitigt werden kann. Diese Schlammförderung kann durch das Preßluftverfahren<sup>2)</sup> („Mammutbagger“) der Maschinenfabrik A. Borsig in Berlin-Tegel oder durch die „Hannibal-Pumpe“ von P. C. Winterhoff in Düsseldorf erfolgen; es ist dies eine Scheibenkolbenpumpe mit Kugelventilen und federnden Ventilsitzen, die imstande ist, einen dickflüssigen Schlamm mit nur 30—40 % Wassergehalt auf 450 m Länge und 5 m Höhe anzusaugen und auf 500 m Länge und 50 m Höhe zu drücken und bei einem Kraftbedarf von 20 PS 18 cbm Schlamm in der Stunde zu fördern. Für große Spülanlagen baut neuerdings die „Wasser- und Abwasserreinigung G. m. b. H.“ in Neustadt a. d. H. besondere Absitzbecken mit mechanischer Schlamm-entfernung<sup>3)</sup>.

Bei der Laufklärung läßt man die Trübe auf einem längeren Wege durch alte Baue laufen und sich hier abklären. Im Saarbezirk fährt man für diese Zwecke besondere Strecken im Flöze auf und verwendet bei der Standklärung immer zwei Strecken abwechselnd, während bei der Laufklärung eine neue Strecke über der alten aufgefahren wird, sobald diese größtenteils zugeschlammmt ist. Die Standklärung ist teurer, liefert aber gute Klärerergebnisse, so daß man auf der anderen Seite beträchtliche Ersparnisse an Ausbesserungsarbeiten bei den Wasserhaltungseinrichtungen erzielt.

Wo eine Hauptwasserhaltung vorhanden ist, wird man ihr die aus den Spülbetrieben abfließenden Wasser nur dann zuführen, wenn diese bis zutage gehoben werden müssen, und auch dann nur, wenn sie genügend abgeklärt sind. Sonst sind besondere, kleinere Pumpen zweckmäßig, deren Betrieb sich dem Spülbetrieb anpassen kann und deren stärkerer Verschleiß durch mangelhaft geklärtes Wasser keine sehr hohen Kosten verursacht. Besonders beliebt sind Kreiselpumpen.

**154. — Kosten des Spülversatzes.** Die Frage nach der Wirtschaftlichkeit des Spülversatzes kann nur innerhalb weiter Grenzen beantwortet werden. Denn einerseits sind die Kosten außerordentlich verschieden; sie

<sup>1)</sup> S. den auf S. 397 in Anm. <sup>2)</sup> erwähnten Aufsatz von Pütz, S. 1367.

<sup>2)</sup> Glückauf 1911, Nr. 8, S. 300 u. f.; Meyer: Die Schlammförderung auf pneumatischem Wege usw.

<sup>3)</sup> Glückauf 1915, Nr. 14, S. 340 u. f.; Steuer: Die Kläranlage für die Spülversatztrübe in der Ferdinandgrube bei Kattowitz.

werden beeinflußt durch die verschiedenen hohen Kosten für die Beschaffung des Versatzgutes selbst (Gewinnungs- und Förderungs-, nötigenfalls auch Aufbereitungskosten), durch die verschiedenen große Länge der Rohrleitungen, durch die verschiedene Anzahl der Verzweigungen, durch die wechselnden Kosten der Verschläge (bedingt durch deren verschiedene Anzahl, Stärke und Länge), durch die nach dem Versatzgut schwankenden Ausgaben für Rohrverschleiß, Wasserklärung und Wasserhebung usw. Andererseits aber sind die Ersparnisse, die diesen Kosten gegenüber in die Wagschale zu legen sind und die ebenfalls nach den örtlichen Verhältnissen stark schwanken, nur annähernd zahlenmäßig zu ermitteln.

Große Spülanlagen arbeiten wesentlich billiger als solche mit kleinen Leistungen.

Nachstehend möge ein Beispiel für die Kosten unter günstigsten Verhältnissen gegeben werden, wobei die Zahlen auf 1 t Kohlen umgerechnet sind<sup>1)</sup>.

	₤ je t
1. Sandgewinnung und -förderung bis zum Spülschacht . . . . .	14,5
2. Spülanlage und -betrieb:	
a) Rohrverschleiß . . . . .	6,8
b) Verzinsung und Tilgung . . . . .	1,4
c) Löhne (für den maschinellen Teil, für Ein- und Ausbau der Rohre, Bühnen und Gefüuter, für Herstellung von Verschlägen und Wasserseigen) . . . . .	48,3
d) Betriebsstoffe . . . . .	0,5
e) Kraftbedarf . . . . .	0,8
f) Wasserhebung . . . . .	2,4
Summe:	74,7

Im Gesamtdurchschnitt ergaben sich 1911 für Oberschlesien die Kosten zu 1,20 ₤ je Tonne Kohlen.

Im Ruhrbezirk, wo vielfach schon die Gesteigungs- und Beförderungskosten des Versatzguts den Betrag von 1,3—1,8 ₤ je Tonne Kohlen erreichen, können die Versatzkosten auf 2,50 ₤ und darüber steigen.

Die Kosten des vorhin erwähnten Breiversatzes sind auf der Schachtanlage Katharina bei Essen mit 1,90 ₤ je Tonne Kohlen beierspülung von anderswoher beschafftem Versatzgut und mit 0,60 ₤ je Tonne beierspülung eigener Waschberge ermittelt worden.

**155. — Anwendungsgebiet des Spülversatzes.** Der Spülversatz hat für den Ruhrbezirk wegen der verhältnismäßig geringen Flözmächtigkeiten und wegen der Schwierigkeit der Beschaffung von ausreichenden Versatzgutmengen nur untergeordnete Bedeutung. Seine Anwendung wird sich hier — abgesehen von solchen Fällen, in denen Gruben über alte Bergeshalden von großem Umfang verfügen oder in der Nähe von Hochofenwerken oder von größeren Sand- und Lehmablagerungen liegen und daher große Mengen von Versatzgut billig erhalten können — voraussichtlich im großen und ganzen auf den Abbau solcher Kohlenmengen beschränken, die sonst als Sicherheitspfeiler für einzelne, besonders zu schützende Tagesgegenstände

<sup>1)</sup> Vgl. den auf S. 399 in Anm. <sup>1)</sup> erwähnten Aufsatz von Seidl.

anstehen bleiben müßten. Auch für den Abbau des Schachtsicherheitspfeilers (Ziff. 178) verdient der Spülversatz den Vorzug; dieser Abbau wird in manchen Fällen sogar erst durch ihn ermöglicht werden.

Das eigentliche Feld des Spülversatzes ist aber ein Bergbauegebiet mit den Verhältnissen Oberschlesiens, nämlich mit sehr mächtigen, flachgelagerten Flözen einerseits, bei deren Abbau die Vorteile des Spülversatzes in hervorragendem Maße in Erscheinung treten, und mit großen Sand- und Lehmlagerungen an der Erdoberfläche anderseits. Verschiedene obereschlesische Gruben spülen daher täglich 2000 cbm und mehr ein, und die Länge der im dortigen Bergbau eingebauten Spülrohrleitungen betrug bereits 1912 etwa 220 km. Die Myslowitz-Grube bei Myslowitz gewinnt von ihrer Förderung 80—90 % in Spülversatzbetrieben, und von der Gesamtheit der obereschlesischen Gruben betreibt jetzt fast die Hälfte den Abbau mit Spülversatz.

Hervorzuheben ist auch die Bedeutung des Spülversatzes bei der Bekämpfung von Grubenbrand. Zunächst ermöglicht die sehr dichte Ausfüllung der Hohlräume, wie der Spülversatz sie gewährleistet, den für die Verhütung von Selbstentzündung so wichtigen luftdichten Abschluß der Kohlenstöbe. In dieser Absicht wird er, wie in Ziff. 137 erwähnt, im Steinkohlenbergbau des Freistaats Sachsen bereits seit Jahren angewandt<sup>1)</sup>. Außerdem aber sind auch erfolgreiche Versuche zu verzeichnen, bereits ausgebrochene Brände durch Einspülen von feinkörnigem Versatz in die Brandfelder zu ersticken<sup>2)</sup>.

Von großer Bedeutung wird der Spülversatz für den deutschen Kalisalzbergbau werden.

#### b) Der Abbau mit Bergfesten.

**156. — Wesen und Anwendungsgebiet.** Beim Abbau mit Bergfesten sollen die unverritzt gelassenen Lagerstättenpfeiler größere Bewegungen des Deckgebirges dauernd verhüten. Ein solcher Abbau rechtfertigt sich dort, wo das Eindringen von Wasser aus dem Deckgebirge in die Grubenbaue unbedingt ausgeschlossen bleiben muß oder wo der verhältnismäßig geringe Wert des abzubauenen Minerals keine größeren Belastungen durch Bergschäden und Wasserhebungskosten rechtfertigt, oder wo das Mineral in solchen Mengen vorkommt, daß die Abbauverluste durch die stehenbleibenden Pfeiler nicht ins Gewicht fallen. Hiernach kann das Anwendungsgebiet dieses Abbauverfahrens in Deutschland heute nur noch beschränkt sein. Am meisten treffen die genannten Voraussetzungen noch für den deutschen Kalisalzbergbau mit seiner Empfindlichkeit gegen Wasserzuflüsse und seinen großen anstehenden Salzvorräten zu.

**157. — Die Pfeiler beim Abbau mit Bergfesten.** Die Stärke der unverritzt gelassenen Teile hängt von der Druckfestigkeit des Minerals und von der Mächtigkeit der überlagernden Gebirgsschichten ab. Aus letzterem Grunde muß die Pfeilerstärke nach der Teufe hin zunehmen, so daß das Ver-

<sup>1)</sup> Jahrbuch für das Berg- und Hüttenwesen im Königreich Sachsen 1901, S. 17 u. f.; J. Treptow: Verwahrung der Grubenbaue gegen Gebirgsdruck und Brandgefahr.

<sup>2)</sup> Vgl. z. B. Glückauf 1908, Nr. 44, S. 1564 u. f.; Dr. Brücher: Bekämpfung von Grubenbränden mit Hilfe des Lehm-spülversatzes.

hältnis zwischen dem gewinnbaren und dem verloren zu gebenden Teile der Lagerstätte nach unten hin immer ungünstiger wird. Bei der Bemessung des Abstandes der einzelnen Pfeiler ist außerdem die Festigkeit des Hangenden in Betracht zu ziehen.

Die Pfeiler müssen also, damit sie ihren Zweck erfüllen, so stark sein, daß sie nicht zerdrückt werden, und in so geringen Entfernungen voneinander stehen, daß das Hangende zwischen ihnen nicht durchbrechen kann<sup>1)</sup>.

Im deutschen Kalisalzbergbau ist man bereits 1878, da sich die Pfeiler als nicht genügend tragfähig erwiesen hatten, dazu übergegangen, Bergeversatz einzubringen und sich auf diese Weise gleichzeitig der bei der Salzverarbeitung in großen Mengen entfallenden Rückstände zu entledigen. Man strebte dadurch eine Stützung des sich durchbiegenden Hangenden sowohl wie auch eine seitliche Stützung der Pfeiler an. (Näheres s. Ziff. 163.)

Nach der Art, wie die Pfeiler mit den Hohlräumen abwechseln, kann man unterscheiden: 1. den Örterbau, 2. den Schachbrettbau und 3. den Kammerbau.

### 1. Der Örterbau.

**158. — Wesen des Örterbaues.** Der Örterbau (Abb. 395) hat seinen Namen daher, daß hier die Abbauräume nach der Art breiter Streckenbetriebe *o* zu Felde rücken. Dementsprechend bilden auch die stehenbleibenden Pfeiler langgestreckte, ununterbrochene Streifen. Zum Schutze der Förderstrecken  $s_1$ — $s_3$  werden die Örter in deren Nachbarschaft einige Meter schmal aufgefahren und nicht ganz bis zur nächsthöheren Strecke durchgetrieben, so daß für diese Sicherheitschweben stehenbleiben. Das Verhältnis zwischen Pfeiler- und Örterbreite richtet sich nach der Druckfestigkeit des Minerals, nach der Teufe und nach der Tragfähigkeit des Gebirges und beträgt beispielsweise 2:3 in günstigen und 3:1 in ungünstigen Fällen. Daraus berechnen sich Abbauverluste von 40 % bzw. 75 %, wozu dann noch die Verluste durch Anstehenlassen der Schweben kommen.

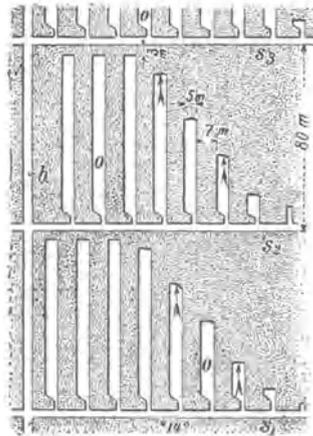


Abb. 395. Örterbau in einem Minettlager.

**159. — Örterbau im deutschen Kalisalzbergbau.** Ein dem Kalisalzbergbau entnommenes Beispiel für den Örterbau liefert der in Abb. 396 dargestellte Abbau<sup>2)</sup>, der dem auf dem Steinsalzbergwerk zu Heilbronn<sup>3)</sup> angewendeten Verfahren ähnlich ist. Es handelt sich hier um ein mächtiges Lager mit sehr

<sup>1)</sup> Vgl. Glückauf 1906, Nr. 40, S. 1309; Kegel: Über den Abbau von Kalisalzlagertstätten in größeren Teufen.

<sup>2)</sup> Deutschlands Kalibergbau, Festschr. z. X. Deutsch. Bergmannstage, III. Teil, S. 64.

<sup>3)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1897, S. 138 und Taf. III, Fig. 3; Lichtenberger: Das Salzwerk zu Heilbronn.

flachem Einfallen. Vom Hauptquerschlage aus sind in Abständen von rund 250 m Hauptförderstrecken aufgeföhren, zu deren Schutz auf beiden Seiten Sicherheitspfeiler von 23 m Stärke stehenbleiben. Das zwischen zwei Hauptstrecken liegende Abbaufeld von  $200 \times 240$  m wird in der ganzen Mächtigkeit des Lagers durch gleichzeitig oder doch nahezu gleichzeitig zu Felde rückende Abbauörter von je 10 m Breite durchörtert, zwischen denen 5 m starke Pfeiler stehenbleiben. Die letzteren werden zur Herstellung einer Wetterverbindung alle 40 m durchbrochen. Die Hohlräume werden

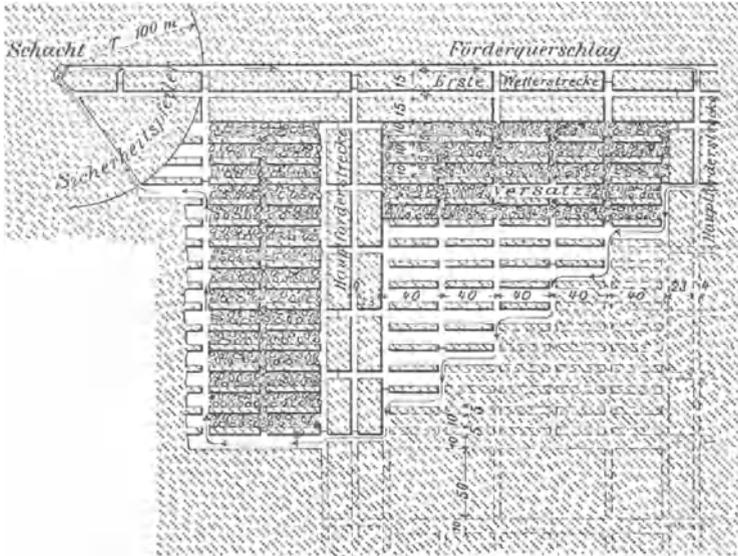


Abb. 396. Örtterbau auf dem Kalisalzbergwerk Sollstedt.

durch Versatz ausgefüllt. Die Angriffsfläche, im ganzen betrachtet, kann streichend (links) oder diagonal (rechts) gestellt werden. Über den Verhieb im einzelnen gilt das weiter unten (S. 420 u. f.) Gesagte.

## 2. Der Schachbrettbau.

**160.—Wesen des Schachbrettbaues.** Beim Schachbrettbau wechseln die stehenbleibenden Pfeiler mit den Hohlräumen in der Weise ab, daß die Abbaue das Bild einer von Säulen getragenen Decke bieten, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß die Dicke der Pfeiler im Verhältnis zur Größe der Zwischenräume in den verschiedenen Lagerstätten und Teufen stark wechseln kann. Beim Schachbrettbau im eigentlichen Sinne des Wortes sind die zwischen den Hohlräumen stehenbleibenden Pfeiler so gegeneinander versetzt, daß sich das Bild der verschiedenfarbigen Felder eines Schachbrettes ergibt; Pfeiler und Hohlräume haben also ganz gleiche Abmessungen, und der Abbauverlust beträgt 50 %.

Ein solcher Abbau ist früher verschiedentlich im Steinkohlenbergbau (hauptsächlich unter Ortschaften und Wasserläufen) geführt, hier aber mit

Recht verlassen worden, da er trotz großer Abbauverluste und erheblicher Brandgefährdung durch die im Abbau zurückbleibenden Kohlenmassen doch die Gebirgsbewegungen nicht dauernd hat hintanhalten können.

### 3. Der Kammerbau (Weitungsbau).

161. — **Ausführung des Kammerbaues im allgemeinen.** Während beim Schachbrettbau jeder einzelne Pfeiler rings von Hohlräumen umgeben ist, wird beim Kammerbau umgekehrt in der Weise vorgegangen, daß jeder Hohlraum rings von Sicherheitspfeilern als Wänden eingefast ist, so daß lauter einzelne „Abbaukammern“ gebildet werden und das Hangende von den Bergfesten in derselben Weise getragen wird wie eine Decke über einer Zimmerflucht von den Zimmerwänden. Dieser Abbau beschränkt sich auf Lagerstätten von großer Mächtigkeit.

In den einzelnen Kammern kann der Verhieb strossenbauartig von oben nach unten oder firstenbauartig von unten nach oben erfolgen. Im ersteren Falle brauchen die Leute nicht unter überhängenden Teilen der Lagerstätte zu arbeiten, entfernen sich aber dafür immer weiter vom Dach, dessen Beobachtung dadurch immer schwieriger wird, während doch seine Festigkeit gleichzeitig mit dem fortschreitenden Abbau ständig abnimmt. Beim Firstenverhieb haben die Hauer umgekehrt stets die Lagerstätte über sich, können sich aber den Firstenstößen immer genügend nahehalten, indem sie sich auf das hereingewonnene Haufwerk stellen; die Bedrohung durch die überhängenden Stöße ist unwesentlich, da diese fortwährend neu aus der Mineralmasse herausgearbeitet werden und daher keine Zeit haben, sich durch den Druck zu zerklüften. Infolgedessen wird in den meisten Fällen der Firstenbauverhieb bevorzugt.

162. — **Kammerbau im deutschen Kalisalzbergbau.** Der Kammerbau findet im deutschen Stein- und Kalisalzbergbau ausgedehnte Anwendung

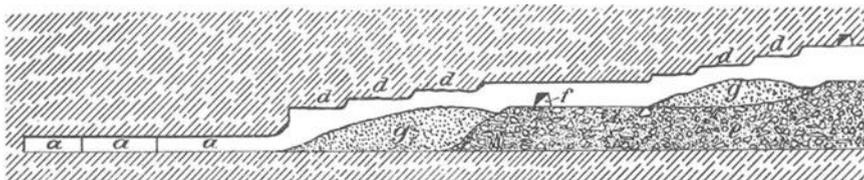


Abb. 397<sup>1)</sup>. Firstenverhieb im deutschen Kalisalzbergbau.  
g Haufwerk, e Versatz.

und wird hier durchweg mit Firstenverhieb betrieben, weshalb die einzelnen Kammern auch meist als „Firsten“ bezeichnet werden. Je nach Mächtigkeit und Lagerung ergeben sich verschiedenartige Ausgestaltungen, von denen einige nachstehend beschrieben werden sollen. Diese Beispiele beziehen sich auf den Abbau bei mittlerem und steilem Einfallen.

Die Vorrichtung erfolgt durch eine streichende Hauptförderstrecke, die in der Regel, um sie den Abbauwirkungen zu entziehen und keine wertvollen

<sup>1)</sup> Nach Fürer: Salzbergbau und Salinenkunde, (Braunschweig, Vieweg), 1900, S. 386.

Sicherheitspfeiler für sie opfern zu müssen, im liegenden Steinsalz hergestellt wird und von der aus daher die Lagerstätte durch kurze Querschläge gelöst werden muß.

In jeder einzelnen Kammer, deren Höhe im allgemeinen mit 9—11 m angenommen wird, treibt man zunächst einen 2 m hohen „Einbruch“ in ihrer ganzen Breite vor ( $a$  in Abb. 397). Die Richtung, in der dieser Einbruch aufgefahren wird und in der überhaupt der ganze Verhieb erfolgt, entspricht bei Mächtigkeiten bis zu etwa 15—20 m dem

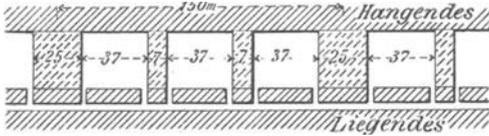


Abb. 398<sup>1)</sup>. Stäufurter Kammerbau mit abwechselnd schwächeren und stärkeren Pfeilern.

Streichen; in Lagern mit größerer Mächtigkeit dagegen rücken Einbruch und Firsten querschlägig vor. Ein Beispiel für den streichenden Verhieb liefert

die Abb. 397, während bei dem Abbau nach Abb. 398 und 399 querschlägig vorgegangen wird. Im Falle der Abb. 399 ist wegen der bedeutenden Mächtigkeit des Lagers die querschlägige Erstreckung der einzelnen Kammern im Vergleich zu ihrer Breite so groß, daß man hier auch von einem „Querörterbau“ sprechen kann.

Dem Vortreiben des Einbruchs kann der Verhieb der Firstenstöße in

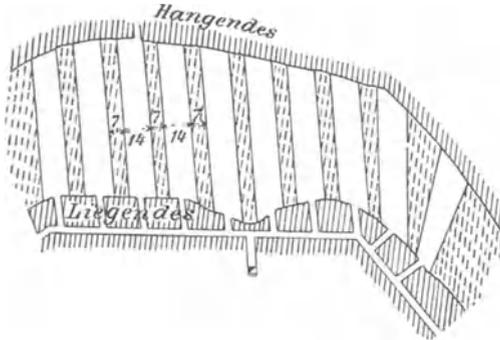


Abb. 399<sup>2)</sup>. Querkammerbau auf dem Kalisalzbergwerk Hohenzollern.

einiger Entfernung nachfolgen, wie Abb. 397 erkennen läßt, wo die Firstenstöße mit  $d$  bezeichnet sind. Meist wird aber zunächst nur der Einbruch  $a$  hergestellt, darauf das hereingeschossene Haufwerk weggefördert und nunmehr ein Firstenstoß  $f_1$  (Abb. 400, Profil  $c-d$ ) von 3—5 m Höhe in Angriff genommen („gedrückt“), worauf dann, wenn dieser die Grenze der Kammer erreicht hat, wieder

das Haufwerk bis auf einen Rest am Hangenden oder an einem Pfeilerstoß abgefördert wird. Man schafft auf diese Weise Platz für den Angriff der obersten Firste ( $f_2$  im Profil  $c-d$ ), wobei die Hauer auf dem liegengebliebenen Rest des Haufwerks stehen. Während des Verhiebs der Firste wird der Förderquerschlag offengehalten, um überschüssiges Salz wegfordern zu können. Bei der Herstellung des Einbruchs sowohl wie beim Verhieb der Firsten geht man zweckmäßig mit abgesetzten Stößen (im Grundriß gesehen) vor, wie das in Abb. 397 links für den Einbruch angedeutet ist; man erhält dadurch mehr freie Flächen und infolgedessen eine

<sup>1)</sup> Abb. 398—400 nach der auf S. 417 in Anm.<sup>2)</sup> erwähnten Festschrift, III. Teil, S. 56—58.

günstigere Ausnutzung der Schießarbeit. — Sobald eine Firste ihre volle Höhe erreicht hat, wird ein Durchbruch nach der Nachkammer hin hergestellt und so eine Wetterverbindung geschaffen.

Ist der Abbau einer Kammer beendet, so wird zunächst das Haufwerk vollständig weggefördert und darauf Versatz eingebracht (s. die Abbildungen 397 u. 400). Dieser wurde früher größtenteils aus Bergemühlen durch Vermittelung von Querschlägen am oberen Ende der Kammern zugeführt; heute wird der Versatz hauptsächlich aus den Rückständen gedeckt, die von den an die Grube zur Weiterverarbeitung der Salze angeschlossenen chemischen Fabriken geliefert werden. Da der Versatz sich nach und nach setzt, so werden vielfach die dadurch entstehenden Hohlräume durch nachträgliches Einspülen von feinkörnigem Versatzgut wieder ausgefüllt.

Auf dem Versatz rückt dann der Abbau der nächsthöheren Kammern zu Felde.

Die Bestreichung der Stöße auf ihre ganze Länge zur Wegförderung des Haufwerks und zur Zuführung des Versatzes wird durch Fördergestänge ermöglicht, die sich nach Bedarf verzweigen. Neuerdings beginnt auch die maschinelle Abbauförderung mittels Schüttelrutschen sich hier einzubürgern. Auch Schaufelbagger wurden zum Einladen der hereingeschossenen Salze in die Förderwagen vorgeschlagen<sup>2)</sup>.

Für die Bemessung der Stärke und des Abstandes der Sicherheitspfeiler sind verschiedene Erfahrungsregeln in Gebrauch. Beispiele zeigen die Abbildungen, die die Pfeilerstärken und -abstände in Metern angeben und gleichzeitig erkennen lassen, daß sowohl Pfeiler von stets gleicher Stärke (Abb. 399) stehenbleiben als auch in regelmäßigen Abständen zwischen die gewöhnlichen Pfeiler solche von größerer Stärke (sog. „Barrierenpfeiler“) eingeschaltet werden können (Abbildungen 398 u. 400).

Wie der Abbau nach der oberen Sohle hin weiter fortschreitet, zeigt Abb. 400 (Profile): das Lager ist durch einen blinden Schacht *g* gelöst, von dem aus nach und nach die Querschläge *q*, *q*<sub>1</sub>, *q*<sub>2</sub> usw. auf der unteren Sohle und den in 7—9 m seigerem

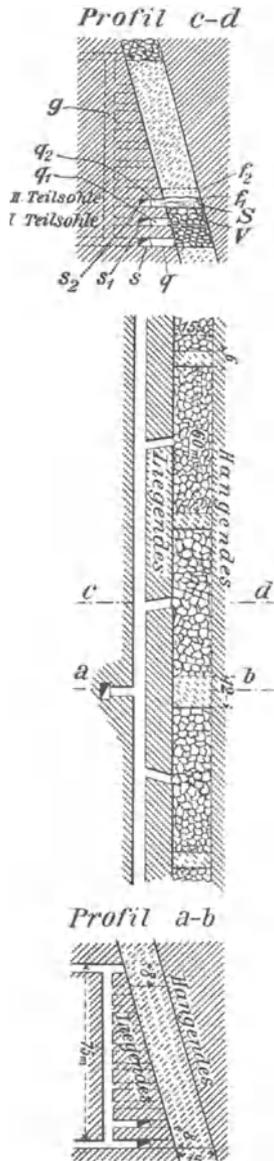


Abb. 400<sup>2)</sup>. Kammerbau mit streichendem Verhieb und Bergeversatz auf deutschen Kalisalzbergwerken.

<sup>1)</sup> S. Anm. <sup>1)</sup> auf S. 420.

<sup>2)</sup> Kali 1912, Nr. 24, S. 612; Geyler: Die Verwendungsmöglichkeit von Schaufelbaggern in Kalibergwerken. — Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1914, S. 98; Versuche und Verbesserungen.

Abstand gebildeten Teilsohlen aufgefahren werden. Von diesen Querschlägen gehen wiederum die im Liegenden getriebenen Förderstrecken  $s, s_1, s_2$  usw. aus. Querschläge und Strecken dienen zunächst für die nächstuntere Kammer zur Zuführung der Versatzberge ( $e$  in Abb. 397,  $V$  in Abb. 400, Profil  $c-d$ ), die sie entweder vom Tage her durch den Schacht  $g$  oder aus Bergemühlen oder auf beiden Wegen zugleich erhalten; später werden sie dann zur Wegförderung des Haufwerks ( $g$  in Abb. 397,  $S$  in Abb. 400) aus der nächsthöheren Kammer benutzt.

Kommt man bei steilerer Lagerung mit einem tieferen Abbau in die Nähe eines über diesem geführten Abbaues, so bleibt zwischen beiden eine Schwebe stehen.

**163. — Bedeutung des Bergeversatzes beim Kammerbau<sup>1)</sup>.** Der Bergeversatz, wie er beim Kammerbau im deutschen Kalisalzbergbau eingebracht wird, verfolgt den doppelten Zweck, das Durchbiegen des Hangenden bei zu großem Pfeilerabstand auf ein gefahrloses Mindestmaß zu beschränken und zu schwach bemessene Pfeiler zu stützen. Er soll also die schädlichen

Abb. 401. Kammerbau mit zu großem Abstände (links) oder zu geringer Stärke (rechts) der Pfeiler.

Folgen einer irrtümlichen Bemessung des Verhältnisses zwischen Pfeilerstärke und Kammerbreite, die sich wegen des Fehlens sicherer Rechnungsgrundlagen nicht vermeiden läßt, beseitigen.

Diese Wirkung kann der Versatz aber nur haben, wenn er die Hohlräume soweit ausfüllt, daß er nur noch geringe Gebirgsbewegungen zuläßt. Da der Handversatz nach Druckversuchen, die Rodatz angestellt hat, bei größeren Teufen sich um 20—25 % zusammendrücken läßt, außerdem auch noch durch allmähliche Austrocknung um einen gewissen Betrag schwindet und schließlich auch nicht alle kleinen Hohlräume ausfüllen kann, so kann bei flacher Lagerung, wo der Versatz besonders locker liegt, das Hangende über einem Kalisalzlager von beispielweise 15 m Mächtigkeit sich leicht um etwa 4 m senken, ehe es auf dem Versatz eine feste Auflage findet. Damit wird aber (s. Abb. 401 links) in vielen Fällen die Grenze der elastischen Durchbiegung überschritten werden, also das Dach an den Pfeilern durchbrechen können. Den Pfeilern aber kann ein derartig lockerer Versatz gleichfalls keine genügende Stütze bieten, ihr Ausbrechen bei geringerer Stärke (Abb. 401 rechts) also nicht verhüten. Es ergibt sich also günstigstenfalls eine ähnliche Wirkung wie beim Ausbau mit nachgiebigen, angespitzten

<sup>1)</sup> Vgl. hierzu den auf S. 417 in Anm. <sup>1)</sup> angeführten Aufsatz von Kegel sowie den auf S. 410 in Anm. <sup>2)</sup> angeführten Aufsatz von Seidl; — ferner Kali 1914, Nr. 5, S. 118 u. f.; Rodatz: Die Frage des Spülversatzes für Kalibergwerke; — Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1919, S. 297 u. f.; Schrader: Bericht über Versuche zwecks Verminderung der Abbauverluste beim Kalisalzbergbau.

Stempeln, mit denen hier die sich zerdrückenden Pfeiler zu vergleichen sind: gleichmäßiges, langsames Niedergehen des Hangenden. Im ungünstigen Falle dagegen, d. h. wenn die Pfeiler nicht nachgeben, können gefährliche Brucherscheinungen im hangenden Gebirge eintreten. Ein solcher Versatz ist daher fast überflüssig, seine Hauptbedeutung liegt in der durch ihn ermöglichten Beseitigung der Fabrikrückstände.

Dagegen gestattet Handversatz bei steiler Lagerung und sachgemäß ausgeführter Spülversatz bei jedem Einfallen eine genügend dichte Ausfüllung der Hohlräume und damit vielleicht einen Abbau ganz ohne Schutzpfeiler, wie er nicht nur wegen des Fortfalls der Abbauverluste, sondern auch gerade wegen der Erhaltung des Zusammenhalts im schützenden Deckgebirge angestrebt werden muß.

Für Gruben mit flachem Einfallen erscheint daher der Abbau mit Spülversatz (vgl. S. 410 u. f.) als die Forderung der Zukunft. Auf Sylvinit- und Hartsalzwerken ist er bereits in größerem Umfange eingeführt, auf Carnallitgruben wird seine Anwendung durch die Auffindung von Schutzmitteln gegen die Auflösung anstehender Salze durch die Spüllauge anzustreben sein.

Bereits jetzt haben manche Gruben infolge des Übergangs zum Spülversatz mit gutem Erfolge die früher anstehen gelassenen Pfeiler nachträglich gewinnen können<sup>1)</sup>.

**164. — Andere Formen des Kammerbaues.** Statt der rechteckigen Kammern können auch runde gebildet werden. Das geschieht z. B. beim sog. Stockwerkbau, wo in den erzeichen, unregelmäßig in der Gebirgsmasse verteilten Stöcken Weitungen ausgeschossen werden, denen man im Grundriß eine rundliche, im Seigerschnitt eine gewölbeartige Gestalt gibt.

Ein anderer hierher gehöriger Abbau ist der eigenartige Kammerbau mit Ausspülung der einzelnen Kammern (auch „Glocken“ genannt) im Schönebecker und Bernburger Steinsalzbergbau<sup>2)</sup>. In Schönebeck wird in der Mittellinie der zu bildenden Glocke zunächst ein seigeres Loch von 9—10 m Höhe durch Wasserspülung ausgespritzt und sodann oben auf das Spritzrohr ein zweiarmiges Horizontalrohr gesetzt, das durch den Druck des austretenden Wassers nach der Art des Segnerschen Wasserrades in Drehung versetzt wird. Dadurch wird, indem nach und nach das söhlige Rohr entsprechend verlängert wird, allmählich eine Kammer ausgespült, die am oberen Ende 15 m Durchmesser hat, sich aber nach unten trichterförmig verjüngt, weil nach unten hin die Sättigung des Wassers mit Salz immer größer und demgemäß seine auflösende Kraft immer geringer wird. Ist diese Weite erreicht, so wird die seigere Rohrleitung nach und nach verkürzt, so daß das Horizontalrohr in immer tieferen Lagen spielen und so einen annähernd zylindrischen Hohlraum von 15 m Weite ausspritzen kann. Die Pfeiler zwischen den einzelnen Glocken sind an der schwächsten Stelle noch 1 m stark. Der Abbauverlust beträgt rund 30 %.

**165. — Größen von Abbaukammern.** Die in Gestalt von Abbaukammern im Laufe der Zeit geschaffenen Hohlräume haben in zähem und

<sup>1)</sup> Vgl. den auf S. 422 in Anm. <sup>1)</sup> angeführten Bericht von Schrader.

<sup>2)</sup> S. das auf S. 419 in Anm. <sup>1)</sup> erwähnte Buch von Fürer, S. 491 u. f.

kluffreiem Gebirge vielfach sehr bedeutende Abmessungen erlangt. Namentlich der Steinsalz- und der Dachschieferbergbau haben solche gewaltigen Räume zu verzeichnen. So hat z. B. im ungarischen Steinsalzbergbau eine „Glocke“ von 47 m Durchmesser und 147 m Höhe jahrhundertlang gestanden. Die Größen einiger anderen Kammern zeigt folgende Zusammenstellung <sup>1)</sup>:

Bergbaugebiet:	Breite m	Länge m	Höhe m	Gesamtraum cbm (rd.)
Ungarischer Steinsalzbergbau {	68	206	134	1880000
(Marmaros) . . . . .	55	381	65	1360000
Dachschieferbergbau in Anjou (Frankreich) . . . . .	60	70	110	440000

Ein Bach von 40 cm Breite, 20 cm Tiefe und 25 cm Stromgeschwindigkeit würde also rund drei Jahre brauchen, um die erstgenannte dieser Kammern zu füllen.

## Gebirgsbewegungen im Gefolge des Abbaues.

### A. Arten und Auftreten der Gebirgsbewegungen.

**166. — Vorbemerkung.** Über die Wirkungen des durch den Abbau betriebe rege gemachten Gebirgsdruckes innerhalb des Grubengebäudes ist einiges bereits in der Einleitung zum „Abbau“ ausgeführt worden; weitere Erörterungen bringt das Kapitel „Gebirgsdruck“ im Abschnitt „Grubenausbau“ im Band II. Hier braucht daher nur noch auf die Wirkungen des Abbaues auf die Erdoberfläche eingegangen zu werden.

**167. — Allgemeiner Verlauf der Bodenbewegungen.** Der Verlauf der an den Abbau anschließenden Gebirgsbewegungen ist in erster Linie von dem Verhalten des Gebirges selbst (vgl. die im Abschnitt „Grubenausbau“ unterschiedenen Gebirgsarten), in zweiter Linie von dem angewendeten Abbauverfahren, in dritter Linie von der Größe der Hohlräume nach Grundfläche und Höhe abhängig. Außerdem kommen auch die Lagerungsverhältnisse (Einfallen und Mächtigkeit) in Betracht.

Die granit-, sandstein- und steinsalzartigen Gesteine haben als solche Gebirgsarten, die zur Glockenbildung neigen oder die Bildung von Glocken durch den Abbau gestatten, die Plötzlichkeit und Heftigkeit der Wirkungen an der Erdoberfläche gemeinsam, indem die Decke des Hohlraumes, nachdem sie schwach genug geworden ist, mit einem Male und unter mehr oder weniger starken Erschütterungen zu Bruch geht. Diese machen sich auch in der Grube bemerklich und werden im Ruhrkohlenbezirk als „Knälle“, anderswo als „Gebirgsschläge“, „Bergschüsse“ oder „Pfeilerschüsse“ bezeichnet.

Ist ein derartiges Gebirge massig und fest (gesunder Granit, Steinsalz in mäßigen Tiefen), so können Hohlräume von mäßiger, ja selbst großer

<sup>1)</sup> S. das auf S. 345 in Anm. <sup>2)</sup> erwähnte Werk von Haton de la Goup., Bd. II, S. 332 u. f.

Ausdehnung (vgl. Ziff. 165) jahrhundertlang offenstehen bleiben. Ist es dagegen deutlich geschichtet (Sandstein) oder in seiner Festigkeit beeinträchtigt (verwitterter oder durch Störungen klüftig gewordener Granit), so wird die Einwirkung des Abbaues auf die Erdoberfläche nicht so lange auf sich warten lassen. Sie kann aber ausnahmsweise, besonders bei sandsteinartigem Gebirge, das in einzelnen Bänken nachbricht, auch ganz ausbleiben. Da nämlich die in den Hohlraum nachstürzenden Massen einen dem „Schüttungsverhältnis“ (Ziff. 87) entsprechenden größeren Raum einnehmen, so können sie das Gewölbe nach und nach ausfüllen. Ist nun die noch anstehende Gesteinsmasse nicht mehr schwer genug, um durch Durchbiegung die hereingebrochenen Blöcke zusammenzudrücken, so kann sie durch diese getragen werden, d. h. der Bruch pflanzt sich nicht bis zur Erdoberfläche fort, er „läuft sich tot“ (Abb. 402). Bedingung dafür ist, daß die Teufe nicht zu groß oder der Hohlraum nicht zu ausgedehnt ist.

Schiefertonartiges Gebirge verhält sich entgegengesetzt. Die Hohlräume drücken sich in diesem im allgemeinen rasch wieder zu, und die Bewegung pflanzt sich auch bei größeren Teufen rasch (oft schon in einigen Tagen) bis zur Tagesoberfläche fort.

Die Größe der Hohlräume bedingt kaum einen Unterschied, da auch eine Bloßlegung des Hangenden auf kleinen Flächen sich an der Oberfläche bemerkbar macht. Der Verlauf der Senkungen ist aber ruhig und gleichmäßig.

Eine Besonderheit des Tonschiefergebirges ist das „Quellen“ des Liegenden. Es beruht teils auf dem Nachgeben des Liegenden gegenüber dem auf dieses durch die Lagerstätte übertragenen Drucke des Hangenden, teils auf der aufblähenden Wirkung von Wasser und Luftfeuchtigkeit auf den Tonschiefer.

Besteht, wie das meistens der Fall ist, das Gebirge im Hangenden weder aus sehr milden noch aus sehr festen Schichten, sondern aus Gesteinen von mittlerer Festigkeit, oder wechseln milde und feste Schichten miteinander ab, so werden die Gebirgsbewegungen Mittelstellungen zwischen diesen verschiedenen Möglichkeiten einnehmen. Das ist in der Regel im Steinkohlenbergbau der Fall, wo durchweg Schiefer- und Sandsteinschichten, untergeordnet auch Konglomeratbänke, miteinander wechsellagern. Hier kann z. B. der ruhige Senkungsvorgang in Schieferschichten durch die Brucherschütterungen in den Sandsteinbänken gestört werden; ein Totlaufen eines im Sandsteingebirge entstandenen Bruches kann durch überlagernde mächtige Schieferschichten, die durch Durchbiegung die hereingestürzten Blöcke

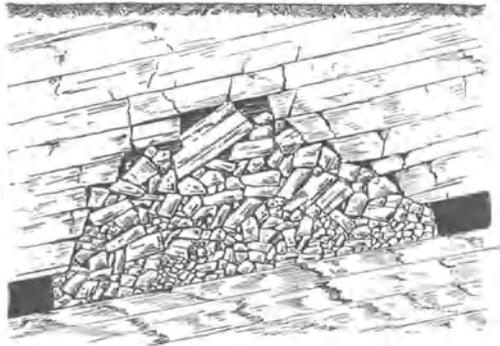


Abb. 402. Bruch mit Ausfüllung durch die hereingebrochenen Massen.

mehr und mehr zerdrücken, verhindert werden; die erdbebenartigen Zerreißen von Sandsteinmitteln können durch zwischen- und überlagernde Schiefermittel abgeschwächt werden usw.

**168. — Bedeutung der Einbringung von Bergeversatz.** Der Abbau mit Bergeversatz bewirkt unter allen Umständen eine Abschwächung der Senkungen. Jedoch ist das Maß seiner Wirkung sehr verschieden.

Zunächst kann in den zur Glockenbildung neigenden Gebirgsarten der Versatz nur dann Senkungen und Erschütterungen ganz verhüten, wenn die Lagerstätte nicht besonders mächtig ist und der Versatz sehr dicht (als Spülversatz) eingebracht wird und sich nur wenig zusammendrücken läßt. In allen anderen Fällen wird er, sofern nicht die Mächtigkeit der Lagerstätte oder der Umfang der Hohlräume sehr gering ist, Brüche im Gebirge und Erschütterungen an der Tagesoberfläche nicht abwehren können. Denn das Hangende trägt sich zunächst selbst, bis dann nach und nach Durchbiegung auftritt, die zu immer stärkerer Zusammenpressung des Versatzes und schließlich infolge der geringen Biegsamkeit der hangenden Schichten zu ihrer Zerreißen unter mehr oder weniger starken Erschütterungen führt.

In tonschieferartigem Gebirge setzt sich das Hangende in einer dem Abbaustoß ständig folgenden „Welle“ (s. Abb. 327 auf S. 343) sofort auf den Versatz. Erschütterungen bleiben aus. Das Maß der Senkungen richtet sich nach der Zusammendrückbarkeit des Versatzes. Auch ist die Schnelligkeit, mit der dieser eingebracht wird, wichtig, da vor dem Versetzen bereits je nach der bis dahin verlaufenen Zeitspanne eine mehr oder weniger große Senkung eingetreten sein kann.

**169. — Bedeutung der Lagerungsverhältnisse.** Der Neigungswinkel einer Lagerstätte beeinflußt die Wirkungen des Abbaues auf die Erdoberfläche, abgesehen von seiner Bedeutung für einen dichten Versatz, auch insofern, als Abbaubetriebe in steil einfallenden Lagerstätten nur ein kleines Gebiet in Mitleidenschaft ziehen, dieses aber stark senken werden, wogegen bei flacher Lagerung schwächere, aber weiter ausgedehnte Senkungen auftreten.

Große Mächtigkeiten sind ungünstig, weil dann der Abbaustoß nur langsam vorrückt und dem Gebirge Zeit zum Durchbrechen läßt, auch beim Abbau mit Versatz dessen Zusammendrückung verhältnismäßig starke Bewegungen gestattet. Dagegen ermöglicht eine Verteilung des Mineralvorrats auf eine größere Anzahl geringmächtiger Lagerstätten einen rasch fortschreitenden Verhieb, dessen Wirkungen sich in erwünschter Weise über größere Flächen und Zeiträume gleichmäßig verteilen.

**170. — Allgemeine Beobachtungen über die Senkungsvorgänge an der Erdoberfläche<sup>1)</sup>.** Von vornherein ist hervorzuheben, daß nicht

<sup>1)</sup> Näheres s. in den nachstehenden Abhandlungen: Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1897, S. 372; Janssen: Über die Einwirkung des unter Mergelüberdeckung geführten Steinkohlenbergbaues auf die Erdoberfläche im Oberbergamtsbezirk Dortmund; — daselbst 1907, S. 324 u. f.; Hausse: Von dem Niedergehen des Gebirges beim Kohlenbergbau usw.; — Glückauf 1909, Nr. 25, S. 865 u. f.; Nr. 40, S. 1442 u. f.; Kortzen: Der Einfluß des Bergbaues auf die Straßenbahngleise und seine Bekämpfung; — daselbst 1913, Nr. 10, S. 353 u. f.;

jeder noch so kleine Abbaubetrieb, falls er in größerer Teufe umgegangen ist, Beschädigungen der Oberfläche zur Folge hat. Andererseits hat sich im Ruhrkohlengebiet wie auch anderwärts herausgestellt, daß bei genügendem Umfang des Abbaues auch größere Teufen eine Fortpflanzung der Bewegungen bis zur Tagesoberfläche nicht ausschließen, da auch die in den bisher größten Teufen umgegangenen Abbaubetriebe auf die Oberfläche eingewirkt haben. Eine „unschädliche Teufe“ gibt es also nach diesen Erfahrungen nicht.

Bezüglich der Fortpflanzung der Gebirgsbewegungen nach der Oberfläche hin liegen jetzt zahlreiche sorgfältige Beobachtungen vor, auf Grund deren sich die Ergebnisse der Abbauwirkungen einigermaßen erfassen lassen. Insbesondere ist unsere Kenntnis der Bewegungsvorgänge wesentlich bereichert worden durch den Nachweis söhlicher Bewegungen, die man früher außer acht ließ, die aber durch neuere Messungen, nachdem bereits 1901 Landmesser Overhoff in Bochum<sup>1)</sup> darauf aufmerksam gemacht hatte, in teilweise bedeutender Stärke festgestellt worden sind. Rothkegel hat z. B.<sup>2)</sup> söhliche Verschiebungen bis zu 3 m und Längenänderungen bis zu 8 % beobachtet, und Nieß führt<sup>3)</sup> u. a. Seitenverschiebungen bis zu 8 m an. Auch in Schächten hat man Seitenbewegungen von größerem Ausmaß vielfach festgestellt und verschiedentlich deren Richtungswechsel infolge der Annäherung und Entfernung der einzelnen Abbaubetriebe beobachtet<sup>4)</sup>. Diese Seitenbewegungen sind eine Folge der Senkungen und sind nach dem Innern der Senkungsgebiete hin gerichtet. Da sie irgendwo einen Ausgleich finden müssen, so ergibt sich aus ihnen die Folgerung, daß in den Erdschichten an der Oberfläche teils Zusammenstauchungen und teils Dehnungen eintreten müssen. Diese Erscheinungen sind tatsächlich durch zahlreiche Beobachtungen nachgewiesen worden und haben zur Unterscheidung von Pressungsgebieten und Zerrungsgebieten geführt, die zuerst von Kortzen klar erkannt und in dem auf S. 426 in Anm. 1) angeführten Aufsätze in ihrer Bedeutung gewürdigt worden sind.

Hiernach ergibt sich für die Wirkung von Abbaubetrieben in mäßigen und größeren Teufen das durch Abb. 403 veranschaulichte Bild. An der Oberfläche entsteht eine je nach der Mächtigkeit der abgebauten Lagerstätten und je nach der Art des Abbaues — ohne Bergeversatz, mit Handversatz oder mit Spülversatz — verschieden tiefe Senkungsmulde, deren Ränder mit zunehmender Teufe des Abbaues immer weiter über die Ränder des Abbaugesbietes hinausgreifen. Die Senkungen sind in der Mitte der Mulde am stärksten. Die

---

Eckardt: Die mechanischen Einwirkungen des Abbaues auf das Verhalten des Gebirges; — daselbst 1914, Nr. 12, S. 449 u. f.; Eckardt: Der Einfluß des Abbaues auf die Tagesoberfläche; — daselbst 1920, Nr. 1, S. 1 u. f.; Dr. Lehmann: Bewegungsvorgänge bei der Bildung von Pingen und Trögen; — Kolbe, Translocation des Deckgebirges durch Kohlenabbau usw. (Oberhausen, Kühne), 1903; — Goldreich: Die Theorie der Bodensenkungen in Kohlengebieten, (Berlin, Springer), 1913.

<sup>1)</sup> Mitteil. a. d. Markscheiderwesen 1901, S. 43.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. Vermessungswes. 1903, Bd. 32, S. 217; Rothkegel: Über Verschiebungen von trigonometrischen Punkten usw.

<sup>3)</sup> Glückauf 1909, Nr. 22, S. 764; Nieß: Die Ursachen des außergewöhnlich hohen Gebirgsdruckes usw.

<sup>4)</sup> Glückauf 1921, Nr. 44 u. f., S. 1057 u. f.; Dr.-Ing. Marbach: Einwirkungen des Abbaues auf Schächte im Ruhrbezirk und Maßnahmen dagegen.

durch den Abbau ausgelösten Gebirgsbewegungen führen zur Ausbildung der Pressungs- und Zerrungsgebiete, die mit dem Abbau wandern und von denen gemäß Abb. 403a das Pressungsgebiet über dem Abbau liegt, das Zerrungsgebiet über seinen Rand hinausgreift. In Abb. 403a sind die in beiden Gebieten eintretenden söhlichen Bewegungen der Größe nach dargestellt.

Zeitlich ist der Verlauf im allgemeinen so, daß die Senkungen über der Mitte des Abbaugebietes zuerst eintreten und sich dann je nach der Tiefe des Abbaues und der Beschaffenheit des Gebirges mehr oder weniger schnell nach den Rändern hin fortpflanzen.

Die Begrenzung des Senkungsgebietes wurde früher durch die Bruchwinkel bestimmt. Man verstand darunter die (mit einer söhlichen Ebene

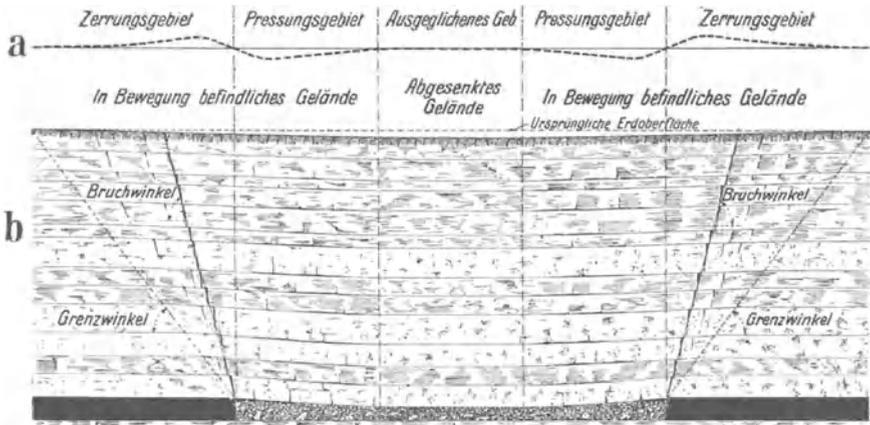


Abb. 403a und b. Darstellung einer Senkungsmulde mit den an ihren Rändern auftretenden söhlichen Bewegungen.

gebildeten) Winkel, nach denen sich die über den Rand eines Abbaugebietes hinausgreifenden Brucherscheinungen bis zur Erdoberfläche fortpflanzen. Nach den Beobachtungen für den Ruhrkohlenbezirk beispielsweise ergaben sich folgende Bruchwinkel:

1. im Steinkohlengebirge:
  - a) an der unteren Abbaugrenze:
    - bei flacher oder mäßig geneigter Lagerung  $75^{\circ}$ ,
    - bei einem Fallwinkel von etwa  $35^{\circ}$  an aufwärts  $55^{\circ}$ ,
  - b) an der oberen Abbaugrenze:  $75^{\circ}$ ,
  - c) im Streichen nach beiden Seiten hin:  $75^{\circ}$ ;
2. im Deckgebirge:
  - a) im Kreidemergel:  $70^{\circ}$ ,
  - b) in schwimmenden und rolligen Massen:  $30^{\circ}$ — $40^{\circ}$ .

Jedoch unterschied bereits Wachsmann<sup>1)</sup> außerhalb des Bruchgebietes noch ein Senkungsgebiet, innerhalb dessen er eine Durch-

<sup>1)</sup> Zeitschr. d. Oberschles. Berg- u. Hüttenmänn. Vereins 1900, Augustheft, S. 313 u. f.; Wachsmann: Über die Einwirkung des ober-schlesischen Steinkohlenbergbaues auf die Oberfläche.

biegung der Schichten beobachtete und dessen Ränder sich, von den Abbaurändern aus gerechnet, um etwa 10—15° weiter nach außen erstreckten

In Abb. 403 ist nach Dr. Lehmann der „Bruchwinkel“ und der „Grenzwinkel“ unterschieden; ersterer ist der Winkel, unter dem, vom Abbaurande aus gerechnet, die stärksten Zerrungswirkungen an der Erdoberfläche auftreten, letzterer der Winkel, unter dem die letzten Spuren der Bewegung die Oberfläche erreichen.

In jedem Falle folgt aus dem Übergreifen der Abbauwirkungen nach außen hin, daß mit zunehmender Tiefe des Abbaues das zugehörige Senkungsfeld an der Oberfläche immer größeren Umfang annimmt und die zu einem rechteckigen Abbaugelände gehörende gesenkte Scholle eine umgekehrte, abgestumpfte, vierseitige Pyramide darstellt. Infolgedessen steht bei großen Teufen eine bedeutend größere Gebirgsmasse zur Ausfüllung der Hohlräume zur Verfügung als bei geringen Tiefen; das Maß der Senkung über Tage wird also um so geringer, je größer die Tiefe ist, in der abgebaut wird.

**171. — Der Verlauf der Bewegungen im Gebirgskörper.** Über die Gesetze, nach denen die Abbauwirkungen sich durch den Gebirgskörper nach oben und nach den Seiten hin fortpflanzen, gehen die Ansichten noch auseinander. Es stehen sich im großen und ganzen die Bruchtheorie und die Durchbiegungstheorie gegenüber. Nach der Bruchtheorie, die insbesondere von Hausse und Goldreich vertreten wird, bricht das Gebirge über dem Abbau zunächst an annähernd seigeren Begrenzungsebenen herein, worauf dann die Seitenwände dieser Senke unter einem mehr oder weniger dem natürlichen Böschungswinkel angenäherten Winkel nachbrechen. Die Biegungstheorie, für die namentlich Eckardt eintritt, rechnet nur für die liegendsten Schichten und nur bei stärkeren Senkungen mit einem Zubruchgehen in die Hohlräume hinein, nimmt dann aber eine Ausfüllung dieser Räume durch die Auflockerung der hereingebrochenen Massen (vgl. Abb. 402) und infolgedessen für die hangenderen Schichten, die auf diesen Trümmern Auflage finden, nur noch eine Durchbiegung an.

Im allgemeinen lassen die beobachteten Vorgänge an der Erdoberfläche in den größeren deutschen Steinkohlenbergbaugeländen sich besser mit der Biegungstheorie in Einklang bringen. Insbesondere sprechen für diese die Pressungs- und Zerrungserscheinungen, das teilweise sehr rasche Fortschreiten der Senkungen und die Tatsache, daß die Erdrisse in den Zerrungsgebieten nach unten hin verschwinden. Jedoch können in einem Gebirge, das nicht aus wechsellagernden Schichten von entgegengesetzten Eigenschaften besteht und von einem ausgleichenden Deckgebirge überlagert, sondern einheitlich aufgebaut ist, auch die Brucherscheinungen stärker hervortreten.

**172. — Bergschäden.** Die bei dem geschilderten Verlauf der Senkungen an den Gebäuden und sonstigen Anlagen auf der Erdoberfläche durch die Bodenbewegungen hervorgerufenen Beschädigungen können durch einfache Senkung, durch Schiefstellung und durch sölhliche Zug- und Stauchwirkungen (Zerrungen und Pressungen) entstehen. Geht der Abbau unter festen und spröden Schichten um (Sandstein, Sandschiefer, Konglomerat

u. dgl.), so können auch durch plötzliches Aufreißen von Bruchspalten erdbebenartige Erschütterungen eintreten<sup>1)</sup>.

Einfache Senkungen sind, wenn nicht etwa mit Erschütterungen verbunden, für kleine Gebäude meist unschädlich, und auch größere Bauwerke können solche Senkungen ohne erhebliche Beschädigungen mitmachen, wenn diese einigermaßen gleichmäßig verlaufen. Je umfangreicher allerdings ein Gebäude ist, um so schwieriger wird die gleichmäßige Senkung und um so größer werden dann die im Gefolge der Senkung auftretenden Beschädigungen und Betriebsstörungen. Dagegen sind Wasserläufe mit geringem Gefälle auch gegen geringfügige Senkungen wegen der dadurch veranlaßten Vorflutstörungen und Versumpfungerscheinungen bereits sehr empfindlich. Auch Kanäle und Eisenbahnen leiden unter mäßigen Senkungen, wenn nicht besondere Vorsichtsmaßregeln getroffen werden.

Schiefstellungen treten (vgl. Abb. 404) nach den Rändern der Senkungsmulden hin auf und machen sich besonders ungünstig bemerkbar bei Maschinen- und Dampfkesselanlagen, Eisenbauwerken u. dgl.

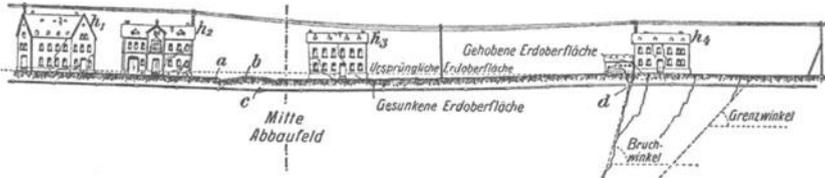


Abb. 404. Abbauwirkungen in Pressungsgebieten (links) und Zerrungsgebieten (rechts).

In Zerrungsgebieten (s. d. Abb. 404 rechts und ganz links) treten auf: Erdrisse, breite und steil geneigte Risse in Häusern ( $h_1$  u.  $h_4$ ) und Mauern, Erweiterung der Stoßfugen bei Straßenbahnen, Auseinanderziehen von Rohrleitungen ( $d$ ). Die Bewegung in den Pressungsgebieten dagegen (s. d. Abb. 404 links) kennzeichnet sich durch schräggestehende Bordsteine ( $a$ ), Mauer- und Pflasterstauchungen ( $b$ ), flachgeneigte oder wagerechte Häuserrisse ( $h_2$  u.  $h_3$ ), Übereinanderschleben von Treppenstufen, Torflügeln usw., Schienenpressungen, die bis zum plötzlichen Ausschlagen von Schienen führen können, Rohrbrüche durch Stauchung ( $e$ ) u. a. Im allgemeinen sind die Anlagen an der Erdoberfläche um so empfindlicher gegen derartige sölhliche Bewegungen, je fester sie mit dem Erdboden verbunden sind. So leiden z. B. Straßenbahngleise mehr durch diese Seitenkräfte als Eisenbahngleise.

**173. — Tagebrüche.** Von den vorstehend besprochenen Senkungsmulden sind die tiefen und scharf abgegrenzten Senkungsgebiete zu unterscheiden, die als Tagebrüche bezeichnet werden. Sie treten in erster Linie beim Abbau mächtiger, flachgelagerter Flöze auf. Der Abbau von geringmächtigen Flözen kann solche Brüche dann zur Folge haben, wenn das Einfallen so steil ist, daß das Hangende in sich selbst zusammen-

<sup>1)</sup> Glückauf 1895, Nr. 22, S. 359 u. f.; Dr. Cremer: Erdbeben und Bergbau. — Techn. Blätter 1912, Nr. 28, S. 217; Willing: Die Gebirgsschläge im Flöz „Neuflöz“ im Bezirk des Bergreviers Dortmund I usw.

bricht (Abb. 405 a) oder wenn unter dem Deckgebirge in steilstehenden Flözen Sicherheitspfeiler stehengeblieben sind, die später durch den beim Abbau entstehenden Gebirgsdruck zerdrückt und zum Abrutschen gebracht werden (Abb. 405 b). In beiden Fällen entstehen tiefe Auskesselungen. Derartige Brüche können auch noch bei Vorhandensein eines Deckgebirges eintreten, solange dessen Mächtigkeit unterhalb einer gewissen Grenze (für den Kreidemergel des Ruhrbezirks z. B. etwa 60 m) bleibt.

**174. — Wasserentziehung.** Eine mittelbare Wirkung des Abbaues ist die Wasserentziehung, indem wassertragende Schichten zerissen oder in anderer Weise dem Grundwasser Abzugwege nach unten eröffnet werden<sup>1)</sup>.

Die wichtige Frage, ob die Wasserentziehung aus Sand- oder Kiesschichten eine Schrumpfung dieser Schichten bewirkt, ist zu verneinen<sup>2)</sup>, da schon im wasserdurchtränkten Zustande solcher Ablagerungen ihre einzelnen Teilchen sich so dicht wie möglich zusammengedrängt haben und sich infolgedessen berühren, so daß das Wasser lediglich ihre Zwischenräume ausfüllt und seine Entfernung an dem Zustande der Ablagerung nichts mehr ändert.

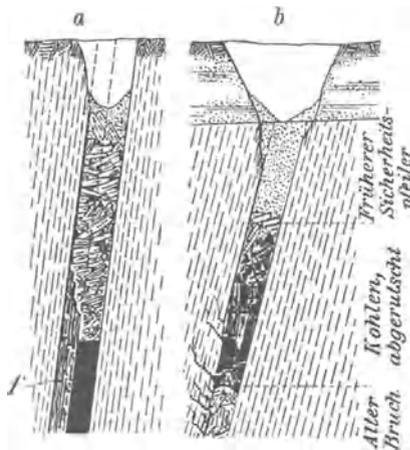


Abb. 405 a und b. Tagebrüche bei steiler Lagerung.

## B. Maßnahmen zur Verhütung oder Abschwächung der Gebirgsbewegungen und ihrer Folgen.

**175. — Die Sicherheitspfeiler. Vorbemerkung.** In solchen Fällen, in denen die Abschwächung der Gebirgsbewegungen durch das Einbringen von Versatz oder durch den Abbau mit Bergfesten mit und ohne Versatz nicht als ausreichend erscheint, hat man früher in großem Umfange besondere Sicherheitspfeiler in der Lagerstätte anstehen lassen. Und zwar sind dabei zu unterscheiden solche, die wegen des Bergbaubetriebes selbst stehenbleiben, und solche, die wichtige Gegenstände an der Erdoberfläche schützen sollen.

**176. — Sicherheitspfeiler für den Grubenbetrieb.** Dem Schutz der Grubenbaue dienen zunächst die Markscheide-Sicherheitspfeiler. Sie sollen eine Gefährdung des Bergwerks durch Wasserdurchbrüche von

<sup>1)</sup> Näheres hierüber s. Glückauf 1913, Nr. 7, S. 237 u. f.; Kegel: Ein Beitrag zur Frage der Bergschäden durch Wasserentziehung.

<sup>2)</sup> Zeitschr. d. Oberschles. Berg- u. Hüttenmänn. Ver. 1902, Februarheft, S. 26; Bernhardt: Über die Einwirkung des ober-schlesischen Steinkohlenbergbaues auf die Oberfläche. — Glückauf 1901, Nr. 28, S. 601 u. f.; Gräff: Verursacht der Bergbau Bodensenkungen durch die Entwässerung wasserführender diluvialer Gebirgsschichten?

Nachbargruben her ausschließen und außerdem gefährliche Störungen der Wetterführung durch Durchdrücken schädlicher Gase aus angrenzenden alten Bauen oder frischer Wetter in diese verhüten.

Ferner gehören hierher diejenigen Sicherheitspfeiler, die, wie der für den nördlichen Ruhrbezirk vorgeschriebene Mergelsicherheitspfeiler, die Wasser des Deckgebirges von den Grubenbauen fernhalten sollen.

Als Stärke dieser Sicherheitspfeiler wird im Ruhrbezirk eine solche von 20 m (von der Markscheide aus nach jeder Seite söhlig, von der Mergelgrenze aus seiger gemessen) für ausreichend erachtet.

Eine größere Bedeutung für den Grubenbetrieb haben auch die Schachtsicherheitspfeiler. Bei ihrer Bemessung muß man den Bruchwinkeln Rechnung tragen und den Schachtsicherheitspfeiler den Bruchgesetzen entsprechend nach unten hin stärker werden lassen (Ziff. 170, vgl. die Abbildungen 271 u. 272 auf S. 284). Diese Zunahme der Ausdehnung muß überdies bei nicht ganz flachem Einfallen nach der Seite hin, von wo die Flöze nach dem Schachte hin einfallen, entsprechend größer sein.

**177. — Sicherheitspfeiler für die Erdoberfläche.** Ebenso wie die Schachtsicherheitspfeiler müssen auch die zur Schonung von Tagesgegenständen bestimmten Sicherheitspfeiler nach dem Verlauf der Bruchwirkungen bemessen werden, wobei man der Sicherheit halber noch einige Meter nach jeder Seite hin zugeben wird. Die Frage, welche Bauwerke u. dgl. in dieser Weise zu schützen sind, wird sich einerseits nach dem durch die Aufsichtsbehörde zu vertretenden öffentlichen Interesse, anderseits nach wirtschaftlichen Erwägungen beantworten. In ersterer Hinsicht kommen solche Anlagen in Betracht, die für die Allgemeinheit Wert haben, wie Kirchen, Museen, Krankenhäuser, geschlossene Ansiedelungen, Wasser-, Gas- und Elektrizitätswerke, Kanalschleusen, Friedhöfe u. dgl. Die Berücksichtigung des wirtschaftlichen Gesichtspunktes läuft einfach hinaus auf eine Berechnung derjenigen Verluste, die sich bei Anstehenlassen der Sicherheitspfeiler als entgangener Gewinn ergeben würden, und derjenigen Kosten, mit denen die Gewinnung dieser Mineralmengen durch die Mehrkosten eines Abbaues mit Versatz oder durch die notwendigen Vergütungen für Bergschäden aller Art oder durch beide belastet werden würde.

**178. — Nachteile der Sicherheitspfeiler; ihr Ersatz durch andere Maßnahmen.** Das Anstehenlassen von Sicherheitspfeilern hat schwerwiegende Nachteile im Gefolge. Die in ihnen steckenden Abbauverluste sind sehr erheblich und wachsen zudem bei den Sicherheitspfeilern für Schächte<sup>1)</sup> und Tagesgegenstände rasch mit der Teufe infolge der notwendigen Berücksichtigung der Bruchwinkel. Diese Verluste führen auch zu einer Verteuerung der Mineralgewinnung, da diese rascher nach der Teufe hin vorrückt und damit mit größeren Schwierigkeiten zu kämpfen hat, auch die allgemeinen Kosten sich auf geringere Mineralmengen verteilen. Für den Bergwerksbesitzer liegt also, wenn der Abbau in größere Teufen vordringt, die Versuchung nahe, die Sicherheitspfeiler nicht in vollem Umfange stehen zu lassen. Dann wird

<sup>1)</sup> Technische Blätter 1912, Nr. 27, S. 209 u. f.; Fr. Herbst: Der Schachtsicherheitspfeiler im Steinkohlenbergbau und die Möglichkeit seines Abbaues.

aber ihre Schutzwirkung ins Gegenteil verkehrt: Gebäude unterliegen ungleichförmigen Bewegungen, in Schächten erreichen die Bruchwirkungen den oberen, in der Regel wegen des wasserdichten Ausbaues besonders empfindlichen Teil usw.

Der zweite Hauptnachteil der Sicherheitspfeiler ist, daß sie im Gebirge und an der Tagesoberfläche Grate (Markscheidesicherheitspfeiler) oder Tafeln (Sicherheitspfeiler für Schächte und Tagesgegenstände) bilden. Sie bedeuten daher eine Erschwerung und Gefährdung des Betriebes und eine schwere Schädigung der Tagesoberfläche in ihrer Umgebung. Das Gebirge reißt an ihren Rändern ab, wodurch im unterirdischen Betriebe der Gebirgsdruck erhöht und die Gefahr von Wassereintrüben nahe gerückt wird, mindestens aber die Zuflüsse und damit die Wasserhebungskosten gesteigert werden. Für den Kohlenbergmann kommt noch die Wärme- und Gasentwicklung und die Brandgefahr<sup>1)</sup> in den mit wachsender Teufe immer mehr überlasteten Sicherheitspfeilern sowie der außerordentlich starke Gebirgsdruck in den diese durchörternden Strecken hinzu. Nach Versuchen von Morin<sup>2)</sup> beträgt die Druckfestigkeit von Kohle vielfach weniger als 50 kg, diejenige von Tonschiefer etwa 170—230 kg je qcm, wogegen schon bei 700 m Teufe ein Gebirgsdruck von 175 kg/qcm allein durch das Gewicht der unmittelbar überlagernden Gebirgsmassen, also ohne Berücksichtigung der von den absinkenden Schichten in der Nachbarschaft des Sicherheitspfeilers auf diesen ausgeübten und in Druck umgesetzten Zugkräfte, erreicht wird. Durch den Abbau der Sicherheitspfeiler mit Versatz wird dagegen der Gebirgsdruck nach einiger Zeit zur Ruhe gebracht, so daß Nieß<sup>3)</sup> diesen Abbau mit Recht geradezu als „Entspannungsverhieb“ bezeichnet.

Über Tage machen sich die Sicherheitspfeiler wegen ihres inselartigen Aufragens besonders für Wasserläufe, Kanäle, Eisenbahnen, Gas- und Wasserleitungen, Stark- und Schwachstromkabel u. dgl. schädlich bemerkbar, so daß der durch sie verursachte Schaden bei größeren Teufen mit entsprechender Zunahme der benachbarten Abbauhohlräume bald größer als ihr Nutzen wird. Für die Schachtsicherheitspfeiler ist insbesondere zu bedenken, daß in der Nachbarschaft der Schächte wichtige und empfindliche Betriebsgebäude, Maschinen- und Kesselanlagen, Rohrleitungen aller Art u. dgl. liegen.

Daher geht man neuerdings mehr und mehr von den Sicherheitspfeilern ab. Dieses Bestreben wird bei den Markscheidesicherheitspfeilern durch die immer zunehmende Vereinigung des Felderbesitzes infolge der Bildung großer Bergwerksgesellschaften unterstützt, wodurch die Markscheiden fortfallen und durch einfache Baugrenzen ersetzt werden. Der Deckgebirgsicherheitspfeiler kann dort angegriffen werden, wo wassertragende Schichten die Grundlage des Deckgebirges bilden, wie das z. B. in der westlichen Hälfte des Ruhrbezirks der Fall ist. Sicherheitspfeiler für Bauwerke und Anlagen

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. Sammelwerk Bd. VII, S. 105; — ferner Glückauf 1911, Nr. 46, S. 1789 u. f.; Hasse: Der Grubenbrand im Schachtsicherheitspfeiler der Schachtanlage Vondern I/II.

<sup>2)</sup> S. den auf S. 344 in Anm. <sup>3)</sup> angeführten Aufsatz, S. 265.

<sup>3)</sup> Glückauf 1909, Nr. 28, S. 994 u. f.; Nieß: Streckensicherung und Entspannungsverhieb usw.

über Tage werden durch zweckentsprechende bauliche Maßnahmen entbehrlich gemacht. Auch der Abbau der Schachtsicherheitspfeiler wird voraussichtlich für tiefe Gruben immer mehr zur Regel werden<sup>1)</sup>.

Der Abbau der Sicherheitspfeiler macht entsprechende Maßnahmen unter und über Tage erforderlich. Unter Tage ist der neuzeitlichen Entwicklung der Abbautechnik zu gedenken, die durch das Bestreben gekennzeichnet ist, den Abbau so zu führen, daß die Gebirgsbewegungen soweit wie möglich beschränkt und im übrigen möglichst gleichmäßig gehalten werden. Ein rasch in breiter Fläche vorschreitender Abbau mit unmittelbar folgendem dichten Versatz, auf den das Hangende sich, möglichst bruchlos in flacher „Welle“ dem Abbaustoße folgend, legt, ist das angestrebte Ziel. Die dichte Ausfüllung wird durch den Spülversatz, die rasche und gleichmäßige Senkung durch den Abbau mit breitem Blick und geschlossenem Versatz (Schüttelrutschen-, Schräg- und Firstenbau) ermöglicht.

Über Tage hat man in neuerer Zeit gelernt, sich mit den in mäßigen Grenzen gehaltenen Abbauwirkungen abzufinden. Wasserläufe erhalten bereits vor dem zu erwartenden Abbau durch künstliche Regelung ein stärkeres Gefälle. Kanäle werden in den mutmaßlich bei der Senkung zurückbleibenden Strecken von vornherein tiefer eingeschnitten oder für Nachbaggerung vorbereitet; die Brücken werden so gebaut, daß sie nötigenfalls gehoben werden können. Rohrleitungen werden mit Stopfbüchsen versehen, die Längungen und Stauchungen gestatten, und aus Stahl hergestellt. Gebäude werden auf Eisenbeton-Roste oder -Gewölbe gesetzt, kräftig verankert und mit besonders widerstandsfähigen Decken aus Eisenbeton u. dgl. ausgerüstet<sup>2)</sup>. Maschinen, Dampfkessel, Kranbahnen u. dgl. werden heb- und senkbar gebaut, um Schiefstellungen ausgleichen zu können; vereinzelt hat man sogar Schwimmbekken von Badeanstalten zum gleichen Zwecke beweglich eingebaut. Fundamente, Mauern u. dgl. werden in Pressungsgebieten mit Entlastungsschlitzten zur Aufnahme der Bewegungen versehen usw.

## V. Große unterirdische Räume und ihre Herstellung.

**179. — Allgemeines.** Sollen unter Tage besonders große Räume geschaffen werden, so sind meist besondere Maßregeln erforderlich, um nicht auf einmal zu große Flächen freilegen zu müssen oder doch wenigstens dem dabei rege werdenden Gebirgsdruck wirksam begegnen zu können.

Als solche Hohlräume kommen in erster Linie Füllörter und Maschinenkammern in Betracht, da die sonstigen Räume, wie Pferdeställe, Gezähe-, Sprengstoff-, Verbandstoffkammern u. dgl., keine Schwierigkeiten bieten.

<sup>1)</sup> S. den auf S. 427 in Anm. 4) angeführten Aufsatz von Marbach; — ferner als Einzelbeispiel Glückauf 1915, Nr. 11, S. 262 u. f.; Meuß: Der Abbau der Schachtsicherheitspfeiler auf der Zeche Consolidation.

<sup>2)</sup> S. auch Bauingenieur 1920, Heft 5, S. 144 u. f.; Dr.-Ing. Mautner: Gebäudesicherung in Bergbau-Senkungsgebieten.

**180. — Gestalt und Abmessungen.** Man wird größere Hohlräume — falls nicht der Gebirgsdruck ganz unerheblich ist — nach Möglichkeit so herzustellen suchen, daß sie nur in einer Richtung eine größere Ausdehnung haben, also in der Höhe möglichst beschränkt und im übrigen lang und schmal sind. Eine solche Gestalt ergibt sich bei Füllörter und Pferdeställen aus der Natur der Sache, während sie bei Maschinenräumen dadurch ermöglicht werden kann, daß man die Maschinen gestreckt baut und, falls mehrere größere Maschinen aufzustellen sind, diese hintereinander statt nebeneinander einbaut<sup>1)</sup>. — Ferner wird man nach Möglichkeit die Längsachse des Raumes in die querschlägige Richtung legen, um den Gebirgsdruck, der durch das Bestreben der einzelnen Gesteinsbänke, auf den Schichtflächen abzuschleiben, entsteht, auf die kurzen statt auf die langen Seiten wirken zu lassen. Doch geht das nicht immer: Füllörter z. B. müssen mit der Längsachse dann in der Streichrichtung liegen, wenn der Schacht rechteckigen, gestreckten Querschnitt hat und seinerseits schon quer zum Streichen steht, wie das bei rechteckigen Schächten der Fall zu sein pflegt (vgl. S. 287, Abb. 274 u. 275).

Bei flacher Lagerung tritt dieser Gesichtspunkt zurück. Dafür ergibt sich hier beim Steinkohlenbergbau die Notwendigkeit, auf etwa durchsetzende Flöze Rücksicht zu nehmen, was bei flachem Einfallen wichtiger, aber auch eher möglich ist als bei steilem. Man wird nach Möglichkeit vermeiden, ein Flöz in unmittelbarer Nähe über der Firste oder unter der Sohle des Raumes anstehen zu lassen, weil man dann später mit starkem Drucke zu kämpfen hat. Lieber wird man das Flöz, wenn es in nicht zu großer Höhe über der Firste durchsetzt, mitgewinnen und den Raum etwas höher ausschleiben, als unbedingt notwendig wäre oder, falls das Flöz in der Sohle liegt, die größeren Kosten nicht scheuen, die sein Abbau und das Einbringen von Mauerung oder Beton an seiner Stelle verursacht. Die höheren Anlagekosten werden dann bald durch geringere Ausgaben für die Unterhaltung ausgeglichen.

**181. — Herstellung großer Räume.** Bei der Herstellung solcher großen Räume können hauptsächlich zwei Mittel zur Erleichterung der Arbeit und zur Verhütung von Gefahren angewendet werden, nämlich 1. das Vorgehen in kleinen Abschnitten zur Vermeidung des Bloßlegens größerer Flächen auf einmal und 2. die beschleunigte Nachführung des Ausbaues. Die zu beobachtende Vorsicht muß um so größer sein, je schlechter das Gebirge und je größer der zu schaffende Raum ist.

Hiernach ergeben sich unter Berücksichtigung der beiden eben genannten Gesichtspunkte folgende Verfahren (in der Reihenfolge vom einfachsten zum vorsichtigsten Vorgehen aufgeführt):

1. Herausschießen „aus dem Vollen“ mit Ausmauerung nach Fertigstellung des Raumes;
2. Zerlegung der Angriffsfläche in mehrere Absätze, die gleichzeitig firsten- oder strossenbauartig in ganzer Breite vorgetrieben werden; nachträgliche Ausmauerung des ganzen Raumes;

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. Glückauf 1917, Nr. 15, S. 316 u. 317; Gaze: Richtlinien für den Bau großer elektrischer Wasserhaltungen mit Zentrifugalpumpen.

3. und 4. wie 1. und 2., aber mit unmittelbar folgendem Ausbau;
5. zuerst Gewinnung und Ausmauerung des oberen Teiles, später Hereinschießen und Ausmauern des unteren Teiles;
6. Umkehrung von 5;
7. zuerst Herstellung des Ausbaues am Umfange des Raumes, nachher Hereingewinnung des stehengebliebenen Gesteinskerns im Innern.

An die Stelle der Mauerung tritt heute mehr und mehr der Beton. Namentlich der biegungsfeste Eisenbeton wird für den Ausbau großer Räume vielfach bevorzugt (vgl. den Abschnitt „Grubenausbau“ in Bd. II).

Die unter 1. und 2. genannten Verfahren bieten keine Besonderheiten und bedürfen daher keiner weiteren Besprechung. Der Arbeitsvorgang nach 2. erinnert an den Kammerbau im deutschen Kalisalzbergbau.

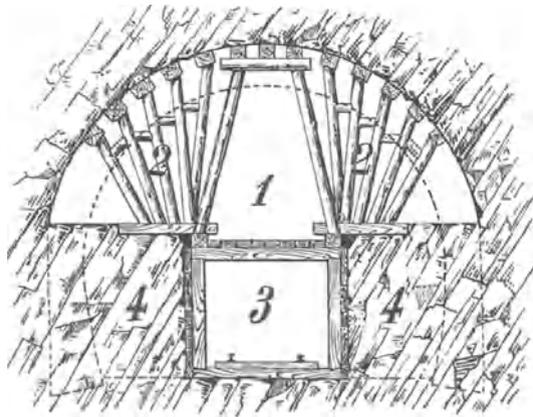


Abb. 406. Ausschließen größerer Räume in einzelnen Abschnitten, in der Reihenfolge von oben nach unten. (Die spätere Ausmauerung ist durch Strichelung angedeutet.)

Läßt man (Verfahren 3. und 4.) den Ausbau unmittelbar auf die Gewinnung folgen, so daß er dem Angriffstoße in geringem Abstände nachfolgt, so geschieht das, um bei schlechtem Gebirge Steinfall aus der Firste zu verhüten. Es wird also, wenn der Stoß in Absätzen vorgetrieben wird, hier erwünscht sein, mit Strossenverhieb vorzugehen und gleich bei der obersten und vordersten Strosse die Firste endgültig abzufangen, was bei Firstenverhieb nicht möglich sein würde. Doch ist ein solches Verfahren, weil die nachrückenden Strossen immer wieder den fertigen Teil der Mauerung unterfangen müssen, umständlich und erfordert große Sorgfalt bei der Ausübung der Schießarbeit, um die Mauer nicht zu beschädigen.

Das Verfahren zu 5. wird durch die Abbildungen 406 und 407 veranschaulicht; es wird auch bei Tunnelbauten vielfach angewandt, wo es als „belgische Methode“ bekannt ist. Für kleinere Räume dient das Vorgehen nach Abb. 406<sup>1)</sup>, bei dem unter Einbringung einer verlorenen Zimmerung zuerst die Einbruchstrecke 1 vorgetrieben wird, dann die Seitenstrecken 2 auf-

<sup>1)</sup> S. das auf S. 345 in Anm.<sup>2)</sup> erwähnte Werk von Haton de la Goup., Bd. I, S. 720.

gefahren werden und darauf das Firstengewölbe eingebracht wird; es folgt dann in ähnlicher Weise der untere Abschnitt mit den Strecken 3 und 4, in welchen letzteren das Gewölbe durch die Mauerfüße unterfangen wird

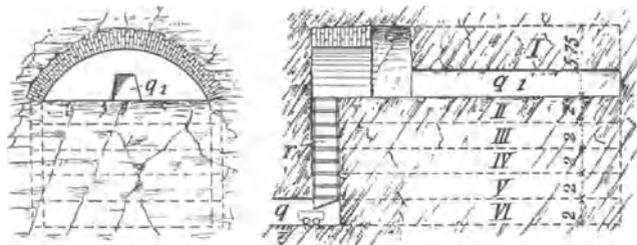


Abb. 407. Ausschießen größerer Räume in einzelnen Scheiben, in der Reihenfolge von oben nach unten.

Größere Räume werden nach Abb. 407 ausgeschossen, indem nach Hereingewinnung des oberen Abschnitts durch Erweiterung von der Einbruchstrecke  $q_1$  aus und nach Herstellung des Firstengewölbes der untere Teil des Querschnitts absatzweise hereingewonnen wird. — Die Bergförderung nach dem Querschlag  $q$  hin erfolgt durch ein Rolloch  $r$ , das auch geneigt hergestellt werden kann.

Das Verfahren bietet den Vorteil, daß die stets in erster Linie gefahrdrohende Firste gleich zu Anfang durch den endgültigen Ausbau abgefangen wird. Andererseits erfordert es eine umständlichere Bergförderung.

Die Gewinnung des unteren Teils vor dem oberen (Verfahren 6.) ermöglicht eine einfache Abförderung der Berge. Die Hauer stehen stets auf dem hereingeschossenen Haufwerk. Ein Abfangen von Mauerwerk ist nicht erforderlich, da das Firstengewölbe nur auf die Seitenmauern gesetzt zu werden braucht. Jedoch kommt dieses Vorgehen, da längere Zeit unter überhängender Firste gearbeitet werden muß, für gebräches Gebirge nicht in Betracht.

Das Verfahren 7. (Abb. 408) kommt bei schlechtem Gebirge zur Anwendung, wo das Bestreben in erster Linie darauf gerichtet ist, zunächst die ganze äußere Begrenzung des Raumes gegen den Gebirgsdruck sicherzustellen. Die Arbeit wird dadurch eingeleitet, daß von dem Querschlag  $f$  aus an der Umfassungslinie entlang die Gesteinstrecken  $a b c d$  aufgefahren werden. Diese werden darauf nach oben hin absatzweise immer weiter nachgerissen, damit unter der Firste die Verbindung zwischen beiden Seiten hergestellt und darauf die Mauerung eingebracht werden kann. Ist das Gebirge sehr unzuverlässig, so erfolgt das

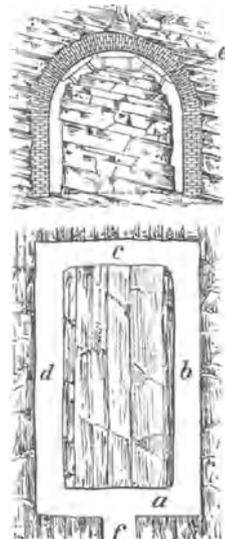


Abb. 408. Herstellung großer Räume mit vorläufigem Anstehenlassen eines Gesteinskerns.

Nachschießen nach oben hin auf die ganze Höhe gleichzeitig, mit firstenbauartiger Abtreppung der beiderseitigen Stöße und unter unmittelbar nachfolgender Herstellung der Mauerung. Sonst hilft man sich bis zum Einbringen der letzteren durch vorläufiges Abspreizen der Stöße und der Firste gegen den einstweilen stehenbleibenden Gebirgskern. Der letztere wird nachher durch Firsten- oder Strossenbau hereingewonnen, wobei in der Nähe der fertigen Mauerung zu deren Schonung nur kleine Schüsse abgetan werden dürfen.

Werden mehrbödige Füllörter für große Förderungen in dieser letzteren Weise hergestellt, so muß beim Mauern Vorsorge für den späteren Einbau der schweren und dicht zu legenden Holz- oder Eisenträger mit genügender Auflagefläche getroffen werden, deren Einbau einstweilen durch den Gesteinskern verhindert wird. Man legt dann zweckmäßig bei der Hochführung der Stoßmauern Hölzer von genügender Stärke an den entsprechenden Stellen in das Mauerwerk ein, die nach Gewinnung des Kerns herausgerissen werden, um den Trägern Platz zu machen.

## Fünfter Abschnitt.

# Grubenbewetterung.

## I. Einleitende Bemerkungen.

1. — **Begriffsbestimmungen.** Mit dem Ausdrucke „Wetter“ werden die in der Grube vorkommenden Gasgemische ohne Rücksicht auf ihre Zusammensetzung bezeichnet. Wenn die Wetter annähernd wie die atmosphärische Luft zusammengesetzt und deshalb für die Atmung gut geeignet sind, so sprechen wir von frischen oder guten Wetter. Sind die Wetter infolge eines zu großen Anteilverhältnisses unatembarer Gase ( $\text{CO}_2$ , N,  $\text{CH}_4$ , H) nicht oder doch nur schlecht geeignet, die regelmäßige Atmung zu unterhalten, so heißen sie matte oder stickende Wetter. Führen sie giftige Beimengungen (CO,  $\text{H}_2\text{S}$ , Stickoxyde), so werden sie böse oder giftige Wetter genannt. Besitzen sie infolge Auftretens brennbarer Gase ( $\text{CH}_4$ , höhere Kohlenwasserstoffe, wie sie besonders bei Grubenbränden als Schwelgase auftreten, CO) die Eigenschaft der Explosionsfähigkeit, so nennt der Bergmann sie wegen der sich schlagähnlich äußernden Wirkung der Explosion schlagende Wetter.

Unter „Grubenbewetterung“ versteht man die planmäßige Versorgung der Grubenbaue mit frischer Luft. In ähnlichem Sinne gebraucht man auch die Ausdrücke „Wetterwirtschaft“, „Wetterversorgung“ oder „Wetterführung“.

2. — **Zweck der Grubenbewetterung.** Der Zweck der Grubenbewetterung ist hauptsächlich:

1. den in der Grube befindlichen Menschen und Tieren die zum Atmen und dem Geleuchte die zum Brennen erforderliche Luft zuzuführen;
2. die in der Grube auftretenden matten, giftigen oder schlagenden Wetter bis zur Unschädlichkeit zu verdünnen und fortzuspülen;
3. in warmen (tiefen) Gruben die Temperatur herabzukühlen.

3. — **Luftbedarf für die Atmung.** Der Mensch macht in der Ruhe etwa 10—15 Atemzüge in der Minute und atmet in dieser Zeit ungefähr 5—7 l Luft ein und aus. Bei der Arbeit und in Bewegung erhöht sich die Zahl und Tiefe der Atemzüge, so daß ein fleißig arbeitender Mann bis zu 20 l minutlich ein- und ausatmen kann. Bei besonders schwerer Arbeit kann für kurze Zeit der Luftbedarf sogar bis auf 40 l in der Minute steigen. Eine solche Luftmenge würde für die Atmung sicher genügen, wenn es gelänge, sie stets als frische Luft bis zu den Atmungswerkzeugen des Mannes

heranzubringen. 1 cbm in der Minute würde alsdann für mindestens 25 Mann ausreichen.

Da aber die ausgeatmete Luft nicht von der einzuatmenden getrennt gehalten werden kann, sondern sich zum Teil immer wieder mit dieser mischt, muß die für einen Mann zuzuführende frische Luft erheblich mehr als 40 l minutlich betragen. Die Erfahrung hat gelehrt, daß auch in solchen Gruben, wo keine anderen Gründe der Wetterverschlechterung als die Atmung vorhanden sind, mindestens etwa 750 l, also  $\frac{3}{4}$  cbm je Kopf und Minute zugeführt werden müssen, wobei das Geleucht des Mannes mit gespeist wird. Besser ist es mit Rücksicht auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Belegschaft freilich, wenn man auch unter den genannten günstigen Umständen 1—2 cbm vorsieht.

Ein Pferd braucht etwa fünfmal soviel Luft wie ein Mensch.

**4. — Auftreten und Beseitigung nicht atembaren Gase in den Grubenwettern.** Die atmosphärische Luft, die wir in die Grube führen, behält ihre ursprüngliche Zusammensetzung und Reinheit nicht bei. Schon durch das Atmen der Menschen und Tiere und durch das Brennen der Lampen wird die Luft verschlechtert. Noch erheblicher wirken andere Ursachen: die Fäulnis und Zersetzung von Holz, Kohle, sonstigen organischen Stoffen oder von Mineralien (z. B. Schwefelkies), die Ausströmung von Gasen aus dem Nebengestein, der Kohle oder dem Grubenwasser, die Sprengarbeit, Grubenbrand und Kohlenstaub- oder Schlagwetterexplosionen.

Die Beseitigung aller für die Atmung ungeeigneten oder schädlichen Wetter geschieht stets durch eine bis zur Unschädlichkeit gehende Verdünnung mit frischer Luft und darauf folgende Abführung. Andere brauchbare Mittel gibt es hierfür zurzeit nicht.

**5. — Steigerung der Grubentemperatur mit zunehmender Tiefe. Geothermische Tiefenstufe.** Das Bedürfnis, die Grubenbaue abzukühlen, macht sich vornehmlich für tiefe Gruben geltend, in denen die starke Wärmezunahme nach der Teufe zu einem regelrechten Betrieb erschweren oder ganz verhindern kann. Die hauptsächlichsten Gründe für diese Wärmezunahme sind 1. die mit der Teufe steigende Gebirgstemperatur und 2. die Wärmeentwicklung infolge Verdichtung des einfallenden Wetterstromes durch den wachsenden Luftdruck.

Die Temperatur der äußersten Erdrinde oder Erdoberfläche ist je nach dem Klima der Gegend, nach Tages- und Jahreszeiten verschieden und wechselt mit der Temperatur der Tagesluft. Dringt man nur wenige Dezimeter weit in die Erdrinde ein, so werden bereits die Schwankungen der Tagestemperatur verschwinden. Wohl aber werden sich hier noch die monatlichen Temperaturschwankungen geltend machen. In etwas größerer Teufe werden auch diese Schwankungen und schließlich selbst diejenigen der Jahrestemperatur nicht mehr merkbar sein. Die Tiefe, in der auch die Schwankungen der Jahrestemperatur völlig ohne Einfluß auf die Gebirgstemperatur bleiben, liegt in unserer Gegend etwa 25 m unter der Erdoberfläche. Wir haben hier die Tiefe der gleichbleibenden Temperatur erreicht. Man nennt sie auch wohl die „neutrale Zone“. Die Temperatur in dieser Tiefe beträgt bei uns 9° C und entspricht der durchschnittlichen Jahrestemperatur über Tage.

Dringt man tiefer in die Erdrinde ein, so nimmt nach allen bisherigen Feststellungen die Temperatur der Gebirgsschichten dauernd, und zwar mehr oder weniger regelmäßig zu. Beim Bergbau, in Tiefbohrlöchern (bei Sperenberg: 1173 m, bei Schladebach: 1748 m, bei Parusowitz: 2003 m, bei Czuchow: 2239,7 m) und bei Tunnelbauten hat man gefunden, daß im großen Durchschnitt die Temperaturzunahme für je 33 m Teufe  $1^{\circ}$  C beträgt. Die Temperaturzunahme um je  $1^{\circ}$  C bildet also Stufen, deren Höhe 33 m ist. Man nennt diese Entfernung die geothermische Tiefenstufe (Erdwärmertiefenstufe).

Die Wärmeverhältnisse der Erdrinde hängen zum Teil aber auch von den örtlichen Bedingungen ab. Namentlich sind die jeweilige Oberflächengestaltung, das Auftreten kalter oder heißer Quellen, die Wärmeleitungsfähigkeit und das Einfallen des Gebirges und die chemischen Vorgänge bei der Mineral- und Gebirgsbildung von Einfluß. Nicht in allen Gegenden und in jedem Gebirge besitzt deshalb die geothermische Tiefenstufe das angegebene Maß. So wird sie z. B. für die Kupfererzgruben am Oberen See in Nordamerika mit 68 m und für die Goldgruben in Transvaal mit 114,2 m angegeben. Umgekehrt sinkt die Tiefenstufe an einzelnen Punkten erheblich unter den Durchschnitt.

Im Steinkohlengebirge findet sich besonders häufig eine geringere geothermische Tiefenstufe. Es hängt dies wohl damit zusammen, daß bei der Verkohlung der Flöze (s. oben, S. 45 u. f.) eine gewisse Temperaturerhöhung eintritt, die nicht immer durch hinreichende Ableitung der Wärme zum Verschwinden gebracht wird<sup>1)</sup>. So findet man z. B. im rheinisch-westfälischen Kohlenbezirke eine mittlere Temperaturzunahme von  $1^{\circ}$  C schon auf 28 m Teufe. Man würde danach eine Gesteinstemperatur von  $50^{\circ}$  C bei rund 1170 m Teufe zu erwarten haben. Bei den unter sehr mächtigem Deckgebirge bauenden Gruben nimmt die Temperatur sogar noch etwas schneller zu, so daß die Tiefenstufe nur 25 m beträgt<sup>2)</sup>.

Für einzelne Saarbrücker Gruben ist die geothermische Tiefenstufe auf nur 21,7 m berechnet worden.

**6. — Die Wechselwirkungen zwischen Gebirgstemperatur und Temperatur des Wetterstromes.** Die Temperatur des einziehenden Stromes unterliegt zu Beginn seines Weges den täglichen, monatlichen und jährlichen Schwankungen der Tagestemperatur. Diese machen sich weit in die Grube hinein bemerkbar und wirken auf die Temperatur des benachbarten Gebirges im Sommer erwärmend und im Winter abkühlend ein. Das bedeutet, daß anderseits der Wetterstrom selbst durch das Gebirge im Sommer abgekühlt und im Winter erwärmt wird. Der die Wetterwege des einziehenden Stromes umgebende Gebirgsmantel, der die Temperaturschwankungen der Wetter mitmacht, kann als Wärmeausgleichsmantel<sup>3)</sup> bezeichnet werden, weil er auf die Temperatur des Wetterstromes einen ausgleichenden Einfluß ausübt. Seiner Wirkung ist es zuzuschreiben, daß in einer gewissen Entfernung von der einziehenden Tagesöffnung die Temperaturschwankungen des Wetterstromes nahezu oder

<sup>1)</sup> Berg- u. Hüttenm. Jahrbuch 1916, Heft 3, S. 171 u. f.; Höfer von Heimhalt: Die geothermischen Verhältnisse der Kohlenbecken Österreichs.

<sup>2)</sup> Sammelwerk Bd. VI, S. 145.

<sup>3)</sup> Glückauf 1923, Nr. 4/5, S. 81 u. f.; Heise und Drekopf: Der Wärmeausgleichsmantel und seine Bedeutung für die Kühllhaltung tiefer Gruben.

völlig verschwinden. In der Nähe der einziehenden Tagesöffnung, wo noch die Schwankungen der Tagestemperaturen in voller Höhe zur Wirkung kommen, wird das Gebirge, wenn man die Verhältnisse der äußersten Erdrinde zum Vergleich heranzieht, je nach seiner Wärmeleitfähigkeit bis auf 25 m Entfernung vom Schachte an den Temperaturschwankungen des Wetterstromes teilnehmen können. Je schwächer die Temperaturschwankungen mit wachsender Entfernung von der einziehenden Tagesöffnung werden, umso weniger weit wird der Ausgleichsmantel in das Gebirge reichen. Seine Längenausdehnung findet da ein Ende, wo die jährlichen Temperaturschwankungen sich nicht mehr in erheblichem Maße fühlbar machen. Zwischen 1500 und 2000 m Entfernung von der einziehenden Tagesöffnung wird die Wirkung des Ausgleichsmantels in der Regel schon sehr gering sein. Für tiefe Gruben ist ein kräftig wirkender Ausgleichsmantel erwünscht, weil er die heißesten und die kältesten Temperaturen von den Grubenbauen fernhält.

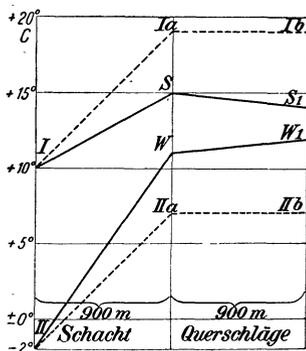


Abb. 409.  
Beeinflussung der Temperatur des einziehenden Wetterstromes durch die Verdichtungswärme und den Wärmeausgleichsmantel.

In größerer Tiefe und in genügender Entfernung von der einziehenden Tagesöffnung ist der durch die Wirkung des Ausgleichsmantels auf die Durchschnitts-Jahrestemperatur gebrachte Wetterstrom dauernd kälter als das Gebirge. Dieses wird deshalb in der Nachbarschaft der Strecke abgekühlt, und es bildet sich rasch um die Strecke ein Kältemantel heraus, der seinerseits den Wetterstrom vor weiterer schneller Erwärmung durch das Gebirge schützt.

Der ausziehende, warme Strom hingegen kommt bei seinem Aufsteigen mit wieder kälter werdenden Strecken- oder Schachtstößen in Berührung, bis schließlich seine Temperatur dauernd die des anstehenden Gebirges übersteigt. Es bildet sich dann um die Wetterwege des ausziehenden Stroms ein Wärmemantel, der eine schnelle Abkühlung der Wetter durch das Gebirge verhindert.

7. — Die Verdichtungswärme und die weiteren Gründe für Temperatursteigerungen der Grubenwetter. In tieferen Gruben tritt eine nicht unerhebliche Temperatursteigerung dadurch ein, daß die einfallenden Wetter entsprechend dem Luftdrucke in größerer Tiefe verdichtet und hierbei erwärmt werden. Die Steigerung der Temperatur beträgt auf 100 m Tiefe rd.  $1^{\circ}$  C, so daß der Wetterstrom in einem 1000 m tiefen Schachte, von sonstigen Einflüssen abgesehen, allein schon um  $10^{\circ}$  durch die Verdichtung erwärmt das Füllort erreicht. Umgekehrt kühlt sich der Wetterstrom beim Wiederaufsteigen auf höhere Sohlen entsprechend seiner Entspannung ab.

Die Wirkung der Verdichtungswärme wird zum Teil durch die Wirkung des Wärmeausgleichsmantels (s. Ziff. 6) verschleiert und umgekehrt, wie dies Abb. 409 veranschaulicht. Die Verdichtungswärme allein würde im Sommer bei einer Eintrittstemperatur der Wetter von beispielsweise  $+10^{\circ}$  C einen Temperaturverlauf des einziehenden Wetterstroms im Schachte und in den anschließenden Querschlägen nach der gestrichelt gezeichneten Linie

I—Ia—Ib und im Winter bei einer angenommenen Eintrittstemperatur von  $-2^{\circ}\text{C}$  die entsprechende Temperaturlinie II—IIa—IIb bedingen. Die Wirkung des Wärmeausgleichsmantels bringt eine Drehung zustande, so daß die Sommerlinie z. B. die Lage I—S—S<sub>1</sub> und die Winterlinie die Lage II—W—W<sub>1</sub> annehmen kann.

Der Wetterstrom kann sich weiter infolge chemischer Vorgänge erwärmen. Manche Steinkohlenflöze neigen (ähnlich wie zu Haufen zusammengebrachtes nasses Heu) zur Selbsterhitzung, die unter Umständen auch zu Grubenbrand führen kann. Dieser Vorgang ist auf die chemische Einwirkung des in der Luft enthaltenen Sauerstoffes auf hierfür besonders empfängliche Kohle zurückzuführen. (Näheres s. in Bd. II unter „Grubenbrände“.)

In ähnlicher Weise wie Kohle neigt Schwefelkies zur Sauerstoffaufnahme und Selbsterwärmung. Auf Kalisalzgruben wird durch hygroskopische Salze (z. B. Kieserit und Carnallit) Wasser angezogen und unter Wärmeentwicklung gebunden.

Auch mechanische Umsetzungsvorgänge, insbesondere Gebirgsbewegungen infolge Senkung des Hangenden und die Zertrümmerung des Gesteins bei der Sprengarbeit, machen nicht unerhebliche Wärmemengen frei.

Bisweilen werden mit den Grubenbauen auch warme Quellen angefahren. Das warme Wasser kann der Grube ununterbrochen neue Wärmemengen zuführen, die man nach Möglichkeit durch Ableitung unter Wärmeschutz unschädlich machen sollte.

**8. — Abkühlung der Grubenbaue.** Die Grubenwetter werden durch die natürliche Verdunstung von Wasser abgekühlt. Der Wasserdampfaufnahme von 1 g je cbm Luft entspricht einer Abkühlung von rd.  $1,9^{\circ}\text{C}$ . Mit dieser Kühlung der Wetter ist aber eine unerwünschte Steigerung des Sättigungsgrades (s. Ziff. 13 u. f.) verbunden.

Abkühlend wirkt ferner die aus den Arbeitsmaschinen, Strahldüsen usw. entweichende Druckluft.

Im übrigen sucht man heiße Gruben über das durch die Bewetterung erreichbare Maß hinaus durch künstliche Mittel abzukühlen<sup>1)</sup>. Gelegentlich hat man (z. B. in amerikanischen Gruben und im Simplontunnel) Eis in die heißen Baue gebracht. Dietz<sup>2)</sup> hat ein besonderes Verfahren vorgeschlagen, wonach ein Teil der zur Bewetterung dienenden Luft vorher über Tage verdichtet und gekühlt wird, worauf sie sich unter Leistung von Arbeit und Annahme tiefer Temperaturen wieder ausdehnt. Rossenbeck und Rath<sup>3)</sup> sehen Kältemaschinen vor. Arbenz und Junkers wollen die Kühlung durch Rippen-Kühlkörper, die von kaltem Wasser durchflossen werden, bewirken (D. R. P. 298 196). Diese Vorschläge sind freilich noch nicht ausgeführt worden. Auf einer südamerikanischen Grube hat man den Wetterstrom im einziehenden Stollen dadurch gekühlt, daß man ihn über wassergekühlte Eisenspiralen

<sup>1)</sup> Glückauf 1920, Nr. 21, S. 419 u. f.; Herbst: Über die Wärme in tiefen Gruben und ihre Bekämpfung; — ferner ebenda 1922, Nr. 21, S. 613 u. f.; Winkhaus: Die Bekämpfung hoher Temperaturen in tiefen Steinkohlengruben.

<sup>2)</sup> Dietz: Ist es möglich, die Grubentemperatur vor Ort dauernd unter  $28^{\circ}\text{C}$  zu halten? (Halle, Knapp, 1911.)

<sup>3)</sup> Glückauf 1911, Nr. 7, S. 267; Rossenbeck und Rath: Über künstliche Kühlung von Grubenwettern.

streichen ließ<sup>1)</sup>. Ein neuerer Vorschlag geht dahin, den Wärmeausgleichsmantel (s. Ziff. 6) und damit den einziehenden Wetterstrom entweder durch eine in der kalten Zeit verstärkte Bewetterung oder durch besondere, von Kühlwasser durchflossene Rohrleitungen abzukühlen<sup>2)</sup>.

Mit gutem Erfolge hat man einzelne Teilströme durch Anwendung von Wärmeschutzmitteln kühlzuhalten versucht. Auf Zeche Westfalen im Ruhrbezirk und ebenso auf der benachbarten Zeche Radbod hat man die auf der Sohle der Strecke verlegten Wetterluttonen in Sägemehl oder Schlackenwolle eingebettet und hierdurch eine wesentliche Kühlwirkung vor Ort erzielt. Auf der letztgenannten Zeche, ferner auf Zeche Sachsen bei Hamm hat man außerdem in Strecken, in denen die Erwärmung der Wetter besonders stark war, die Stöße und die Firste verschalt und den Raum zwischen Verschalung und Gebirge mit Sägemehl oder Flugasche verfüllt. Hierdurch wurde z. B. erreicht, daß in einer 260 m langen Richtstrecke die Temperaturzunahme des Wetterstromes von 6° auf 1° sank<sup>3)</sup>.

**9. — Wetterbedarf.** Welcher von den in Ziff. 2 genannten drei Hauptzwecken der Wetterführung der wichtigste ist und die übrigen an Bedeutung überragt, läßt sich von vornherein nicht sagen. Auf Salz- und Erzgruben von geringer Tiefe wird im allgemeinen die Wetterführung genug getan haben, wenn sie dem Sauerstoffbedarf der Menschen, Tiere und Lampen Rechnung trägt. In Schlagwettergruben ist gewöhnlich die völlige Beseitigung der Schlagwettergefahr der wichtigere Teil der Aufgabe und bestimmt die Größe der erforderlichen Wetterzufuhr. Im Oberbergamtsbezirk Dortmund werden im Hinblick auf diese Gefahr in der Regel 3 cbm je Kopf der Belegschaft gefordert. In heißen Gruben wird die Rücksicht auf die Wärme ausschlaggebend.

## II. Die Grubenwetter.

### A. Die atmosphärische Luft und deren Bestandteile.

**10. — Allgemeines.** Die atmosphärische Luft, die wir in die Grube führen, besitzt in ihren Hauptbestandteilen an den verschiedensten Punkten der Erde eine außerordentlich gleichförmige Zusammensetzung und besteht im wesentlichen aus 21 Raumteilen Sauerstoff und 79 Raumteilen Stickstoff.

Außerdem ist in der atmosphärischen Luft stets Kohlensäure und Wasserdampf enthalten. Der Kohlensäuregehalt kann zu durchschnittlich 0,04 =  $\frac{1}{25}$  % angenommen werden. Der Gehalt an Wasserdampf wechselt stark. Näheres darüber folgt unter „Wasserdampf“, Ziff. 13 u. f.

Andere in der Luft in geringen Mengen vorkommenden Gase (Argon, Helium, Metargon, Neon, Krypton, Xenon) sind in ihrem Verhalten und

<sup>1)</sup> Glückauf 1922, Nr. 40, S. 1197 u. f.; Winkhaus: Die Wetter-Kühlanlage der brasilianischen Grube Morro Velho.

<sup>2)</sup> S. den auf S. 441 in Anm. 3 angegebenen Aufsatz von Heise und Drekopf, S. 112

<sup>3)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1922, S. 25; Versuche und Verbesserungen.

ihrer chemischen Trägheit dem Stickstoff sehr ähnlich, so daß sie neben diesem keinerlei selbständige Rolle spielen. In unwesentlichen Spuren können in der Luft ferner Ammoniak, Ozon und Wasserstoffsuperoxyd vorhanden sein.

Luft dehnt sich beim Erwärmen um  $1^{\circ}$  C wie alle Gase um  $\frac{1}{273}$  ihres Volumens bei  $0^{\circ}$  C aus. Es gilt für sie das Gay-Lussac-Mariottesche Gesetz. Bei  $0^{\circ}$  und 760 mm Druck ist Luft 773 mal leichter als Wasser von  $4^{\circ}$ ; 1 cbm trockene Luft wiegt also unter diesen Verhältnissen 1,293 kg. Für die spezifischen Gewichte der Gase wird dieses Gewicht der trockenen Luft bei  $0^{\circ}$  und 760 mm Druck als Einheit benutzt.

Als regelmäßige Bestandteile der atmosphärischen Luft bedürfen die in den folgenden Abschnitten aufgeführten Gase einer besonderen Besprechung.

**11. — Sauerstoff.** Der Sauerstoff (O), Atomgewicht 16, hat im Vergleich zur Luft ein spezifisches Gewicht von 1,1. 1 cbm wiegt nämlich bei  $0^{\circ}$  und 760 mm Druck 1,42 kg. Er ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas.

Sauerstoff ist der Wärme und Licht spendende, das Leben erhaltende Bestandteil der atmosphärischen Luft. Seine Nutzbarkeit beruht darauf, daß er sich leicht mit vielen anderen Körpern unter Wärmeentwicklung verbindet. Diese Verbindung kann langsam und für das Auge kaum merkbar vor sich gehen (wir sprechen dann von Oxydation oder unter Umständen von Rosten) oder lebhaft unter Flammerscheinung (wir nennen dies Brennen) oder plötzlich in sehr kurzer Zeit unter starker Hitzeentwicklung (wofür wir den Ausdruck Explosion gebrauchen). Bei der langsamen Oxydation wird ebenso wie beim Brennen oder der Explosion eine gewisse Wärmemenge frei, deren Größe lediglich von Gewicht und Art der die Verbindung eingehenden Bestandteile und der neu entstandenen Sauerstoffverbindungen, nicht von der Schnelligkeit des chemischen Vorgangs abhängt.

In der Grube findet ein lebhafter Verbrauch an Sauerstoff durch die Atmung der Menschen und Tiere, durch das Brennen der Lampen, durch Faulen von Grubenholz und durch allmähliche Oxydation von Kohle und Schwefelkies statt.

Beim Atmen gelangt der Sauerstoff der Luft in die Lunge, wo er in das Blut eindringt und sich lose mit den roten Blutkörperchen verbindet. Von diesen wird er mit dem Kreislaufe des Blutes in den Körper getragen. In den Geweben des Körpers verbindet sich der Sauerstoff unter Bildung von Kohlensäure mit Kohlenstoff, so daß sodann das Blut mit Kohlensäure geschwängert nach der Lunge zurückkehrt. Hier wird die gebildete Kohlensäure wieder ausgeschieden, um mit der Ausatemungsluft aus dem menschlichen Körper zu entweichen. Die Körperwärme wird also durch Oxydation von Kohlenstoff unterhalten, und mit jedem Atemzuge verliert der Mensch Kohlenstoff, der durch Zufuhr von Speisen oder geeigneten Getränken wieder ersetzt werden muß. Der Körper gewinnt dafür an Wärme, und zwar genau soviel, wie der Verbrennung einer gleich großen Kohlenstoffmenge im Feuer entsprechen würde.

In der ausgeatmeten Luft ist durchaus nicht aller Sauerstoff verbraucht, vielmehr enthält diese hiervon noch 17 %. Nur 4 % sind durch

Kohlensäure ersetzt, so daß also die Zusammensetzung der Ausatemluft mit rund

79 % Stickstoff,  
17 % Sauerstoff,  
4 % Kohlensäure

anzunehmen ist. Derartige Luft ist für die weitere Atmung ungeeignet, weshalb der Mensch bei längerem Verweilen darin bewußtlos wird und schließlich in Todesgefahr kommt. Er geht in solcher Luft an Sauerstoffmangel zugrunde, ähnlich wie ein Licht oder Feuer in solchem Falle erlischt.

Daß der Sauerstoffmangel in erster Linie maßgebend ist, geht daraus hervor, daß Grubenwetter unter Umständen einen höheren Kohlensäuregehalt, als oben angegeben ist, haben und dennoch für die Atmung brauchbar sein können. Ist z. B. die Kohlensäure nicht durch Atmung entstanden, sondern durch Ausströmen aus dem Gestein oder dem alten Mann in die Grubenwetter gelangt, so können diese wie folgt zusammengesetzt sein:

5 % Kohlensäure,  
75 % Stickstoff,  
20 % Sauerstoff.

Solche Wetter sind besser atembar als gewöhnliche Ausatemluft, weil das Verhältnis des Sauerstoffs zu den unatembaren Gasen (Stickstoff und Kohlensäure) sich wesentlich günstiger stellt. Auch bei der Benutzung von Sauerstoffatmungsgeräten (s. Bd. II, 10. Abschn.) wird öfter Luft mit mehr als 4 % Kohlensäure eingeatmet, die von dem arbeitenden Manne ertragen wird, wenn ein entsprechend erhöhter Sauerstoffgehalt vorhanden ist.

Bei welchem Mindest-Sauerstoffgehalt der Mensch noch leben kann, hängt hauptsächlich von diesem Verhältnis, sodann aber auch davon ab, ob der Mensch sich in Ruhe befindet, sich bewegt oder Arbeit verrichtet. Der ruhende Mensch kommt mit wesentlich weniger Sauerstoff als der arbeitende aus (vgl. Ziff. 3).

Für den Bergmann ist es wichtig, zu wissen, daß er in einer Luft, in der die Grubenlampe bereits zu erlöschen beginnt, zwar noch leben kann, daß aber dann auch die Gefahr für ihn beginnt. Ist die Lampe erloschen, so fehlt jeder Maßstab für die Beurteilung der Luftzusammensetzung. Deshalb ist der Aufenthalt in Räumen, in denen die Lampe nicht mehr brennen will, stets gefährlich. Das Arbeiten an Orten, die wegen des schlechten Brennens der Lampen aus einer gewissen Entfernung beleuchtet werden, ist streng zu verbieten. Daher ist es auch ein erheblicher Nachteil der elektrischen Lampen, daß sie in bezug auf die Luftbeschaffenheit nicht warnen.

In Fäulnis begriffenes Holz nimmt aus der Luft Sauerstoff auf. Das Holz, das selbst aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff besteht, zerfällt dabei in die gasförmige Kohlensäure und in Wasser. Dieser Vorgang wird durch Pilzbildungen, wie sie sich häufig bei mit Feuchtigkeit gesättigter Luft an Grubenholz finden, beschleunigt.

Auch die Kohle selbst unterliegt den Einwirkungen des Sauerstoffs. Er haftet an deren Oberfläche (Adsorption) und dringt in die Poren ein.

Dabei findet eine langsame Verbindung zwischen ihm und der Kohle unter Entwicke lung von Kohlensäure statt. Die Neigung der verschiedenen Steinkohlen zur Verbindung mit dem Sauerstoff ist verschieden groß. Mürbe, weiche und poröse Kohle verschluckt mehr Sauerstoff als feste und harte, Feinkohle mehr als Stückkohle, Faserkohle mehr als Glanz-, diese mehr als Mattkohle. Flöze, die viel Schwefelkies führen, pflegen der Einwirkung des Sauerstoffs besonders ausgesetzt zu sein, da Schwefelkies selbst durch den Sauerstoff zu schwefelsaurem Eisen umgewandelt wird und hierbei eine Volumenvermehrung eintritt, die die Kohle auseinandertreibt und dem Sauerstoff neue Wege zum Eindringen in die Kohle eröffnet.

Auf Steinkohlengruben pflegt der Sauerstoffverbrauch infolge der Oxydation der Kohle und des Holzes wesentlich größer als derjenige durch das Atmen der Menschen und Tiere zu sein. Man hat z. B. für die Saarbrücker Gruben berechnet, daß  $\frac{10}{17}$  der ganzen verbrauchten Sauerstoffmenge auf Rechnung der Oxydation der Kohle und des Holzes zu setzen sind und nur  $\frac{1}{17}$  auf diejenige der Atmung von Menschen und Pferden entfällt. (Vgl. Ziff. 19, S. 452.)

Die ursprünglich in der Luft vorhandene Sauerstoffmenge wird somit auf dem Wege durch die Grube zwar allmählich, aber ununterbrochen vermindert. Da anderseits die Grubenwetter durch sonstige, für die Atmung nicht nutzbare Gase vermehrt werden, muß der Prozentgehalt an Sauerstoff im ausziehenden Wetterstrom stets geringer als im einziehenden sein. In der Regel bewegt sich der Sauerstoffgehalt der ausziehenden Wetter zwischen 20 und 21 %. Wetter mit einem auf 19—20 % verminderten Sauerstoffgehalte werden bereits als recht matt empfunden.

**12. — Stickstoff.** Der Stickstoff (*N*), Atomgewicht 14, hat ein spezifisches Gewicht von 0,97. 1 cbm wiegt also bei 0° und 760 mm Druck 1,255 kg. Er ist farb-, geruch- und geschmacklos.

Stickstoff ist insofern ein außerordentlich träges Gas, als er ohne chemische Wirkung bei der Atmung bleibt und überhaupt nur schwer chemische Verbindungen eingeht.

Stickstoff findet sich in den Poren einzelner Steinkohlensflöze eingeschlossen und strömt unter Umständen aus diesen aus. Im Ruhrbezirke tritt er jedoch nur selten und in geringen Mengen auf. In Oberschlesien und in Mährisch-Schlesien ist er häufiger. In letzterem Bezirke enthalten die in den Kohlen eingeschlossenen Gase in einzelnen Fällen neben Grubengas und Kohlensäure 30—40 % Stickstoff. Infolge dieses Vorkommens in der Kohle ist Stickstoff in manchen Bläsegasen (s. Ziff. 43, S. 465) zu finden.

Aus Belgien und Frankreich sind auch einige bedeutende Ausbrüche von Stickstoff aus Hohlräumen und Poren des Nebengesteins bekannt geworden<sup>1)</sup>.

In Kalisalzgruben findet sich das Gas teils rein, teils vergesellschaftet mit Methan und Wasserstoff auf Klüften, Spalten und eingeschlossen im Salze<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Haton de la Goupillière: Cours d'exploitation des mines (Paris, Dunod et Pinat), 1911, Band III, 3. Aufl., S. 684.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes 1918, S. 238; Gropp: Gasvorkommen in Kalisalzwerken in den Jahren 1907—1917.

Schließlich führen die Nachschwaden der meisten Sprengstoffe Stickstoff, wie aus der Zahlentafel auf S. 208 hervorgeht.

**13. — Wasserdampf. Allgemeines.** Der Wasserdampf ( $H_2O$ ), spezifisches Gewicht 0,62, spielt in den Grubenwettern eine besonders wichtige Rolle.

In einem allseitig geschlossenen, mit trockener Luft erfüllten Gefäße wird eingebrachtes Wasser alsbald bis zu einem gewissen Grade verdampfen. Da Wasserdampf wie jeder Körper Raum einnimmt, so wird in dem geschlossenen Gefäße eine Drucksteigerung eintreten müssen. Den Gasdruck, den der Wasserdampf so erzeugt, nennen wir seine Spannung. Würde das Gefäß nachgiebige Wände besitzen, die bei jeder Druckänderung sich entsprechend verschieben, so würden wir infolge der Verdunstung des Wassers eine Vergrößerung des Gasvolumens feststellen können.

In dem gedachten geschlossenen Raume kann aber nicht beliebig viel Wasser verdunsten. Die Verdunstungsfähigkeit hängt, abgesehen von der Größe des Raumes, allein von der darin herrschenden Temperatur ab.

Wenn die Luft mit Wasserdampf voll gesättigt ist, so enthält 1 cbm:

bei — 10° . . .	2,2 g	Wasserdampf mit	2,1 mm	Spannung <sup>1)</sup>
„ — 5° . . .	3,2 „	„	3,1 „	„
„ ± 0° . . .	4,7 „	„	4,6 „	„
„ + 5° . . .	6,6 „	„	6,5 „	„
„ + 10° . . .	9,1 „	„	9,2 „	„
„ + 15° . . .	12,5 „	„	12,7 „	„
„ + 20° . . .	16,9 „	„	17,4 „	„
„ + 25° . . .	22,5 „	„	23,6 „	„
„ + 30° . . .	29,8 „	„	31,6 „	„
„ + 35° . . .	39,3 „	„	41,8 „	„
„ + 40° . . .	50,9 „	„	54,9 „	„

Die atmosphärische Luft ist aber nur selten voll mit Feuchtigkeit gesättigt. Der Grad der Sättigung ist an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden. Bei uns pflegt der Sättigungsgrad im Jahresdurchschnitt 75 % der vollen Sättigung zu betragen.

Der Sättigungsgrad der Luft steigt durch Abkühlung. Ist völlige Sättigung erreicht, so schlägt bei weiterer Abkühlung der Wasserdampf sich in Form von Nebel oder in Form von Wasserperlen an den Wänden oder kalten Flächen nieder (Taupunkt). Wird dagegen gesättigte Luft erwärmt, so verliert sie hierdurch ihre Sättigung und wird fähig, weitere Wasserdampfmengen aufzunehmen.

**14. — Messung des Sättigungsgrades.** Den Sättigungsgrad der Luft kann man durch Hygrometer messen. Da solche Instrumente empfindlich und ungenau sind, ist die Benutzung von Schleuderthermometern für den fraglichen Zweck mehr empfehlenswert. Man stellt zunächst mittels eines Thermometers in seinem gewöhnlichen Zustande — also trocken — und sodann mit einem Thermometer, dessen Quecksilberkugel mit einem nassen Leinwandläppchen umwickelt ist, die Temperatur fest. Je größer die Trockenheit der Luft ist, um so lebhafter ist die Verdunstung des

<sup>1)</sup> Gemessen in Quecksilbersäule.

Wassers und um so stärker die Abkühlung des nassen Thermometers. Ist die Luft mit Feuchtigkeit gesättigt, so zeigen beide Thermometer die gleiche Temperatur an.

Der bei der jeweiligen Temperatur gefundene Unterschied zwischen der Anzeige des trockenen und des nassen Thermometers oder zwischen dem Trocken- und dem Naßwärmegrad gestattet unter Benutzung der folgenden Zahlentafel ohne weiteres einen Rückschluß auf den Sättigungsgrad der Luft.

Das trockene Thermo- meter zeigt	Das nasse Thermometer zeigt weniger:												
	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°
	Der Sättigungsgrad beträgt in Prozenten												
0°	100	81	63	46	28	12	—	—	—	—	—	—	—
5°	100	86	72	58	45	32	19	6	—	—	—	—	—
10°	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5	—	—	—
15°	100	90	80	70	61	52	44	36	28	20	12	5	—
20°	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24	18	12
25°	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33	27	22
30°	100	93	86	79	73	67	61	55	49	44	39	34	30
35°	100	94	87	81	75	70	64	59	53	49	44	40	36
40°	100	94	88	83	77	72	67	62	57	53	48	44	40

Durch Unterteilung lassen sich die Zahlen für die zwischen den einzelnen Stufen nicht aufgeführten Thermometergrade leicht ermitteln.

Nach der Zahlentafel entspricht z. B. einer Trockentemperatur von 30° ein Naßwärmegrad der gleichen Höhe bei 100% Sättigung, ein solcher von 24° bei 61% Sättigung und ein solcher von 18° bei nur 30% Sättigung.

**15. — Sättigungsgrad des Wetterstromes in der Grube.** Der Sättigungsgrad der Wetter in der Grube ist zunächst von dem Feuchtigkeitsgehalte der Tagesluft oder des einziehenden Wetterstromes und von der jeweilig in den Grubenbauen vorhandenen Feuchtigkeit abhängig. Im übrigen wird der Sättigungsgrad nach Ziff. 13 durch das wechselnde Maß der Verdichtung und durch die Temperatur beeinflusst. Die beim Einfallen des Wetterstromes in die Grubenbaue entsprechend der größer werdenden Tiefe eintretende Volumenverminderung hat eine Erhöhung und die beim Wiederaufsteigen des Wetterstroms erfolgende Entspannung eine Herabsetzung des Sättigungsgrades zur Folge, ohne daß jedoch die Wirkungen zahlenmäßig von großer Bedeutung sind. Wichtiger ist der Einfluß der Temperatur.

In trockenen, einziehenden Schächten erwärmt sich der Wetterstrom namentlich im Winter (infolge der Wirkung des Ausgleichsmantels, vgl. Ziff. 6) schnell, so daß er häufig am Füllorte mit einem nicht unwesentlich erniedrigten Sättigungsgrade ankommt. Die Temperatur pflegt sodann in den Querschlägen langsam, in den Abbauen schnell zu steigen. Nicht immer hält die Aufnahme neuen Wasserdampfes gleichen Schritt mit dieser Temperatursteigerung, so daß der Sättigungsgrad in einzelnen Teilen des Grubengebäudes weiter zurückgehen kann. Erreicht der Wetterstrom allerdings die höheren, kühleren Sohlen, so wird der Sättigungsgrad schnell steigen. Spätestens im ausziehenden Schachte wird in der Regel die Abkühlung so weit vorgeschritten sein,

daß der volle Sättigungsgrad erreicht wird und Nebelbildung eintritt (Regnen in den Schächten). Kühlt sich gesättigte Luft in einem ausziehenden Schachte z. B. von 25° auf 20° ab, so werden nach der Tabelle auf S. 448 5,6 g aus je 1 cbm Luft als Regen niederfallen.

Die vielfach herrschende Annahme, daß die Grubenwetter mit Feuchtigkeit voll gesättigt sind, pflegt also nur für den ausziehenden Strom, dagegen nicht allgemein für die sonstigen Grubenbaue zuzutreffen.

Eine Ausnahmestellung nehmen die Kalisalzgruben ein, die sich allgemein durch trockene Wetter auszeichnen. Bei Messungen auf verschiedenen Gruben hat man Feuchtigkeitsgehalte der Luft bis herab zu 14% gefunden<sup>1)</sup>.

**16. — Wirkungen des verschiedenen Sättigungsgrades.** Je nach seinem Sättigungsgrade wirkt der Strom in der Grube entweder trocknend oder nässend.

Für das Wohlbehagen und die Arbeitsfähigkeit des Menschen ist ein trocknender Wetterstrom erwünscht. Sind die Wetter bereits voll mit Feuchtigkeit gesättigt, so verdunstet der Schweiß des Arbeiters nicht mehr, und es fällt die mit der Schweißverdunstung verbundene Abkühlung fort. In der Nähe von Grubenbränden hat man bisweilen Arbeiten an Punkten verrichten lassen müssen, wo eine Temperatur von 60—80° C herrschte. Bei solcher Temperatur ist es immerhin möglich, noch einige Minuten zu arbeiten, wofern die Luft trocken ist. Ist sie aber mit Feuchtigkeit gesättigt, so ist die Arbeit schon bei 30° angreifend und bei 35—40° unerträglich. Es tritt alsdann im menschlichen Körper, der selbst eine Temperatur von 36—38° C besitzt, eine das Leben gefährdende „Wärmestauung“ ein. Pferde scheinen feuchte Wärme noch schlechter als Menschen vertragen zu können und sind schon bei 32° C in feuchter Luft geringen Anstrengungen erlegen.

Bei Beurteilung der Arbeitsmöglichkeit in hohen Temperaturen ist es also richtiger, den Naßwärmegrad (s. Ziff. 14) statt die mit dem trockenen Thermometer ermittelte Temperatur zugrunde zu legen.

In einem nässenden Strome fault das Grubenholz besonders leicht, und es treten daran Pilzbildungen auf, die unter der ständigen Durchfeuchtung mit Wasserdampf schnell wachsen und wuchern können. Wenn sie aber infolge Umstellung des Wetterzuges von einem trocknenden Strome bestrichen werden, verschwinden sie rasch wieder.

Auch die Wurmkrankheit (Ankylostomiasis) wird in einem nässenden Wetterstrom einen besseren Nährboden finden als in einem trocknenden.

**17. — Austrocknung des Grubengebäudes.** In den meisten Fällen hat die Bewetterung der Grube eine nicht unbeträchtliche Wasserentziehung zur Folge. Es soll angenommen werden, daß die Luft mit der durchschnittlichen Jahrestemperatur — das sind 9° C — und 75% Sättigung in die Grube tritt und diese voll gesättigt mit 20° C verläßt. Es enthält dann der einziehende Strom in einem Kubikmeter 6,45 g Wasser, der ausziehende dagegen 16,9g, so daß jedes Kubikmeter Luft 10,45g Wasser aus der Grube führt.

<sup>1)</sup> Kali 1908, Heft 9, S. 185; Untersuchungen über den Einfluß höherer Wärmegrade auf den Gesundheitszustand der Bergleute in tiefen Kalisalzbergwerken; — ferner Zeitschrift f. Hygiene und Infektionskrankheiten 1910, 63. Bd., S. 435; Rosenthal: Das Grubenklima in tiefen Kalibergwerken usw.

Bei 4800 cbm in der Minute sind dies rd. 50 kg oder stündlich bereits 3 t und täglich sogar 72 t oder ebenso viele Kubikmeter.

Im Winter ist die Austrocknung der Grube durch den Wetterstrom stärker als im Sommer, weil die Luft infolge der tieferen Temperatur mit weniger Wasserdampf beladen als im Sommer in die Grube tritt.

In tiefen Gruben ist diese Wasserentziehung wegen der höheren Gebirgstemperatur größer als in flachen Gruben, in denen die Gebirgstemperatur sich mehr der durchschnittlichen Jahrestemperatur nähert. In letzteren wird der Wetterstrom an heißen Tagen in der Grube sogar abgekühlt werden und Wasser in der Grube zurücklassen. Einziehende Stollen z. B. pflegen im Sommer neblig zu sein.

Die Austrocknung der Grube vergrößert die Kohlenstaubgefahr, und zwar nach dem Gesagten im Winter mehr als im Sommer und in tiefen Gruben mehr als in flachen. Durch dauernde Berieselung kann man dieser Gefahr entgegenarbeiten, wobei man allerdings eine oft lästige Steigerung des Sättigungsgrades der Luft in den Kauf nehmen muß.

**18. — Kohlensäure. Allgemeines.** Die Kohlensäure ( $CO_2$ ) besitzt ein spezifisches Gewicht von 1,52. 1 cbm wiegt also 1,97 kg. Die Kohlensäure ist ein farb- und geruchloses Gas von schwach säuerlichem Geschmack. Sie ist nicht giftig, sie macht vielmehr z. B. Getränke wohlschmeckend und erfrischend, wirkt aber auf die Atmung immerhin lästiger als z. B. der Stickstoff.

Der Gehalt an Kohlensäure im Wetterstrom nimmt in der Grube fortwährend zu und steigt sehr erheblich über das anfänglich vorhandene Maß von 0,04%. Nach dem „Sammelwerk“<sup>1)</sup> betrug der Kohlensäuregehalt des ausziehenden Stromes bei 191 überhaupt vorhandenen Schachtanlagen des Ruhrbezirks:

auf 9 selbständigen Schachtanlagen . . . . .	0,04—0,10 %
„ 41 „ „ . . . . .	0,10—0,20 „
„ 51 „ „ . . . . .	0,20—0,30 „
„ 42 „ „ . . . . .	0,30—0,40 „
„ 30 „ „ . . . . .	0,40—0,50 „
„ 18 „ „ . . . . .	0,50—0,76 „

Daraus folgt, daß in einzelnen Teilströmen unter Umständen mehr als 1%  $CO_2$  vorhanden sein wird.

Der Gehalt der Grubenwetter an Kohlensäure wird vermehrt

1. durch das Atmen der Menschen und Tiere und durch das Brennen der Lampen,
2. durch Einwirkung des Sauerstoffs der Luft auf das Grubenholz und die Kohle in den bewetterten Grubenbauen und im alten Mann,
3. durch Ausströmen von  $CO_2$  aus der Kohle oder dem Nebengestein,
4. durch die Sprengarbeit,
5. durch gelegentliche Ursachen, insbesondere durch: Grubenbrände, Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen, Feuerungsanlagen, Lokomotiven.

<sup>1)</sup> Bd. VI, S. 23.

**19. — Kohlensäure-Erzeugung durch Atmung und Brennen der Lampen.** Da ein fleißig arbeitender Mann etwa 20 l Luft in der Minute ein- und ausatmet und die ausgeatmete Luft 4% Kohlensäure enthält, beträgt die Kohlensäure-Erzeugung eines Arbeiters durchschnittlich nicht über 0,8 l in der Minute. Eine Benzinsicherheitslampe verbrennt in der 9stündigen Schicht 50 g Benzin, wobei durchschnittlich in der Minute nur 0,15 l  $CO_2$  erzeugt werden. Eine offene Öllampe liefert etwa das Zwei- oder Dreifache.

Rechnet man auf 1 Mann 5 cbm Wetter in der Minute, so vermehrt er und seine Lampe den  $CO_2$ -Gehalt je cbm um  $\frac{0,95}{5} = 0,19$  l. Nun beträgt aber gemäß der in Ziff. 18 gegebenen Übersicht der  $CO_2$ -Gehalt im Ausziehstrome meist 0,1—0,5%, seine Erhöhung gegenüber dem Einziehstrome also 0,6—4,6 l je cbm. Die Kohlensäure im ausziehenden Strome kommt also mit nur 0,19 l aus der Atmung und dem Geleuchte und mit rd. 0,4 bis 4,4 l aus anderen Ursachen.

**20. — Kohlensäure-Erzeugung durch Einwirkung des Luftsauerstoffs auf Holz oder Kohle.** Die stärkste Kohlensäurequelle fließt aus der Zersetzung des Holzes und der Kohle. In Fäulnis übergegangenes Holz ist den Angriffen des Sauerstoffs der Luft stark ausgesetzt; ebenso dringt der Sauerstoff, wie schon bei der Besprechung dieses Gases gesagt ist, in die Steinkohle selbst ein, und zwar um so leichter, je mehr Oberfläche sie bietet. Als Folge ergibt sich eine zwar langsame, aber andauernde Oxydation und Kohlensäurebildung, die nicht nur in den bewetterten Grubenbauen, sondern auch im alten Mann vor sich geht und dort sogar wegen der fehlenden Bewetterung und unzureichenden Wärmeabfuhr besonders lebhaft sein kann, falls größere Holzmengen oder Kohlenreste zurückgeblieben sind. Die Folge ist, daß gerade solche Gruben einen hohen Kohlensäuregehalt im ausziehenden Wetterstrome aufweisen, die bereits lange im Betrieb befindlich sind und einen weit ausgedehnten, nicht genügend mit dichtem Versatz ausgefüllten alten Mann besitzen. Jüngere, noch in Vorrichtung befindliche Steinkohlengruben sind kohlendauerärmer.

**21. — Ausströmung der Kohlensäure aus dem Gebirge.** Kohlensäure bildet sich auch bei der Zersetzung pflanzlicher oder tierischer Stoffe unter Luftabschluß, also bei dem Vorgange, den wir mit Verkohlung bezeichnen (s. S. 46, Ziff. 55, Abs. 2). Da die Bedeckung häufig ein Entweichen der bei der Verkohlung sich bildenden Kohlensäure verhindert, werden wir diese in allen Gebirgsschichten antreffen können, in denen pflanzliche oder tierische Reste verkohlt sind. Das sind zunächst die Steinkohlenflöze selbst, sodann aber auch nahezu alle übrigen Gebirgsschichten. Besonders in Braunkohlengruben, wo die Kohle sich noch im Zustande der „Kohlensäuregärung“ befindet, ist auf ein reichliches Ausströmen des Gases in die Grubenbaue zu rechnen. Aber auch in den meist schon im Zustande der „Methangärung“ angelangten Steinkohlenflözen und in dem begleitenden Nebengestein findet sich Kohlensäure stets in mehr oder minder großen Mengen eingeschlossen. Die in Westfalen den Kohlenflözen entströmenden Gase enthalten bis zu einigen Prozenten Kohlensäure. Stärkere Kohlensäureausströmungen sind auf einigen Steinkohlengruben Sachsens,

in Niederschlesien, im Gardbezirke (Südfrankreich) und in Belgien bekannt geworden. Derartige Kohlensäure-Entwicklungen treten bisweilen plötzlich und unvermutet auf, so daß die Belegschaft zurückgezogen werden muß. Bisweilen trägt die Ausströmung sogar das Gepräge des plötzlichen Gasausbruchs (s. Ziff. 39—42), wobei Kohlenmassen in die Strecke oder die Grubenbaue geschleudert werden<sup>1)</sup>. Auch auf Salzgruben, besonders auf Kalisalzwerken, sind plötzliche Kohlensäureausbrüche vorgekommen, die in wenigen Minuten mehrere tausend Kubikmeter Gas geliefert haben<sup>2)</sup>. Man ist überhaupt in keinem Gebirge, das Hohlräume besitzt, klüftig oder gasdurchlässig ist, vor Kohlensäure sicher. Häufig entströmt sie unmittelbar dem Erdboden (Dunsthöhle bei Pyrmont, Hundsgrotte bei Neapel, Tal des Todes in Nordamerika). Die Kohlensäure ist auch in dem in den Gebirgsschichten vorhandenen Wasser enthalten. Das Wasser verschluckt sie um so mehr, unter je höherem Drucke es steht. Fließt nun das Wasser in Grubenbaue und wird so vom Drucke entlastet, so kann die Kohlensäure entweichen.

**22. — Kohlensäure-Erzeugung bei der Explosion von Sprengstoffen.** Bei der Sprengarbeit entsteht stets Kohlensäure, wie die Zahlentafel auf S. 208 lehrt. Wenn z. B. vor einem Querschlage 20—30 Dynamitschüsse — das sind vielleicht 4—6 kg — gleichzeitig zur Explosion gelangen, so werden die entstehenden Kohlensäuremengen, namentlich im Verein mit den sonstigen Schwaden, vorübergehend wohl lästig fallen können. Für die gesamte Wetterführung der Grube sind aber die Sprenggase ohne Bedeutung, wenn man bedenkt, daß durchschnittlich auf 1000 t Förderung im Ruhrbezirke nur 80 kg Sprengstoffe verbraucht werden und daß 1 kg Sprengstoff insgesamt nur etwa  $\frac{1}{2}$  cbm unatembare Schwaden liefert.

**23. — Kohlensäure-Erzeugung durch gelegentliche Ursachen.** Die durch Grubenbrände, Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen und durch sonstige Ursachen entstehenden Kohlensäuremengen entziehen sich infolge der Unregelmäßigkeit dieser Quellen jeder Rechnung, können aber in einzelnen Fällen außerordentlich beträchtlich sein.

**24. — Gefährdung des Betriebes durch Kohlensäure.** Der Betrieb kann einerseits durch langsame, mehr oder weniger dauernd vor sich gehende Ansammlungen von Kohlensäure an ungenügend bewetterten Punkten und andererseits durch plötzliche Ausbrüche gefährdet werden. Bei langsamer Entwicklung sammelt sich die Kohlensäure wegen ihrer Schwere vorzugsweise an tiefegelegenen Punkten (in Schächten, Abhauen, Gesenken, Brunnen) an, von wo aus sie nur langsam mit der darüberstehenden, reineren Luft diffundiert. An tiefen Punkten, wo sich erfahrungsgemäß leicht Kohlensäure ansammelt, ist Vorsicht namentlich dann geboten, wenn

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1911, Heft 2, S. 175; Laske: Der Kohlensäure-Ausbruch auf dem Steinkohlenbergwerk Kons. Segen-Gottesgrube bei Altwasser usw.; — ferner ebenda 1914, Heft 2, S. 1; Werne und Thiel: Kohlensäureausbrüche beim Steinkohlenbergbau in Niederschlesien, Südfrankreich und Mährisch-Ostrau, (vgl. auch Festschr. z. XII. Allg. D. Bergmannstag, 1913, Bd. VI, S. 98 u. f.).

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1911, Heft 2, S. 212; Scheerer: Gasvorkommen in Kalisalzbergwerken; — ferner: Kali 1912, Nr. 6, S. 125; Dr. Beck: Über Kohlensäureausbrüche im Werragebiete der deutschen Kalisalzlagerstätten.

die Arbeit vorher längere Zeit geruht hat (z. B. nach Sonntagen), weil bei unbewegter Luft die Diffusion langsamer wirkt. Vor dem Hinabsteigen in solchen Arbeitsort ist eine Probe mit der brennenden Lampe zu machen. Erlischt das Geleucht, so ist selbst bei Rettungsarbeiten jedes weitere Vordringen zu untersagen. Beim Fehlen von sonstigen Bewetterungseinrichtungen muß man alsdann durch Fallenlassen von Wasser aus einer Brause, durch Auf- und Niederbewegen umfangreicher, aber leichter Gegenstände oder durch Wedeln die ruhende Luftsäule in Bewegung zu bringen suchen, um die Wirkung der Diffusion zu beschleunigen. Es wird auch empfohlen, Gefäße mit Kalkmilch oder gebranntem Kalk in mit Kohlensäure erfüllte Räume herabzulassen. Doch wird ein Erfolg hierbei nur langsam eintreten.

Sehr häufig sind Rettungsmannschaften durch übereiltes Vorgehen in Abhauen, Gesenken oder Brunnen zu Tode gekommen.

Die Vorsichtsmaßregeln gegen plötzliche Kohlensäureausbrüche sind ähnlich denjenigen, die man gegen plötzliche Grubengasausbrüche anwendet (s. Ziff. 41). Ganz besonders ist darauf zu achten, daß beim Schießen die Leute genügend weit zurückgezogen werden, weil die Kohlensäureausbrüche fast stets und jedenfalls häufiger als die Grubengasausbrüche sich an das Abtun der Schüsse anschließen<sup>1)</sup>. Sicherheitskammern (s. d. in Bd. II) können empfehlenswert sein.

## B. Die sonstigen, gelegentlich in Grubenwettern auftretenden Gase.

**25. — Kohlenoxyd. Allgemeines. Entstehung.** Das Kohlenoxyd ( $CO$ ), spezifisches Gewicht 0,97, wiegt 1,255 kg je Kubikmeter. Es ist die niedrigere, also ungesättigte Oxydationstufe des Kohlenstoffs. Das Gas ist deshalb brennbar und verbrennt mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlensäure. Im Gemische mit Luft ist es, wie jedes brennbare Gas, explosibel. Kohlenoxyd ist stark giftig.

In der Grube entsteht Kohlenoxyd namentlich bei Grubenbränden<sup>2)</sup>. Die in den Brandgasen vorkommenden Kohlenoxydmengen bilden in jedem Falle eine ernste Gefahr (s. Ziff. 26).

Sodann entsteht bei Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen Kohlenoxyd, insoweit der Sauerstoff der Luft zur völligen Verbrennung des verfügbaren Grubengases und des Kohlenstaubes insgesamt oder örtlich nicht ausreicht<sup>3)</sup>. Bei allen größeren Grubenexplosionen wird man das Auftreten von Kohlenoxyd in den Nachschwaden erwarten müssen.

In geringeren Mengen entsteht Kohlenoxyd bei der Explosion gewisser Arten von Sprengstoffen, namentlich von Sprengpulver. Früher

<sup>1)</sup> S. Anm. <sup>1)</sup> und <sup>2)</sup> auf S. 453.

<sup>2)</sup> Näheres s. Bd. II dieses Werkes, 3. u. 4. Aufl., S. 618 und 619 unter „Brandgase, Brandwetter, Brandgasexplosionen“. — Vgl. ferner Glückauf 1921, Nr. 28/29, S. 635 u. f.; Dr. Wein: Die chemische Zusammensetzung der Grubenbrandgase; — ferner Zeitschr. d. Oberschles. Berg- u. Hüttenmänn. Vereins 1910, Dezemberheft, S. 569 u. f.; Knochenhauer: Die Bildung des Kohlenoxydes beim Grubenbrande und die Explosion von Grubenbrandgasen.

<sup>3)</sup> Glückauf 1920, Nr. 48, S. 977 u. f.; Dr. Winter: Die Nachschwaden der reinen Schlagwetterexplosion.

lieferten auch gewisse Wettersprengstoffe (z. B. Karbonit, s. S. 208) Kohlenoxyd in größeren Mengen. Zur Zeit sind solche Wettersprengstoffe aber nicht mehr zugelassen.

Die Dynamite liefern, im Gestein verwandt, kein Kohlenoxyd. Wenn man sie aber für die Sprengarbeit in der Kohle benutzt, so läßt sich das gleiche nicht mit derselben Bestimmtheit behaupten. Denn infolge der großen Hitze des explodierenden Sprengstoffs kann der vom Schusse erzeugte Kohlenstaub unter Umständen in die Explosionsverbrennung mit hineingezogen werden und dann zur Erzeugung von Kohlenoxyd Anlaß geben.

Eine gelegentliche Kohlenoxydquelle sind schließlich die Benzol-lokomotiven, die bei unrichtiger Einstellung des Explosionsgemisches nicht unerhebliche Mengen des Gases liefern können<sup>1)</sup>. Eine gute Bewetterung der von den Lokomotiven befahrenen Strecken ist deshalb in jedem Falle notwendig.

**26. — Giftigkeit des Kohlenoxyds.** Das Kohlenoxyd ist im Gegensatz zur Kohlensäure überaus giftig und um so gefährlicher, als sein Vorhandensein meist erst dann bemerkt wird, wenn die Vergiftung bereits eingetreten ist. Es gibt leider kein Mittel, das Kohlenoxyd leicht und sicher in der Luft zu erkennen. Auch die Lampen geben kein Warnungszeichen, da sie in kohlenoxydhaltiger Luft, die schnell tödlich wirkt, ruhig weiterbrennen. Gelegentlich hat man Mäuse oder Kanarienvögel in Käfigen zwecks Feststellung von etwaigem Kohlenoxyd in verdächtige Grubenbaue mitgenommen, da diese Tierchen etwa zehnmal schneller als Menschen den Wirkungen des Gases unterliegen.

Die giftige Wirkung des Kohlenoxyds auf den Menschen beruht darauf, daß es zu den roten Blutkörperchen eine weit größere chemische Verwandtschaft besitzt als der Sauerstoff. Atmet der Mensch mit der Luft Kohlenoxyd ein, so verbindet sich dieses mit den Blutkörperchen zu einer verhältnismäßig festen chemischen Verbindung. Die Blutkörperchen werden dadurch unfähig, Sauerstoff aufzunehmen und versagen ihren auf S. 445, Ziff. 11, Abs. 4 beschriebenen Dienst. Es gelangt kein Sauerstoff mehr zu den Geweben des Körpers, und dieser selbst geht an Sauerstoffmangel zugrunde. Das Blut eines Erwachsenen kann, wenn sich bei genügend langer Einatmung sämtliche Blutkörperchen mit Kohlenoxyd sättigen, etwa 1,1 l dieses Gases aufnehmen. Der erreichte Grad der Sättigung und die Schnelligkeit, mit der sie sich vollendet, hängt von der in der Atmungsluft vorhandenen Kohlenoxydmenge ab.

Schon eine Luft mit nur 0,1 % Kohlenoxyd genügt bei längerem Aufenthalte darin (2—3 Stunden), um das Blut etwa zur Hälfte mit CO zu sättigen. Eine unmittelbare Lebensgefahr besteht alsdann noch nicht. Es tritt jedoch Ohnmacht ein. In reine Luft gebracht, erholt sich der Mensch leicht, und das Blut scheidet allmählich das Kohlenoxyd als solches wieder aus. Bei Einatmung von reinem Sauerstoff geht die Erholung des Mannes und die Abscheidung des Kohlenoxyds schneller als bei der Atmung in ge-

<sup>1)</sup> Glückauf 1918, Nr. 34, S. 529; Dr. Küppers: Über Kohlenoxyd — ferner ebenda 1919, Nr. 26, S. 483; Gunderloch: Maßnahmen zur Beseitigung der Gefährlichkeit des Benzollokomotivbetriebes unter Tage.

wöhnlicher Luft vor sich. Bei 0,2 % Kohlenoxyd kann Ohnmacht schon nach 1—1½ Stunden eintreten. Schließlich erfolgt der Tod, falls der Mann nicht bald nach dem Ohnmachtsanfall in frische Luft gebracht wird. Bei 0,4—0,5 % ist die halbe Sättigung des Blutes bereits nach ½ Stunde erreicht, und der Mensch wird ohnmächtig. Bei höheren Prozentsätzen ist der Verlauf schneller.

Die Kohlenoxydvergiftung kündigt sich vor dem Ohnmachtsanfall durch Herzklopfen, Kopfschmerzen und Schwächegefühl in den Beinen an, wenn der Sättigungsgrad des Blutes 25—30 % erreicht hat. Diese Anzeichen steigern sich bis zum Eintritt der Ohnmacht (50 % Sättigung) allmählich, werden aber erfahrungsgemäß in Augenblicken der Aufregung wenig beachtet. Bei 79 % Sättigung des Blutes mit Kohlenoxyd ist eine Wiederbelebung schon nicht mehr möglich, und der Tod ist die sichere Folge. Der Tod selbst erfolgt in der Bewußtlosigkeit und ohne Schmerzen; auch der Ohnmachtsanfall verläuft unter der im Grunde angenehmen Empfindung eintretender Ruhe nach vorausgegangener Ermüdung.

**27. — Behandlung bei Kohlenoxydvergiftungen.** Die Behandlung des von einer Kohlenoxydvergiftung Betroffenen muß einerseits auf die Abscheidung des Kohlenoxyds aus dem Blute des Verunglückten durch frische Luft oder noch besser durch reinen Sauerstoff hinauslaufen und muß anderseits auf die Erhaltung und Wiedererhöhung der gesunkenen Körperwärme hinarbeiten. Man wird also, falls die Atmung aufgehört hat oder auch nur schwach geworden ist, kräftige, künstliche Atmung möglichst unter Zufuhr von Sauerstoff anwenden. Künstliche Erwärmung durch Einhüllen des Verletzten in warme Decken oder durch Anlegen von Wärme flaschen ist um so nötiger, je mehr die Körperwärme infolge des Sauerstoff mangels bereits gesunken ist.

Die Wiedergenesung verläuft um so langsamer, je mehr das Blut mit Kohlenoxyd gesättigt gewesen ist. In leichten Fällen können einige Stunden zur Gesundung genügen, immerhin pflegt auch dann die Heilung von heftigen Kopfschmerzen, Übelkeit und Erbrechen begleitet zu sein. In schwereren Fällen der Vergiftung bleiben manchmal wochen- und monatelang böse Gesundheitstörungen zurück. Geschwächte Nerven, Beängstigungen, Unregelmäßigkeiten in Puls und Atmung, Muskelzucken und Krämpfe können die Folgen sein.

**28. — Feststellung der Kohlenoxydvergiftung.** Unter Umständen ist es wichtig, festzustellen, ob der Tod infolge Kohlenoxydvergiftung (Betriebsunfall) oder aus einem anderen Grunde, der vielleicht mit dem Betriebe nichts zu tun hat, erfolgt ist. Die sicherste Probe ist diejenige durch Spektralanalyse des Blutes, da Kohlenoxyd nur vom lebenden, nicht vom toten Körper aus dem Blute ausgeschieden wird. Ja man ist sogar in der Lage, das Kohlenoxyd im Blute auf diese Weise noch nachweisen zu können, nachdem die Leiche bereits monatelang im Grabe gelegen hat.

Häufig ist die Kohlenoxydvergiftung schon allein aus der eigentümlichen Rosafärbung des Blutes zu erkennen. Äußerlich sehen die an Kohlenoxydvergiftung Verstorbenen oft so aus, als ob noch Leben in ihnen sei. Während die Lippen und Schleimhäute bei den aus anderer Ursache Ver-

storbenen bleich erscheinen, spiegelt hier die hellrote Färbung leicht das schon lange entflozene Leben vor.

**29. — Brennbarkeit des Kohlenoxyds.** Die Brennbarkeit des Kohlenoxyds und die Explosibilität von Kohlenoxyd-Luftgemischen sind für den Bergmann von keiner Bedeutung. Das günstigste Explosionsverhältnis ist gegeben, wenn 1 Raumteil Kohlenoxyd mit  $2\frac{1}{2}$  Raumteilen Luft gemischt ist, d. h. wenn das explosible Gemisch 28,6% Kohlenoxyd enthält. Die unterste Grenze der Explosionsfähigkeit liegt bei 15% *CO* in dem Gemische. Es ist ausgeschlossen, daß jemals in der Grube derartige explosible Gemische vorhanden sein werden. Wo Brandgase zu Explosionen Veranlassung gegeben haben, dürften Schwelgase die Hauptrolle gespielt haben.

**30. — Schwefelwasserstoff.** Der Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ), der ein spezifisches Gewicht von 1,2 besitzt, ist noch viel giftiger als Kohlenoxydgas, ist aber im Gegensatz zu diesem leicht kenntlich an seinem starken Geruch (nach faulen Eiern), der sich bei dem geringsten, für den Menschen noch unschädlichen Prozentgehalte unangenehm bemerkbar macht. Schon 0,07 %  $H_2S$  in der Luft rufen schwere Erkrankungen hervor, bei 0,1 % verliert der Mensch bereits binnen kurzem das Bewußtsein und stirbt; 0,25 % genügen, um ein Pferd zu töten. Das Gas ist brennbar.

Es bildet sich bei der Fäulnis organischer Stoffe in Gegenwart schwefelhaltiger Verbindungen. Von Wasser wird es begierig verschluckt, 1 l Wasser nimmt bei 15° 3,23 l Gas in sich auf. Steht das Wasser unter Druck, so ist die verschluckte Gasmenge ähnlich wie bei der Kohlensäure entsprechend größer. Läßt der Druck nach, so entweicht ein Teil des Gases. Auf  $H_2S$  muß man besonders beim Anfahren von Wasseransammlungen im alten Mann gefaßt sein. Beim Anzapfen solcher Ansammlungen läßt das ausströmende und verspritzende Wasser den etwa vorhandenen Schwefelwasserstoff zum Teil entweichen. In Westfalen sind vereinzelt hierdurch entstandene Verunglückungen bekannt geworden.

Häufiger kommt  $H_2S$  auf Kalisalzgruben vor, wo es im Salze eingeschlossen sich findet und Höhlungen und Klüfte unter Druck erfüllt. Insgesamt gehören Verunglückungen in Gruben durch Schwefelwasserstoffgas zu den Seltenheiten.

**31. — Wasserstoff.** Das Wasserstoffgas (*H*), spezifisches Gewicht 0,069, ist ein brennbares, im Gemische mit Luft explosives Gas. Nach der Formel



berechnet sich das kräftigste Explosionsgemisch auf 71,4% Luft und 28,6% Wasserstoff. Das Gas ist für die Atmung unschädlich und verhält sich der Lunge und dem Blute gegenüber wie Stickstoff.

Auf Steinkohlengruben kommt Wasserstoffgas nur ausnahmsweise vor (s. Ziff. 43, S. 465). Jedoch enthalten es die Schwaden einiger Sprengstoffe (z. B. von Kohlenkarbonit). Auch kann sich Wasserstoff bei Grubenbränden und Explosionen bilden, wenn glühender Kohlenstoff und Wasserdampf aufeinander einwirken (s. S. 474, Ziff. 57, Abs. 6).

Gleichsam auf natürlicher Lagerstätte findet sich das Wasserstoffgas auf Kalisalzgruben. Es ist zuweilen im Salze eingeschlossen und entweicht

dann unmittelbar daraus nach Art von Bläsern<sup>1)</sup>. Im gashaltigen Salze kann es vorkommen, daß das Bohrmehl durch das entweichende Gas aus den Bohrlöchern geblasen wird. Die Analyse eines solchen Gases auf dem Kaliwerk Leopoldshall ergab 86,4 % Wasserstoff, während der Rest aus Grubengas, Kohlensäure und Stickstoff bestand. Es sind auch einzelne kleine Explosionen auf Kaliwerken vorgekommen, die auf Wasserstoffentwicklung zurückzuführen waren. Wasserstoff ist bedeutend leichter entzündlich als Grubengas, so daß Sicherheitslampen in ihm nicht eine gleiche Sicherheit wie gegenüber Schlagwettern besitzen. Selbst Lampen mit Doppelkorb sind gegenüber Wasserstoff-Luftgemischen nicht sicher.

**32. — Stickoxyd.** Das Stickoxyd ( $NO$  und  $N_2O_3$ ) ist ein gelbroter Qualm, der in der Grube nur dann entsteht, wenn Sprengschüsse auskochen, statt zu explodieren. Näheres hierüber findet sich im dritten Abschnitt auf S. 208 u. 209 unter Ziff. 110. Stickoxyddämpfe wirken reizend und unangenehm beißend auf die Atmungsorgane ein. Der Bergmann empfindet solche Schwaden als „scharf“.

Das Gas ist stark giftig. Die Folgen des Einatmens stickoxydhaltiger Sprengstoffschwaden äußern sich in der Weise, daß der Betroffene allmählich zunehmende Kopfschmerzen bekommt, ohne seine Arbeit sofort unterbrechen zu müssen. Unter sich einstellendem Hustenreiz entwickelt sich eine heftige Lungenentzündung, die unter Bluthusten und großen Schmerzen in ein bis zwei Tagen zum Tode führt.

Man muß deshalb die Gase von Schüssen, die ganz oder teilweise ausgekocht haben und sich durch besonders scharfen Geruch und ungewöhnlich große Menge kennzeichnen, nach Möglichkeit meiden. Der betreffende Arbeitsort ist erst nach gründlicher Bewetterung zu betreten.

**33. — Grubengas. Allgemeines.** Grubengas, auch Sumpfgas, leichter Kohlenwasserstoff oder Methan ( $CH_4$ ) genannt, besitzt das spezifische Gewicht 0,558. Ein Kubikmeter wiegt 0,7218 kg. Das Grubengas ist farb- und geruchlos, brennbar, nicht giftig, trotzdem aber wegen der Erstickungsgefahr nicht ungefährlich. Auf den Steinkohlengruben Preußens sind in den Jahren 1902—1911 13 und in den Jahren 1912—1920 sogar 45 tödliche Verunglückungen durch Erstickung in Grubengas vorgekommen.

In Wasser ist Grubengas nur wenig, jedoch in dem Grade löslich, daß bei Druckentlastung oder Erwärmung des Wassers merkbare Mengen entweichen und beispielsweise gelegentlich Behälter oder Räume der Wasserhaltung erfüllen<sup>2)</sup>.

**34. — Entstehung und Vorkommen des Grubengases.** Das Grubengas entsteht auch heute noch täglich bei der Vermoderung pflanzlicher Stoffe unter Luftabschluß (Verkohlung), wie dies auf S. 46 in Ziff. 55 im 2. Absatz beschrieben ist. Infolge der Bedeckung der Flöze mit anderen Gebirgsschichten kann das Gas nicht entweichen, sondern sammelt sich in der Kohle unter stellenweise hohem Drucke an.

<sup>1)</sup> Vgl. Kali 1910, Nr. 7, S. 137 u. f.: Erdmann: Zwei neuere Gasausströmungen in deutschen Kalisalzlagernstätten.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1884, S. 237; Baur: Über das Auftreten von schlagenden Wettern in Grubenwassern.

Grubengas kann infolge seiner Entstehung in jedem Gebirge auftreten, in dem pflanzliche Reste verkohlt sind. Man hat es daher gelegentlich in den verschiedensten Gebirgsformationen gefunden, z. B. im Buntsandstein, Zechstein (Kalisalzgruben), Jura, Tertiär und anderswo. Auf einzelnen Kalisalzgruben ist es sogar in größeren Mengen aufgetreten. Mehr oder weniger regelmäßig und allgemein verbreitet pflegt es sich aber nur im eigentlichen Steinkohlenegebirge zu finden. Aber auch hier führen nicht alle Flöze Grubengas. Z. B. sind die mächtigen Flöze Oberschlesiens in den oberen Schichten der dortigen Kohlenablagerung vollkommen frei davon. Vom Steinkohlenegebirge aus dringt das Gas manchmal in Hohlräume und Klüfte des Deckgebirges ein, so daß Vorsicht beim Schachtabteufen geboten sein kann (vgl. Ziff. 43).

Braunkohlen führen nur ausnahmsweise Grubengas, wie z. B. einige böhmische Braunkohlenflöze. Auch am Habichtswalde bei Kassel ist Grubengas in der Braunkohle aufgetreten.

Wenn man den Grubengasgehalt der Steinkohlenflöze in Rücksicht auf die Beschaffenheit der Kohle betrachtet, so sind im allgemeinen die Fettkohlen reicher an Grubengas als die Gas- und Gasflammkohlen, diese wieder reicher als die Magerkohlen. Im einzelnen aber erleidet diese Regel Ausnahmen genug. Schon die Flöze der Fettkohlenpartie selbst verhalten sich hinsichtlich der Grubengasentwicklung außerordentlich verschieden.

Schließlich ist auch der Grubengasgehalt eines einzelnen bestimmten Flözes starken Schwankungen unterworfen, wenn man es in seiner Längserstreckung verfolgt. Flöze, die zutage ausgehen, sind hier vielfach entgast und führen erst in größerer Teufe wieder  $CH_4$ . Eine ähnliche Rolle wie die Nähe des Ausgehenden können Klüfte und Spalten spielen. Die Entgasung der Flöze ist vollständiger, wenn das Steinkohlenegebirge zutage ausgeht, als wenn es von jüngeren Schichten (Kreide, Buntsandstein) überlagert ist. In diesem Falle führen viele Flöze Grubengas, die ohne Überlagerung schlagwetterfrei oder doch schlagwetterarm sind. Auch die größere oder geringere Durchlässigkeit des Deckgebirges ist von Einfluß. Unter Buntsandstein pflegt die Entgasung weiter als unter Mergelbedeckung vorgeschritten zu sein.

**35. — Gasdruck in der Kohle.** Die schlagwetterführenden Flöze enthalten das Gas unter einem gewissen Überdrucke. Zur Feststellung der Spannung des Gases in der Kohle sind häufig Messungen gemacht worden. Man bohrt zu diesem Zwecke tiefe Löcher in die Kohle und führt in diese ein Gasrohr ein, das an seinem äußeren Ende mit einem Manometer in Verbindung steht. Das andere Ende des Rohres ragt bis in das Bohrlochtiefste. Alsdann wird der zwischen Bohrlochwand und Gasrohr verbleibende Raum fest mit Letten verstampft, wobei nur das Bohrlochtiefste mit der Mündung des Gasrohres frei zu halten ist. Der hier allmählich ansteigende Gasdruck wird, sobald er gleichmäßig bleibt, am Manometer abgelesen. Auf Zeche Hibernia<sup>1)</sup> fand man bei 598 derartigen Messungen in bis zu 10 m tiefen Bohrlöchern einen durchschnittlichen Überdruck von 1,79 Atmosphären, in einem Falle bei 4 m Tiefe sogar einen Druck von 14,6 Atmosphären. Zu-

<sup>1)</sup> Behrens: Beiträge zur Schlagwetterfrage, (Essen, Bädeker), 1896.

meist ergaben sich Drücke von 0,5—1 Atmosphäre; in weicher, zerklüfteter Kohle weniger, in dichter und fester Kohle mehr. Im allgemeinen fand man, wie leicht erklärlich, in tiefen Bohrlöchern einen höheren Druck als in weniger tiefen.

In belgischen Kohlengruben sind bei ähnlichen Versuchen Spannungen bis zu 23 Atmosphären, in einem Falle in einem sonst noch unaufgeschlossenen Felde sogar von 42,4 Atmosphären festgestellt worden. Hier hatte man von einem Querschlag aus durch wahrscheinlich undurchlässige Schichten ein unverritztes Flöz angebohrt (Abb. 410), so daß man vermutlich den vollen ursprünglichen Gasdruck festzustellen in der Lage war.

Es kommt vor, daß der Gasdruck innerhalb eines Flözes stark schwankt, ohne daß eine Änderung in der Art und Härte der Kohle äußerlich zu bemerken ist.

Wo das die Kohle begleitende Nebengestein porös oder klüftig ist, wird auch dieses vom Grubengase unter Druck erfüllt.

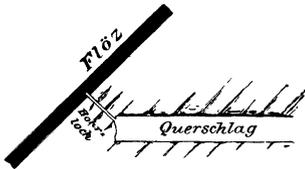


Abb. 410. Gasdruckmessung in einem unvertzten Flöz auf einer belgischen Grube.

**36. — Übertritt des Grubengases in die Grubenbaue.** Der Übertritt des Gases aus der Kohle oder dem Gestein in die Grubenwetter erfolgt, sobald hierzu die Möglichkeit durch Aufschließung der das Gas enthaltenden Schichten gegeben ist. Der Übertritt geht vor sich:

1. durch regelmäßiges Ausströmen aus der Kohle oder dem Nebengestein,
2. durch plötzliche Gasausbrüche,
3. durch Bläser.

Außerdem bedarf

4. der Übertritt des Grubengases aus dem alten Mann in die Grubenbaue einer besonderen Besprechung.

**37. — Das regelmäßige Ausströmen des Gases.** In der Regel findet die Entgasung der Kohle durch ununterbrochenen, allmählich abnehmenden Ausfluß des Gases statt, wie dies bei einem unter Druck in der Kohle enthaltenen Gase von vornherein zu erwarten ist. Die Schnelligkeit des Gasaustritts ist bald größer und bald geringer und hängt von dem Gasdruck, von der Art der Kohle und der Zeitdauer seit dem Beginn der Entgasung ab. Es wäre zwecklos, Formeln für die Ausflußgeschwindigkeit des Gases aus der Kohle — etwa berechnet nach dem Gasdrucke — aufstellen zu wollen, da derartige verwickelte Vorgänge sich nicht in eine Formel bringen lassen. In jedem Falle erfolgt aber die Gasausströmung im unverritzten Felde, also bei der Vorrichtung, sehr viel lebhafter als einige Zeit später beim Abbau. Man kann rechnen, daß auf jede Tonne fallender Kohle bei den Vorrichtungsarbeiten vier- bis fünfmal soviel  $CH_4$  ausströmt wie beim eigentlichen Abbau, wo das Feld von dem Hauptgasdrucke bereits befreit ist. (Siehe S. 469, Ziff. 48.)

Die Entgasung der Kohle ist oft durch das Gehör wahrnehmbar. Unter der Wirkung des ausströmenden Gases springen nämlich kleine Kohlentheilchen mit einem knisternden Geräusch ab. Der Bergmann sagt dann, die

Kohle „krebst“. Auch wenn das Gas das auf der Sohle etwa vorhandene Wasser in Blasen durchbricht, entsteht ein ähnliches Geräusch.

**38. — Gasentwicklung aus bereits gewonnener Kohle.** In vermindertem Maße setzt sich die Grubengasentwicklung fort, wenn die Kohle schon gewonnen ist. Sogar über Tage ist in Vorratstrichtern, Kohlenrumpfen und Trockentürmen der Kohlenwäschen häufig das Auftreten von Grubengas bemerkt worden und hat vereinzelt, kleinere Explosionen herbeigeführt<sup>1)</sup>. Der Gebrauch der Sicherheitslampen kann deshalb auch über Tage bei gewissen Arbeiten notwendig sein.

**39. — Plötzliche Gasausbrüche.** Wenn die regelmäßige, langsame Entgasung der Kohle als die Regel betrachtet werden kann, so ist andererseits auch eine überraschend schnell verlaufende Gasentwicklung möglich, die dann eintritt, wenn das Gefüge der Kohle plötzlich zerstört und damit dem in den Poren eingeschlossenen Gase Gelegenheit zum schnellen Entweichen gegeben wird. Aus zwei Ursachen kann dies eintreten, nämlich entweder durch den inneren Druck der in der Kohle enthaltenen Gase selbst oder aber durch äußeren, mechanischen Druck, wie er in der Grube insbesondere als Gebirgsdruck zur Wirkung kommt. Demgemäß sind plötzliche Gasausbrüche der ersten und der zweiten Art zu unterscheiden, wenn auch die Grenzlinie nicht überall scharf zu ziehen ist.

**40. — Gasausbrüche, die auf den inneren Gasdruck selbst zurückzuführen sind.** Wir haben gesehen, daß der Gasdruck in der Kohle unter Umständen auf einige 20, ja sogar auf 40 Atmosphären und darüber steigen kann, und es ist leicht zu verstehen, daß die Festigkeit der Kohle einem solchen Drucke nicht immer gewachsen sein wird. Solange diese vom Nebengestein fest eingeschlossen ist und nicht ausweichen kann, ist dieser Gasdruck unbedenklich. Sobald aber durch Auffahren von Strecken der Kohle Gelegenheit zum Ausweichen gegeben wird, kann die Gefahr entstehen, daß sie über ihre Festigkeit hinaus beansprucht wird und plötzlich nachgibt. Alsdann bricht das Gas aus und reißt die feinzerteilte Kohle mit sich, ähnlich wie die Kohlensäure aus einer plötzlich geöffneten Mineralwasserflasche herausquillt und dabei das Wasser als Schaum mit sich reißt. Neben der Entwicklung großer Gasmengen ist also das Einbrechen gewaltiger Massen von Kohlenstaub oder doch feinzerteilter Kohle in die Grubenbaue das Kennzeichen eines solchen plötzlichen Gasausbruches. Wenn man später die Ausbruchsstelle betritt, so findet man, daß im Flöze sich Hohlräume gebildet haben, deren früherer Inhalt das Grubengas und den Staub geliefert hat<sup>2)</sup>.

Die Grubengasmenge, die auf diese Weise plötzlich frei wird, kann so bedeutend sein, daß sie mit dem regelmäßigen Wetterzuge nicht mehr abziehen kann, sondern sogar den einziehenden Strom zurückwirft und ihm

<sup>1)</sup> Glückauf 1901, Nr. 33, S. 705 u. 706; Einecker: Schlagwetterexplosionen über Tage.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1910, S. 1 u. f.; Schausten: Gasausbrüche beim ausländischen Steinkohlenbergbau; Bracht: Grubengasausbrüche in Belgien; Gasausbrüche im Ruhrbezirk; Gasausbrüche im Saarbezirk.

Ferner: Stassart et Lemaire: Les dégagements instantanés de grisou dans les mines de houille de Belgique, (Brüssel, Narcisse), 1910.

entgegen einen Ausweg sucht. Die in die Grubenräume hereinbrechende Staubkohle kann einige Tonnen bis zu mehreren hundert Tonnen und unter Umständen noch darüber wiegen. In Belgien hat man mehrfach bis zu 500 t Feinkohle als das Erzeugnis eines Gasausbruches feststellen können.

In der Regel tritt der Gasausbruch ohne vorherige Warnungszeichen ein. Manchmal macht sich aber auch vorher ein Knistern und Knallen in der Kohle bemerkbar, und es springen Kohlenstückchen aus dem Stoße ab, bis kurz darauf der eigentliche Gasausbruch folgt.

Um von der Gewaltigkeit solcher Vorkommnisse ein Bild zu geben, sei nach Demanet<sup>1)</sup> der Gasausbruch auf der Kohlengrube Agrappe bei Frameries vom Jahre 1879 geschildert: Dieser Ausbruch, der 132 Opfer (121 Tote und 11 Verletzte) forderte, erfolgte 610 m unter Tage in einem Aufhauen. Die entwickelte Gasmenge war so ungeheuer groß, daß der Gasstrom fast augenblicklich sowohl den Förderschacht, als auch die Schachtkauke erfüllte. Hier entzündete sich das Gas an einem Feuer, und 14 Personen wurden über Tage verbrannt, wovon 3 starben. Nun entzündete das Gas den Förderturm, und es loderte 2¼ Stunden lang ununterbrochen eine gigantische Feuersäule von 50 m Höhe aus dem Schachte heraus zum Himmel, die 10 km weit zu sehen war. Als die Gasentwicklung schließlich aufhörte, schlug die Flamme in die Grube zurück und veranlaßte unter Tage eine Reihe von Schlagwetterexplosionen auch in denjenigen Grubenteilen, die bisher noch verschont geblieben waren. Die Schlagwettermenge, die sich bei diesem Gasausbruche entwickelt hat, ist auf 500000 cbm berechnet worden. — So gefährlich und so groß gestalten sich die Gasausbrüche freilich selten.

Glücklicherweise leidet nur ein Teil der Schlagwettergruben unter der Gefahr der plötzlichen, auf allzu hohen Druck der Gase in der Kohle zurückzuführenden Ausbrüche. Diese sind bisher, wenn wir nur Europa in Rücksicht ziehen, besonders im belgischen Steinkohlenbergbau, sodann in dem südfranzösischen Steinkohlenbecken Gard (hier mehrfach durch Kohlensäure verursacht) und auf den ungarischen Gruben bei Resicza aufgetreten. Außerdem sind sie vereinzelt auf englischen und nordfranzösischen Gruben beobachtet worden.

In Deutschland sind bisher solche Gasausbrüche auf nur wenige Gruben beschränkt geblieben.

Am häufigsten treten die Gasausbrüche in der Fettkohle auf. Die Zahl der Ausbrüche und die Neigung dazu nimmt mit der wachsenden Teufe zu. Die sämtlichen bekannten belgischen Ausbrüche, deren Zahl sich auf mehrere hundert beläuft, haben sich über 280 m tief ereignet. Offenbar besteht auch ein Zusammenhang der Gasausbrüche mit Flözstörungen, insofern als die Ausbrüche in der Nähe von Verwerfungen und Faltenbiegungen oder in Flözverdrückungen besonders häufig beobachtet werden. Es ist wohl anzunehmen, daß die durch die Störungen veranlaßte Änderung des physikalischen Zustandes der Kohle ihre Festigkeit

<sup>1)</sup> Demanet: *Traité d'exploitation des mines de houille*; Übersetzung von Dr. Kohlmann und Grahn, (Braunschweig, Vieweg), 1905, S. 52.

herabsetzt, durch die Zerklüftung der Kohle das Gas teilweise befreit und durch das Zusammenwirken beider Ursachen die Neigung zu Gasausbrüchen begünstigt.

Gasausbrüche sind um so eher zu erwarten, je weniger die Kohle bisher Gelegenheit zur Entgasung gehabt hat. Vielfach sind deshalb Aus- und Vorrichtungstrecken und in unverritzte Feldesteile vordringende Querschläge beim Anfahren von Flözen plötzlichen Gasausbrüchen ausgesetzt. Noch häufiger treten sie freilich beim Abbau auf, pflegen aber hier weniger folgenschwer zu sein.

Eine besondere Art plötzlicher Gasausbrüche ist in England bekannt geworden. Dort sind die Flöze manchmal im Hangenden oder Liegenden von schmalen, unbauwürdigen Flözchen begleitet, die bedeutend mehr Grubengas als das Hauptflöz selbst führen. Wenn nun Haupt- und Nebenflöz durch ein nicht allzu mächtiges, undurchlässiges Zwischenmittel getrennt sind, so kommt es bisweilen vor, daß dieses Zwischenmittel sich unter Krachen anhebt, falls es das Liegende des Hauptflözes bildet, oder daß es sich abdrückt, falls es das Hangende ist. Gleichzeitig brechen Ströme von Grubengas durch die entstehenden Risse und Spalten in die Grubenbaue ein, verlöschen alle Lampen und bringen die Arbeit für Stunden, unter Umständen auch für Tage zum Stillstand.

**41. — Die Gefahren der Gasausbrüche und ihre Bekämpfung.** Die Gefahren dieser Gasausbrüche bestehen darin, daß die Bergleute von den hereinbrechenden Staubmassen begraben werden oder in dem Grubengase ersticken oder aber im Falle einer Entzündung der Gase der Schlagwetterexplosion zum Opfer fallen.

Abgesehen von dem Falle der Explosion bestehen diese Gefahren in gleicher Weise bei den in Ziff. 21 u. 24, S. 453 u. 454 erwähnten Kohlen-säureausbrüchen.

Die Bekämpfung der Gasausbrüche ist zunächst in erster Linie auf deren völlige Verhütung ausgegangen. Das bekannteste Mittel war dasjenige des Vorbohrens. Als verlässliches Vorbeugemittel hat es sich freilich nicht erwiesen, da trotz Vorbohrens mehrfach Ausbrüche vorgekommen sind. Immerhin wirkt es nützlich, wenn die Bohrlöcher eine Länge von 4—5 m erhalten und nach allen Seiten vorgetrieben werden (vgl. den Abschnitt „Ausrichtung“). Von Bedeutung ist ferner als Abwehrmaßregel die Verlangsamung des Betriebes der Grubenbaue, die namentlich dann eintreten soll, wenn man im bisher unverritzten Felde ein neues Flöz anfährt. Beginnt man mit dem Abbau, so soll man nach Möglichkeit stets die als weniger gefährlich erkannten Flöze zuerst abbauen, um dem zu plötzlichen Gasausbrüchen neigenden Flöze Zeit zur Entgasung zu lassen. Auch wird empfohlen, beim Strebbau den obersten Streb, der infolge der Nachbarschaft mit dem alten Mann der höheren Sohle bereits entgast ist, voranzustellen und die tieferen Streben etwas zurückbleiben zu lassen, damit stets der am meisten entgaste Teil des Flözes zuerst gewonnen wird. Während man früher die Sprengarbeit in den zu Gasausbrüchen neigenden Flözen einzuschränken pflegte, um tunlichst die Ausbrüche zu vermeiden, erkannte man schließlich, daß gerade die Sprengarbeit geeignet ist, die der Belegschaft drohenden Gefahren auf ein Mindestmaß herabzusetzen. Die Erschütterung

des Gebirges durch die Schüsse bewirkt, daß der Ausbruch in der Regel während des Schießens eintritt. Für diesen kurzen Augenblick können die Leute genügend weit, unter Umständen bis über Tage, zurückgezogen und die geeigneten Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden<sup>1)</sup>. Im übrigen sucht man die Arbeit vor Ort tunlichst abzukürzen und insbesondere die Benutzung der Keilhau zur Hereingewinnung, zum Kerben und Schrämen einzuschränken.

Von den sonstigen Mitteln zum Schutze der Bergleute gegen die Folgen der Gasausbrüche sind zu erwähnen: Vermeidung offenen Geleuchtes und offenen Feuers an dem Füllorte und auch an der Hängebank des Schachtes; Gebrauch elektrischer Lampen, die im Augenblicke der Gefahr nicht erlöschen; Beleuchtung des Fluchtweges damit; Beseitigung aller überflüssigen Hindernisse auf dem Fluchtwege; Verhütung eines Zurückflutens der Schlagwetter entgegen dem einziehenden Strome dadurch, daß man den Wetterwegen des ausziehenden Stromes große Querschnitte gibt und hier alle Drosselungen beseitigt. Mit der letzteren Maßnahme in Einklang steht, daß man bei Benutzung von Lutten stets blasende Bewetterung anwendet. In Verbindung mit solchen Mitteln werden auch Zufluchtskammern (s. d. in Bd. II) vorgeschlagen, in die durch Druckluftleitungen frische Luft geblasen werden kann.

**42. — Gasausbrüche, die auf den Gebirgsdruck zurückzuführen sind.** Stückige, feste Kohle pflegt nach ihrer Hereingewinnung nur langsam zu entgasen. Wenn aber die Kohle durch mechanischen Druck zermalmt wird, so geht die Entgasung schneller vor sich. Hierhin gehört schon die Erscheinung, daß, wenn beim Abbau plötzlich das Hangende sich auf den Kohlenstoß setzt und hier die Kohle in Schalen abdrückt, bisweilen Grubengas in sehr merklichen Mengen frei wird. Bei Zermalmung der Kohle bis zu Staubform kann sie ein Mehrfaches ihres Volumens an Gas plötzlich abgeben<sup>2)</sup>.

In der Grube kommen plötzliche Zerdrückungen von Kohlenpfeilern durch den Gebirgsdruck namentlich dann vor, wenn das Hangende sehr fest ist, so daß größere Flächen abgebaut werden können, ehe ein Setzen oder auch ein Durchbrechen des Hangenden erfolgt. In solchem Falle werden die verbleibenden Kohlenpfeiler je länger desto mehr belastet, da sie den immer mehr ansteigenden Gewölbedruck aufnehmen müssen. Schließlich vermag die Kohle den Druck nicht mehr zu tragen, sie wird zerquetscht, das Hangende bricht (in einem „Gebirgschlag“ oder „Knall“) durch, und unter Umständen ergießen sich große Grubengasmengen in die Baue, obwohl man vielleicht bisher in dem Flöze nur sehr wenig mit Schlagwettern zu tun gehabt hat<sup>3)</sup>.

<sup>1)</sup> S. Anmerkungen <sup>1)</sup> und <sup>2)</sup> auf Seite 461; — ferner Bull. d. l. Soc. d. l'Ind. min. 1916, S. 233; Laligant: Gisement et dégagement du grisou; — ferner Glückauf 1923, Nr. 1, S. 13; Kirst: Das Auftreten plötzlicher Gasausbrüche usw.

<sup>2)</sup> Bull. d. l. Soc. d. l'Ind. min. 1912, S. 533; Morin: Quelques effets de pressions de terrains etc.

<sup>3)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1911, S. 68; Rumberg: Der Gebirgschlag auf der Schachtanlage III/IV der Zeche Consolidation am 10. Juni 1910.

Ausbrüche dieser Art finden naturgemäß ausschließlich im Gefolge des Abbaues statt, während die in Ziff. 40 behandelten auch vielfach Begleiterscheinungen der Aus- und Vorrichtung sind. Ganz besonders kommt der Gebirgsdruck bei dem Pfeilerrückbau zur Wirkung, so daß bei dieser jetzt zumeist aufgegebenen Abbauart Gasausbrüche öfter sich ereigneten. Wenn in solchen Fällen die Pfeiler unter starken Druck geraten waren, so kam es vor, daß unter donnerartigem Getöse plötzlich mehrere Wagenladungen sehr feinkörniger Kohle aus den Stößen der Abbaustrecken geschleudert und dabei große Schlagwettermengen entwickelt wurden<sup>1)</sup>. Zur Vermeidung solcher Ausbrüche muß man namentlich bei festem Hangenden Abbauarten vermeiden, bei denen einzelne, rundum frei stehende Kohlenpfeiler den ganzen Gewölbedruck aufnehmen müssen.

**43. — Gasausströmungen aus Gebirgsklüften (Bläser erster Ordnung).** Wenn das Kohlen- oder das Deckgebirge von Klüften, Spalten oder sonstigen Hohlräumen durchsetzt ist, so kann es vorkommen, daß diese Hohlräume unter einem gewissen Überdrucke von Grubengas erfüllt sind, das hierhin seinen Weg aus den Kohlenflözen gefunden hat. Werden die Gasansammlungen angehauen oder angebohrt, so „bläst“ das Gas durch die entstandene Öffnung aus. Wir sprechen dann von einem „Bläser“.

Die Bläser können, wenn es sich um ausgedehnte, unter hohem Gasdrucke stehende Klüfte handelt, oft mit großer Gewalt ausbrechen. Jedoch ist es falsch, sie deshalb mit den in ihrem Wesen verschiedenen Gasausbrüchen, wie sie oben beschrieben sind, zu verwechseln.

Die meisten Bläser sind nach kurzer Zeit, nach wenigen Stunden oder Tagen erschöpft. Es sind aber auch Bläser bekannt geworden, die jahrelang ununterbrochen ganz erhebliche Gasmengen geliefert haben. Es ist das leicht begreiflich, wenn man bedenkt, daß das an einem Punkte angeschlagene Spaltensystem eine große Anzahl von Flözen schneiden und von allen diesen gespeist werden kann.

Sehr starke Bläser fuhr man beim Abteufen des Schachtes Ewald III im Mergel an. Sie lieferten längere Zeit hindurch minutlich 6,2—9 cbm oder täglich rund 10000 cbm Gas. Auf Zeche Neu-Iserlohn lieferte ein Bläser mehrere Jahre hindurch 4 cbm minutlich oder 5760 cbm täglich. Überhaupt sind Bläser im Ruhrbezirke eine häufige Erscheinung. Vielfach hat man gefunden, daß beim Durchhörtern einer Störung zunächst unter heftigem Drucke Wasser ausspritzte und erst dann das Gas folgte.

Das Bläsergas ist häufig reines  $CH_4$ ; es findet sich in ihm aber auch Stickstoff (bis zu 20 %) und Kohlensäure (bis zu 5 %). Auf einer belgischen Grube hat man in einem Falle auch freien Wasserstoff in den ausströmenden Grubengasen gefunden<sup>2)</sup>.

**44. — Gasausströmungen aus Bruchspalten (Bläser zweiter Ordnung).** Es kommt auch vor, daß Bläser nachträglich in Strecken auftreten, die bisher in geschlossenem, klüfte- und rissefreiem Gebirge standen. Dies kann am leichtesten geschehen, wenn unterhalb der Strecken Abbau umgeht

<sup>1)</sup> Sammelwerk Bd. VI, S. 102.

<sup>2)</sup> Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1908, Nr. 26, S. 325; Volf: Über die Entzündlichkeit der Schlagwetter usw.

und das Hangende über diesen Abbauf lächen unter Bildung von Spalten und Rissen sich setzt. Dann können so Verbindungswege zu den oberen Grubenbauen geschaffen werden, die diesen das Grubengas aus den zu Bruch gegangenen Abbauen und aus den etwa darüber befindlichen bauwürdigen oder unbauwürdigen Flözen zuführen. Auf diese Weise können in den oberen Querschlägen, Richtstrecken oder sonstigen Grubenbauen Bläser entstehen, die unter Umständen überraschend schnell die Baue mit großen Schlagwettermengen erfüllen. Es ist mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß das Radbod-Unglück vom 12. 11. 1908 so entstanden ist<sup>1)</sup>. Die Gasentwicklung kann besonders groß sein, wenn mit dem plötzlichen Durchbrechen des Hangenden noch Gasausbrüche (s. Ziff. 42) in den zu Bruche gehenden Bauen verknüpft sind.

Infolge Niedergehens des Hangenden über dem gebauten Flöze können sich ferner Bruchspalten nach oben öffnen, die unter Umständen Gase aus hangenden Flözen den in Betrieb befindlichen unteren Grubenbauen zuführen.

**45. — Austritt des Grubengases aus dem alten Mann.** Es leuchtet ein, daß die aus der Kohle oder dem Gestein ausströmenden Grubengase sich in den unbewetterten Teilen des Grubengebäudes ungestört ansammeln können. Man wird deshalb auf Schlagwettergruben im alten Mann, mag er offen stehen oder teilweise oder ganz versetzt sein, in den meisten Fällen Grubengas in größerer Menge antreffen. Ebenso natürlich ist, daß ein Übertritt der Gase aus dem alten Mann in die Grubenräume stattfinden wird.

Der Übertritt muß zunächst eine Folge der dauernden Weiterentwicklung von  $CH_4$  aus benachbarter, anstehender oder als Abbauverlust zurückgebliebener Kohle oder aus dem Gebirge überhaupt sein. Die Menge des Grubengases im alten Mann wird andauernd vermehrt, so daß der Überschuß in die Grubenräume entweichen muß.

Dieser Übertritt wird weiter durch die Diffusion begünstigt.

Ferner wird das Grubengas aus dem alten Mann durch das Niedergehen des hangenden Gebirges allmählich herausgedrückt. Die Senkung des Hangenden kann gleichmäßig und allmählich erfolgen, wie dies gewöhnlich beim Strebbau der Fall sein wird. Alsdann wird auch der Austritt des Grubengases aus dem alten Mann entsprechend dem Vorrücken des Abbaues ruhig und fast unmerklich vor sich gehen. Unter Umständen senkt sich aber auch das Hangende über größere Flächen hinweg plötzlich (namentlich beim Pfeilerbau), so daß in solchem Falle das Grubengas in großen Mengen plötzlich mit großer Geschwindigkeit in die Strecken gedrückt wird. Die Baue, die eben noch gasfrei waren, können sodann im nächsten Augenblicke mit hochprozentigen Grubengas-Luftgemischen erfüllt sein.

**46. — Einfluß des Luftdruckes auf die Grubengasentwicklung.** Man könnte daran denken, in der Grube nach Verschuß der Tagesöffnungen durch Einpressen von Luft einen gewissen Überdruck zu erzeugen, der imstande wäre, dem Drucke des Grubengases in der Kohle und im Gestein

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1911, S. 769; Hollender: Die Explosion auf der Steinkohlengrube Radbod I/II bei Hamm i. W. am 12. November 1908. — Vgl. auch den auf S. 464 in Anm. <sup>2)</sup> angeführten Aufsatz von Morin.

das Gleichgewicht zu halten und den Austritt des Grubengases zu verhüten. Freilich müßte der angewandte Überdruck so hoch sein, daß dies Verfahren betrieblich nicht in Betracht gezogen werden könnte.

Obige Annahme zeigt jedoch, daß die Höhe des Luftdruckes von Einfluß auf den Austritt des Grubengases sein wird. Bei gleichmäßigem Barometerstande wird sich eine gleichmäßige Gasentwicklung herausbilden. Bei steigendem Barometer wächst der Widerstand, und die Gasentwicklung muß sich verlangsamen, während umgekehrt bei fallendem Barometer die Gasentwicklung lebhafter vor sich gehen wird.

Der mittlere Barometerstand ist 760 mm Quecksilber- oder 10300 mm Wassersäule. Die Schwankungen betragen insgesamt im Höchsfalle etwa 40 mm Quecksilber (540 mm Wasser) und gehen in der Regel über 30 mm Quecksilber (400 mm Wasser) nicht hinaus. Tagesschwankungen von 10 mm Quecksilber (135 mm Wasser) sind bereits sehr hoch. Der Luftdruck schwankt also im Höchsfalle um 5,1 %, während die Tagesschwankungen sehr selten mehr als etwa 1,3 % betragen.

Wenn man bedenkt, daß der durchschnittliche Überdruck des Gases in der Kohle auf Zeche Hibernia (s. Ziff. 35) bei 598 Messungen 1,79 Atm., der absolute Druck also 2,79 Atm. betragen hat, so mag es gleichgültig scheinen, ob gegenüber dieser Spannung ein äußerer Druck von 1 oder 1,013 oder 1,051 Atm. vorhanden ist. Denn mehr betragen ja die Schwankungen des äußeren Luftdruckes nicht. Man kommt aber doch zu einem anderen Schlusse, wenn man erwägt, daß der Überdruck von 1,79 Atm. mehrere Meter tief in der Kohle festgestellt worden ist und daß er um so mehr abnimmt, je mehr man sich der bloßgelegten Kohlenwand in Strecke oder Abbau nähert. Die äußerste Schicht der in der Grube anstehenden Kohle enthält das Gas mit einem sehr viel geringeren Überdrucke, der schließlich nur noch  $\frac{1}{10}$  oder  $\frac{1}{100}$  Atm. oder noch weniger beträgt. Steigt also plötzlich das Barometer, so ist es sehr wohl denkbar, daß für kurze Zeit infolge des gestiegenen Luftdruckes das Grubengas in die Kohle zurückgestaut oder am Ausfließen verhindert wird. Lange wird freilich diese Einwirkung nicht währen. Denn allmählich drückt das Gas aus der hinteren Kohle mit seiner höheren Spannung nach und gewinnt gegenüber dem äußeren Luftdrucke sehr bald die Oberhand. Zunächst aber kann der Gasaustritt behindert werden, ebenso wie er umgekehrt bei plötzlich fallendem Barometer begünstigt wird.

Daß die Gefahr der plötzlichen Gasausbrüche durch die Schwankungen des Luftdruckes beeinflusst wird, ist kaum anzunehmen. Dafür sind die Gasdrücke in der Kohle, die die Voraussetzung für einen Gasausbruch bilden, zu hoch, und ihnen gegenüber kann ein Mehr oder Weniger von höchstens  $\frac{1}{20}$  Atmosphärendruck der äußeren Luft keine Rolle spielen.

Anders ist das Verhältnis bei Bläsern. Die Bläsergase stehen vor ihrem Austritt zum Teil unter nur geringem Überdrucke, namentlich dann, wenn der Bläser sich seiner Erschöpfung nähert. Tatsächlich hat man auch öfter durch Versuche festgestellt, daß die Gaslieferung der Bläser bei fallendem Barometer steigt und bei steigendem fällt.

Am bedeutendsten ist jedenfalls der Einfluß der Barometerschwankungen auf den Gasaustritt aus dem alten Mann, in dem das Gas etwa unter dem Atmosphärendrucke selbst steht. Nach dem Mariotteschen

Gesetze verhalten sich die Volumina umgekehrt wie die Drücke. Sinkt der Atmosphärendruck, so wird das Volumen einer gewissen Gasmenge, die an der Druckschwankung teilnimmt, entsprechend wachsen. 100 cbm Gase bei 820 mm Barometerstand, wie er in Gruben von mittlerer Teufe etwa auftritt, nehmen bei einem Barometerstande von nur 780 mm einen Raum von rund 105 cbm ein. Alle im alten Mann stehenden Gase dehnen sich also in solchem Falle um etwa den 20. Teil ihres bisherigen Volumens aus. Dieser Teil muß in die Grubenräume übertreten, so daß der  $CH_4$ -Gehalt der Grubenwetter erhöht wird. Je größer die Räume des alten Mannes sind und je heftiger der Barometersturz ist, um so plötzlicher wird das Grubengas in die Grubenbaue übertreten; je schwächer die in der Nähe

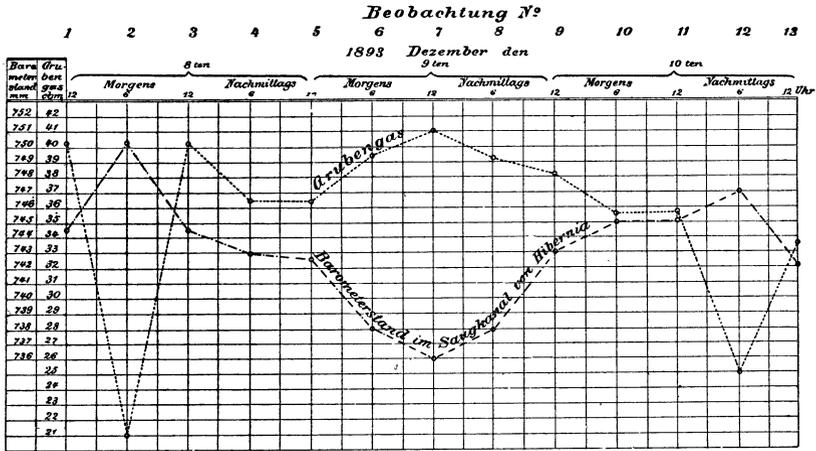


Abb. 411. Barometerstand und Grubengasentwicklung.

vorbeistreichenden Wetterströme sind, um so stärker wird deren Anreicherung an Grubengas sein. — Ähnlich wie der alte Mann wirkt jeder andere Hohlraum in der Grube, in dem Grubengas steht, also z. B. schon jede Auskesselung in der Firste der Strecken.

Bei steigendem Barometer ist der Verlauf der Bewegung der Gase umgekehrt. Die Wetter im alten Mann werden zusammengepreßt, und frische Luft strömt aus den Strecken in den alten Mann nach. Die Grubenwetter werden also schlagwetterfreier werden.

Bei längere Zeit gleichbleibendem Barometerstande wird es nahezu gleichgültig sein, ob das Barometer hoch oder niedrig steht. Es wird sich alsdann etwa die mittlere Gasausströmung einstellen.

Bergrat Behrens (s. o., S. 459) hat über den Zusammenhang von Grubengasausströmung und Atmosphärendruck eine Reihe wichtiger Beobachtungen gemacht. Er fand z. B., daß das Fallen des Luftdruckes um 8,5 mm Quecksilbersäule in 24 Stunden eine Vermehrung der Gasentwicklung um 9 % und zu einer andern Zeit das starke Steigen des natürlichen Luftdruckes um 9 mm in 18 Stunden eine Verminderung der Grubengasentwicklung um 13,6 % zur Folge hatte. Wenn solche Schwankungen des Grubengasgehaltes

schon im Gesamtwetterstrome bestehen, so werden sie für einzelne Punkte in der Grube (z. B. in der Nähe des alten Mannes) noch bedeutend größer sein können.

Sehr deutlich ergibt sich der Zusammenhang zwischen Grubengasentwicklung und Luftdruck aus der Abb. 411, wobei allerdings zu beachten ist, daß die Luftdruckschwankungen im Saugkanal des Ventilators gemessen sind und ihre Stärke zum Teil auf die Umdrehungszahl des letzteren zurückzuführen ist. Man hatte nämlich die natürlichen Schwankungen des Luftdruckes durch entsprechende Wahl der Umdrehungszahl verschärft, was ja aber an der Richtigkeit des zu führenden Beweises nichts ändert.

**47. — Einfluß des Luftdruckes auf die Explosionsgefahr.** Eine viel und fortdauernd untersuchte Frage ist die, ob der Zeitpunkt und der Eintritt der Schlagwetterexplosionen selbst mit den Luftdruckschwankungen in einem erkennbaren Zusammenhange stehen. Man hat Jahre hindurch fortlaufend die Barometerstandskurve aufgezeichnet und darin den Zeitpunkt der einzelnen, vorgekommenen Schlagwetterexplosionen vermerkt. Man fand aber, daß ein Zusammenhang zwischen den Luftdruckschwankungen und den Schlagwetterexplosionen nicht sicher nachweisbar ist, da annähernd ebensoviel Explosionen bei fallendem wie bei steigendem Barometer sich ereigneten.

Es ist das leicht erklärlich. Der Eintritt einer Schlagwetterexplosion hat neben dem Vorhandensein von Grubengas in gefährlicher Menge stets eine zündende Ursache zur Voraussetzung. Schon die Ansammlung gefährlicher Grubengasmengen wird häufiger dem Zufall und insbesondere dem Versagen der geordneten Wetterführung infolge von Brüchen oder dem Niedergehen des Hangenden über dem alten Mann oder dem Anschließen von Bläsern als dem Fallen des Luftdruckes zuzuschreiben sein. Noch mehr fehlt der innere Zusammenhang zwischen einer Luftdruckschwankung und der Entzündung der Schlagwetter. Denn mag die zündende Ursache in einem unglücklichen Zufall (z. B. in einer Zertrümmerung der Sicherheitslampe durch einen Schlag mit der Keilhaue), in dem Leichtsinne oder der Unerfahrenheit der Bergleute (Benutzung von Feuerzeug, Öffnen der Lampe, falsche Ausführung der Sprengarbeit) oder in anderen Zufälligkeiten liegen, jedenfalls leuchtet ein, daß der Zufall der Zündung vom Barometerstande unabhängig ist.

**48. — Verhältnis der Gasmenge zur Kohlenförderung.** Die Gesamtmenge des auf den einzelnen Zechen je Tonne Förderung ausströmenden Grubengases ist sehr verschieden und schwankt z. B. in Westfalen von 0—60 cbm. Im großen Durchschnitt kann man für den Ruhrbezirk etwa 7 cbm annehmen. Es sind das je 1 cbm Kohle rund 9 cbm Gas, im Höchstfalle (bei 60 cbm auf die Tonne) aber 78 cbm Gas auf 1 cbm Kohle!

Demgemäß sind überhaupt die entwickelten Gasmengen recht beträchtlich. Der Gesamtwetterstrom der Zeche Hibernia, die zeitweise eine sehr große Grubengasentwicklung aufgewiesen hat, betrug längere Zeit hindurch 7500 cbm mit etwa  $\frac{1}{2}\%$   $CH_4$  im ausziehenden Strome. Es sind das 37,5 cbm Grubengas in der Minute oder 54000 cbm an einem Tage.

Als ein anderes Beispiel einer starken Grubengasentwicklung mag noch die Fettkohlengrube Louisenenthal bei Saarbrücken genannt sein. Als diese Grube sich in Vorrichtung befand und durchschnittlich 109 t Förderung lieferte, betrug die Grubengasentwicklung täglich 27027 cbm oder je Tonne Kohle 248 cbm.

**49. — Beziehungen zwischen Grubengasentwicklung und Beschaffenheit der Kohle.** Sehr grubengasreiche Flöze pflegen viel Feinkohle zu liefern, während Flöze mit harter Kohle, also hohem Stückkohlenfall, zumeist wenig Grubengas entwickeln. Offenbar besteht hier ein Zusammenhang. Freilich wird nicht immer mit Sicherheit zu entscheiden sein, ob die Neigung zur Feinkohlenbildung auf den Grubengasgehalt als Ursache oder ob die reiche Grubengasentwicklung auf die mürbe Beschaffenheit der Kohle zurückzuführen ist.

In einzelnen Fällen will man nämlich bemerkt haben, daß ein Flöz, das z. B. durch den Abbau eines benachbarten Flözes Gelegenheit zur allmählichen Entgasung gefunden hatte, härtere und festere Kohle lieferte, als wenn es unmittelbar unter starker Gasentwicklung während der Vorrichtung und des Abbaues gebaut wurde. Man hat deshalb auch geraten, zwecks Erzielung eines höheren Stückkohlenfalls den tieferen, benachbarten Flözen durch Bohrlöcher von dem jeweilig gebauten Flöze aus die Möglichkeit der Entgasung zu geben.

**50. — Verhalten des Grubengases nach der Ausströmung.** Das aus der Kohle, dem Gestein oder einem Bläser austretende Gas steigt infolge seiner Leichtigkeit zunächst nach oben und sammelt sich hier an. Es findet sich deshalb besonders häufig an den höchsten Punkten der Grubenbaue, in Auskesselungen der Firste, in Aufhauen und Aufbrüchen. Sofort nach dem Austritt des Grubengases wirkt aber die Diffusion auf dieses ein, so daß es alsbald mit den sonstigen Grubenwettern sich zu mischen beginnt. Für Räume, die in ihren Größenverhältnissen einer gewöhnlichen Grubenstrecke entsprechen, kann man annehmen, daß die Diffusion nach Verlauf von einigen Stunden ihr Werk beendet hat und daß danach eine vollkommen gleichmäßige Mischung der Gase eingetreten ist. Scheinbar steht damit im Widerspruche, daß man in der Grube in Auskesselungen der Firste einer Strecke unter Umständen tage- und wochenlang Grubengas finden kann. Doch erklärt sich das durch das Nachströmen frischen Gases.

Die Diffusion wirkt naturgemäß um so langsamer, je größer die Entfernungen sind. In einem Aufhauen von größerer Länge wird die Diffusion nach der Grundstrecke hin nur verhältnismäßig schwach zur Geltung kommen können.

Ein Gemisch von Grubengas mit Luft entmischt sich nicht wieder. Auch kennt man bisher keinerlei Mittel, beide Gase zu trennen. Die Ausführbarkeit einer solchen Trennung würde bei der Größe der Grubengasausströmung mancher Gruben von großer Bedeutung sein.

**51. — Besondere Verfahren zur Beseitigung des Grubengases.** Hilt hat vorgeschlagen, das Grubengas unmittelbar nach seiner Entstehung abzusaugen. Zu diesem Zwecke legte er ein an eine Luftpumpe angeschlossenes Rohrnetz durch die Grube und ordnete an den höchsten Stellen der Betriebspunkte, an denen das Gas sich zunächst anzusammeln

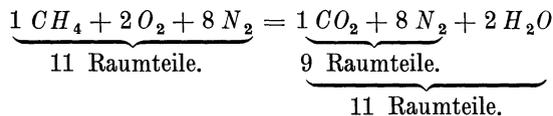
pflegt, Zweigleitungen mit offenen Saugrohren an<sup>1)</sup>. Der Erfolg war nicht befriedigend und stand mit den Kosten in keinem Verhältnis.

Souheur macht in dem D.R.P. 139694 den Vorschlag, Bohrlöcher in die Kohlenflöze oder das Gestein zu bohren und unmittelbar aus diesen das Grubengas abzusaugen. Auch dieses Verfahren wird trotz hoher Kosten immer nur ein unzureichendes Mittel bleiben können.

Nach einem Vorschlage von Professor Dr. Tübben soll auf schlagwetterreichen Gruben eine wirksame Absaugung des Grubengases dadurch erreicht werden<sup>2)</sup>, daß die einziehende Tagesöffnung zeitweise verschlossen und in den Grubenbauen ein tunlichst hoher Unterdruck vorübergehend hergestellt wird. Die auf diese Weise vermehrte Gasausströmung wird nach Wiedereingangsetzen der regelmäßigen Bewetterung schnell unschädlich gemacht und hat zur Folge, daß danach der Durchschnittsgasgehalt des ausziehenden Wetterstromes längere Zeit unter dem Durchschnittsgehalt vor der Entgasung bleibt. Das bis zu einem gewissen Grade sicherlich wirksame Verfahren wird sich freilich schwer ausführen lassen.

### C. Die Schlagwetterexplosion.

**52. — Der chemische Vorgang bei der Explosion.** Ausströmendes Grubengas verbrennt an der Luft nach bewirkter Entzündung mit hellblauer, wenig leuchtender Flamme. Hat eine vorherige Mischung des Grubengases mit atmosphärischer Luft stattgefunden, so kann dieses Gasmisch explodieren. Verbrennung und Explosion verlaufen mit größerer oder geringerer Annäherung nach folgender Formel:



Wenn also auf 1 Raumteil  $CH_4$  2 Raumteile Sauerstoff, d. h. etwa 10 Raumteile atmosphärischer Luft entfallen, so reicht der Sauerstoff gerade zur Verbrennung des vorhandenen  $CH_4$  aus und wird dafür verbraucht. Die Explosion ist dann am kräftigsten. Bei genauerer Rechnung stellt sich das günstigste Explosionsgemisch auf etwa 9½%  $CH_4$  und 90½% Luft. Ist der  $CH_4$ -Gehalt in dem Explosionsgemisch größer, so wird Kohlenoxyd gebildet (s. Ziff. 25), und es bleibt ein Teil des Grubengases unverbrannt; ist er kleiner, so bleibt Sauerstoff bzw. atmosphärische Luft im Überschuß.

In den Fällen, wo mehr oder weniger  $CH_4$  als 9½% in dem Gemische vorhanden ist, muß bei der Explosion entweder Grubengas oder die überschüssige atmosphärische Luft nutzlos miterwärmt werden. Die Explosion wird deshalb schwächer.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1889, S. 70; Brenner: Versuche betreffend das Absaugen des Grubengases auf der Königsgrube im Wurmreviere.

<sup>2)</sup> Glückauf 1918, Nr. 29, S. 449; Dr. Tübben: Versuche mit der Entgasung von Kohle und Grubengebäuden durch künstlich gesteigerten Unterdruck.

**53. — Grenzen der Explosionsfähigkeit. Gefährlichkeit nicht explosibler Gemische.** Beträgt der  $CH_4$ -Gehalt in dem Gemische 5 % einerseits oder 14 % andererseits, so hört die Explosionsfähigkeit auf; Wetter mit einer diese Grenzen überschreitenden Zusammensetzung sind nicht mehr explosibel. In einem Gemische mit mehr als 14 %  $CH_4$  kann man z. B. elektrische Funken überspringen lassen, ohne daß eine Explosion erfolgt. Eine Flamme erlischt darin. Ungefährlich sind freilich solche hochprozentigen Gemische in der Grube nicht, denn es ist, abgesehen davon, daß sie einen für die Atmung zu geringen Sauerstoffgehalt besitzen, klar, daß eine Grenzzone vorhanden sein muß, in der der  $CH_4$ -Gehalt soweit herabgemindert ist, daß das Gemisch in diesem Teile explosibel wird. Hier würde infolge einer Entzündung eine Explosion entstehen, die durch ihre Wirkung das noch unverdünnte Grubengas auf der einen Seite aufwirbeln und mit der Luft auf der andern Seite mischen würde. Weitere Explosionen würden dann wahrscheinlich folgen.

Auch Gemische mit weniger als 5 %  $CH_4$  sind nicht als ungefährlich anzusehen. Denn auch das in geringeren Prozentsätzen in der Luft enthaltene Grubengas verbrennt, wenn es in den unmittelbaren Bereich einer Flamme kommt. Die Flamme selbst wird, wenn sie in derartigem Gemische brennt, länger und stärker. In der Sicherheitslampe ist die Flammenverlängerung schon bei etwa 1 % Grubengas in der Luft sichtbar und wird bei höherem Gehalt sehr stark. Gleiche Flammenverstärkungen werden z. B. bei ausblasenden Schüssen eintreten. Da die verstärkte Flamme weiter schlägt, werden also die Schüsse gefährlicher. Geringe Beimengungen von Kohlenstaub können dann schon für eine kräftige Explosion genügen. Ist einmal eine Explosion eingeleitet, so findet sie auch in geringprozentigen  $CH_4$ -Gemischen neue Nahrung und greift weiter als in reiner Luft.

In keinem Falle darf man also das Auftreten von  $CH_4$  als unbedenklich erachten. Es zeigen ja auch geringwertige Schlagwettermengen immerhin das Vorhandensein einer Gasquelle an, die durch nicht vorherzusehende Zufälligkeiten jederzeit sich verstärken und bei kleinen Störungen der Wetterführung schnell zu gefährlichen Gemischen führen kann.

**54. — Explosionstemperatur, Volumen und Druck der Explosionsgase.** Die Temperatur, die bei der Explosion eines Grubengas-Luftgemisches entsteht, ist, wie erwähnt, je nach dem Mischungsverhältnis verschieden. Bei der günstigsten Explosionsmischung beträgt die Flammentemperatur  $2650^\circ C$ , bei 5 % oder 14 %  $CH_4$  aber nur etwa  $1500^\circ$ . Im Augenblicke der Explosion ist das gebildete Wasser dampf- oder gasförmig vorhanden. Nach der Formel auf S. 471 entstehen aus 11 Raumteilen, die in die Explosion eintreten, wiederum 11 Raumteile. Da die neu gebildeten Gase im ersten Augenblicke eine Temperatur von  $2650^\circ$  besitzen, würden sich die Volumina vor und nach der Explosion wie die absoluten Temperaturen, also wie  $15 + 273$  zu  $2650 + 273$  oder wie 288 zu 2923 verhalten. Die Gase würden sich also auf mehr als das Zehnfache des ursprünglichen Volumens ausdehnen. Die hohe Explosionstemperatur der Gase bleibt aber nicht lange bestehen. Durch Mischung mit der übrigen, kalten Luft und Berührung mit den Streckenwandungen und sonstigen Gegenständen kühlen sich die Gase sofort annähernd auf die Grubentemperatur herab. Hierbei tritt nicht nur

eine Volumenverminderung auf etwa  $\frac{1}{10}$  ein, sondern es schlägt außerdem der Wasserdampf sich als Wasser nieder. Nun haben wir statt der ursprünglich vorhandenen 11 Raumteile nur noch deren 9, also weniger als vor der Explosion. Während also im ersten Augenblicke der Explosion die Gase sich sehr stark auszudehnen suchen und alles vor sich hertreiben, ziehen sie sich kurz darauf sogar noch auf ein geringeres Volumen als das ursprüngliche zusammen. Die erste Wirkung äußert sich als Schlag nach der einen Seite, die zweite Wirkung als Rückschlag. Daraus erklärt sich die viel gebrauchte Bezeichnung „schlagende Wetter“ oder „Schlagwetter“. Hiernach ist es unrichtig, reines Grubengas als „Schlagwetter“ zu bezeichnen.

Läßt man die Explosion in einem geschlossenen Raum (Bomben od. dgl.) vor sich gehen, so müßte der Druck entsprechend dem vermehrten Gasvolumen nach dem Mariotteschen Gesetze auf etwa 10 Atmosphären steigen. Tatsächlich findet man aber bei Explosionsversuchen in Bomben nur höchstens  $6\frac{1}{2}$  Atmosphären Überdruck, was aus der sofort ihre Wirkung ausübenden Abkühlung zu erklären ist. In der Grube wird der durch die Explosion entstehende Überdruck in der Regel noch viel geringer sein, weil die Gase Gelegenheit, sich auszudehnen, haben.

**55. — Explosionsgeschwindigkeit.** Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Explosion ist nach Versuchen, die in Röhren angestellt wurden, sehr gering und beträgt nur 0,2—0,6 m in der Sekunde. Sie ist aber größer, wenn das Gasgemisch in Bewegung ist, und wächst ganz beträchtlich (anscheinend bis auf 330 m sekundlich), wenn am Orte der Explosion eine Druckerhöhung eingetreten ist, so daß die Explosion unter Druck verläuft. Es kann das in der Grube leicht geschehen. Eine anfänglich vielleicht geringe Explosion schiebt die Gase vor sich her und staucht sie an einem Punkte zusammen. Die Flamme folgt nach und entzündet die zusammengepreßten Gase, die nun mit großer Heftigkeit und sprengstoffähnlicher Wirkung explodieren. Solche Erscheinungen hat man auf der berggewerkschaftlichen Versuchsstrecke bei Versuchen<sup>1)</sup> in Explosionsbomben, die in mehrere Kammern geteilt waren, unmittelbar beobachten können.

In Wirklichkeit haben manche Grubenexplosionen nur eine sehr geringe mechanische Wirkung, und diese kann auch bei größeren Explosionen an einzelnen Punkten schwach sein. Obwohl man vielleicht an der Flammenwirkung erkennt, daß die Explosion den Ort bestrichen hat, kann hier alles in der alten Lage geblieben sein, und es können z. B. die Kleider der Bergleute noch an dem in einen Stempel geschlagenen Nagel hängen. Gelegentlich aber ist die mechanische Kraftäußerung der Explosion gewaltig groß. Es ist vorgekommen, daß einem Manne der Kopf vom Rumpfe gerissen ist, daß eiserne Förderwagen nicht allein umgeworfen, sondern auch gleichsam zusammengequetscht und die Schienen aufgerollt wurden. Solche Wirkungen sind nur bei einer außerordentlich gesteigerten Explosionsgeschwindigkeit erklärlich.

**56. — Entzündungstemperatur der Schlagwetter.** Nach den von den französischen Forschern Mallard und Le Chatelier angestellten Ver-

<sup>1)</sup> Glückauf 1906, Nr. 5, S. 134 u. f.; Beyling: Versuche zwecks Erprobung der Schlagwettersicherheit besonders geschützter elektrischer Motoren usw.

suchen ist die Entzündungstemperatur der Schlagwetter mit etwa 650° C anzunehmen. Es zeigte sich aber bei den Versuchen, daß das Gasgemisch sich nicht unmittelbar entzündet, sobald es auf die angegebene Temperatur gebracht ist, sondern daß es eine gewisse Zeit lang auf dieser Temperatur gehalten werden muß. Die Verzögerung der Entzündung dauert in der Nachbarschaft von 650° bis zu 10 Sekunden. Sie verringert sich um so mehr, je höher die Temperatur steigt, und ist bei 1000° kaum mehr schätzbar. Die Zündung der Schlagwetter hängt also von mindestens zwei Bedingungen, Temperatur und Zeit, ab. Es ist sehr wohl möglich, glühende Drähte, die eine viel höhere Temperatur als 650° C besitzen, ohne Gefahr der Zündung in ein Schlagwettergemisch zu bringen, weil die einzelnen erwärmten Gasmoleküle sofort aufsteigen und sich wieder vom Drahte entfernen, so daß die erforderliche Zeit zur Einleitung der Verbrennung fehlt.

Ferner ist bei anderen Versuchen festgestellt worden, daß die Entzündlichkeit von Schlagwettern bei vermindertem Gasdrucke geringer und bei erhöhtem Gasdrucke stärker ist. Anscheinend kann durch vergrößerten Druck die Verzögerung der Entzündung vermindert werden. In tiefen Gruben wird somit die Entzündungsmöglichkeit der Schlagwetter größer als bei Versuchen über Tage sein.

**57. — Entstehungsursachen der Schlagwetterexplosionen.** Die Schlagwetter werden in manchen Fällen durch reinen Leichtsinn oder durch Spielerei der Arbeiter entzündet, die vielleicht ein Streichholz in Brand setzen oder die Sicherheitslampe öffnen.

Ein anderer Grund ist offenes Licht. Es pflegt sich dabei um Gruben oder Grubenabteilungen zu handeln, in denen Schlagwetter bis dahin unbekannt waren und der Gebrauch offenen Geleuchtes erlaubt ist.

Besonders häufig ist die Sicherheitslampe die Ursache von Schlagwetterexplosionen. Ihren Namen trägt sie mit Unrecht, da sie völlige Sicherheit nicht gewährt. Eine gewisse, aber auch noch beschränkte Sicherheit ist nur dann vorhanden, wenn die Lampe fehlerfrei ist, wenn sie außerdem beobachtet wird und sich dabei in der Hand eines verständigen Arbeiters befindet. Näheres über die den Lampen anhaftenden Gefahren findet sich im Abschnitte über „Sicherheitslampen“ (s. insbesondere Ziff. 199).

Mit einem erheblichen Prozentsatz ist ferner bei der Veranlassung von Schlagwetterexplosionen die Sprengarbeit beteiligt, wobei sowohl die eigentliche Schußflamme als auch die Zündung der Sprengschüsse in Frage kommt, wie dies im 3. Abschnitt (s. insbesondere S. 223 u. f. und S. 230 u. f.) näher ausgeführt ist.

Geleucht und Sprengarbeit werden wahrscheinlich immer die Hauptursachen der Schlagwetterexplosionen bleiben. Doch kann hier auf eine andauernde Verminderung der Schlagwetterexplosionen hingewirkt werden. Es gibt aber auch sonstige Ursachen von Schlagwetterexplosionen, bei denen eine Bekämpfung weniger leicht möglich ist.

Zunächst kommen Grubenbrände in Betracht. Wo die Kohle zur Selbsterhitzung neigt, können auch bei größter Vorsicht manchmal Grubenbrände nicht verhindert werden. Der Brand ist um so gefährlicher, als er durch Erhitzung der Kohle diese vergast und so weitere brennbare Gase (insbesondere Wasserstoff und schwere Kohlenwasserstoffe, unter diesen

vorzugsweise Äthylen) erzeugt. Wenn nun die brennbaren Gase sich mit Luft zu mischen Gelegenheiten haben und durch die Wetterbewegung auf den Brandherd geführt werden, so ist ihre Entzündung möglich. Derartige Explosionen sind mehrfach, wenn auch wegen der meist beschränkten Luftzufuhr und der gleichzeitigen Kohlensäure-Entwicklung nicht so häufig, wie man zunächst annehmen könnte, vorgekommen.

Eine andere, wenn auch seltene Ursache von Schlagwetterexplosionen kann Funkenbildung sein. Wenn harte Gesteine gegeneinander gerieben werden, so entstehen ebenso Funken, wie wenn Stahl auf harten Stein schlägt. Im allgemeinen sind solche Funken, die ja z. B. bei der maschinellen Schräm- und Bohrarbeit und bei der Arbeit mit der Keilhaue auftreten, ungefährlich. Außergewöhnlich starke Funkengarben können aber, wie Versuche gezeigt haben, Schlagwetter zünden. Ebenso ist es erwiesen, daß die Funkenbildung beim Zusammenbrechen harter, hangender Gebirgsschichten Schlagwetterexplo-

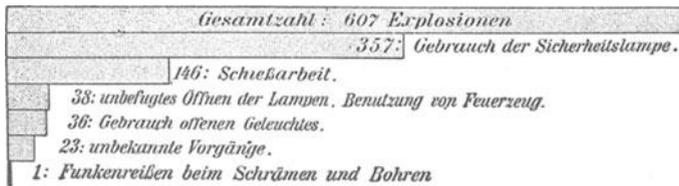


Abb. 412. Entstehungsursachen der Schlagwetterexplosionen im Zeitraum 1900—1918.

sionen verursachen kann<sup>1)</sup>. In England hat sich auf dem Maindy-Schachte der Ozean-Steinkohlengrube offenbar aus diesem Anlaß eine Schlagwetterexplosion an einem Sonntage zu einer Zeit ereignet, als kein Mensch in dem betreffenden Feldesteile der Grube war, andere Ursachen also gar nicht in Betracht kommen konnten.

Die Ursache von Schlagwetterexplosionen können auch elektrische Funken oder überhaupt die Wirkungen der Elektrizität sein. Funken können an elektrischen Arbeitsmaschinen, an den Leitungen, den Ausschaltern, den Sicherungen und unter Umständen auch an elektrischen Zündmaschinen auftreten. Ferner können glühende Drähte und, im Falle des Bruches, Glühlampen gefährlich werden; Bogenlampen sind es in jedem Falle. Man hat jedoch gelernt, die Gefahren der Elektrizität in hohem Maße unschädlich zu machen, so daß durch die Elektrizität verursachte Schlagwetterexplosionen außerordentlich selten sind.

Über die Entstehungsursachen der Schlagwetterexplosionen in Preußen in den Jahren 1900—1918 gibt Abb. 412 Aufschluß.

Auf die genannten 19 Jahre verteilen sich die Explosionen wie folgt: 59, 40, 22, 30, 35, 27, 28, 26, 36, 22, 41, 37, 22, 15, 20, 25, 24, 54 und 44.

**58. — Erfolge in der Bekämpfung der Schlagwetterexplosionen.** Schon die vorstehenden Zahlen lassen eine Verminderung der Gesamtzahl der Explosionen seit 1900 erkennen. Noch klarer zeigen sich die erzielten

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. Bergbau 1913, Nr. 21, S. 340 u. 341: Gesteinsfunken als Ursache von Schlagwetterexplosionen; — ferner Zeitschr. f. prakt. Geologie 1909, S. 440; Canaval: Über Lichterscheinungen beim Verbrechen von Verbauen.

Erfolge, wenn man die Zahl der durch Schlagwetterexplosionen getöteten Personen zu der Förderung für einen längeren Zeitraum in Beziehung setzt, wie dies im folgenden geschehen ist. Auf eine durch eine Schlagwetterexplosion zu Tode gekommene Person entfiel in Preußen eine Förderung von:

539 623	† im Durchschnitt der Jahre	1881—1890,
1 100 810	„ „	„ „ „ 1891—1900,
1 772 102	„ „	„ „ „ 1901—1910,
2 551 064	„ „	„ „ „ 1911—1920.

Danach hat sich die Sicherheit gegen Schlagwetterexplosionen seit den 1880er Jahren bis zu dem Zeitraum von 1911—1920 nahezu verfünffacht, obwohl doch die Gruben erheblich tiefer und gefährlicher geworden sind.

**59. — Beschaffenheit der Explosionschwaden.** Die Nachschwaden sind im allgemeinen durch Rauch und dichten Staub gekennzeichnet. Die chemische Zusammensetzung der Gase wechselt stark und muß verschieden sein, je nachdem es sich um eine reine Schlagwetter- oder um eine gemischte oder um eine reine Kohlenstaubexplosion gehandelt hat. Im Mittelpunkt der Explosion kann der Sauerstoff der Luft verbraucht worden sein, ohne daß dies aber überall der Fall sein wird. An manchen Punkten wird auch der Sauerstoff im Überschuß vorhanden gewesen sein. Durch den Explosionsschlag und den Rückschlag werden die Schwaden sofort mit frischer Luft durcheinander gewirbelt, so daß sich ein gewisser Sauerstoffgehalt sehr bald nach der Explosion überall wieder findet.

Der Stickstoffgehalt wird, da ein Teil des Sauerstoffs zu Wasser verbrannt ist, verhältnismäßig erhöht erscheinen. Bei allen größeren Explosionen muß man auch mit dem Vorhandensein von Kohlenoxyd in den Schwaden rechnen. Kohlensäure findet sich selbstverständlich stets. Ungefähr wird man folgende Zusammensetzung der Nachschwaden von gemischten Explosionen annehmen können:

80—85	%	Stickstoff,
12—17	„	Sauerstoff,
4—7	„	Kohlensäure,
0,5—1,5	„	Kohlenoxyd.

Auch in starker Verdünnung mit Luft können solche Schwaden noch sehr giftig bleiben.

#### D. Mittel zur Erkennung der Schlagwetter.

**60. — Analyse.** Die genaue Feststellung des Gehaltes der Wetter an Grubengas muß durch chemische Analyse erfolgen. Es werden zu diesem Zwecke Proben in Glasröhrchen genommen, die man durch Auslaufen von Wasser sich mit Gas erfüllen läßt. Insbesondere pflegt man durch regelmäßig sich wiederholende Proben den Gasgehalt einzelner Teilströme sowie denjenigen des gesamten ausziehenden Stromes zu überwachen, um so die Wirkung der Wetterführung und die  $CH_4$ -Entwicklung im Verhältnis zur Wettermenge sicher beurteilen zu können.

Für den Bergmann in der Grube genügt aber diese an sich unentbehrliche, nachträgliche Feststellung des Grubengasgehaltes nicht. Vielmehr

muß er ein Mittel haben, das Vorhandensein von Grubengas unmittelbar feststellen und den Prozentgehalt, wenn auch nur in roher Weise, abschätzen zu können.

**61.—Schlagwetteranzeiger.** Vorrichtungen zur Erkennung von Grubengas sind in übergroßer Zahl erfunden worden<sup>1)</sup>, ohne daß freilich der Erfolg mit der aufgewandten Geistesarbeit in Einklang gekommen ist. Der dem Nicht-Bergmann naheliegende Gedanke, selbsttätige Warnvorrichtungen in der Grube überall da anzubringen, wo die Gefahr des Auftretens von schlagenden Wettern besteht, ist undurchführbar, weil diese Gefahr nur an wenigen Punkten ganz ausgeschlossen ist und weil die Baue in steter Veränderung und in ununterbrochenem Vorrücken begriffen sind. Auch ist ja mit der Schaffung einer Warnvorrichtung die Entzündungsgefahr noch nicht beseitigt.<sup>1</sup>

Mehrfach ist bei den Anzeigern die mit Osmose bezeichnete, physikalische Eigenschaft der Gase benutzt, die darin besteht, daß das spezifisch leichtere Gas schneller als ein schwereres poröse Scheidewände, wie Tonscheiben oder Tierhäute, durchdringt. Wenn man daher ein Gefäß, dessen obere Öffnung mit einer Tierhaut überspannt ist, aus gewöhnlicher, atmosphärischer Luft in ein Gasmisch bringt, das spezifisch leichtere Gase, wie z. B.  $CH_4$ , enthält, so geht die Wanderung des leichten Grubengases in das Gefäß durch die Haut schneller vor sich als die der schwereren Luft nach außen. So kommt es, daß in dem Gefäße zunächst ein Überdruck entsteht, der z. B. für die Betätigung einer Stromschlußeinrichtung an einer elektrischen Klingel benutzt werden kann.

Andere Vorrichtungen beruhen z. B. auf der Veränderung der Lichtstärke oder der Wärmeentwicklung von Flammen oder der Explosionsfähigkeit oder des spezifischen Gewichtes von Gasmischen durch Hinzutritt von Grubengas. Ferner wird die Absorptionsfähigkeit von Platinschwamm gegenüber dem  $CH_4$  benutzt. Eine zeitweise größere Beachtung hat die Schlagwetterpfeife von Haber gefunden, die das Auftreten von Schlagwettern hörbar macht<sup>2)</sup>. In ihr sind zwei gleiche, geschlossene Pfeifen vereinigt, die, mit reiner Luft gefüllt, einen einheitlichen, gleichen Ton geben. Wenn aber eine der Pfeifen mit grubengashaltiger Luft gefüllt wird, treten durch Interferenz Tonschwebungen auf, die deutlich als Trillern zu unterscheiden sind. Bei Gemischen von 1—5 % Methan kann man den Gasgehalt in ganzen Prozenten ungefähr abschätzen. Zu einer betrieblichen Einführung der empfindlichen, verwickelt gebauten Vorrichtung ist es nicht gekommen.

**62. — Das Interferometer.** Von den vielen sonst vorgeschlagenen Vorrichtungen sei nur das Interferometer der Firma Karl Zeiß in Jena noch erwähnt. Es beruht auf den durch ein schmales Lichtbündel erzeugten Interferenzerscheinungen. Läßt man zwei solcher Lichtbündel durch zwei mit Fenstern verschlossene und mit dem gleichen Gasmisch erfüllte Kammern gehen, so entsteht die gleiche Beugungserscheinung. Füllt man aber die eine Kammer mit einem anderen Gas, so wandert das betreffende Interferenz-

<sup>1)</sup> Glückauf 1913, Nr. 26, S. 1008 u. f.; Dr.-Ing. Forstmann: Die verschiedenen Bauarten von Wetteranzeigern.

<sup>2)</sup> Glückauf 1913, Nr. 50, S. 2049 u. f.; Beyling: Die Schlagwetterpfeife.

bild. Aus dem Maße der Abweichung des einen Bildes vom anderen kann auf die Zusammensetzung des Gases geschlossen werden, falls das Gemisch nur aus zwei Veränderlichen (hier Luft und Methan) besteht. Wasserdampf und Kohlensäure müssen also vor der Füllung der Gaskammern beseitigt

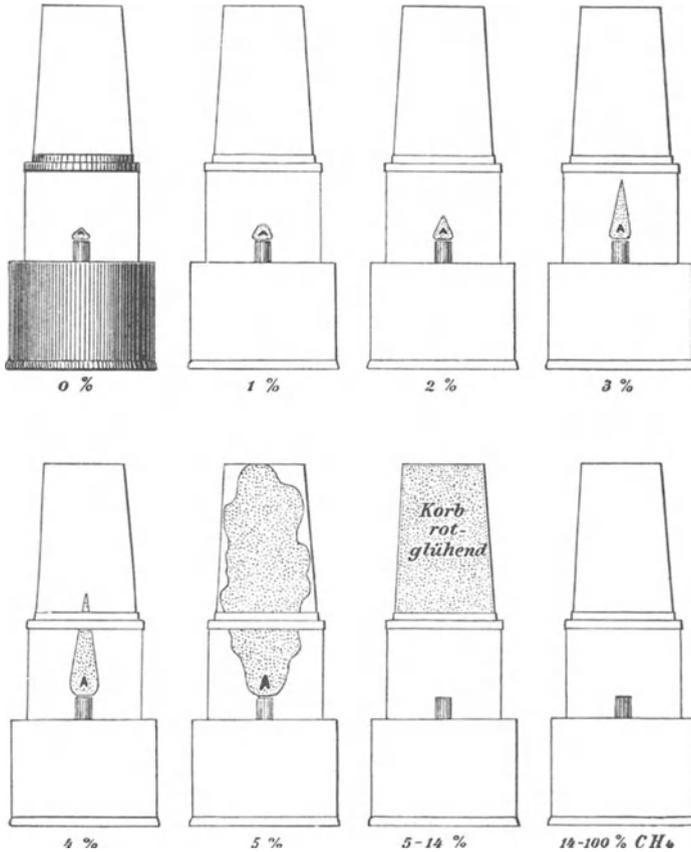


Abb. 413. Flammerscheinungen der Benzinlampen in Schlagwettergemischen.

werden. Die Vorrichtung hat sich trotz ihrer durchaus nicht einfachen Bauart auch für Untersuchungen unter Tage als brauchbar erwiesen<sup>1)</sup>. Eine Untersuchung dauert nur etwa eine Minute. Die Genauigkeit beträgt annähernd 0,05 %. Es ist anzunehmen, daß die Vorrichtung größere Verbreitung finden wird.

**63. — Die Sicherheitslampe als Erkennungsmittel für Schlagwetter.** Das einzige Erkennungsmittel für schlagende Wetter, das sich bisher in der Hand des Bergmanns als brauchbar erwiesen hat, ist die gewöhnliche Sicherheitslampe.

<sup>1)</sup> Glückauf 1913, Nr. 2, S. 47 u. f.; Dr. Küppers: Die Bestimmungen des Methangehaltes der Wetterproben mit Hilfe des tragbaren Interferometers.

Das Vorhandensein von Grubengas in der Luft äußert sich in einer Verlängerung der Lampenflamme, die namentlich bei klein eingestellter Flamme gut sichtbar ist. Es bildet sich nämlich über dem ursprünglich vorhandenen, schmalen, blauen Flammensaum ein blaß hellblau gefärbter, durchsichtiger Flammenkegel (Aureole), aus dessen Höhe man auf den Gasgehalt schließen kann.

Die Sichtbarkeit des Lichtkegels ist bei Benzin- und bei Ölbrand verschieden. An der Benzinflamme, die eine größere Hitze liefert, sind Schlagwetter schon von 1% Grubengasgehalt an zu erkennen. Die Erscheinungen sind in der Abb. 413 dargestellt. Bei 1 und 2% ist die Flammenverlängerung nur gering. Bei 3%  $CH_4$  steht die Spitze des Glaszylinders etwas unter dem oberen Rand des Glaszylinders, bei 4% einen Finger breit darüber, bei 5% erreicht sie den Deckel des Drahtkorbes und breitet sich gleichzeitig aus; bei mehr als 5% erlischt die eigentliche Lampenflamme, während die Schlagwetter im Korb solange fortbrennen, wie frische Schlagwetter in den Korb nachströmen können; bei mehr als 14% erlischt die Flamme ganz. Bei Ölbrand sind die Erscheinungen ähnlich. Jedoch sind hier die Schlagwetter erst von 2% an mit einiger Sicherheit zu erkennen.

Ein Übelstand ist, daß man mit einer Sicherheitslampe gerade die obersten, also grubengasreichsten Luftschichten in einer Strecke nicht untersuchen kann. Hier kann ein explosives Gemisch vorhanden sein, ohne daß es die Lampe anzeigt.

**64. — Besondere Untersuchungslampen.** Bei den gewöhnlichen Benzin- und Öllampen wird die Beobachtung und die Feststellung geringerer Procentsätze Grubengas durch die Leuchtkraft der Lampe und die Spiegelung des Glaszylinders gestört. Geeigneter für das Abprobieren der Wetter auf Grubengas sind deshalb Lampen ohne Glaszylinder mit einem Brennstoff, der zwar eine große Hitze entwickelt, aber wenig leuchtet.

Eine solche Untersuchungslampe, die zwar scharf arbeitet, aber auch nur zur Untersuchung, nicht als Geleucht zu benutzen ist, ist die Pieler-Lampe (Abb. 414). Als Brennmaterial gebraucht man absoluten Alkohol oder Methylalkohol, der durch Watte aufgesaugt sein muß. Ein kleiner Blechschornstein blendet den Lichtschein der Flamme ab. Ein Glaszylinder fehlt. Vor dem Abprobieren wird zweckmäßig die Flamme in grubengasfreier Luft so eingestellt, daß die Spitze des Flammenkegels mit der Oberkante des Blechschornsteins abschneidet. Man kann mit solcher Lampe schon  $\frac{1}{4}$ %  $CH_4$  in der Luft erkennen, bei  $2\frac{1}{4}$ % erreicht die Spitze des Flammenkegels bereits den Deckel des Drahtkorbes. Wo mehr als 2%  $CH_4$  zu vermuten sind, verwendet man zweckmäßig die Lampe nicht mehr.

Ganz besonders gut läßt eine Wasserstofflamme die Schlagwetter erkennen, weil sie eine außergewöhnliche Hitze gibt und doch nur wenig

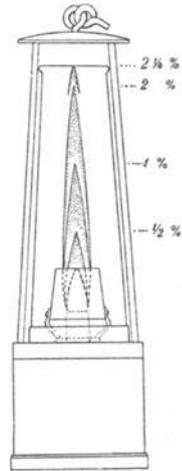


Abb. 414. Flammenerscheinungen der Pieler-Lampe in Schlagwettergemischen.

leuchtet. Jedoch ist die Verwendung des Wasserstoffgases in Sicherheitslampen mit Umständlichkeiten verknüpft, so daß die auf seiner Benutzung beruhenden Untersuchungslampen (die Clowes<sup>1)</sup>- und die Hempel<sup>2)</sup>-Lampe) sich nicht in größerem Umfange haben einbürgern können.

### E. Etwas über die physikalischen Verhältnisse der Grubenwetter.

65. — **Gewicht der Grubenwetter.** Das oben für 1 cbm Luft angegebene Gewicht von 1,293 kg kann für die tatsächlichen Verhältnisse einer Grube nicht zutreffen, da wohl nie die Voraussetzungen von 0° 760 mm Druck und völliger Trockenheit für Grubenwetter gegeben sein werden. Für genaue Rechnungen sind deshalb Druck und Temperatur der Luft und Spannung des Wasserdampfes zu berücksichtigen. Wenn man den Barometerstand mit  $H$ , die Temperatur mit  $t$  und die Spannung des Wasserdampfes (in mm Quecksilber) mit  $f$  bezeichnet, so wiegt 1 cbm Luft

$$\frac{1,293 \left( H - \frac{3}{8} f \right)}{\left( 1 + \frac{t}{273} \right)} \text{ kg}$$

Hiernach errechnet sich z. B. das Gewicht von 1 cbm Luft bei 766,5 mm Barometerstand, 20° C und voller Sättigung ( $f=17,4$ ; s. S. 448) auf rd. 1,2 kg.

66. — **Volumenvermehrung der Grubenwetter.** Messungen ergeben, daß gewöhnlich die ausziehende Wettermenge bedeutend größer als die einziehende ist. Es hat also eine Volumenvermehrung der Grubenwetter stattgefunden.

Beispielsweise betrug im Jahre 1900 auf 33 Gruben des Ruhrbezirks die einziehende Wettermenge 100521 cbm, dagegen die ausziehende Wettermenge (unter Tage) 110156 cbm, so daß sich eine Zunahme von 9635 cbm oder 9,6 % des Einziehstromes ergibt.

Diese Volumenvermehrung der Grubenwetter ist in erster Linie auf die eintretende Erwärmung und die Wasserdampfaufnahme, sodann aber auch auf die Aufnahme fremder Gase und auf die Wirkung der Depression und des verschiedenen Luftdruckes an den Messungspunkten zurückzuführen.

Infolge der Temperaturerhöhung nimmt das Volumen nach dem Gay-Lussacschen Gesetze im Verhältnis der absoluten Temperaturen zu. Bei einer Erwärmung der Wetter von beispielsweise 9° auf 25° C wächst das Volumen verhältnismäßig von  $273 + 9$  auf  $273 + 25$  oder von 282 auf 298 (d. i. um 5,67 %).

Was den Feuchtigkeitsgehalt betrifft, so steigt und fällt das Volumen mit der Spannung des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes (s. Zahlentafel auf S. 448). Wenn die einziehende Luft z. B. 9° C und 75 % Sättigung und der ausziehende Strom 25° C und volle Sättigung besitzt, so betragen die

<sup>1)</sup> Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1894, S. 315 u. 397; — ebenda 1895, S. 183.

<sup>2)</sup> Katalog der Firma Friemann u. Wolf, Zwickau, 1907.

Spannungen des Wasserdampfes 6,5 und 23,6 mm. Die Erhöhung der Spannung beträgt also 17,1 mm, sie würde in einem geschlossenen Raume den Luftdruck von beispielsweise 760 auf 777,1 mm steigern. Wenn aber der Druck derselbe bleibt, kommt die vergrößerte Spannung in einer entsprechenden Ausdehnung oder Vergrößerung des Volumens zum Ausdruck. Diese Volumenvermehrung beträgt somit 17,1 auf 760 oder 2,25%.

Die Volumenvermehrung der Grubenwetter, die auf Erwärmung und Zunahme des Feuchtigkeitsgehaltes zurückzuführen ist, wird im Winter größer sein als im Sommer; ebenso wird sie in heißen und tiefen Gruben größer sein müssen als in flachen und kühlen.

Die Vermehrung der Grubenwetter durch ausströmende Gase ist nicht sonderlich groß. An erster Stelle wird auf Steinkohlengruben das Grubengas stehen, dessen Gehalt im ausziehenden Strome auf  $\frac{1}{2}$  % und darüber steigen kann, in der Regel freilich weniger beträgt. Die Aufnahme an Kohlensäure pflegt in der Hauptsache mit einer entsprechenden Verminderung des Sauerstoffs Hand in Hand zu gehen. Die aus der Kohle oder dem Gestein ausströmende, also nicht erst durch Oxydation gebildete Kohlensäure ist nach der Menge verhältnismäßig gering, ebenso wie die Ausströmung sonstiger Gase (Stickstoff, Wasserstoff) zahlenmäßig ohne Bedeutung sein wird.

Auch die Sprengarbeit liefert nur wenig Gase im Verhältnis zur Gesamtwettermenge. Eine Grube mit 2000 t täglicher Förderung verbraucht hierfür ungefähr 160 kg Sprengstoffe, die, abgesehen vom Wasserdampfe, nur etwa 400 l Gase je 1 kg, insgesamt also 64 cbm in 24 Stunden liefern. Diese Menge spielt gegenüber der Gesamtwettermenge keine Rolle.

Viel bedeutender ist der Einfluß der Druckluftzufuhr. Der Kompressor einer Grube von 2000 t Förderung mag 25000 cbm Luft stündlich ansaugen und in die Grube befördern. Bei 14stündigem Betriebe des Kompressors am Tage sind das schon 350000 cbm, während der Gesamtwetterbedarf der Grube in 24 Stunden sich vielleicht auf rund 7800000 cbm (= 5400 cbm minutlich) stellt. Die ausströmende Druckluft würde bei dieser Annahme also etwa 4,4 % der Gesamtwettermenge betragen; die örtliche Bedeutung kann in Teilströmen, z. B. für Abbaubetriebe mit maschineller Schrämarbeit und für Rutschenbetriebe, erheblich größer sein.

Im großen Durchschnitt wird man die Wettervermehrung durch Ausströmung des Grubengases, der Kohlensäure und anderer Gase, durch Sprengarbeit und durch Druckluftzufuhr auf etwa 3,5 % schätzen können.

Schließlich stehen die Wetter bei der meist üblichen, saugenden Bewetterung in der Nähe des ausziehenden Schachtes unter höherer Depression, also unter geringerer Spannung als im einziehenden Strome. Es ergibt sich somit ein Spannungsunterschied der Luft an beiden Stellen, der eine Volumenvermehrung für den ausziehenden Strom im Gefolge haben wird. Dieser Spannungsunterschied erscheint noch bedeutender, wenn man, wie es häufig der Fall ist, die Messungen im einziehenden Strome auf einer tieferen Sohle als im ausziehenden Strome vornimmt. Ein Höhenunterschied von 100 m ergibt z. B. für den ausziehenden Strom einen angenähert um

$$\frac{100000}{773}$$

= rund 130 mm Wassersäule niedrigeren Druck. Rechnet man die Ventilatordepression hinzu, so wird der Druckunterschied leicht 200 mm er-

reichen, die bei einem Atmosphärendrucke von 10300 mm Wassersäule nahezu 2% ausmachen, also eine entsprechende Volumenvermehrung bewirken müssen.

Bei den angenommenen Zahlen haben wir folgende Volumenvermehrung gefunden:

5,7 %	durch Erwärmung,
2,3 %	durch Wasserdampfaufnahme,
4,4 %	durch zuströmende Gase (insbesondere Druckluft),
2,0 %	durch Druckverminderung im ausziehenden Strom,

Summe:  $\sim$  14,4 %.

### III. Der Kohlenstaub<sup>1)</sup>.

#### A. Allgemeines.

67. — **Entstehung und Verbreitung des Kohlenstaubes in Steinkohlengruben.** Der Kohlenstaub in Steinkohlengruben entsteht teils durch die zermalmende Wirkung des Gebirgsdruckes, teils durch die Zerkleinerung der Kohle bei den Gewinnungsarbeiten und der Förderung. Den meisten Staub entwickeln im Ruhrbezirke die Fettkohlenflöze, namentlich die der unteren Gruppe, und einige Magerkohlenflöze. Der durch den Gebirgsdruck erzeugte Staub findet sich besonders auf den Schlechten im Kohlenstoß abgelagert und ist meist sehr fein. Dieser sowohl wie auch der bei den Gewinnungsarbeiten entstehende Staub setzt sich teils an Ort und Stelle ab, teils gelangt er mit der Kohle in die Förderwagen oder wird durch den Wetterstrom in die Wetterstrecken geführt und dort abgelagert. Bei der Förderung fallen Kohlenstücke aus den Wagen und werden von fahrenden Personen oder Pferden zertreten. In den Wagen selbst entsteht durch das Zusammenrütteln der Kohle ebenfalls Staub. Dieser wird von den Förderwagen auf dem Wege zum Schachte durch den in entgegengesetzter Richtung sich bewegenden Wetterstrom teilweise abgeweht, und zwar in um so größeren Mengen, je größer die Geschwindigkeit der Förderwagen und der Wetter ist. Dieser abgewehrte Staub ist sehr fein, puderartig oder rußig. Er lagert sich auf den Streckenstößen und der Streckenzimmerung ab und kann im Laufe der Zeit sich zu großen und gefährlichen Mengen selbst auf Gruben ansammeln, an deren Gewinnungspunkten nur wenig Staub zu bemerken ist. Seine Feinheit und Trockenheit läßt sich erkennen, wenn man ihn mit dem Munde aufbläst und sein kürzeres oder längeres Sprühen an der Flamme einer Sicherheitslampe beobachtet. Der Staub in den Hauptförderstrecken ist wegen seiner Feinheit besonders gefährlich, so daß ihm in England vorzugsweise Beachtung geschenkt wird. Auch bei uns muß stete Aufmerksamkeit auf die Verstaubung der Hauptförderstrecken verwandt werden, damit nicht etwaige örtliche Explosionen auf große Entfernungen hin sich fortpflanzen. Schließlich entsteht auch bei der Sieberei und Verladung trockener, staubiger Kohle über Tage viel Staub, der, wenn die

<sup>1)</sup> Der Abschnitt über den Kohlenstaub ist unter Mitwirkung des Leiters der Versuchstrecken bei Dortmund, Bergassessors Beyling, bearbeitet.

Verladungsanlage nahe am einziehenden Schachte liegt, mit der Luft in diesen geführt werden kann, um sich in ihm oder in den von ihm ausgehenden Strecken abzulagern.

**68. — Die Kohlenstaubexplosion.** Der Kohlenstaub ist, wenn er in der Luft aufgewirbelt wird, in ähnlicher Weise wie ein Schlagwettergemisch explosionsgefährlich. Eine in Kohlenstaubwolken einmal eingeleitete Explosion kann sich, wenn die Bedingungen der Explosion erhalten bleiben, auf unbegrenzte Entfernungen hin fortpflanzen.

Die Erscheinung der Staubexplosion ist auch sonst nicht unbekannt. In Mühlen ereignen sich bisweilen heftige und gefährliche Mehlstaubexplosionen. In Braunkohlenbrikettfabriken, in denen viel feiner, trockener Braunkohlenstaub vorhanden ist, kommen häufig verhängnisvolle Staubexplosionen vor. Glücklicherweise kommt eine Explosion in Steinkohlengruben schwieriger zu stande, als in Mühlen und in Braunkohlenbrikettfabriken, in denen schon wenig dichte Staubwolken und einfache Funken oder offenes Licht genügen.

Bei der Explosion des Staubes in Steinkohlengruben sind zwei Vorbedingungen zu unterscheiden: es ist zunächst die Bildung einer ziemlich dichten Staubwolke erforderlich, in die darauf eine Flamme hineinschlagen muß. Die gewöhnlichen Zündungsursachen einer Staubexplosion in der Grube sind entweder ein Sprengschuß oder eine Schlagwetterexplosion. Beide haben einen kräftigen Luftstoß, der die Staubaufwirbelung veranlaßt, und eine kurz darauffolgende Flamme gemeinsam. Fast alle Staubexplosionen in der Grube sind auf diese Weise entstanden. Völlig ausgeschlossen ist freilich die Entstehung durch offenes Licht oder eine sonstige einfache Flamme nicht. Wenn die Umstände günstig für die Explosion liegen, wenn insbesondere eine genügend dichte Wolke leicht entzündlichen Staubes durch einen kräftigen Wetterzug über und durch die Flamme getrieben wird, so ist auch auf diese Weise die Einleitung der Explosion möglich<sup>1)</sup>. Auch die Fortpflanzung der Explosion verläuft in der angedeuteten Weise. Ein Luftstoß, der die Aufwirbelung einer dichten Kohlenstaubwolke veranlaßt, geht voraus, und die Flamme folgt nach. Beide Vorgänge finden in der einmal eingeleiteten Explosion ihre fortwirkende Ursache.

Die Staubmenge, die in einer Strecke mindestens vorhanden sein muß, um die Explosion fortzupflanzen, schätzt Taffanel, der Leiter der französischen Kohlenstaubversuchstrecke zu Liévin, auf etwa 112 g je Kubikmeter. Diese Zahl hat man bei Versuchen auf der bei Dortmund belegenen Versuchstrecke der Knappschafts-Berufsgenossenschaft bestätigt gefunden, wenn es sich um eine reine, durch einen Sprengschuß eingeleitete Kohlenstaubexplosion handelte. Wenn dagegen die Kohlenstaubexplosion durch eine Schlagwetterexplosion eingeleitet wurde, so genügten schon 70 g je Kubikmeter Luft, um die Explosion fortzupflanzen. Die Staubgefahr ist also auf schlagwettergefährlichen Gruben größer als auf schlagwetterfreien.

**69. — Gefährlichkeit verschiedener Staubsorten.** Auf die Gefährlichkeit des Staubes sind die chemische Zusammensetzung und

<sup>1)</sup> Ann. d. min. (Paris) 1912, t. II, S. 201; Taffanel: Nouvelles expériences etc.

das physikalische Verhalten der Kohle von entscheidendem Einfluß. Wenn alle Kohlen die gleiche Neigung zur Staubbildung hätten und wenn sie außerdem sämtlich bei gleicher Temperatur das eingeschlossene Gas freigäben, so wäre wohl der Staub der gasreichsten Kohle am gefährlichsten. In Wirklichkeit ist dies nicht der Fall, sondern der Staub der gasreichen Flamm- und Gaskohle ist erheblich ungefährlicher als der der Fettkohle, die nicht nur zur Staubbildung neigt, sondern auch leichter entgast.

Selbst bei künstlich hergestellter, gleicher Staubfeinheit zeigt sich dieser Unterschied. Winkhaus hat die in Westfalen vorkommenden Kohlenarten vermahlen und die Entzündlichkeit des so geschaffenen Staubes unter der Wirkung ausblasender Schüsse in der Versuchstrecke festgestellt. Der Fettkohlenstaub mit etwa 25—30 % Gas war am leichtesten entzündlich, schwerer der Gas- und Gasflammkohlenstaub, am schwersten entzündlich war der Magerkohlenstaub<sup>1)</sup>.

Wenn somit alle im Ruhrbezirke vorkommenden Staubsorten unter der unmittelbaren Wirkung eines ausblasenden Schusses entzündlich zu sein scheinen, so ist eine andere Frage, ob die eingeleitete Explosion die Fähigkeit der selbständigen Fortpflanzung über den unmittelbaren Bereich des zündenden Schusses hinaus besitzt. Taffanel glaubt nach seinen Versuchen annehmen zu können, daß die Staubgefahr sehr gering ist, wenn der Gehalt der Kohle an flüchtigen Bestandteilen auf weniger als 18 % sinkt. Beyling mußte, um in der berufsgenossenschaftlichen Strecke bei Dortmund mit Magerkohlenstaub mit etwa 16 % Gas eine selbständig fortlaufende Explosion zu erhalten, bereits 700 g Staub je Kubikmeter Streckenraum streuen. Es ist das eine so große Staubmenge, wie sie auf Magerkohlegruben unter Tage kaum je vorhanden sein wird. Diese Feststellungen über die verhältnismäßig geringe Gefährlichkeit des Magerkohlenstaubes werden jedenfalls durch die Erfahrungen des Betriebes bestätigt.

**70. — Erscheinungen bei Kohlenstaubexplosionen.** Bezeichnend für Kohlenstaubexplosionen ist die eintretende Verkokung des Staubes. Ob allerdings nach der Explosion sichtbare Koksspuren hinterbleiben, hängt von der Backfähigkeit der Kohle ab. Fettkohlenstaub liefert große, zusammenhaftende Kokskrusten. Nicht backender Kohlenstaub fühlt sich nach der Explosion scharf und gleichsam sandig an und hat seine Weichheit verloren. Bisweilen ist die mikroskopische oder chemische Staubuntersuchung nötig, um die etwaige Einwirkung höherer Temperaturen festzustellen.

Die Koksspuren der Explosion sind von Bedeutung, wenn man den Herd und damit die Ursache der Explosion ermitteln will. Ähnlich wie in der Regel bei einer Schlagwetterexplosion erleidet auch bei einer Kohlenstaubexplosion deren Herd gewöhnlich keine starken Zerstörungen. Solche treten erst in einiger Entfernung auf. Es erklärt sich dies dadurch, daß zunächst die Explosion langsam verläuft, daß aber die Schnelligkeit des Vorganges schnell zunimmt, wenn das Explosionsgemisch vor der Entzündung zusammengeschoben und auf einen höheren Druck gebracht wird. Unter solchen Umständen kann die Explosionschnelligkeit auf mehrere hundert Meter in der Sekunde steigen, wobei dann auch die Kraftäußerungen gewaltig anwachsen.

<sup>1)</sup> *Sammelwerk* Bd. VII, S. 507.

Man hat nun in England und bei uns bei Untersuchung großer Explosionen häufig die Beobachtung gemacht, daß sich die Kokskrusten vorzugsweise an der dem Explosionsherd entgegengesetzten Seite der Zimmerung ablagern. Von englischer Seite ist dies damit erklärt worden, daß der Koks sich erst beim Rückschlag bildet. Eine einfachere, von Meißner ausgesprochene Erklärung geht dahin, daß der erste Luftstoß die der Explosion zugekehrten Seiten der Hölzer reinfegt, während die folgende Flamme gerade hinter Vorsprüngen (gewissermaßen im Windschatten) zur Entfaltung kommen kann und hier den auf den Rückseiten verbliebenen Staub verkocht. Bei kleinen Explosionen hat man im Gegensatz zu dem vorher Gesagten vielfach Kokskrusten auch auf der der Explosion zugekehrten oder auf beiden Seiten der Hölzer gefunden, eine Tatsache, die mit der Meißnerschen Erklärung sich leicht vereinigen läßt, weil in diesem Falle die Kraft des Luftstoßes zu gering war oder sehr bald ein Hin- und Herwallen der Explosionsflamme stattfand.

**71. — Statistik der Kohlenstaubexplosionen.** Die amtliche preussische Statistik scheidet erst seit dem Jahre 1903 die reinen Kohlenstaubexplosionen von den Schlagwetterexplosionen. Als reine Kohlenstaubexplosionen sind darin bisher folgende gezählt worden:

#### Reine Kohlenstaubexplosionen in Preußen.

Jahre	Gesamtzahl der Explosionsfälle	Dabei verunglückte Personen			Betroffene Gruben
		tot	verletzt	zusammen	
1903—06	14	40	20	60	14
1907—10	11	6	18	24	10
1911—14	3	2	3	5	3
1915—18	16	52	33	85	16
1919—20	4	53	27	80	4

#### B. Bekämpfung der Kohlenstaubgefahr.

**72. — Einleitende Bemerkungen.** Während man Schlagwetter am besten dadurch bekämpft, daß man sie durch einen genügend starken Wetterstrom verdünnt und aus der Grube führt, versagt dieses Mittel beim Kohlenstaub. Man kann sogar sagen, daß ein starker Wetterstrom die Kohlenstaubgefahr erhöht. Denn er trocknet die Grube aus, führt den Staub mit sich fort, verbreitet ihn und trägt ihn auch dahin, wohin er ohne den starken Luftstrom nicht gekommen wäre.

Der Gedanke liegt nahe, den Staub aus der Grube durch sorgfältiges Abkehren und Fortschaffen zu beseitigen. Bei den vielen, der Reinigung unzugänglichen Punkten und der fortwährend erneuten Stauberzeugung ist es aber eine Unmöglichkeit, auf diese Weise die Grube wirklich staubfrei zu machen und in diesem Zustande zu erhalten. Statt dessen ist es richtiger, dem nie völlig vermeidbaren Staube seine Explosionsgefährlichkeit zu nehmen. Dies kann durch Anwendung des Wassers (oder unter Umständen

auch anderer Flüssigkeiten, z. B. der Chlormagnesiumlauge) oder des Gesteinstaubes geschehen.

Außerdem unterscheidet man zwischen der allgemeinen Verwendung des Bekämpfungsmittels an allen Punkten, wo Staub entsteht oder vorhanden ist, also z. B. auch an den Arbeitspunkten, und der sog. Sperrensicherung. Während jene die Entstehung jeder Staubexplosion verhüten soll, soll diese die Fortpflanzung der einmal entstandenen Explosion begrenzen, indem die Verbindungswege zwischen den einzelnen Teilen des Grubengebäudes an dafür besonders geeigneten Punkten unfähig zur Fortleitung der Explosion gemacht werden.

**73. — Anwendung des Wassers.** Die sichernde Wirkung des Wassers beruht darauf, daß es, in genügender Menge angewandt, die Bildung der für die Fortpflanzung der Explosion erforderlichen Staubwolke verhindert und außerdem die etwa entstehende Flamme bis zum Erlöschen abkühlt. Damit steht im Einklange, daß bei allen größeren Grubenexplosionen stets die Explosion an nassen Feldesteilen zum Stillstand gekommen ist. Enthält der Staub eine seiner eigenen Gewichtsmenge etwa gleiche Menge Wasser, so ist er überhaupt nicht mehr explosionsgefährlich.

Für die Benutzung des Wassers kennt man die beiden älteren Verfahren der Stoßtränkung und der Berieselung, wozu neuerdings noch die Verwendung in Kippgefäßen gekommen ist.

Das von Meißner angegebene Stoßtränkverfahren (vgl. S. 157 u. f. dieses Bandes) wird zurzeit nicht mehr angewandt.

**74. — Berieselung.** Die Berieselung ist auf den meisten westfälischen, Aachener und den Saarbrücker Gruben durchgeführt. Hierfür sind die Gruben mit Spritzwasserleitungen ausgerüstet, an die nach Bedarf Handschläuche angeschlossen werden, um damit die Arbeitspunkte und ganze Streckenteile gründlich abspritzen zu können.

Neben der mit Hand vorgenommenen Berieselung werden in wichtigen Förder- und Wetterstrecken auch Wasserbrausen angebracht, die mehr oder weniger dauernd arbeiten und die Strecken und den Wetterstrom feucht erhalten sollen. Diese wohl als „Nebelbildner“ bezeichneten Brausen zerstäuben das Wasser bis zu einem feinen Nebel, der vom Wetterstrom auf größere Entfernungen fortgetragen wird.

Noch in anderer Anwendungsform erscheint die Berieselung bei der Befeuchtung der mit Kohlen beladenen Förderwagen. Am Fuße der Bremsberge oder an den sonstigen Sammelpunkten der Streckenförderung sind über dem Geleise der vollen Wagen Brausen angebracht. Beim Vorbeifahren betätigen die Wagen, sei es mit dem Wagenkasten oder mit den Rädern, einen Anschlag, der das Ventil solange öffnet, wie der Wagen sich unter der Brause befindet. Es wird also die oberste Kohlenlage angefeuchtet, so daß Staubentstehung bei dem Rütteln der Wagen während der Förderung hintangehalten wird und der sonst oben auf den Kohlen liegende Staub von dem scharfen Wetterstrom, der in den Förderstrecken zumeist herrscht, nicht mitgerissen werden kann.

**75. — Ausführung der Berieselungsanlage.** Das für die Berieselung benutzte Wasser pflegt entweder Deckgebirgswasser zu sein, das hinter der Schachtverkleidung abgezapft wird, oder aus den Zuflüssen der oberen

Sohlen in Vorrats- und Klärbehältern gesammelt zu werden. Wo dieses Wasser nicht ausreicht, benutzt man auch trotz der höheren Kosten Leitungswasser. Mergel- und Leitungswasser sind reiner als das gesammelte Grubenwasser. Ein geringer Salzgehalt ist für die Berieselung unschädlich. Bei höheren Gehalten an löslichen Bestandteilen bilden sich jedoch Ansätze, die Verstopfungen im Gefolge haben. Sehr schädlich wirken saure Wasser auf Leitungen und Dichtungen.

Der Wasserbedarf für Berieselungszwecke schwankt von etwa 20 bis 100 l je Tonne geförderte Kohle. Die genaue Feststellung ist schwierig, weil das Wasser vielfach und manchmal sogar hauptsächlich auch für andere Zwecke (Betrieb von Motoren und Strahldüsen, Tränken der Pferde) benutzt wird.

Für die Leitungen sind die Rohrweiten so zu wählen, daß nach Fertigstellung des Rohrnetzes die Wassergeschwindigkeit voraussichtlich 1 m nicht zu überschreiten braucht. Hierfür genügen Rohrweiten von 80—120 mm in den Schächten bis herab zu 20—25 mm in den Abbau-strecken.

Die Rohre sind zumeist überlappt geschweißt und werden zweckmäßig vor der Benutzung auf Druck geprüft. Die Verbindung der Rohre zu Leitungen erfolgt fast allgemein und am besten durch Flanschen. Gewinderohre sind zwar billiger und haben auch den Vorteil des bequemeren ersten Einbaues. Sie lassen sich aber schwieriger dicht halten, und das Auswechseln einzelner Stücke ist recht umständlich. Vorteilhafterweise erhalten die Rohre eine innere und äußere Verzinkung oder einen äußeren Asphaltüberzug. Letzterer soll die Rohre namentlich gegen die Einwirkungen von Tropfwasser schützen.

Das Kaltbiegen der Rohre zum Zwecke des Verlegens ist bei scharfen Krümmungen nicht empfehlenswert. Für rechtwinklige Biegungen wendet man gewöhnlich gußeiserne oder schmiedeeiserne Krümmen an. Im übrigen werden nach Bedarf Absperrvorrichtungen, Abzweigstücke, Schlauchansätze, Drei- und Vierwegstücke in die Leitung eingeschaltet.

Zur Absperrung dienen gewöhnlich bei den weiteren Rohren Schieber, bei Rohren von 30—60 mm Durchmesser Ventile und bei den engeren Rohrleitungen neben den Ventilen auch Hähne. Am dichtesten lassen sich die Ventile halten; Schieber und Hähne sind aber einfacher und billiger, auch behindern sie den Wasserdurchgang weniger. Bei plötzlichem Schluß, der bei Ventilen nicht möglich ist, veranlassen Hähne leicht Wasserschläge.

Für die Berieselung braucht man bis zu 10 m lange Handschläuche aus Gummi, die in Abbauen bleibend angeschlossen sind und in den Strecken je nach Bedarf bald hier, bald dort durch Hydranten mit der Leitung verbunden werden. Als Betriebsdruck an der Verwendungsstelle sind 5—10 Atmosphären reichlich genug. Man findet aber vielfach einen sehr viel höheren Druck, da man ihn für die verschiedenen Sohlen nicht ohne weiteres heruntersetzen kann. Jedoch haben manche Gruben auf jeder Sohle einen Wasser-Sammelbehälter für die Berieselung der nächsttieferen Sohle angelegt.

Die Gesamtlänge der Berieselungsleitungen einer Grube schwankt naturgemäß in weiten Grenzen. Während sie für viele Schachtanlagen 25 000—40 000 m beträgt, steigt sie auch weit darüber hinaus und belief

sich z. B. auf Zeche Shamrock I/II im Jahre 1903 schon auf 136700 m. Die Anlagekosten sind mit etwa 2,50—3,00  $\mathcal{M}$  je lfd. Meter anzunehmen.

Die Betriebskosten einschl. Tilgung und Verzinsung betragen durchschnittlich 10  $\mathcal{S}$  je Tonne Förderung. Für Westfalen werden die Kosten auf 3—16  $\mathcal{S}$ , für Saarbrücken auf 6—13  $\mathcal{S}$  berechnet.

**76. — Vor- und Nachteile der Berieselung.** Unzweifelhaft wird durch die Berieselung die Explosionsgefahr auf den Steinkohlenbergwerken wesentlich verringert. Es beweisen dies die auf S. 476 mitgeteilten Zahlen: Die Einführung der Berieselung fällt etwa in die Jahre 1898—1901, so daß man wohl berechtigt ist, das Jahrzehnt 1891—1900 mit durchschnittlich 1100860 t jährlicher Förderung auf eine durch Grubenexplosionen getötete Person mit dem Jahrzehnt 1901—1910 mit 1772102 t auf eine tödliche Verunglückung in Vergleich zu stellen. Die seit der Einführung der Berieselung in Westfalen vorgekommenen Explosionsfälle, die Massenunglücke im Gefolge hatten, sind anscheinend reine Schlagwetterexplosionen gewesen, die allerdings durch die Berieselung nicht verhindert werden konnten.

Im übrigen ist der Einfluß der Berieselung auf den Grubenbetrieb teils günstiger und teils ungünstiger Art.

Günstig ist, daß man im Druckwasser überall in der Grube eine bequeme und billige Antriebskraft zur Hand hat, die für die verschiedenlichen Betriebszwecke, namentlich aber für die Wetterführung, häufig und mit Leichtigkeit ausgenutzt wird. Die Sonderbewetterung hat, gestützt auf das Berieselungsrohrnetz, eine früher ungeahnte Verbreitung gefunden. Die Bewetterung von Streckenbetrieben (Querschlägen, Grundstrecken, Aufhauen) hat einen großen Teil ihrer früheren Schwierigkeiten verloren. Auch für die maschinelle Bohrarbeit bedeutet das Vorhandensein von Druckwasser zum Ausspritzen der Bohrlöcher und zur Niederschlagung des Staubes eine große Annehmlichkeit. Ferner hat manch ein Grubenbrand, der andernfalls Gefahren und schweren Schaden für die Grube im Gefolge gehabt hätte, im Keime erstickt werden können.

In gesundheitlicher Beziehung hat die Berieselung durch Beseitigung des bei der Kohलगewinnung im Übermaß sich entwickelnden Staubes gute Dienste getan. Hierhin gehört auch die durch die Zufuhr kalten Wassers eintretende Herabkühlung der Temperatur.

Den Vorteilen der Berieselung stehen allerdings auch, abgesehen von den Kosten, mannigfache Nachteile gegenüber. Die vermehrte Feuchtigkeit hat häufig ein Quellen des Nebengesteins zur Folge. Der Druck wird vorzeitiger rege, die Kosten für den Ausbau der Strecken steigen, und unter Umständen kann die Bauwürdigkeit gewisser Flöze in Frage gestellt werden. Bei steiler Lagerung kann, wenn das quellende Gebirge dazu neigt, sich in Schalen zu lösen, eine erhöhte Stein- und Kohlenfallgefahr eintreten. In solchen Fällen hat die Bergbehörde Ausnahmen von der Verpflichtung zur Befeuchtung zugelassen. Die Gefahr der Wurmkrankheit wird durch Zufuhr von Wasser in sonst vielleicht trockene Grubenräume erhöht. Die Sättigung der Luft mit Wasserdampf wird beschleunigt, wodurch die Arbeitsfähigkeit der Menschen vermindert wird. Es wird so der Vorteil der Kühlung der Grubenwetter zum Teil wieder ausgeglichen. Nicht zu bezweifeln ist ferner,

daß die Kohlen infolge der Berieselung unansehnlicher werden und daß sie bei Frostwetter über Tage leichter zusammenfrieren.

Trotzdem wird man in gerechter Abwägung der Vor- und Nachteile sagen müssen, daß die Berieselung nicht allein segensreich mit Bezug auf

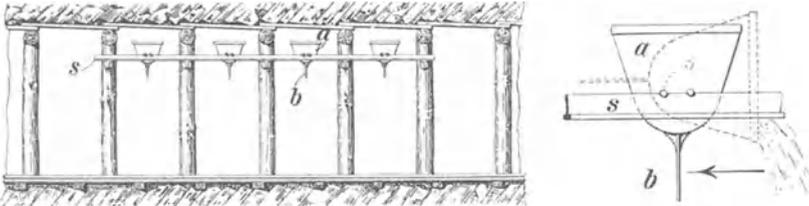


Abb. 415. Kruskopfsche Kippgefäße, unter der Firste angeordnet, als Sperrrensicherung.

Verhütung der Unfälle gewirkt hat, sondern daß sie für manche Gruben auch vom rein wirtschaftlichen Standpunkte mehr Nutzen als Schaden gebracht hat.

**77. — Verwendung des Wassers in Kippgefäßen.** Diese Einrichtungen fallen in das Gebiet der Sperrrensicherung (s. Ziff. 72). Es liegt ihnen der Gedanke zugrunde, daß an bestimmten, sorgfältig ausgewählten Punkten des Grubengebäudes ein reichlicher Vorrat an Explosionslöschmitteln (hier also Wasser) in leicht kippbaren Gefäßen aufgespeichert wird, die infolge des Explosionstoßes umkippen, ihre Ladung in die Explosionsflamme ergießen und diese zum Erlöschen bringen. Die Abbildungen 415—417 zeigen Einrichtungen, wie sie von der Firma H. u. E. Kruskopf zu Dortmund vorgeschlagen und in einzelnen Fällen an Zechen geliefert sind. Abb. 415 zeigt vier Kippgefäße *a*, die unter der Firste einer Strecke auf Trageschienen angeordnet sind. Jedes Gefäß *a* trägt unten einen Flügel *b*, gegen den der Explosionstoß drückt.

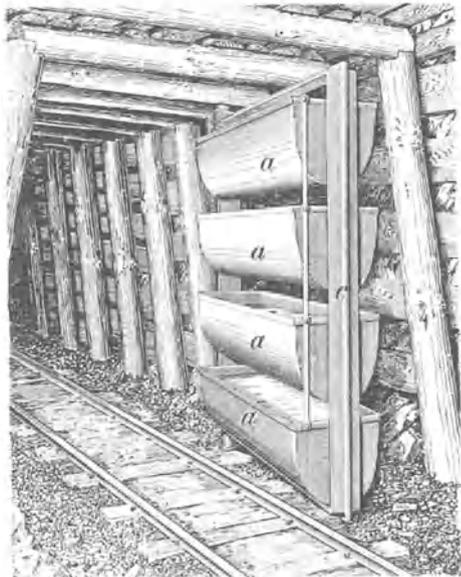


Abb. 416. Kruskopfscher Türlöscher.

Die Kippstellung des Gefäßes ist in der Nebenzeichnung rechts gestrichelt angedeutet. Abb. 416 zeigt den Kruskopfschen sog. Türlöscher in der Ansicht. Hier sind die Kippgefäße in einem Türrahmen *c* übereinander aufgehängt. Nach Abb. 417 stehen die beiden Türen *c c* in halboffener, nur schwach gesperrter Stellung. Der Explosionstoß soll die Türen in die punktiert gezeichnete Schlußstellung schleudern, wobei gleichzeitig die

Gefäße umkippen. Nach Versuchen in den großen Versuchstrecken scheinen solche Vorrichtungen tatsächlich geeignet, eine Kohlenstaubexplosion zum Stillstand zu bringen. Bewährungen in Ernstfällen liegen freilich noch nicht vor.

**78. — Verwendung von Chlormagnesiumlauge.** In Saarbrücken und Westfalen sind wiederholt Versuche angestellt worden, den Staub durch Chlormagnesiumlauge dauernd feucht zu halten. Die Ergebnisse waren jedoch wenig befriedigend. Die befeuchteten Strecken blieben zwar einige Zeit — in Saarbrücken 4—5 Wochen lang — feucht. Der entstehende frische Staub lagerte sich aber schließlich auf der feuchten Unterlage ab, ohne von der Lauge gebunden zu werden, so daß er leicht abgeblasen werden konnte. Die Befeuchtung muß demnach von Zeit zu Zeit wiederholt

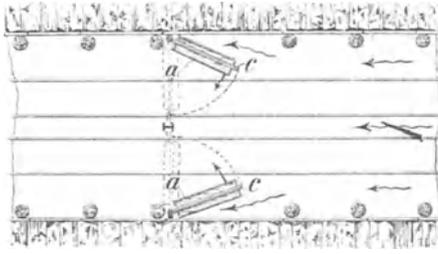


Abb. 417. Anordnung des Kruskopfschen Türlöschers.

werden. Dadurch werden die Kosten des Verfahrens unverhältnismäßig hoch.

Eher kommt Chlormagnesiumlauge für Verwendung in Kippgefäßen (s. Ziff. 77) in Frage. Da sie nämlich wegen ihrer hygroskopischen Eigenschaften nicht verdunstet, ist ein regelmäßiges Nachfüllen nicht erforderlich.

**79. — Verwendung von Gesteinstaub. Geschichtliches.** In England war man bereits i. J. 1886 gelegentlich einer Explosion auf der Silkstone-Grube darauf aufmerksam geworden, daß in den vorzugsweise mit Gesteinstaub erfüllten Strecken die Explosionsflamme zum Stillstand gekommen war<sup>1)</sup>. Versuche, die W. E. Garforth zu Altofts in Erinnerung an diese Tatsache im Sommer 1908 ausführte, bestätigten diese Beobachtung durchaus und zeigten insbesondere, daß bei Vorhandensein von Gesteinstaub die Explosion viel schneller erlischt, als wenn in der betreffenden Strecke weder Kohlen- noch Gesteinstaub vorhanden ist. Taffanel nimmt auf Grund seiner in Liévin durchgeführten Versuche an, daß im allgemeinen ein Aschengehalt von 40 % dem Staube seine Explosionsgefährlichkeit nimmt, wengleich Zündungen und Flammerscheinungen in unmittelbarer Nähe der zündenden Ursache noch nicht ausgeschlossen sind. Ferner hat er festgestellt<sup>2)</sup>, daß man eine Kohlenstaubexplosion durch ein verhältnismäßig kurzes, mit Gesteinstaub reichlich beladenes Streckenstück zum Stillstand bringen kann.

Zuerst hat Garforth das neue Mittel im Grubenbetriebe zur Anwendung gebracht und hat auf der ihm unterstellten Grube 12800 m Hauptförderstrecken, die durch Kohlenstaub gefährdet waren, mit weichem Tonschieferstaub bestreuen lassen. Ihm ist eine Anzahl englischer Gruben gefolgt. Man bevorzugt dort jetzt die allgemeine, von Zeit zu Zeit wiederholte Bestreuung

<sup>1)</sup> Intern. Kongr. f. Bergb., Hüttenw. usw. 1910, Abteilung Bergbau, S. 88; Garforth: British Coal Dust Experiments.

<sup>2)</sup> S. die in Anm. <sup>1)</sup> genannten Kongreßverhandlungen, S. 224; Taffanel: Les expériences françaises sur les poussières de houille.

sämtlicher Strecken mit Staub und hält diese Art für zweckmäßiger als die sog. Sperrensicberung<sup>1)</sup>. Die Kosten werden mit 2—5  $\mathcal{R}$  je Tonne Kohlenförderung angegeben. Als Staub wird zumeist gemahlener Tonschieferstaub verwandt, der leicht herzustellen ist, die Feuchtigkeit nicht anzieht und wegen seiner Weichheit auch gesundheitlich am wenigsten zu Bedenken Anlaß gibt.

Auch auf französischen Gruben ist das Gesteinstaubverfahren bereits in großem Umfange — hier unter Bevorzugung der Sperren — eingeführt. Die Kosten werden mit 5—10 cent. je Tonne Förderung angegeben.

In Deutschland haben die von Beyling auf der Versuchstrecke der Knappschaftsberufsgenossenschaft bei Derne vorgenommenen Versuche<sup>2)</sup>, die insbesondere die neue Erkenntnis zutage förderten, daß selbst Schlagwetterexplosionen durch Gesteinstaub mit Erfolg bekämpft werden können, zu einer schnellen Verbreitung der Staubanwendung auf den Gruben des Ruhrbezirkes geführt. Ein besonders hierfür staatlich eingesetzter Ausschuß überwacht und fördert die allmähliche Einführung.

**80. — Die sichernde Wirkung des Gesteinstaubes und die an seine Beschaffenheit zu stellenden Anforderungen<sup>3)</sup>.** Wenn der aus nicht brennbaren Teilchen bestehende Gesteinstaub von einem Luftstoß erfaßt und in eine Flamme getragen wird, so wird er selbst erhitzt. Dabei entzieht er der Flamme Wärme und wirkt somit abkühlend und löschend. Diese Wirkung ist naturgemäß um so kräftiger, je größer die Menge des in die Flamme gelangenden Gesteinstaubes ist, je dichter also die löschende Staubwolke zusammengeballt ist.

In erster Linie eignet sich der Gesteinstaub als Schutzmittel gegen Kohlenstaubexplosionen, die ohne Aufwirbelung des Kohlenstaubes durch einen kräftigen Luftstoß nicht denkbar sind. Der die Gefahr herbeiführende Luftstoß löst bei Vorhandensein des Gesteinstaubes auch das Schutzmittel aus. Auch schlägt der aufgewirbelte Gesteinstaub mechanisch den Kohlenstaub nieder. Bei Schlagwettern liegen die Verhältnisse für den Gesteinstaub ungünstiger. Immerhin kann er auch Schlagwetterexplosionen zum Erlöschen bringen, vorausgesetzt, daß sie mit einem genügend starken Luftstoß verbunden sind.

Der Gesteinstaub soll zunächst tunlichst fein sein. Als wirksam ist nur derjenige Staub anzusehen, der durch ein Drahtgewebe mit 144 Maschen je qcm, wie es für Sicherheitslampen benutzt wird, hindurchgeht. Von dem wirksamen Staube soll aber weiter ein erheblicher Teil (z. B. 25% bei Flugasche und 50% bei anderen Staubarten) noch bedeutend feiner sein und durch das Gewebe Nr. 200 (mit 5840 Maschen je qcm) hindurchgehen. Der anzuwendende Gesteinstaub darf ferner, um in der Grube dauernd flugfähig zu bleiben, nicht dazu neigen, Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen und zusammenzubacken. Hiervon hat man sich vorher durch Versuche zu

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- und Sal.-Wes. 1918, S. 110; Hatzfeld: Die Mittel zur Bekämpfung von Grubenexplosionen in England und Frankreich usw.

<sup>2)</sup> Glückauf 1919, Nr. 21—25, S. 373 u. f.; Beyling: Versuche mit Gesteinstaub zur Bekämpfung von Grubenexplosionen usw.

<sup>3)</sup> Richtlinien für das Gesteinstaubverfahren usw. vom 21. 9. 1921, herausgegeben vom Preußischen Oberbergamte zu Dortmund.

überzeugen. Schließlich soll der Staub gesundheitlich einwandfrei sein. Am besten hat sich in diesen Beziehungen gemahlener Tonschieferstaub bewährt; aber auch die Flugasche der Dampfkessel wird gern ausgenutzt, wenn sie nicht zur Feuchtigkeitsaufnahme neigt.

**81. — Anwendungsarten, Außenbesatz, Bestäubung.** Die Anwendung des Gesteinstaubes zielt darauf hin, die Entstehung von Explosionen zu verhüten, ferner entstandene Explosionen nicht zur vollen Wirkung kommen zu lassen und schließlich entwickelte Explosionen aufzuhalten, ohne daß sich freilich diese Anwendungsarten immer scharf trennen lassen.

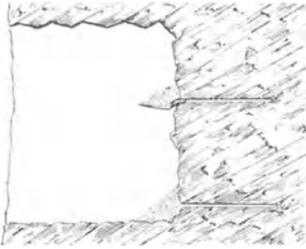


Abb. 418. Außenbesatz.

Man unterscheidet zur Verhütung von Explosionen beim Schießen den Außenbesatz und die Bestäubung durch örtliche Streuung, ferner zum Ablöschen entstandener Explosionen die Vollstreuung, die Teilstreuung und die Sperren. Letztere gliedern sich wieder in Wandersperren, Zwischensperren und Hauptsperren.

Der Außenbesatz besteht darin, daß man etwa 1,5 kg Gesteinstaub in einem Papierbeutel oder auf einem Brettstück, Blech oder einem Schippenblatt unmittelbar vor dem Bohrloche so anbringt, daß die etwa ausblasende Schußflamme den Gesteinstaub ergreifen und ihn mitreißen muß (Abb. 418). Im Abbau ist das Kohlenhaufwerk, das sich in einer Entfernung von weniger als 2 m in der Schußrichtung vor dem Bohrloche befindet, auch bei Anwendung von Außenbesatz mit Gesteinstaub zu bestreuen; dazu genügt eine Staubmenge von 3 kg. Gut angebrachter Außenbesatz wirkt so kräftig, daß selbst Schlagwetter durch Gelatinedynamitschüsse nicht gezündet werden. Nachteilig ist nur, daß die Sicherheit in jedem Falle von der sorgsamsten Anordnung einer genügenden Staubmenge vor jedem einzelnen Bohrloche abhängt. Bei einer größeren

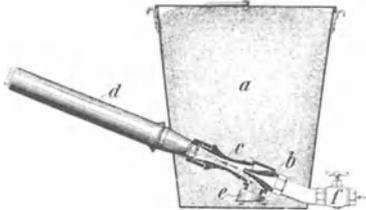


Abb. 419. Gesteinstaubverteiler.

Anzahl gleichzeitig abzutuerender Schüsse stößt deshalb das Verfahren auf Schwierigkeiten.

Die Bestäubung oder örtliche Bestreuung des Arbeitsplatzes und seiner Umgebung soll sich auf eine Entfernung von etwa 10 m vom Ortstoße erstrecken, und zwar müssen zur Erzielung der beabsichtigten Wirkung auf 1 m Streckenlänge mindestens 4 kg Gesteinstaub je qm Streckenquerschnitt entfallen. Der Staub ist am ganzen Streckenumfange, besonders auf die Stöße und die Firstenzimmerung, zu verteilen. Hierbei kann man zweckmäßig den mit Druckluft betriebenen Gesteinstaubverteiler nach Abb. 419 verwenden. Das Gerät besteht aus dem an einem Schultergurt tragbaren Behälter *a*, der etwa 16 l Gesteinstaub aufnehmen kann. In dem Behälter ist unten die Düse *b* mit dem Saugrohr *c* und dem Ausblaserohr *d* eingebaut. Die Preßluft-

zuführung beim Gebrauche wird durch Hahn / geregelt. Die Entleerung des Behälters dauert etwa 1 Minute. Der Luftverbrauch beträgt rd. 1 cbm<sup>1)</sup>.

Ist die Bestäubung erstmalig erfolgt, so genügt beim Weiterbetrieb des Ortes, daß für jeden Schuß 10 kg Gesteinstaub in der Schußrichtung auf etwa 5 m Entfernung ausgestreut werden.

**82. — Vollstreuung, Teilstreuung.** Die Vollstreuung wird gleichfalls so ausgeführt, daß auf 1 m Streckenlänge 4 kg Gesteinstaub je qm Strecken-

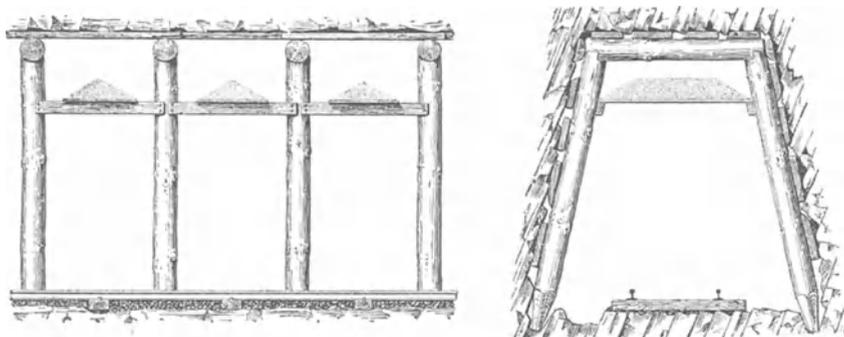


Abb. 420. Gesteinstaubschranken.

querschnitt entfallen. Sie soll nahe am Orts- oder am Abbaustoß beginnen, sich aber über die ganze Länge der zu schützenden Strecken ausdehnen. Die Vollstreuung macht weitere besondere Gesteinstaubanhäufungen (Sperren) unnötig, da sie für sich allein für das Aufhalten von Explosionen genügt.

Die Vollstreuung ist mit dem Vorrücken des Orts- oder des Abbaustoßes nachzuführen; sie muß erneuert werden, sobald der wirksame Gesteinstaub in dem Staubgemenge nicht mehr überwiegt.

Bei der Teilstreuung soll auf 1 m Streckenlänge je qm Streckenquerschnitt eine Staubmenge von 2 kg entfallen. Auch sie soll sich über die ganze zu schützende Streckenlänge ausdehnen. Sie genügt allein zur wirksamen Bekämpfung starker Explosionen nicht, sondern muß noch durch Sperren unterstützt werden.



Abb. 421. Aufgehängte Gesteinstaubschranke.

**83. — Sperren.** Bei dem Sperrverfahren soll eine etwa entstandene Schlagwetter- oder Kohlenstaubexplosion auf größere Gesteinstaubmassen, die im freien Streckenquerschnitt angeordnet sind, stoßen und soll dadurch am Fortschreiten behindert werden. Sperren sind also örtliche Gesteinstaubanhäufungen, wobei man je nach dem Orte, wo sie angeordnet werden, und nach der insgesamt angewandten Staubmenge Wander-, Zwischen- und Hauptsperren unterscheidet. Je nach der Art der Ausführung kann man zur Ablagerung des Staubes Schranken, Horden, Matten oder Kästen wählen.

Die Wandersperre soll je qm Streckenquerschnitt 60 kg Gesteinstaub enthalten. Sie besteht in der Regel aus leichten Schranken (Abb. 420 u. 421),

<sup>1)</sup> Glückauf 1921, Nr. 31, S. 742; Wedding: Verwendung des Gesteinstaubzerstäubers von Weber usw.

die quer zur Strecke, oder aus Horden (Abb. 422), die längs der Stöße liegen. Aber auch Matten (Abb. 423) oder leichte flache Kästen (sog. Firstkästen) werden gern benutzt. Die Matten werden von starken Papier- oder Stoffbahnen

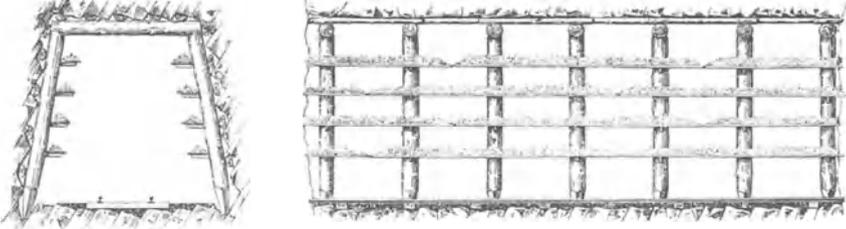


Abb. 422. Gesteinstaubhorden.

gebildet, die an beiden Kopfenden mit einem Quer- oder Spannholz versehen sind und mit Hilfe von Drähten an den Kappen befestigt werden. Trotz ihres geringen Gewichtes besitzen sie eine große Tragfähigkeit. Firstkästen sollen nur niedrige (10 cm hohe) Seitenwände haben, aufgehäuft mit Staub beladen und leicht kipp- oder lösbar angeordnet werden.

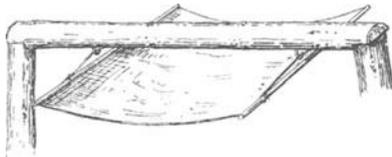


Abb. 423 Gesteinstaubmatte.

Abb. 424 zeigt einfache Kippkästen in Dreiecksform. Die Wandsperre soll dem Vorrücken des Orts- oder Abbaustoßes folgen und in keinem Falle mehr als 20 m davon entfernt sein.

Die Zwischensperre erhält je qm Streckenquerschnitt 200 kg Staub. Dementsprechend müssen die Schranken oder Kästen, die man hierfür zu benutzen pflegt, breiter und stärker ausgeführt werden. Zwischensperren sind insbesondere dazu be-

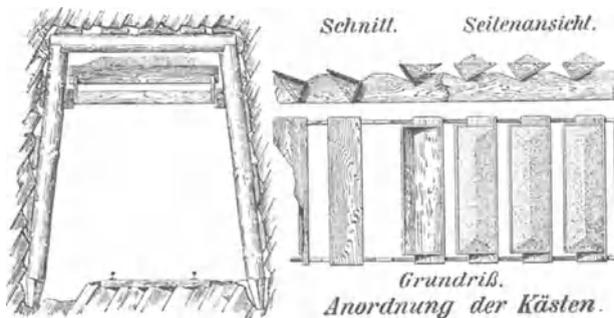


Abb. 424. Leichte Gesteinstaubkästen.

stimmt, Abbaustrecken gegen den Bremsberg oder Ortsquerschlag oder bei söhlicher Lagerung gegen die Förderstrecke abzuriegeln.

Die Hauptsperre wird mit 400 kg Gesteinstaub je qm Streckenquerschnitt ausgerüstet. Die sich daraus ergebenden großen Mengen — z. B. für eine 4 qm weite Strecke 1600 kg — lassen sich in der Regel auf einer einzelnen Schranke oder in einem einzelnen Kasten nicht mehr unterbringen. Deshalb

ist eine Anzahl von Kästen oder Schranken hintereinander anzuordnen. Die mehrfache Unterteilung der Staubanhäufung ist auch um deswillen vorzuziehen,

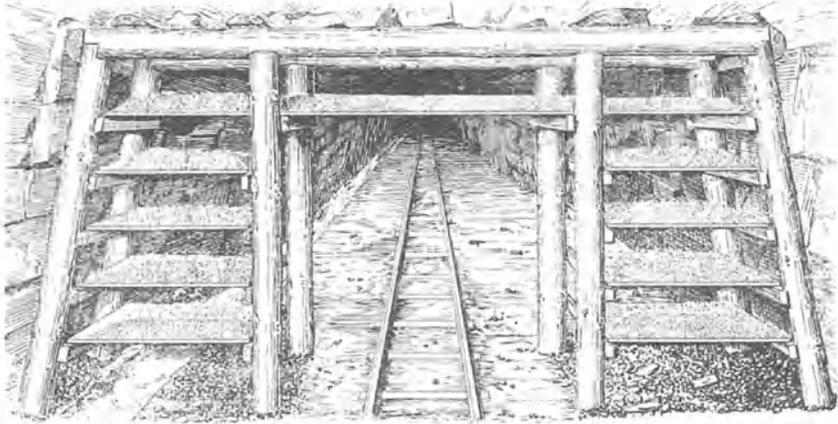


Abb. 425. Gesteinstaubanhäufung.

weil bei den allzu großen Kästen die Gefahr besteht, daß der Staub entweder zu früh oder zu spät fällt, nämlich wenn die Explosionsflamme die Sperre noch nicht erreicht oder bereits überschritten hat. In dieser Hinsicht sind] mehrere kleinere Staubablagerungen zuverlässiger.

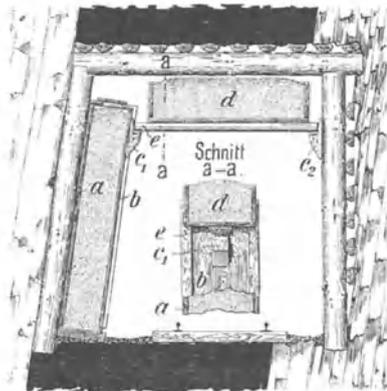


Abb. 426. Gesteinstaubkasten von Rohde.

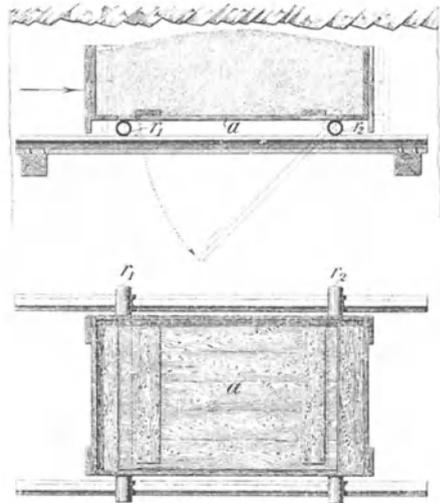


Abb. 427. Gesteinstaub-Rollkasten von Frantz.

Die Abbildungen 425—427 zeigen Hauptsperren in Schranken- und Kastenordnung. Hauptsperren sind zur Abriegelung ganzer Baufelder und selbständiger Wetterabteilungen bestimmt. Auch dienen sie zum Abschluß besonders gefährdeter Betriebspunkte, z. B. von Überhauen und

Aufbrüchen, die in der Herstellung begriffen sind, und sind dann in deren Zugangstrecken anzubringen.

Abb. 428 zeigt Beispiele für die Anordnung von Wander-, Zwischen- und Hauptsperren im Verein mit Teilstreuung in Vorrichtungs- und Ausrichtungsbetrieben und im Abbau.

84.—**Beurteilung. Besondere Vorsichtsmaßnahmen bei Anwendung des Verfahrens.** Gegenüber der Berieselung ist die Verwendung von

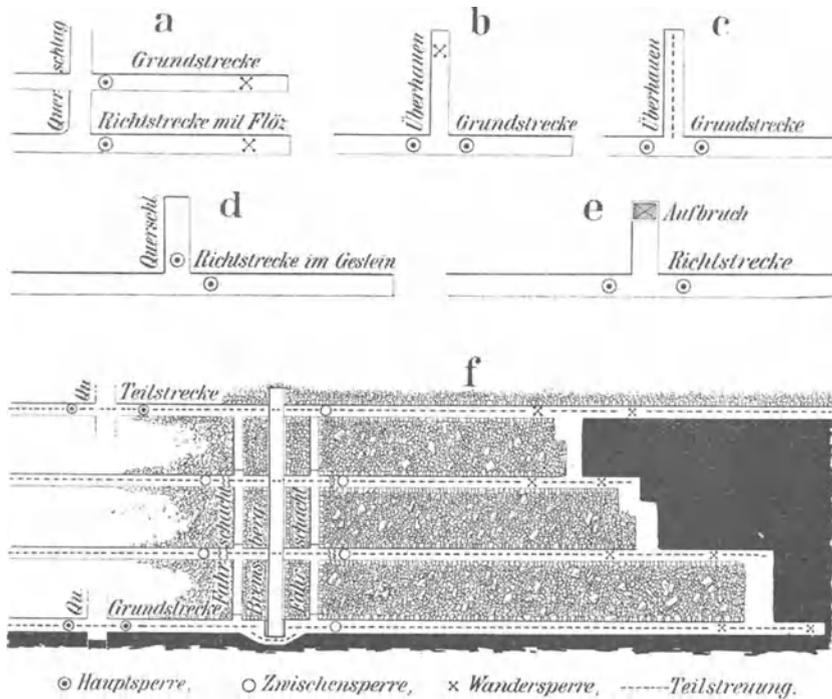


Abb. 428. Beispiele von verschiedenen Arten der Gesteinstaubanwendung.

Gesteinstaub durch größere Billigkeit und ferner dadurch ausgezeichnet, daß sie weder die Grubenwetter noch das Nebengestein irgendwie ungünstig beeinflußt und die Wirksamkeit länger vorhält. Auch wird die Aufsicht erleichtert. In gesundheitlicher Beziehung ist freilich die Handhabung des Staubes nicht ohne Bedenken.

Hinsichtlich der Bewährung im Ernstfalle sind bisher in Deutschland 2 Fälle bekannt geworden, in denen das Verfahren, wenn es auch noch nicht im vollen Umfange in den betroffenen Grubenabteilungen eingeführt war, wirksam geworden ist. Es sind dies die Explosionen vom 22. 7. 1919 auf Zeche Neumühl I/II und vom 26. 3. 1920 auf Zeche Friedrich Thyssen III/VII<sup>1)</sup>. In beiden Fällen sind Staubsperren durch die Explosion ausgelöst

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1920, Beilage zu Heft 1; Unfälle und Rettungswesen beim Bergwerksbetriebe Preußens 1919, S. 163; — ferner ebenda 1921; unter dem gleichen Titel für das Jahr 1920, S. 322.

worden und haben anscheinend zur Beschränkung des Explosionsumfanges beigetragen. Die bisherigen Erfahrungen entsprechen also den bereits in Ziff. 79 mitgeteilten Beobachtungen.

Hervorzuheben ist schließlich noch, daß das Verfahren mit der Berieselung nicht vereinbar erscheint. Diese ist, um nicht die Staubanwendung unwirksam zu machen, zu unterlassen, sobald das Gesteinstaubverfahren allgemein durchgeführt wird. Dafür soll man als Löschmittel in allen Abteilungen besondere Gesteinstaubmengen und Geräte zu ihrer Verstreuerung vorrätig halten, auch Handfeuerlöcher (z. B. Minimaxgeräte, s. Bd. II unter „Grubenbrände“) an geeigneten Stellen in Bereitschaft haben. Ferner empfiehlt es sich, Einrichtungen zu schaffen, die es ermöglichen, mit Hilfe der Preßluftleitung den einzelnen Betriebspunkten Wasser zuzuführen.

**85. — Explosionsfänge.** Ausgehend von der Erfahrung, daß Explosionen durch Aufhalten des Stoßes zum Stillstand gebracht werden können, hat man auf einigen französischen Gruben neben der Staubbstreuung zur Trennung ganzer Feldesteile voneinander „Explosionsfänge“ angeordnet, die darin bestehen, daß die Hauptstrecke durch starkes Mauerwerk vollkommen gesperrt und sodann nach Abb. 429 umbrucht wird. In den Umbruchstrecken können zugleich vor und hinter jedem rechten Winkel eiserne Wettertüren derart angebracht werden, daß sie sich entgegengesetzt öffnen und schließen. Es wird angenommen, daß der Explosionsstoß auf dem Wege durch den Umbruch seine Kraft verliert und keinen weiteren Kohlenstaub mehr aufwirbelt<sup>1)</sup>.

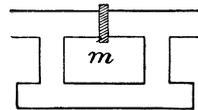


Abb. 429.  
Explosionsfang.

## IV. Die Bewegung der Wetter.

### A. Der Wetterstrom und seine Überwachung.

**86. — Das Wesen des Wetterstromes.** Für die Bewetterung eines Grubengebäudes muß ein ununterbrochen fließender Wetterstrom erzeugt werden. Das Grubengebäude muß hierfür mindestens eine einziehende und eine ausziehende Tagesöffnung haben. Von der einen bis zur anderen soll der Strom seinen bestimmten, vorgeschriebenen Weg benutzen. Denjenigen Teil des Stromes, der zwischen der einziehenden Tagesöffnung und den Abbaubetrieben liegt, nennen wir den einziehenden Strom, dagegen die Fortführung bis zur zweiten Tagesöffnung den ausziehenden.

Die Bewegung der Luft oder der Wetterzug geht wie jede Bewegung eines Körpers hervor aus der Störung des Gleichgewichts. Im ein- und ausziehenden Strom kann deshalb nicht ein einheitlicher, gleichmäßiger Luftdruck herrschen. Vielmehr muß der Druck in der Richtung des ausziehenden Stromes geringer werden, damit die Luft dorthin, getrieben von dem höheren Drucke im einziehenden Strome, nachfließt. Sorgt man dafür, daß die Gleichgewichtstörung oder der Druckunterschied in dem Wetterstrom dauernd bestehen bleibt, so dauert auch der Wetterzug an, da die Luft ununterbrochen

<sup>1)</sup> S. Anm. <sup>1)</sup> auf S. 491.

das Gleichgewicht wiederherzustellen sucht. Der Wetterstrom fließt also, weil die Luftspannung auf dem ganzen Wege sinkt oder weil ein Druckgefälle, ähnlich dem Gefälle eines Flusses, besteht.

87. — Die Wassersäule als Maßstab für die Druckunterschiede. Die Druckunterschiede des Wetterstromes werden in der Regel nicht in Millimetern Quecksilbersäule ausgedrückt, weil dieser Maßstab zu klein und

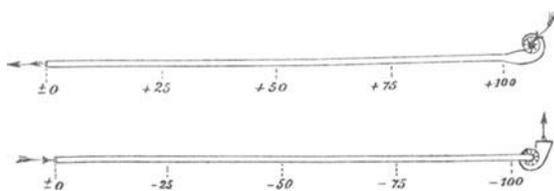


Abb. 430. Schema des Druckgefälles in einem Wetterstrom.

deshalb für die zu messenden Größen nicht genau und scharf genug wäre, sondern man gibt die Spannungsunterschiede in Millimetern Wassersäule an. Die Benutzung der Wasser-

säule zur Angabe von Druckunterschieden ist außerdem bequem, weil jedes Millimeter dem Drucke von 1 kg auf 1 qm entspricht.

88. — Das Gefälle des Wetterstromes. Schematisch ist das Bild des Druckgefälles in einem Wetterstrome in der Abb. 430 dargestellt. Nach der oberen Abbildung soll Luft durch eine Rohrleitung mittels eines Ventilators geblasen werden, und der Ventilator möge gegenüber dem atmosphärischen Drucke einen Überdruck erzeugen, der, unmittelbar am

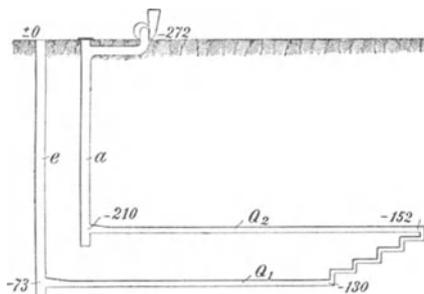


Abb. 431. Schema des Druckgefälles bei einer Grubenbewetterung.

Ventilator gemessen, 100 mm beträgt. Der Überdruck wird nach der Ausströmöffnung hin allmählich geringer und ist an dieser selbst  $\pm 0$ .

Wenn der Ventilator saugend wirkt und in der Rohrleitung einen Unterdruck erzeugt, so erhalten wir das Bild der unteren Abbildung, das nach dem Gesagten ohne weiteres verständlich ist.

Abb. 431 läßt erkennen, daß auch die Verhältnisse einer Grubenbewetterung ganz ähnlich liegen.

Der vom Ventilator erzeugte Unterdruck ist am Saugkanal am größten (hier 272 mm) und ist an der Mündung des einziehenden Schachtes  $\pm 0$ . Im übrigen verteilt sich der Unterdruck freilich nicht so gleichmäßig auf die Länge des Wetterweges wie in einer überall gleich weiten Rohrleitung. In der Abb. 431 ist das stärkste Gefälle für die Schächte (e, a) angenommen, es beträgt für diese  $73 + 62 = 135$  mm, für die Querschläge ( $Q_1, Q_2$ )  $57 + 58 = 115$  mm und für die Abbaue 22 mm.

Das Gefälleverhältnis erscheint bei allen nicht sählig verlaufenden Grubenbauen verschleiert, insofern der mit der Tiefe zunehmende Druck der Luftsäule das Gefälle nicht unmittelbar in die Erscheinung treten läßt. Trotzdem ist auch hier ein Gefälle vorhanden, da der bei fließendem Wetterstrom jeweils gemessene Luftdruck geringer als in ruhenden

Wettern ist. Abb. 432 zeigt in der ausgezogenen Linie *a 2 3 4 5 f* die Druckverhältnisse, wie sie sich bei Stillstand der Wetterführung in einer Grube ergeben würden, deren Fördersohle in etwa 500 m Teufe und deren Wettersohle 100 m höher liegt. Nach Ingangsetzen des Ventilators würde sich infolge des sich herausbildenden Druckgefälles der Luftdruckverlauf in die gestrichelte Linie *a III III IV V VI* verschieben. In dem angenommenen Beispiel wäre der gesamte vom Ventilator erzeugte Unterdruck (ebenso wie in Abb. 431) 272 mm Wassersäule.

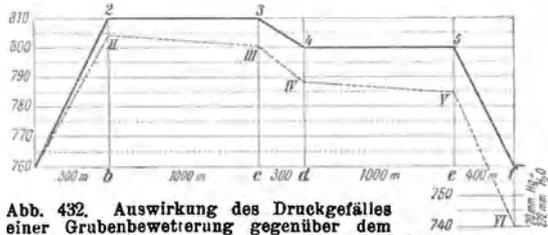


Abb. 432. Auswirkung des Druckgefälles einer Grubenbewetterung gegenüber dem barometrischen Luftdrucke (a—b u. e—f: Schächte, b—c u. d—e: Querschläge, c—d: Abbaue.)

89. — Messung des Druckgefälles im allgemeinen.

Für die regelmäßige Überwachung und die Beurteilung der Bewetterungsverhältnisse ist es unerlässlich, fortlaufend durch Messungen die Stärke des Druckgefälles festzustellen. Hauptsächlich kommt es darauf an, das Gesamtgefälle von der einziehenden bis zur ausziehenden Tagesöffnung kennenzulernen. Man wird deshalb, soweit es möglich ist, die Messung in der Nachbarschaft der den Spannungsunterschied bewirkenden Vorrichtung (des Ventilators) vornehmen, also im Falle der Abb. 431 an dem Punkte, wo ein Unterdruck von 272 mm angegeben ist. Da an der zweiten Tagesöffnung atmosphärischer Druck herrscht, genügt es, den vom Ventilator gegenüber dem äußeren Drucke erzeugten Spannungsunterschied zu messen.

Steht der Ventilator unter Tage, so daß er gegenüber dem äußeren Drucke in den Grubenbauen teils einen Unter- und teils einen Überdruck bewirkt, so ist der gesamte Unterschied zwischen dem sich ergebenden Unter- und Überdruck zu ermitteln. Dementsprechend verteilt sich dann der für die Bewetterung der Grube gemäß Abb. 433 erforderliche Druckunterschied von z. B. 115 mm auf 70 mm Unterdruck (vor dem Ventilator) und 45 mm Überdruck (hinter dem Ventilator).

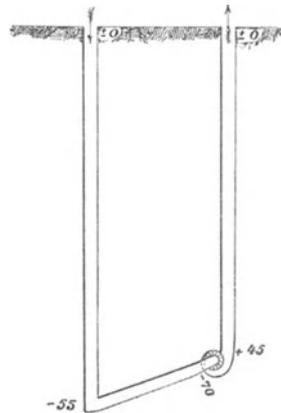


Abb. 433. Schema des Druckgefälles bei einem unter Tage aufgestellten Ventilator.

Wenn die Gleichgewichtstörung des Wetterstromes nicht von einem einzigen Punkte (wie bei einem Ventilator) ausgeht, sondern sich auf eine größere Weglänge des Wetterstromes (z. B. als Folge der Wirkung des sog. natürlichen Wetterzuges oder auch eines Wetterofens) verteilt, so ist die Feststellung des Gesamtgefälles schwieriger. Hierauf wird unter den Ziffern 115 u. 146 noch zurückzukommen sein.

An Stelle der Ausdrücke Unter- und Überdruck haben sich für die Wetterführung die Bezeichnungen Depression und Kompression eingebürgert.

**90. — Gewöhnlicher Depressionsmesser.** Der gewöhnliche Depressionsmesser (Abb. 434) besteht aus einer mit Wasser gefüllten, U-förmig gebogenen Glasröhre  $a_1 a_2$  und einem Maßstabe  $c$  zwischen den beiden Rohrschenkeln. Das eine Ende der Glasröhre wird durch einen Schlauch  $b$  mit dem Raume in Verbindung gebracht, dessen Depression oder Kompression bestimmt werden soll. Das zweite Ende mündet ins Freie. Der Maßstab ist gewöhnlich derart eingerichtet, daß er seinen Nullpunkt in der Mitte hat und von hier aus nach oben und unten zählt. Der Nullpunkt wird so eingestellt,

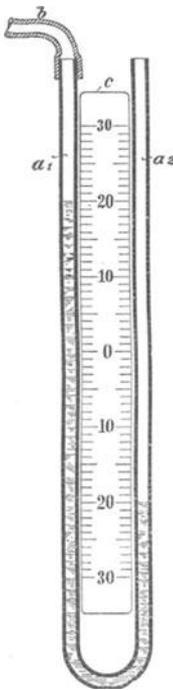


Abb. 434. Gewöhnlicher Depressionsmesser.

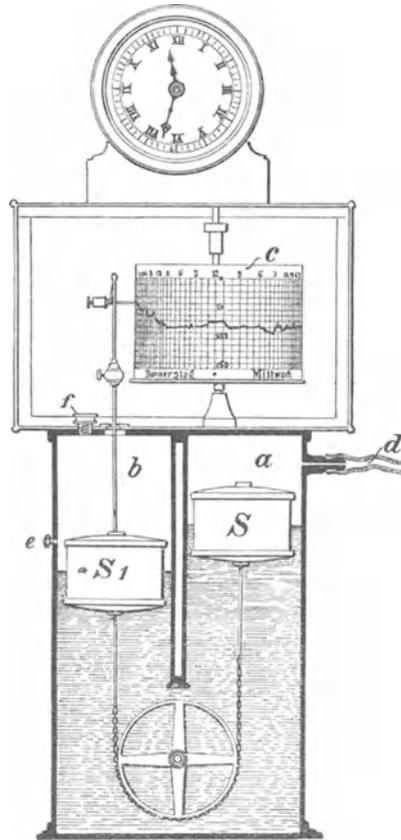


Abb. 435. Selbsttätig schreibender Depressionsmesser von Och w a d t.

daß er dem Wasserspiegel entspricht, wenn dieser in beiden Rohren gleich hoch steht. Man liest den Druckunterschied ab, indem man die Abstände beider Wasserspiegel von dem Nullpunkte addiert oder indem man nur einen Abstand feststellt und diesen verdoppelt. Der Verdunstung des Wassers ist durch Nachfüllen oder durch neue Einstellung des Maßstabes Rechnung zu tragen.

Falls Druckschwankungen auftreten, so ist die Beobachtung erschwert. Durch Verengung des Querschnitts der Glasröhre an der Biegungstelle (z. B. durch Einfüllen von Schrot, durch Drosseln mittels eines Hahnes) kann man die starken Schwankungen des Wasserspiegels vermindern.

**91. — Selbsttätig schreibender Depressionsmesser.** Sehr zweckmäßig sind die selbsttätig schreibenden Depressionsmesser. Am bekanntesten sind diejenigen von Ochwadt (Abb.435). Die beiden verbundenen Röhren sind als zwei durch eine Scheidewand getrennte, ziemlich weite Gefäße  $a$  und  $b$  ausgestaltet, die zur Aufnahme je eines Schwimmers  $S$  und  $S_1$  eingerichtet sind. Beide Schwimmer sind unter Wasser durch eine Gelenkkette miteinander verbunden. Der Raum über dem Schwimmer  $S$  ist durch einen Anschlußstutzen und Schlauch  $d$  mit dem Saugraum in Verbindung gebracht, während der andere Wasserspiegel unter dem atmosphärischen Drucke steht. Der Schwimmer  $S_1$  trägt eine Führungstange mit Schreibstift, der die jeweilig vorhandene Depression oder Kompression in Form einer Kurve auf eine durch ein Uhrwerk angetriebene Trommel  $c$ , die auch die Zeiten angibt, aufschreibt. Bei der dargestellten Anordnung bedeutet jedes Millimeter Kurvenhöhe 2 mm Depression, während die Tage und Stunden durch die senkrechten Linien bezeichnet werden. Der Wasserspiegel soll in der Gleichgewichtslage bis zum Schraubchen  $e$  reichen. Das Füllen mit Wasser geschieht durch das Loch der Schraube  $f$ . Ein gewöhnlicher, an der Vorderwand angebrachter Glasdepressionsmesser dient dazu, das regelrechte Arbeiten der Vorrichtung überwachen zu können.

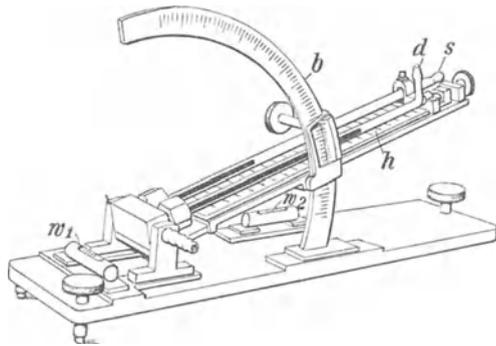


Abb. 435. Multiplikationsdruckmesser oder Mikromanometer.

Die aufgeschriebenen Depressionskurven geben einen bleibenden Ausweis über den Gang des Ventilators und sind deshalb z. B. für einzeln gelegene Wetterschächte ganz unentbehrlich. Im Falle einer Grubenexplosion gewähren sie die Möglichkeit, noch nachträglich die Wirksamkeit des Ventilators im Augenblick der Explosion zu beurteilen. Auch lassen sie erhebliche Störungen in der Wetterführung, z. B. einen Bruch in einer Hauptwetterstrecke (durch plötzliches Steigen der Depression) oder den Eintritt eines Kurzschlusses zwischen Ein- und Ausziehstrom (durch ein plötzliches Fallen), erkennen.

**92. — Multiplikationsdruckmesser.** Um genauere Depressionsmessungen bei geringen Druckunterschieden auszuführen, wendet man die sog. Multiplikationsdruckmesser oder Mikromanometer an. Sie besitzen einen oder zwei geneigtliegende Schenkel  $s$  und  $d$  (Abb. 436). Die Neigung kann mittels eines Gradbogens  $b$  verschieden eingestellt werden. Beträgt sie z. B. 1:10, so bewirkt ein Druckunterschied von 1 mm bereits, daß die beiden Wasserspiegel sich um eine Rohrlänge von 10 mm verschieden einstellen.

**93. — Geschwindigkeitshöhe, statischer Druck. Anordnung des Depressionsröhrchens im Wetterkanal.** Ein bewegter Luftstrom sucht die Massenteilchen, an denen er vorbeistreicht, mitzureißeln. Er übt also auf

die Wandung des Kanals, in dem er fließt, eine gewisse Saugwirkung aus. Die Wandung hat deshalb nicht den vollen Gasdruck auszuhalten, den ein ruhendes Gasgemisch ausüben würde. Vielmehr erscheint der Druck auf die Wandung um die Saugwirkung vermindert (Gesetz von Bernoulli). Diese Druckverminderung ist proportional dem Quadrate der Stromgeschwindigkeit und wird mit Geschwindigkeitshöhe  $\left( = \frac{d \cdot v^2}{2g} \right)$  bezeichnet<sup>1)</sup>.

Diese beträgt, wenn  $d=1,2$  angenommen wird, bei:

5 m Wettergeschwindigkeit	1,5 mm Wassersäule
10 "	6,1 "
15 "	12,8 "
20 "	24,5 "

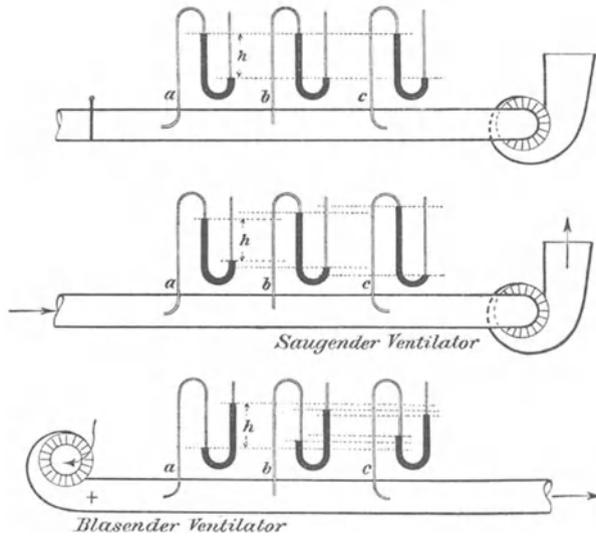


Abb. 437. Anordnung des Depressionsröhrchens im Wetterkanal.

Wenn das Ende des Meßrohres parallel der Wand des Saugkanals abgeschnitten ist, zeigt der Depressionsmesser nur einen entsprechend der Geschwindigkeitshöhe verminderten Gasdruck (den sog. statischen Druck) an.

Bei der Vornahme von Messungen ist deshalb die Anordnung des Depressionsröhrchens im Wetterkanal von Wichtigkeit. In dieser Beziehung bestehen 3 Möglichkeiten. Abgesehen von dem Falle, daß das Ende des Rohres parallel der Wand des Saugkanals abgeschnitten ist, kann die Rohröffnung dem Wetterstrom entgegengerichtet oder in der Richtung des Wetterstroms umgebogen sein. Die Abb. 437 zeigt in der Mitte und unten diese verschiedenen Anordnungen zugleich mit ihren Wir-

<sup>1)</sup> Es ist  $d$  das Gewicht von 1 cbm Luft in Kilogramm,  $v$  die Geschwindigkeit in Metern und  $g$  die Fallbeschleunigung.

kungen, wobei für die drei Meßstellen  $a-c$  die gleiche Entfernung vom Ventilator vorausgesetzt ist.

Wir wollen zunächst annehmen, daß der Schieber des Saugkanals geschlossen ist, so daß der Ventilator wohl einen Unterdruck oder einen Überdruck, aber keinen Luftstrom erzeugt (Abb. 437, oben). In diesem Falle ist es gleichgültig, in welcher Richtung das Meßrohr in den Kanal einmündet, und der Depressionsmesser wird bei jeder Stellung des Rohrendes den gleichen Druckunterschied anzeigen.

Bewegt sich aber der Luftstrom im Saugkanal, so liefern die Messungen je nach der verschiedenen Stellung des Meßrohres verschiedene Ergebnisse (Abb. 437, Mitte und unten). Ist das Depressionsröhrchen parallel der Wandung des Saugkanals abgeschnitten, so wird die Depression zu hoch (Abb. 437, Mitte) und die etwa vorhandene Kompression zu niedrig (Abb. 437, unten) abgelesen. Der Fehler erscheint noch vergrößert, wenn man das Meßrohr in der Richtung des Wetterstromes umbiegt, weil alsdann die Saugwirkung durch Mitreißen von Luftteilchen aus dem Meßrohr noch weiter erhöht wird. Um richtig zu messen, muß man die Saugwirkung des bewegten Luftstromes dadurch ausschalten, daß man den Strom sowohl, wenn man den Unterdruck (Abb. 437, Mitte), als auch, wenn man den Überdruck (Abb. 437, unten) messen will, in die ihm entgegengerichtete Öffnung des Röhrchens blasen läßt. Die beim Hineinblasen in das Rohr erzeugte Druckwirkung kommt der infolge der Bewegung der Luft entstandenen Druckverminderung annähernd gleich, beide heben sich so auf, und man liest an dem Depressionsmesser dann den Gesamtdruck ab.

Der Fehler kann, wenn das Rohrende in die Stromrichtung umgebogen ist, etwa das 1,5fache der Geschwindigkeitshöhe, also bei 10 m Wettergeschwindigkeit nach der obigen Zusammenstellung rund 9 mm, betragen, ist also nicht unerheblich.

**94. — Messung der Stromgeschwindigkeit und der Wettermenge. Einfache Hilfsmittel.** Um die der Grube oder einer bestimmten Betriebsabteilung zugeführte Wettermenge kennenzulernen, sind Geschwindigkeitsmessungen an Punkten, deren Querschnitt bekannt ist, erforderlich. Die Wettermenge ergibt sich sodann als Produkt aus Geschwindigkeit und Querschnitt.

In schlagwetterfreien Gruben kann man bei geringen Wettergeschwindigkeiten eine abgemessene Streckenlänge in der Stromrichtung mit offener Lampe so abschreiten, daß die Lampenflamme senkrecht stehenbleibt. Aus der für einen gewissen Weg verbrauchten Zeit ergibt sich ohne weiteres die Geschwindigkeit.

Für sehr geringe Wettergeschwindigkeiten empfiehlt sich die sog. Pulverprobe. Man beobachtet die Zeit, die der Pulverdampf nach dem Aufblammen einer kleinen Pulvermenge bedarf, um eine bestimmte, abgemessene Streckenlänge zurückzulegen.

**95. — Das Casella-Anemometer und seine Handhabung.** Gewöhnlich geschieht die Geschwindigkeitsmessung der Wetterströme mittels der Anemometer. Das gebräuchlichste ist das Casella-Anemometer (Abb. 438). Es besitzt acht windmühlenähnlich gestellte Flügel aus

Aluminiumblech, deren Fläche mit der Richtung des Luftstromes einen Winkel von 42—44° einschließt. Die sich zwecks Verringerung der Reibung gegen ein Saphirlager stützende Welle des Flügelrades trägt eine Schraube ohne Ende, die ein Zählwerk mit solcher Radeinteilung betätigt, daß auf dem Zifferblatt der vom Luftstrom in der Meßzeit zurückgelegte Weg unmittelbar in Metern abgelesen werden kann. Vor Beginn und nach Beendigung der Beobachtung ist der Stand der Zeiger festzustellen. Der Unterschied ergibt die Luftgeschwindigkeit für die Beobachtungszeit. Dividiert man die Differenz durch die Anzahl der Sekunden, die die Beobachtungszeit gewährt hat, so erhält man die Luftgeschwindigkeit je Sekunde. Ein Sperrhebel, der durch Schnüre betätigt werden kann, gestattet ein bequemes Ein- und Ausrücken des Zählwerks aus der Entfernung.

Bei der Handhabung wird das Anemometer an den Beobachtungspunkt gebracht und hier auf einem Ständer oder einer Latte festgestellt.

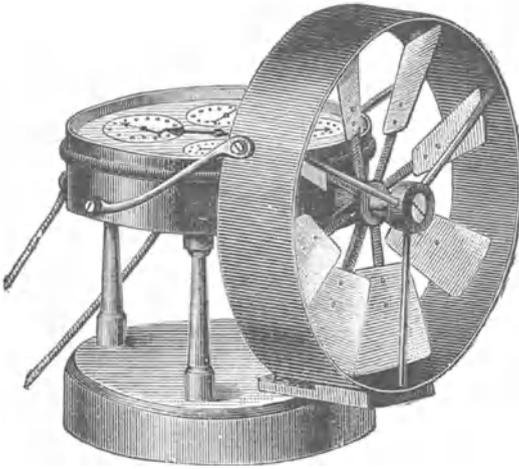


Abb. 438. Casella-Anemometer.

Darauf tritt der Beobachter möglichst dicht an den Stoß, um nicht den Streckenquerschnitt durch seinen Körper zu verengen. Sobald anzunehmen ist, daß das Flügelrad die dem Luftstrom entsprechende Geschwindigkeit angenommen hat, wird das Zählwerk durch einen Zug nach links eingerückt. Nach ein, zwei oder drei Minuten wird durch einen abermaligen Zug nach rechts der Sperrhebel zurückgezogen und damit das Zählwerk außer Betrieb gesetzt, während

das Flügelrad ruhig weiterläuft. (Merkregel: links läuft, rechts ruht.)

Die abgelesene Differenz zwischen den Angaben des Zählwerks vor und nach der Beobachtung bedarf noch der Berichtigung (Korrektion), da das Anemometer nicht reibungsfrei läuft und auch die Flügel bis zu einem gewissen Grade durch den Druck der Luft gebogen werden.

Die Berichtigungszahl ist keine Konstante, wie man früher glaubte, sondern ist für jede Geschwindigkeit verschieden. Sie ist ferner für jedes Anemometer verschieden, ändert sich auch allmählich und muß deshalb von Zeit zu Zeit durch Eichung festgelegt werden, was auf besonderen Rundlaufvorrichtungen geschieht<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Glückauf 1902, Nr. 47, S. 1141 u. f.; Stach: Die Anemometer-Prüfungsstation der Westfälischen Berggewerkschaftskasse in Bochum; — ferner ebenda 1914, Nr. 17, S. 675 u. f.; Stach: Mitwind, Anemometerprüfung und Ventilatoruntersuchung.

Die Größe der Berichtigung kann für die verschiedenen Luftgeschwindigkeiten am einfachsten zeichnerisch in einem Koordinatensystem mit als Abszissen aufgetragenen Wettergeschwindigkeiten zur Darstellung gebracht werden. Bei Anemometern, die fehlerlos gebaut sind, ergibt eine solche Aufzeichnung der Berichtigung stets eine gerade Linie. Der jeweilige Verlauf der Berichtigungslinie wird auf Kärtchen verzeichnet und dem Anemometer beigelegt.

In Abb. 439 sind einige häufig wiederkehrende Berichtigungen aufgetragen und mit den Ziffern I—IV bezeichnet. Die Berichtigung I ist stets positiv; sie ist seltener als die Berichtigungen II—IV. Ein Anemometer, das die Berichtigungsgerade II besitzt, bedarf z. B. bei 100 m Ablese für die Minute einer Richtstellung von etwa + 4, dagegen bei 750 m einer solchen von — 40.

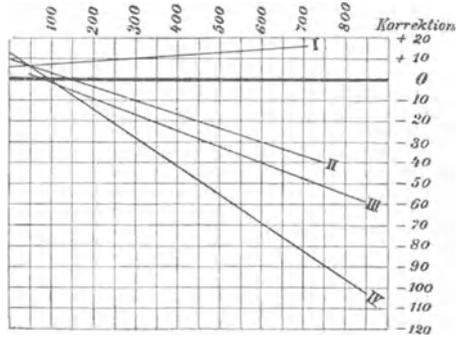


Abb. 439. Berichtigungen von Anemometern.

Man würde also die Zahlen 104 und 710 in die Berechnung einzusetzen haben.

Für die Messung sehr langsamer Luftströme wendet man Anemometer mit großen, aus Glimmerblättchen gefertigten Flügeln an, die den Vorzug eines sehr leichten Ganges besitzen.

**96. — Uhrwerk-Anemometer.** Für manche Messungen ist es bequem, in Verbindung mit dem Anemometer-Zählwerk eine Uhr zu haben, die das Zählwerk selbsttätig ein- und ausrückt. Abb. 440 zeigt ein solches von Maeß-Dortmund gefertigtes Anemometer. Ist die Uhr aufgezogen und das Anemometer zur Messung aufgestellt oder aufgehängt, so drückt man den Schalthebel nach links, worauf das Uhrwerk zu laufen beginnt und nach etwa  $\frac{3}{4}$  Minuten das Zählwerk selbsttätig einschaltet. Genau eine Minute später wird das Zählwerk von der Uhr wieder ausgeschaltet. Während der ersten  $\frac{3}{4}$  Minuten hat der Beobachter Zeit, sich aus dem Meßbereich zu entfernen. Er findet nach etwa 2 Minuten eine der Zeit nach abgemessene Angabe für den vom Strome zurückgelegten Weg vor.

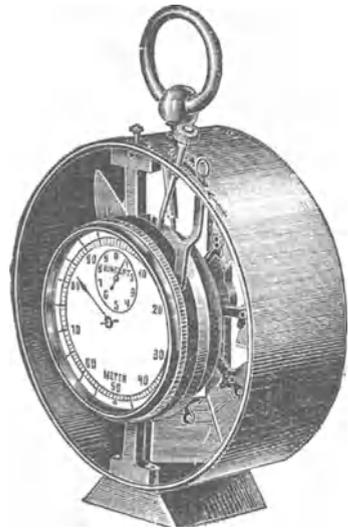


Abb. 440. Uhrwerk-Anemometer von Maeß.

Ähnlich sind Uhrwerk-Anemometer von Georg Rosenmüller in Dresden-Neustadt eingerichtet, nur können sie, falls es erwünscht erscheint, für eine längere Zeitdauer als für eine Minute oder auch mit Ausschaltung des Uhrwerks wie gewöhnliche Anemometer benutzt werden.

97. — **Schalenkreuz.** Im Wetterkanal liefert häufig das gewöhnliche Anemometer ungenaue Messungen, weil die Flügel von der sich niederschlagenden Feuchtigkeit beschwert werden. Auch kann die erforderliche, persönliche

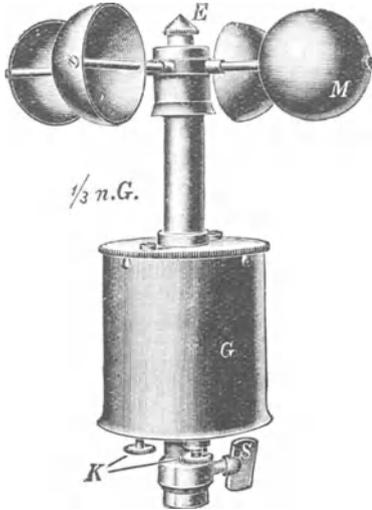


Abb. 441. Schalenkreuz.

Beobachtung des Anemometers unbequem sein. Für solche Messungen ist das weit unempfindlichere Robinson-Schalenkreuz (Abb. 441), in Verbindung mit einem Uhrwerk, mehr zu empfehlen, soweit man nicht die hydrostatischen Geschwindigkeitsmesser (s. Ziff. 99) anwenden will. Das Schalenkreuz bietet gegenüber dem Flügelanemometer insbesondere den Vorteil, daß es auch bei wechselnder Richtung der Stromstöße, die im Saugkanal in der Nähe des Ventilators leicht vorkommen, richtige Angaben liefert. Nach je 1000 Umläufen macht das Instrument auf ein mit bestimmter Geschwindigkeit ablaufendes Papierband Striche, deren Entfernung voneinander ein Maßstab für die Umdrehungsgeschwindigkeit des Kreuzes ist. Uhrwerk und Schreibvorrichtung sind im Zylinder *G* untergebracht.

Das dargestellte Gerät wird von R. Fieß in Berlin-Steglitz geliefert.

98. — **Wettermeßstellen.** Die Geschwindigkeitsmessung wird in der Grube in der Regel an bestimmten Wettermeßstellen (Meßstationen) vorgenommen, deren eine für jeden



Abb. 442. Kurven gleicher Wettergeschwindigkeit in einem Streckenquerschnitt.

Sonderstrom vorhanden zu sein pflegt. Um einen genau ausmeßbaren Querschnitt zu erhalten, sind gewöhnlich Stöße und Firste der Strecke mit einem glatten Bretterverzug auf 3—4 m Länge verschalt. Zur Vermeidung von Verwechslungen ist in der Regel der Querschnitt am Stoße angeschrieben. Man legt die Stellen zweckmäßig in einem geraden Streckenteile in einiger Entfernung von Abzweigungen an, damit die Wetterbewegung sich ohne Wirbelbildung möglichst gleichmäßig über den ganzen Querschnitt verteilt. In solchem Falle

ist die Geschwindigkeit in der Streckenachse am größten, während sie nach den Stößen zu allmählich abnimmt (Abb. 442). Man kann etwa die durchschnittliche Geschwindigkeit erhalten, wenn man das Anemometer während der Messung gleichmäßig über das ganze Streckenprofil bewegt oder wenn man es in  $\frac{1}{3}$  oder  $\frac{2}{3}$  der Streckenhöhe, von beiden Stößen gleich weit entfernt, während

der Meßzeit dauernd beläßt. Für genaue Messungen teilt man den Streckenquerschnitt in ein Netz von einzelnen Quadraten (Abb. 442), wiederholt die Messung für jeden Schnittpunkt der angenommenen Netzlinien und nimmt den Durchschnitt.

**99.—Hydrostatische Geschwindigkeitsmesser (Volumenmesser)<sup>1)</sup>.**

An Stelle der unmittelbaren Geschwindigkeitsmessung durch Anemometer kann auch, namentlich bei größeren Geschwindigkeiten, wie sie in Wetterkanälen zu herrschen pflegen, die Druck- und Saugwirkung des Luftstromes für die Messung der Stromgeschwindigkeit und damit auch der Wettermenge benutzt werden (vgl. Ziff. 93). In welcher Weise dies geschieht, zeigt Abb. 443. In dem Kanal *K* bewegt sich ein Wetterstrom in der Pfeilrichtung.

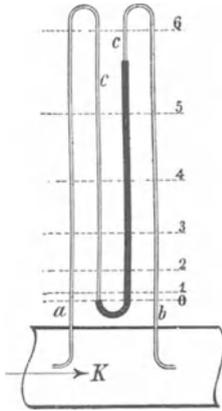


Abb. 443. Schema des Volumenmessers.

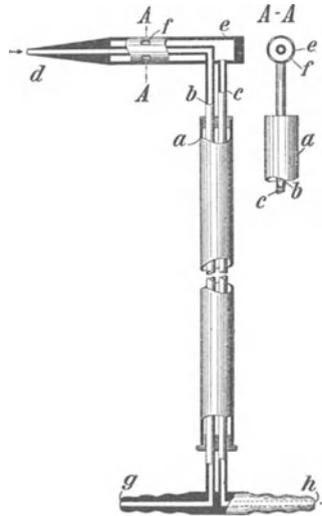


Abb. 444. Staurohr.

Benutzt man ein mit seinem Ende dem Gasstrome entgegengerichtetes Rohr *a* und ein Rohr *b*, dessen Ende in der Stromrichtung umgebogen ist, so werden beide Rohre verschiedene Drücke aus dem Gasstrome ableiten. Schaltet man zwischen Rohr *a* und *b* ein Manometerrohr *c*, so stellt sich in diesem der Wasserspiegel entsprechend den verschiedenen Drücken, d. i. entsprechend etwa dem  $1\frac{1}{2}$  fachen der Geschwindigkeitshöhe (s. S. 502) ein. Die Differenz der beiden Wasserspiegel ist also ein Maßstab für die Gasgeschwindigkeit in dem Kanal *K*.

Für unmittelbare Ablesung der Geschwindigkeitshöhe benutzt man ein Staurohr (Abb. 444) in Verbindung mit einem Mikromanometer. Die Mündung *d* des Staurohrs wird dem Wetterstrom entgegengerichtet, so daß sich in dem Rohre *b* der Gesamtdruck einstellt. In dem weiteren Rohre *e* dagegen herrscht ein um die Geschwindigkeitshöhe verminderter Druck, da der Wetterstrom an den Öffnungen *f* vorbeistreicht und hier seine Saug-

<sup>1)</sup> Glückauf 1910, Nr. 47, S. 1833; Stach: Bestimmung des Druckes und der Geschwindigkeit von Gasen und Dämpfen; — ferner ebenda 1914, Nr. 31, S. 1233; Stach: Neuere Meßgeräte usw.

wirkung ausübt. Die in den Rohren *b* und *c* herrschenden, verschiedenen Drücke werden bei *g* und *h* abgeleitet und durch Schläuche zu den Schenkeln eines Mikromanometers (Abb. 436 auf S. 501) geführt. Man kann diese Geschwindigkeitsmesser auch selbstschreibend ausgestalten. Wenn man dann den Maßstab dem Querschnitte der Meßstelle entsprechend wählt, erhält man unmittelbar eine Volumenmessung. Bei diesen Vorrichtungen

muß die Skala für die Ablesung, da die Geschwindigkeitshöhe mit dem Quadrate der Geschwindigkeit wächst, eine Teilung haben, deren Zwischenräume nach oben im quadratischen Verhältnisse zunehmen, wie dies schon in Abb. 443 angedeutet ist. Es folgt weiter daraus, daß die Genauigkeit der Ablesung bei kleinen Geschwindigkeiten Einbuße erleidet. Da aber die Geschwindigkeitshöhe in mehrfacher Vergrößerung je nach der Anordnung abgelesen oder auf der Schreibtrommel zur Darstellung gebracht werden kann, verhindert dieser Übelstand die Brauchbarkeit der Vorrichtungen nicht.

Als Beispiel eines schreibenden Geschwindigkeits- und Volumennessers sei derjenige der Hydro-Apparate-Bauanstalt zu Düsseldorf, der gleichzeitig mit einem schreibenden Depressionsmesser verbunden ist, aufgeführt (Abb. 445). In die Flüssigkeitsäulen des Geräts tauchen zwei Schwimmer *a* und *b* ein, von denen *a* die Schreibstange für Aufzeichnung der Depression und *b* diejenige für Aufzeichnung der Geschwindigkeit trägt. Wie die Abbildung erkennen läßt, herrscht in dem Raume *e* die nach Ausschaltung der Saugwirkung im Saugkanal vorhandene Depression und im Raume *d* der statische Druck des Wetterkanals, während über dem Schwimmer *a* der äußere Luftdruck vorhanden ist. Die Flüssigkeitsspiegel stellen sich je nach Depression und Geschwindigkeit der Luft im Saugkanal etwa in der gezeichneten Stellung ein. Die Geschwindigkeits-Schreibtrommel besitzt quadratische Teilung, doch kann auch gewöhnliche Teilung benutzt werden, wenn man der Schwimmertauchglocke *b* eine entsprechende Form gibt. Die Mündungen *g* und *h* der Druckentnahmeröhre sind im Saugkanal an die vorher zu ermittelnde Stelle der

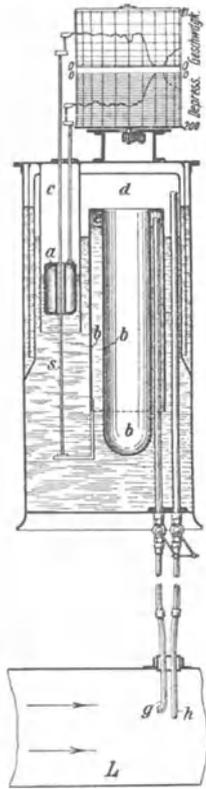


Abb 445. Schreibender Geschwindigkeits- und Depressionsmesser.

mittleren Luftgeschwindigkeit zu bringen.

**100. — Vorteile der Volumenmesser.** Die beschriebenen Geschwindigkeitsmesser verdienen durchaus neben den Depressionsmessern und zum Teil an deren Stelle benutzt zu werden. Ein Depressionsmesser verzeichnet lediglich die erzielte Depression, ohne aber die tatsächlich durch den Wetterkanal oder die Grube ziehende Wettermenge anzugeben. Es ist der Fall denkbar, daß der Wetterstrom teilweise oder ganz zu fließen aufhört, weil die Wetterstrecke oder der ausziehende Schacht zu Bruche gegangen, verengt oder vielleicht völlig geschlossen ist. Alsdann steigt die Depression bei

gleichem Gange des Ventilators sogar noch, so daß bei oberflächlicher Beurteilung alles in Ordnung zu sein scheint. Es fließt aber keine Luft mehr. Der Geschwindigkeits- oder Volumenmesser würde in solchem Falle auf 0 zurückgehen, da an der Meßstelle keine Luftgeschwindigkeit mehr vorhanden wäre. Der Geschwindigkeitsmesser ist also ein besserer Maßstab für die Beurteilung der Bewetterung als ein Depressionsmesser. Vereintigt man einen Geschwindigkeits- mit einem Depressionsmesser, so ist die rechnerische Ermittlung der jeweiligen Ventilatorleistung (s. Ziff. 109, S. 516) ohne weiteres möglich.

**101. — Die Wettermenge rechnerisch betrachtet.** Um die Wettermenge  $V^1)$  zu finden, müssen wir für eine bestimmte Stelle den Streckenquerschnitt  $F$  und die Geschwindigkeit des Wetterstromes  $v$  kennen. Dann gilt:

$$V = F \cdot v \dots \dots \dots \text{I.}$$

Da man aus Gründen der Sicherheit sowohl wie der Zweckmäßigkeit bestimmte Geschwindigkeiten nicht überschreiten darf, ist Wert auf ausreichende Streckenquerschnitte zu legen. Die Rücksichten auf Wettergeschwindigkeit und Streckenquerschnitt begrenzen die Möglichkeiten der Bewetterung.

**102. — Depression und Reibungswiderstand in rechnerischer Betrachtung.** Der für die Bewetterung erforderliche Arbeitsaufwand ist nicht etwa in gleicher Weise wie beispielsweise bei der Kohlenförderung oder Wasserhaltung dafür aufzuwenden, daß das Gewicht der Luft aus dem Schachttiefsten bis über Tage gehoben werden muß. Denn dem Gewichte der gehobenen Luft entspricht ein annähernd gleiches Gewicht einfallender Luft, und nur dafür wird Arbeit verbraucht, daß die Luftmassen in Bewegung gehalten und die dieser Bewegung anhaftenden Reibungswiderstände überwunden werden.

Als Maß für die Reibung, die der Luftstrom auf seinem Wege durch die Grube erfährt, kann der Druckunterschied angenommen werden, der erforderlich ist, damit der Luftstrom mit einer bestimmten Geschwindigkeit in Bewegung bleibt. Man ist dies zu tun berechtigt, weil ja der Druckunterschied (Depression oder Kompression) durch die Reibung aufgezehrt wird, so daß die in Millimetern Wassersäule gemessene Depression gleichzeitig den Reibungswiderstand der Grube für die entsprechende Wettermenge veranschaulicht.

Die Größe des Reibungswiderstandes oder der Depression  $h$  wird meistens nach der Formel

$$h = k \cdot \frac{L \cdot U \cdot v^2}{F} \dots \dots \dots \text{II}$$

<sup>1)</sup> In den folgenden Rechnungen bedeuten:

- $V$ : die Luftmenge in Sekunden-Kubikmetern,
- $F$ : den Streckenquerschnitt in Quadratmetern,
- $L$ : die Streckenlänge in Metern,
- $U$ : den Streckenumfang in Metern,
- $v$ : die Geschwindigkeit in Sekundenmetern,
- $h$ : die Depression in Millimetern Wassersäule,
- $N$ : den Kraftbedarf in Pferdestärken (PS),
- $k, k_1, k_2$  usw.: Konstanten.

berechnet<sup>1)</sup>, worin  $k$  eine die verschiedene Rauheit der Streckenwände und den Einfluß der Wirbelbildungen berücksichtigende Zahl ist. Aus der Formel ersieht man, daß, um die Reibung herabzusetzen, es darauf ankommt, die Länge des Wetterweges zu verkürzen und den Streckenumfang im Verhältnis zum Querschnitt zu vermindern — am günstigsten ist die Kreisform —, daß aber von ganz besonderem Einflusse eine Verkleinerung der Wettergeschwindigkeit ist. Das Verhältnis von  $v$  zu  $h$  ergibt sich aus folgender Aufstellung:

$v =$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	2	5 m/sek
$h =$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{4}$	1	4	25 mm

Das Bestreben muß also dahin gehen, die Wettermenge, wo es nötig ist, nicht durch Erhöhung der Stromgeschwindigkeit, sondern durch andere Mittel (z. B. Erweiterung der Streckenquerschnitte, Teilung des Stromes) zu vergrößern. Andererseits würde es aber auch eine unnütze Ausgabe sein, etwa alle Strecken einer Grube in ihrer Gesamtausdehnung zu erweitern. Vielmehr kommen hierfür nur diejenigen Strecken in Frage, durch die verhältnismäßig große Luftmengen ziehen, also z. B. die Ein- und Ausziehschächte, die Hauptquerschläge und die ausziehenden Wetterstrecken.

**103. — Größe der Reibungszahlen.** Sind die Größen  $h$ ,  $L$ ,  $U$ ,  $v$  und  $F$  durch Messungen bekannt, so ist  $k$  durch Rechnung zu finden. Für Strecken hat Murgue auf diese Weise folgende Werte von  $k$  ermittelt:

0,0003, wenn die Strecken glatt ausgemauert sind,

0,0009, wenn die Strecken im Gestein ohne Zimmerung stehen,

0,0016, wenn die Strecken in Türstockzimmerung stehen.

Noch mehr schwanken nach den Petitschen<sup>2)</sup> Untersuchungen die Werte von  $k$  bei Schächten. Die Reibungszahl steigt von etwa 0,0002 für glatt ausgemauerte Schächte ohne jeden Einbau bis 0,0024 für Schächte ohne Ausbau, die reichlich Einstriche für Förderung und Fahrweg besitzen, so daß also z. B. ein glatter Schacht 5 mm Depression, ein Schacht mit reichlichen Einstrichen 12.5 = 60 mm Depression bei gleichem Durchmesser und gleicher Wettergeschwindigkeit verbrauchen würde. Für

<sup>1)</sup> Kegel hat (Glückauf 1917, Nr. 26, S. 510) mit Recht darauf hingewiesen, daß die Formel insofern unzulänglich ist, als die Größe  $k$  sowohl der Beschaffenheit der Leitungswand als auch, insbesondere bei Lutten, den verschiedenen Querschnitten angepaßt werden muß. Er stellt deshalb eine neue Formel

$$h = \frac{k_1 \cdot L \cdot U \cdot v^2}{(F - c \cdot U)}$$

auf, worin  $k_1$  und  $c$  Größen sind, die nur von der Beschaffenheit der Rohrwand, nicht von dem Rohrdurchmesser abhängig sind. Die Berechtigung seines Einwandes wird man zugeben müssen. Mangels genügender Feststellung der neu einzuführenden Größen  $k_1$  und  $c$  wird aber einstweilen die obige Formel beibehalten werden können.

<sup>2)</sup> Petit: L'Aériage des travaux préparatoires, (St. Etienne, Soc. d. l'Ind. Min.), 1900.

Schachtscheiben entsprechend den Abbildungen 446 u. 447 sind mittlere Reibungszahlen von 0,0011 und 0,0013 ermittelt worden.

Für glatte Lutten aus Eisenblech hat man folgende Werte von  $k$  gefunden:

0,0004	bei Lutten mit 300 mm Durchmesser
0,0003	„ „ „ 400 „ „
0,00022	„ „ „ 600 „ „
0,0002	„ „ „ 1000 „ „

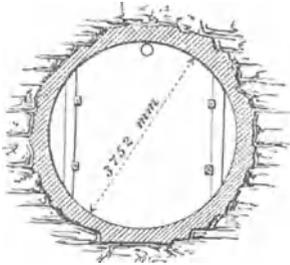


Abb. 446.  
Schachtscheiben mit 0,0011 und 0,0013 als Reibungszahlen.

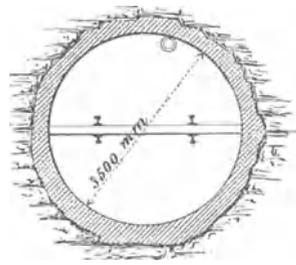


Abb. 447.

Für gewellte Lutten wird man eine etwa viermal so hohe Reibungszahl annehmen können.

Welche Bedeutung der verschiedenen hohe Reibungswiderstand hat, erhellt aus der Abb. 448, worin, allerdings ohne Beachtung des etwas wechselnden Verhältnisses von Streckenumfang zum Querschnitt, die bei gleicher Depression gleiche Luftmengen durchlassenden Querschnitte einer Strecke in Türstockzimmerung einer solchen ohne Ausbau und einer glatt ausgemauerten Strecke gegenübergestellt sind.

Da bei Lutten die Reibungszahl mit wachsendem Durchmesser sinkt, wird man annehmen dürfen, daß auch bei Strecken und Schächten  $k$  bis zu einem gewissen Grade von dem Querschnitt abhängig sein wird.



Abb. 448.  
Streckenquerschnitte mit gleichem Widerstande für den Durchzug der Luft.

**104. — Beispiel.** Ein Querschlag von 1000 m Länge, der 3,2 m breit und 2,2 m hoch ist, wird von 1800 cbm Luft in der Minute durchströmt. Wie hoch ist sein Widerstand?

$$h = k \cdot \frac{1000 \cdot 10,8 \cdot 18,4}{7}$$

- $h = 45,4$  mm bei Türstockzimmerung,
- $h = 25,6$  mm, wenn der Querschlag ohne Ausbau ist,
- $h = 8,5$  mm bei Ausmauerung.

Es sind das Zahlen, die zeigen, daß eine solche Bewetterung immerhin möglich ist, daß man also die verlangte Wettermenge ohne einen unverhältnismäßig großen Kraftaufwand durch den Querschlag treiben kann.

Würde der Querschlag nicht doppelspurig, sondern nur einspurig aufgeföhren sein und demgemäß die Maße 2,2 : 2 m besitzen, so würden die Maße für  $h$  auf 142 oder 80 oder 27 mm steigen. Das sind schon zu hohe Zahlen, und es wird in der Regel unmöglich sein, solche Depressionen für die Beförderung des Wetterstroms durch einen Querschlag aufzuwenden.

**105. — Besondere Einflüsse.** Die Formel II gilt für gerade Strecken, sie berücksichtigt aber nicht Biegungen, plötzliche Richtungsänderungen, Einschnürungen und dgl. Solche Behinderungen wirken auf den Wetterstrom außerordentlich schädlich ein, weil infolge von Wirbelbildung der nutzbare Querschnitt der Strecke verengt wird (Abb. 449). Je spitzer der Winkel ist, unter dem die beiden Streckenteile zusammenstoßen, um so größer ist die Behinderung des Wetterzuges.

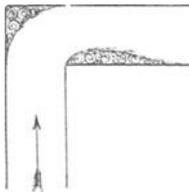


Abb. 449. Wirbelbildung in rechteckiger Streckenabzweigung.

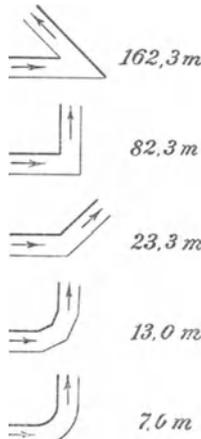


Abb. 450. Gleichwertige Längen von Lüttenabzweigungen.

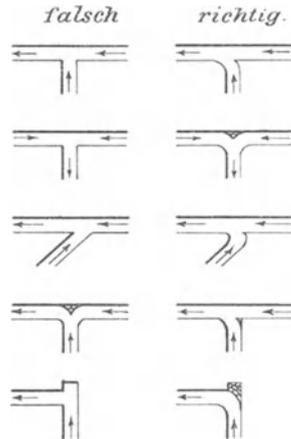


Abb. 451. Falsch und richtig angeordnete Streckenabzweigungen.

Petit hat z. B. durch Versuche mit rechteckig zusammenstoßenden Holzlütten (bei rechteckigem Querschnitt in den Maßen von 1,5 : 0,75 m) festgestellt, daß das Kniestück dem Wetterstrom einen gleichen Widerstand bietet wie eine gerade Lüttenleitung von 82,3 m Länge. Petit nennt deshalb diese Länge die gleichwertige Länge eines Kniestückes. Abb. 450 zeigt die gleichwertigen Längen verschiedener Lüttenabzweigungen für den genannten rechteckigen Querschnitt. Die beigelegten Zahlen lassen erkennen, welchen großen Einfluß eine sachgemäße Führung des Luftstromes ausübt, wie überaus schädlich scharfe Richtungsänderungen sind und was man durch allmähliche, sanfte Krümmungen erzielen kann. In dieser Beziehung wird im Grubenbetriebe häufig gesündigt.

Die Abb. 451 zeigt in Gegenüberstellung unsachgemäß und richtig angeordnete Streckenabzweigungen. Besonders ungünstig ist es, wenn zwei Wetterströme mit entgegengesetzter Bewegungsrichtung aufeinander prallen, wie dies in den drei mittleren Abbildungen der linken Seite dargestellt ist. Alsdann ist es leicht möglich, daß der Strom mit der geringeren Geschwindigkeit gänzlich zurückgestaut wird. Sehr schädlich wirken auch Sackgassen (s. Abb. 451, links unten), in die die Wetter hineinstoßen und in denen sie sich sozusagen verfangen. Schwierigkeiten machen in dieser Beziehung

häufig die Ableitungen des Wetterstromes aus Schächten in horizontale Strecken und umgekehrt die Überführungen aus diesen in jene. — Auf sehr vielen Gruben sind fehlerhafte Anordnungen der dargestellten Art anzutreffen.

**106. — Temperament der Grube.** Für eine bestimmte Grube kann die Formel II:

$$h = k \cdot \frac{L \cdot U \cdot v^2}{F}$$

und ebenso die Größe:

$$k \cdot \frac{L \cdot U}{F}$$

als konstant angesehen werden. Wir können also für diese Größe eine neue Konstante  $k_1$  in die Formel II einsetzen, so daß wir erhalten:

$$h = k_1 v^2.$$

Hieraus folgt, daß  $v^2:h$  und auch  $v:\sqrt{h}$  konstante Verhältnisse sind. Da  $v$

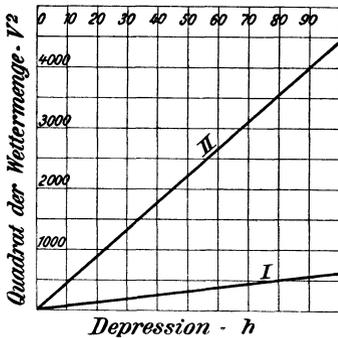


Abb. 452. Temperament der Grube ( $V^2:h$ ).

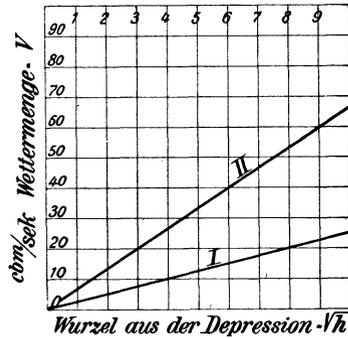


Abb. 453. Temperament der Grube ( $V:\sqrt{h}$ ).

proportional  $V$  ist, müssen ferner die Verhältnisse  $V^2:h$  und  $V:\sqrt{h}$  für eine und dieselbe Grube konstant sein. Diese Konstanten bezeichnet man als das Temperament der Grube. Nur wenn der Zustand der Grube z. B. durch Erweiterung der Wetterwege, neue Durchschläge, veränderte Führung des Wetterstromes oder neue Bildung von Teilströmen geändert wird, ändert sich auch das Temperament.

Man kann sowohl das Verhältnis  $V^2:h$  wie das Verhältnis  $V:\sqrt{h}$  zeichnerisch zur Darstellung bringen (Abb. 452 u. 453), indem man  $V^2$  oder  $|V$  als Ordinaten und  $h$  oder  $\sqrt{h}$  als Abszissen aufträgt. Da bei Stillstand des Ventilators Wettermenge und Depression gleich Null sind, muß die das Temperament darstellende Gerade durch den Nullpunkt des Koordinatensystems gehen, und es genügt beim Gange des Ventilators eine einzige Messung der Wettermenge und Depression, um den Verlauf der Geraden festzulegen. In den Abbildungen 452 u. 453 stellen die Geraden I das Temperament einer und derselben und die Geraden II dasjenige einer anderen Grube dar. Die Geraden veranschaulichen, wie sich für die

betreffende Grube das Quadrat der Wettermenge mit der Depression und diese selbst mit der Wurzel aus der Depression verschiebt.

Der Einfluß des natürlichen Wetterzuges auf das Temperament soll später (Ziff. 146) besprochen werden.

**107. — Beispiele.** 1. Der Ventilator auf einer Grube erzeugt 64 mm Depression und liefert sekundlich 20 cbm Luft. Wieviel Luft wird er liefern, wenn er bei schnellerem Gange 100 mm Depression erzeugt? Da die Wettermengen sich wie die Wurzeln aus den Depressionen, also wie 8:10, verhalten, wird die bei 100 mm Depression gelieferte Wettermenge auf 25 cbm steigen (Gerade I der Abbildung 453).

2. Läßt man denselben Ventilator langsamer laufen, so daß er schließlich nur noch 16 mm Depression erzeugt, so wird die Wettermenge im Verhältnis von 8:4, also von 20 auf 10 cbm sinken (Gerade I).

3. Eine Grube mit 40 cbm sekundlicher Wettermenge und 36 (= 6<sup>2</sup>) mm Depression wünscht auf eine Wettermenge von 60 cbm zu kommen. Die dafür erforderliche Depression wäre 81 (= 9<sup>2</sup>) mm (Gerade II).

**108. — Gleichwertige (äquivalente) Grubenöffnung, Grubenweite.** Wenn man den Saugkanal des Ventilators statt an das Grubengebäude an die freie Luft anschließt und gleichzeitig durch eine dünne Wand verschließt, so kann man sich in diese ein Loch geschnitten denken, das so groß ist, daß es beim Gange des Ventilators ebensoviel Luft durchläßt, wie beim Anschluß des Saugkanals an das Grubengebäude dem Ventilator zuströmt. Die hergestellte Öffnung und das Grubengebäude setzen also dem Durchgange des Wetterstromes den gleichen Widerstand entgegen. Eine solche Öffnung in dünner Wand nennen wir die gleichwertige (äquivalente) Öffnung der Grube oder die Grubenweite.

Für die Berechnung der gleichwertigen Grubenöffnung  $A$  hat man die folgende (freilich nicht einwandfreie) Formel für den Ausfluß von Gasen

$$A = \frac{V}{k_1 \cdot \sqrt{2gH}}$$

benutzt, worin  $k_1$  den Zusammenziehungs- und Reibungskoeffizienten des durch eine Öffnung  $A$  (ausgedrückt in qm) fließenden Luftstrahles,  $g$  die Fallbeschleunigung und  $H$  die Druckhöhe in Meter Luftsäule bedeuten, während  $V$  die auf S. 509 in der Anmerkung angegebene Bedeutung hat. Setzt man  $k_1 = 0,65$  und  $g = 9,8$ , so erhält man, wenn man schließlich  $H = 0,833 h$  entsprechend einem Gewichte der Grubenluft von 1,2 kg je Kubikmeter annimmt, um statt der Luftsäule in Metern die Wassersäule in Millimetern (s. Anm. auf S. 509) in die Rechnung einzuführen:

$$A = 0,38 \cdot \frac{V}{\sqrt{h}} \dots \dots \dots \text{III.}$$

Wie man sieht, ist die Formel nur ein anderer und wegen der Unsicherheit des Koeffizienten  $k_1$ , also auch der Konstanten 0,38, sogar willkürlicher Ausdruck für das Temperament der Grube. Immerhin erleichtert der Begriff die Vorstellung und verleiht den verschiedenen Durchlaßvermögen der Gruben Anschaulichkeit. Wie das Temperament bleibt auch die gleichwertige Öff-

nung, solange die Grubenräume und die Stromverteilung unverändert bleiben, für alle Wettermengen und Depressionen gleich; sie ändert sich aber sowohl entsprechend dem Vorrücken der Grubenbaue als auch bei geänderter Leitung des Wetterstromes, so daß z. B. eine Vergrößerung der gleichwertigen Öffnung nicht nur durch eine Erweiterung der Querschnitte, sondern auch durch eine Teilung des Wetterstromes erreicht werden kann. Im folgenden sind die Grubenweiten einiger Zechen des Ruhrbezirks mit verschiedenen hohen Wettermengen und Depressionen zusammengestellt:

	Wettermenge je Sekunde cbm	Depression mm	Gruben- weite qm
Rheinlbe VI . . . . .	250	400	4,75
Hibernia . . . . .	125	81	5,28
Neumühl . . . . .	120	225	3,04
Consolidation III/IV . . . . .	80	100	3,04
Osterfeld . . . . .	50	130	1,67
Eiberg . . . . .	20	85	0,82

Die Beispiele entsprechen, namentlich was die Zechen Osterfeld und Eiberg angeht, nicht mehr der Jetztzeit. Immerhin geben die Zahlen ein lehrreiches Bild.

Als derzeitigen Durchschnitt für den Ruhrbezirk wird man etwa 2,5 bis 3,0 qm ansehen können.

Da in der Formel III das Verhältnis  $\frac{V}{\sqrt{h}}$  wieder erscheint, ist die zeichnerische Darstellung des Temperaments der Grube (Abb. 452 u. 453) gleichzeitig ein Ausdruck für die Grubenweite. Ist diese bedeutend, so überwiegt  $V^2$  und  $V$  im Verhältnis zu  $h$  und  $\sqrt{h}$ , und der von der Geraden und der Abszissenachse eingeschlossene Winkel ist groß. Andernfalls ist der Winkel klein und wird immer spitzer, je enger die Grube ist. Als Grenzwert ergibt sich ein Winkel von  $90^\circ$  bei unendlich großer Grubenweite und ein solcher von  $0^\circ$  bei geschlossenem Saugkanal, so daß man also die Tangente des Neigungswinkels bei gegebener Teilung der Koordinaten als Maßstab für die Grubenweite betrachten kann.

Auf die Bestimmung der Grubenweite muß man verzichten, wenn die Grube mehrere ausziehende Schächte hat, deren Ventilatoren sich gegenseitig beeinflussen. Näheres hierüber findet sich in Ziff. 140 („Nebeneinanderschaltung der Ventilatoren“).

Bei Gruben, die zunächst mit natürlicher Wetterführung arbeiten und später zur Aufstellung eines Ventilators — also zur künstlichen Wetterführung — übergehen wollen, ist es möglich, die Grubenweite vor Beschaffung des Ventilators zu ermitteln, da man die Wettermenge kennt und den die natürliche Wetterbewegung bewirkenden Druckunterschied feststellen kann. Dagegen sind noch in der Entwicklung begriffene Gruben bei Bestellung des Ventilators gewöhnlich zur Schätzung der Grubenweite gezwungen.

**109. — Arbeitsleistung für die Wetterbewegung.** Um den für die Wetterbewegung erforderlichen Kraftbedarf zu ermitteln, kann man sich

vorstellen, daß die Luft entgegen dem Widerstande  $h$  der Grube mittels eines in einem Zylinder geführten Kolbens fortgeschoben wird (Abb. 454). Soviel Millimeter Depression oder Kompression, ausgedrückt in Wassersäule, notwendig für die Bewetterung sind, ebenso viele Kilogramm Druck müssen auf jedes Quadratmeter des Kolbens ausgeübt werden (s. Ziff. 87), wenn dieser die Bewetterungsarbeit übernehmen soll.

Besäße der Kolben 1 qm Querschnitt, so betrüge der erforderliche Druck also  $h$  kg, und um  $V$  cbm Luft zu fördern, müßte der Kolben einen Weg von  $V$  m machen. Die geleistete Arbeit wäre also:

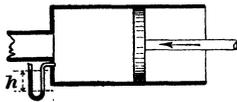


Abb. 454. Veranschaulichung der zum Fortschieben der Wetter erforderlichen Arbeit.

$$V \cdot h \text{ mkg,}$$

oder in Pferdestärken als Leistung  $N$  in der Sekunde ausgedrückt:

$$N = \frac{V \cdot h}{75} \dots \dots \dots \text{IV.}$$

Die Arbeitsleistung für die Bewetterung (Luftleistung des Ventilators in PS) der auf S. 515 erwähnten Gruben berechnet sich hiernach wie folgt:

Rheinlbe VI . . . . .	$\frac{250 \cdot 400}{75} = 1333,3$	PS
Hibernia . . . . .	$\frac{125 \cdot 81}{75} = 135$	„
Neumühl . . . . .	$\frac{120 \cdot 225}{75} = 360$	„
Consolidation III/IV . . . . .	$\frac{80 \cdot 100}{75} = 107$	„
Osterfeld . . . . .	$\frac{50 \cdot 130}{75} = 87$	„
Eiberg . . . . .	$\frac{20 \cdot 85}{75} = 22,7$	„

Die für die Zeche Rheinlbe VI ermittelte Zahl gibt ein deutliches und überraschendes Bild von der Größe der Arbeit, die auf einer neuzeitlichen Tiefbau- und Schlagwettergrube für die zunächst unerheblich erscheinende Luftbewegung geleistet werden muß. Jede, an sich gering erscheinende Verbesserung des Grubenwiderstandes hat in solchem Falle sehr namhafte Kraftersparnisse im Gefolge.

**110. — Zusammenfassung.** Bei Vermehrung der Wettergeschwindigkeit in einer beliebigen Grube wächst nach Formel I im selben Maße die Wettermenge.

Nach Formel II wachsen die Widerstände mit dem Quadrate der Geschwindigkeit; sie wachsen also auch proportional dem Quadrate der Wettermenge.

Nach Formel IV steigt der Kraftbedarf proportional dem Produkte aus der Wettermenge und dem Widerstande. Da aber der Widerstand allein

bereits proportional dem Quadrate der Wettermenge wächst, steigt der Kraftbedarf proportional dem Kubus der Wettermenge.

Dieser Zusammenhang kommt in den folgenden Zahlen zum Ausdruck, die für eine angenommene Grube oder Grubenabteilung oder auch für einen langen Querschlag die Wettergeschwindigkeit, die Wettermenge, den Widerstand bei der angenommenen Geschwindigkeit und den erforderlichen Kraftbedarf gegenüberstellen. Man sieht daraus, wie Wettermenge, Widerstand und Kraftbedarf, die für den Fall I beliebig angenommen sind, wachsen, wenn man die Wettergeschwindigkeit von  $1\frac{1}{2}$  m im Fall I auf 3 m im Fall II und schließlich auf 6 m im Fall III steigert.

	Geschwindigkeit ( $v$ ) m	Wettermenge ( $V$ ) cbm	Widerstand ( $h$ ) mm	Kraftbedarf ( $N$ ) PS
Fall I . . . . .	1,5	37,5	25	12,5
Fall II . . . . .	3,0	75,0	100	100,0
Fall III . . . . .	6,0	150,0	400	800,0

## B. Die Mittel zur Erzeugung der Wetterbewegung.

Man unterscheidet zwischen natürlicher und künstlicher Wettererzeugung, je nachdem man zur Erzeugung der Wetterbewegung sich der natürlichen, physikalischen Verhältnisse oder künstlicher Mittel bedient.

### a) Der natürliche Wetterzug.

**111. — Vorbemerkung.** Die natürlichen Verhältnisse, die einen Wetterzug in der Grube im Gefolge haben können, sind Erwärmung oder Abkühlung der Grubenwetter durch die Gebirgstemperatur, Aufnahme spezifisch leichter Gase, namentlich des Wasserdampfes; Stoßwirkung fallenden Wassers; Abkühlung der Wetter durch dieses und Stoß- oder Saugwirkung des Windes.

Die Diffusion kommt wegen ihrer zu geringen Wirkung hier nicht in Betracht.

Temperaturveränderung und Feuchtigkeitsaufnahme der Grubenwetter gehen, wie aus dem früheren Abschnitt II über die Grubenwetter (s. besonders S. 448 u. f.) zu entnehmen ist, in der Regel Hand in Hand, und ihre Wirkungen mit Bezug auf die Volumen- und Gewichtsänderung der Grubenwetter verstärken einander. Sie sind für die natürliche Wetterführung in erster Linie von Bedeutung.

Das im Schachte herniedertropfende Wasser wirkt, abgesehen von der etwaigen Abkühlung der Luft, durch mechanischen Stoß, indem es beim Fallen Luftteilchen vor sich herzutreiben und mit sich zu reißen sucht. Aus dieser Wirkung folgt, daß fallendes Wasser für einziehende Schächte erwünscht sein kann, daß es aber in ausziehenden Schächten von schädlichem Einflusse ist. Petit hat gefunden, daß bei einziehenden Schächten 12—16% der im fallenden Wasser steckenden Arbeit für die Wetterführung nutzbar gemacht werden, daß aber in ausziehenden Schächten, wo das Wasser auf die entgegenkommende Luft mit größerer Geschwindigkeit aufprallt, die hemmende

Wirkung bis zu 58 % der im Fall des Wassers steckenden Arbeit ansteigen kann. Gerade in Ausziehschächten ist aber wegen des sog. „Regnens“ der Schächte (vgl. Ziff. 15) fallendes Wasser eine häufige Erscheinung.

Der Wind als natürliches Wetterbewegungsmittel kann selbstverständlich nur für flache und wenig ausgedehnte Gruben in Betracht kommen. Bei der Unregelmäßigkeit seines Auftretens soll man sich auf ihn allein überhaupt nicht verlassen. Der Wind wird aber manchmal dazu benutzt, die

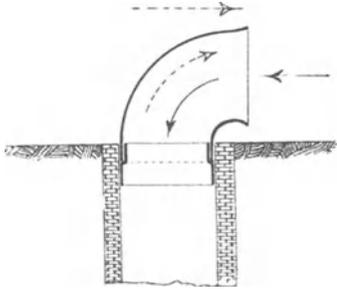


Abb. 455. Wetterhut.

natürliche Wetterführung zu unterstützen, indem man Wetterschächten einen drehbaren „Wetterhut“ (ähnlich den Luftschloten der Dampfer) aufsetzt, in den man den Wind hineinblasen läßt, falls der Schacht einzieht, oder der in die Windrichtung gedreht wird, falls der Schacht ausziehen soll, wie dies die voll ausgezogenen und die punktierten Pfeile der Abb. 455 andeuten.

**112. — Wirkung des natürlichen Wetterzuges bei Stollengruben.** In söhligem Strecken oder in Grubenbauen,

die in einer söhligem Ebene liegen, wird die etwaige Gewichtsänderung der Grubenwetter durch Erwärmung, Abkühlung oder Feuchtigkeitsaufnahme ohne Einfluß auf die Wetterbewegung sein. Stollengruben, bei denen die beiden Ausgänge und die sämtlichen Baue etwa in gleicher Höhe liegen, werden deshalb auf eine natürliche Bewetterung zumeist nicht rechnen können.

Anders ist es, wenn Höhenunterschiede vorhanden sind, so daß mehr oder weniger hohe Luftsäulen einander gegenüberstehen. Bei ungleich-



Abb. 453 Stollengrube mit Schacht.

mäßiger Erwärmung kann dann eine Luftbewegung eintreten. Der Vorgang ist ähnlich demjenigen in einem Schornstein, bei dem der Gewichtsunterschied

zwischen der warmen Innen- und der kalten Außenluft die Bewegung veranlaßt.

In einer flachen Stollengrube (Abb. 456) von etwa 25 m Teufe haben wir eine gleichmäßige Gesteinstemperatur von etwa 9° zu erwarten. Die Temperatur der äußeren Luft liegt im Sommer höher und im Winter tiefer, so daß die in die Grube tretende Luft dort im Sommer abgekühlt und im Winter erwärmt werden wird. Welche Temperatur die Grubenwetter im söhligem Stollen und in den sonstigen Bauen besitzen, ist zunächst ohne Belang. Denn es kommt ausschließlich auf den Gewichtsunterschied zwischen der Luftsäule im Schachte und einer gleich hohen Luftsäule (S) über dem Stollenmundloch an. Im Sommer ist die im Schachte befindliche Luft infolge Einwirkung der Gesteinstemperatur kühler, also dichter und schwerer als die Außenluft, so daß sie gegenüber der Luftsäule über dem Stollenmundloch das Übergewicht hat. Die Folge ist, daß die Luft im Schachte niedersinkt, daß also der Schacht ein- und der Stollen auszieht.

Umgekehrt ist der Vorgang im Winter. Die im Schachte befindliche Luft ist wärmer und leichter als die vor dem Stollenmundloche stehende Außenluft. Der Schacht zieht aus und der Stollen ein. In der Zeit des Überganges, also im Frühjahr und Herbst, muß jedesmal eine Stockung des Wetterzuges vor der schließlichen Umkehr der Stromrichtung eintreten.

Es hat auf den ersten Blick den Anschein, als ob der Wetterzug im Sommer gleich kräftig wie im Winter sein müßte, weil die Temperaturunterschiede gegen das Jahresmittel von 9° C im Sommer ebenso groß wie im Winter sind. Tatsächlich ist aber die Bewetterung in solchen Gruben im Winter besser als im Sommer. Auch pflegt die Zeit, während deren der Stollen die Wetter einzieht, wesentlich länger als ein halbes Jahr anzudauern. Es liegt das daran, daß im Winter die Luft zunächst den Stollen und die Baue bestreicht und hier volle Gelegenheit findet, die Gesteinstemperatur anzunehmen. Sie wird also, tatsächlich bis auf die Gesteinstemperatur erwärmt, in den Schacht eintreten. Im Sommer dagegen fällt die warme Außenluft unmittelbar in den Schacht ein und kann in nutzbringender Weise nur innerhalb des Schachtes selbst, also auf einem sehr kurzen Wege, sich herabkühlen. Die spätere Abkühlung in den Bauen kommt der Stärke des Wetterzuges nicht mehr zugute. Deshalb pflegt der Wetterzug schwächer als im Winter zu sein.

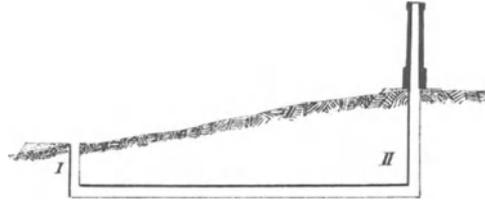


Abb. 457. Grube mit 2 Schächttöffnungen in verschiedener Höhenlage.

Bei Gruben mit zwei Schächten, deren Hängebänke in verschiedener Höhe liegen (Abb. 457), finden wir ähnliche Verhältnisse bezüglich der Wetterführung wie bei Stollengruben. Man kann die Wirkung dadurch verbessern, daß man auf den höher gelegenen Schacht einen Schornstein setzt, um den Höhenunterschied zu vergrößern. Allzuviel Wirkung wird man sich aber von solch einem Schornstein nicht versprechen dürfen, da sein Mauerwerk nicht im selben Maße wie das Gestein im Schachte erwärmend oder abkühlend auf die Wetter einwirkt, sondern selbst annähernd die Außentemperatur besitzt.

**113. — Wirkungen des natürlichen Wetterzuges auf flache Gruben mit 2 Schächten in gleicher Höhenlage.** In einer flachen Grube mit zwei Schächten in gleicher Höhenlage hat man im Winter auch einen natürlichen Wetterzug zu erwarten. Denn sobald der Wetterzug — gleichgültig nach welcher Seite — einmal in Bewegung gekommen ist, treten die unter Tage erwärmten Wetter in den einen der beiden Schächte ein, erwärmen diesen und machen ihn zum ausziehenden Schachte, während gleichzeitig die kalte Außenluft in den andern Schacht einfällt. Ist einmal der Wetterzug eingeleitet, so wird er solange bestehen bleiben, wie die Außentemperatur kälter als diejenige unter Tage ist und hier eine Erwärmung der eingetretenen Luft stattfindet. Sobald aber im Sommer die Außentemperatur über die Temperatur in der Grube steigt, so daß sich die Luft unter Tage abkühlt, muß der Wetterzug zum Stillstand kommen. Die Grubenbaue und

beide Schächte sind dann von einer verhältnismäßig schweren Luft erfüllt. Selbst wenn aus irgendeinem Anlaß warme Außenluft in einen der beiden Schächte träte, so würde sie alsbald durch die kühle und schwere Luft des andern Schachtes wieder herausgedrückt werden, und ein Wetterzug könnte nicht entstehen. Für den Sommer müssen also künstliche Mittel zur Wetterbewegung in Anwendung kommen.

**114. — Wirkung des natürlichen Wetterzuges auf tiefe Gruben.**

In tiefen und warmen Gruben, deren Gebirgstemperatur das ganze Jahr hindurch höher als die Außentemperatur ist, findet stets eine Erwärmung der Luft in der Grube statt, und sobald der Wetterzug nach der einen oder andern Richtung in Bewegung gekommen ist, bleibt der Strom bestehen. Selbstverständlich wird er im Winter kräftiger als im Sommer sein, während im übrigen die Stärke des Stromes mit der Tiefe und Temperatur der Grube steigt (vgl. die Rechnung in Ziff. 115). Unter Umständen kann der natürliche Wetterzug in tiefen Gruben völlig für die Bewetterung ausreichen. Jedenfalls wird die Arbeit des Ventilators wesentlich erleichtert, da er durch den natürlichen Wetterzug unterstützt wird. Ferner besteht der Vorteil, daß bei Stillständen des Ventilators der Wetterzug — mit verminderter Stärke — andauern kann.

**115. — Feststellung der Stärke des natürlichen Wetterzuges.**

Zur Feststellung der Stärke des natürlichen Wetterzuges kann man sich der Rechnung bedienen. Haben wir z. B. auf einer Grube zwei Schächte von je 400 m Tiefe, so werden wir vielleicht zur Winterzeit im einziehenden Schacht 10° C Durchschnittstemperatur und 50 % Sättigung mit Wasserdampf, im ausziehenden dagegen 20° C und 100 % Sättigung feststellen können. Dann wiegt bei 760 mm Druck 1 cbm im einen Falle 1,246 kg und im anderen 1,194 kg (vgl. Ziff. 65). Die eine Luftsäule würde gegenüber der anderen einen Überdruck von  $400 \cdot 0,052 = 20,8$  kg auf je 1 qm besitzen und die natürliche Depression demgemäß 20,8 mm betragen.

Bei Gruben ohne künstliche Wetterführung läßt sich bisweilen die natürliche Depression leicht unmittelbar messen, indem man für den Versuch den ausziehenden Schacht mit einer Haube plötzlich schließt. Die in ihm befindliche, leichte Luft besitzt einen gewissen Auftrieb, der dem Druckunterschied der beiden Luftsäulen gleich ist. Bringt man also auf der für kurze Zeit aufgesetzten Haube einen Depressionsmesser an, so kann der Druckunterschied als Kompression abgelesen werden.

Für Gruben mit künstlicher Wetterführung kann aus dem Verlaufe der Linien des Temperaments die Stärke des natürlichen Wetterzuges ermittelt werden (vgl. Ziff. 146 dieses Abschnittes).

**116. — Dampfröhrlungen als Wetterbewegungsmittel.** Auf der Grenzlinie zwischen natürlicher und künstlicher Wetterführung steht die Benutzung von Dampfröhrlungen zur Erzeugung des Wetterzuges, die aus anderen betrieblichen Gründen eingebaut sind. Zwecks besserer Wärmeabgabe läßt man wohl auch die Isolation fehlen. Solche Leitungen sind im ausziehenden Schachte ebenso nützlich, wie sie im einziehenden Schachte schädlich wirken. Übrigens sei bemerkt, daß Dampfröhrlungen wegen der Brandgefahr nur in Schächten zu dulden sind, die in Mauerung oder eisernem Ausbau stehen.

Auch die Preßluftleitung kann bei tiefen Gruben je nach ihrer Unterbringung im Ein- oder Ausziehschachte die Bewetterung nicht unerheblich stören oder fördern.

### b) Die künstliche Wetterbewegung.

Die Mittel zur künstlichen Erzeugung des Wetterzuges sind Wetteröfen, Wettermaschinen und Strahlgebläse.

#### 1. Wetteröfen.

**117. — Einleitung. Kesseln.** Das älteste künstliche Mittel zur Erzeugung des Wetterzuges bestand in der unmittelbaren Erwärmung des ausziehenden Wetterstromes durch Feuer im Schachte selbst, durch das sog. „Kesseln“. Hierbei wurde ein Feuerkorb an Ketten in den Schacht gehängt. In dem Korbe wurde ein Koks-, Kohlen- oder Holzfeuer unterhalten. Das Verfahren ist der damit verbundenen Gefahren wegen fast allgemein verboten worden.

Mit größerem Erfolge und weniger Gefahr sind die Wetteröfen verwendbar. Diese können über oder unter Tage stehen.

**118. — Wetteröfen über Tage.** Wenn der Wetterofen über Tage sich befindet, so ist der ausziehende Schacht durch einen Wetterkanal an einen möglichst hohen Schornstein anzuschließen, der außerdem mit dem eigentlichen Ofen oder dem Herde in Verbindung steht (Abb. 458).

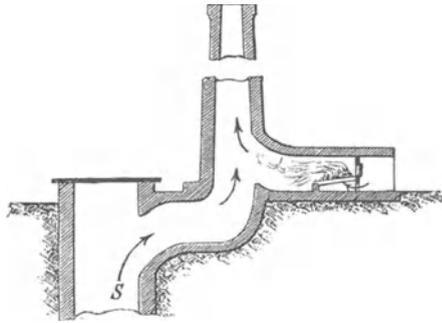


Abb. 458. Wetterofen über Tage.

Für größere Wettermengen muß der Schornstein bedeutende Abmessungen und eine beträchtliche Höhe erhalten. Ein Teil des ausziehenden Stromes kann als Verbrennungsluft unter den Rost geleitet werden. Bei matten ausziehenden Wettern ist aber ein schlechtes Brennen die Folge.

In ähnlicher Weise wie ein Wetterofen über Tage wirkt der Anschluß des ausziehenden Schachtes an den Schornstein der Kesselanlage. Von diesem Mittel macht man bisweilen auf leicht zu bewetternden oder auf neu eröffneten Gruben Gebrauch, wo sonstige Einrichtungen zur künstlichen Bewetterung fehlen.

Insgesamt ist die Wirkung der Wetteröfen über Tage gering, weil die erwärmte, leichte Luftsäule nur die verhältnismäßig niedrige Höhe des Schornsteins besitzt.

**119. — Wetteröfen unter Tage.** Die unter Tage befindlichen Wetteröfen sind weit wirksamer, weil die hohe Luftsäule im ganzen ausziehenden Schachte erwärmt wird. Dem Ofen wird als Verbrennungsluft ein frischer Teilstrom oder in schlagwetterfreien Gruben ein Teil der abziehenden Grubenwetter zugeführt. Die Abgase steigen im ausziehenden

Schachte *S* (Abb. 459) hoch, in den der ausziehende Strom bzw. dessen Rest besonders geleitet wird. Auf jeder Kohlengrube ist beim Vorhandensein von Wetteröfen in der Nähe von Flözen Grubenbrand zu befürchten, so daß in dieser Beziehung Vorsichtsmaßregeln (z. B. durch einen Luftkühlmantel nach Abb. 459) zu treffen sind.

Unterirdische Wetteröfen arbeiten häufig, namentlich in weiten Gruben, wo die Depression nicht sonderlich hoch zu sein braucht, nicht unwirtschaftlich, weil die von den Kohlen erzeugte Verbrennungswärme unmittelbar und nicht erst auf dem Umwege über Dampferzeugung und Maschinenkraft ausgenützt wird. Stets aber sind Wetteröfen unter Tage insofern lästig, als sie den ausziehenden Schacht unfahrbar und für die Förderung unbenutzbar machen. Ferner sind sie, abgesehen von der Brandgefahr, unter Umständen gefährlich. Bricht nämlich im einziehenden Schachte

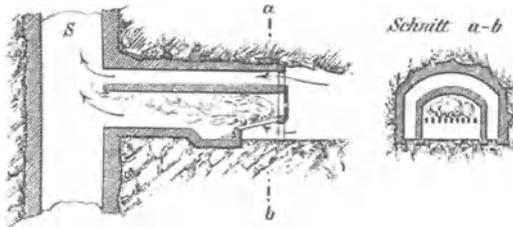


Abb. 459. Wetterofen unter Tage.

an einem anderen Punkte des Grubengebäudes ein Brand aus, so ist es nicht ausgeschlossen, daß die Stromrichtung der Wetter umschlägt und die Feuerungsgase des Wetterofens in die Grubenbaue gelangen. Auch fehlt wiederum die Möglichkeit, die Wetterführung

nach Belieben umzukehren. Schließlich ist es ein Nachteil, daß man den Wetterofen nicht sofort stillsetzen kann.

Künstliche Bewetterung mittels mechanischer Vorrichtungen wird deshalb in den meisten Fällen den Vorzug verdienen.

## 2. Wettermaschinen.

### *α) Beschreibender Teil.*

**120. — Einleitende Bemerkungen.** Die älteren, sog. Volumemaschinen, die etwa nach Art der Luftkompressoren oder Gebläsemaschinen bei jedem Hin- und Hergang der bewegten Teile oder auch bei jeder Umdrehung eine gewisse Menge Luft erfassen und fortschieben, werden für die Zwecke der Grubenbewetterung nicht mehr gebraucht. Die neueren Maschinen sind sämtlich „Depressionsmaschinen“, die nicht unmittelbar eine bestimmte Luftmenge fortbewegen, sondern nur mittelbar eine Luftbewegung veranlassen, indem sie eine gewisse Depression (Unterdruck) oder Kompression (Überdruck) erzeugen und demzufolge saugend oder blasend wirken. Welche Wettermenge hierbei durch eine bestimmte Leistung der Arbeitsmaschine in Bewegung gesetzt wird, hängt von dem Widerstande ab, den der Strom auf seinem Wege findet.

Die Depressionsmaschinen haben den Vorteil eines gleichmäßigen Arbeitsganges sowie die Eigentümlichkeit, daß sie die Verbindung der Grubenräume mit der äußeren Luft nicht durch Ventile, Kolben oder Flügel unterbrechen. Vielmehr bleibt diese Verbindung stets offen, so daß auch bei Still-

stand des Ventilators durch ihn hindurch die in der Grube befindliche Luft nach außen oder die atmosphärische Luft in die Grube gelangen und der Wetterzug infolge der natürlichen physikalischen Verhältnisse der Grube andauern kann.

Es gibt zwei Gattungen von Depressionsmaschinen: die Schraubenräder und die Schleuderräder.

**121. — Schraubenräder.** Die Schraubenräder sind in ihrem Bau einem Windmühlenrade (auch dem Flügelrade eines Casella-Anemometers) oder einer Dampfschiffschraube ähnlich. Die Wirkung ist etwa in der Umkehrung zu denken. Während das Windmühlenrad vom Winde gedreht wird und Kraft abgibt, soll das mechanisch angetriebene Schraubenrad Wind erzeugen. Die Dampfschiffschraube dreht sich, um sich selbst mit dem Schiffe

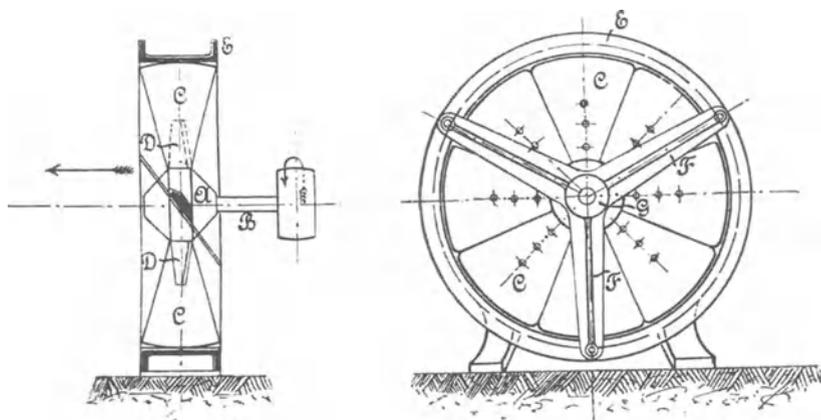


Abb. 460. Schraubenventilator von Schiele.

im Wasser vorwärts zu bewegen. Das Schraubenrad dreht sich an seinem festen Standorte, um den Luftstrom in Bewegung zu bringen.

Nach dem Gesagten besitzt also ein Schraubenrad windmühlenähnlich gestellte Flügel, die die Luft fortschieben. Der Neigungswinkel der Schraubenflügel beträgt  $45^\circ$ . Damit die vom Rade fortbewegte Luft nicht wieder in den Raum zurückströmt, aus dem sie angesaugt ist, muß das Rad am Umfange durch ein zylindrisches Gehäuse umschlossen sein, das unmittelbar an den Saug- wie an den Ausblasekanal anschließt. Die Abb. 460 stellt den Schraubenventilator von Schiele dar. *A* ist die auf der Welle *B* befestigte Nabe; an den schräg gestellten Armen *D* sind die Flügel *C* befestigt, die sich in dem Gehäuse *E* drehen.

Derartige einfache Schraubenräder arbeiten insofern günstig, als sie imstande sind, große Luftmengen fortzubewegen, und als sie hierbei der Luft einen geringen Durchströmungswiderstand bieten. Aber sie erzeugen nur eine geringe Depression (bis etwa 40 mm), so daß sie für die Bewetterung neuerzeitlicher Gruben nicht ausreichen, auch erreicht ihr Wirkungsgrad kaum 50%. Dagegen werden solche Räder neuerdings als Luttenventilatoren (s. Ziff. 180), für die die erzielbare Depression voll ausreicht, verwandt,

auch werden sie viel für die Ventilation von Versammlungsälen und Gebäuden benutzt und sind hierfür besonders geeignet, da die Luft achsial durch sie hindurchstreicht und sie daher sich ohne Schwierigkeit in jeder Lutte oder Wand anbringen lassen, was bei Schleuderrädern wegen der verwickelten Luftführung nicht der Fall ist.

Ein wesentlich verbessertes Schraubenrad ist das nach seinem Erfinder Schlotter benannte Schlottergebläse, das von den Siemens-Schuckertwerken gebaut wird und namentlich an Kalisalzwerke viel geliefert ist. Hinter dem fünfflügeligen Laufrade (Abb. 462) ist eine feststehende Leit-schaufelvorrichtung (Abb. 461) angeordnet, die den aus dem ersteren austretenden Luftstrom mehrfach teilt und stoß- und wirbelfrei aufnimmt. Die Leit- sowohl wie die Laufschaufeln haben Schraubenform. Das

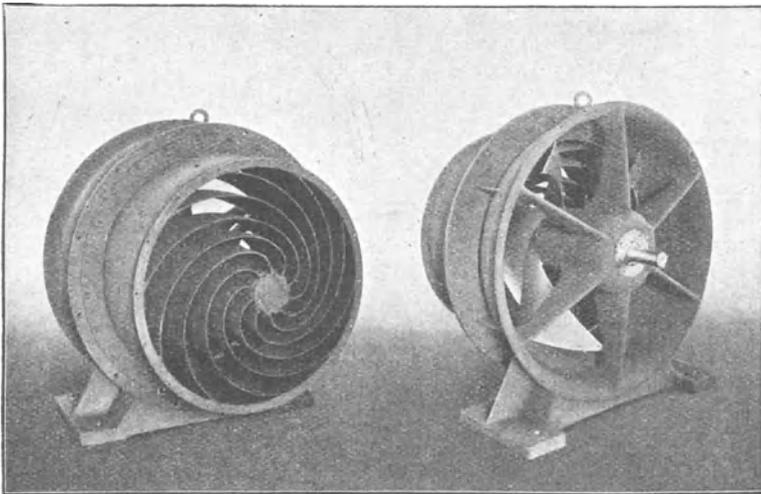


Abb. 461. Ansicht des Schlottergebläses, gesehen von der Leitradseite.

Abb. 462. Ansicht des Schlottergebläses, gesehen von der Laufradseite.

Wesentliche und Neue liegt darin, daß die Austrittskanten des Laufrades sich mit den Eintrittskanten der Leitvorrichtung an jeder Stelle rechtwinklig kreuzen<sup>1)</sup>. Mit den Schlottergebläsen kann man Unter- oder Überdrücke bis zu 300 mm Wassersäule erzeugen. Dabei besitzen die Gebläse Wirkungsgrade bis zu 75—80 %.

122. — Wirkungsweise der Zentrifugalventilatoren oder Schleuderräder<sup>2)</sup>. Die Wirkung der Schleuderräder wird dadurch erzielt, daß die Luft am Umfange des mit großer Geschwindigkeit gedrehten Rades abgeschleudert wird. Auf solche Weise entsteht im Innern des Rades eine Saugwirkung. Zur Erreichung dieser Folge besitzen die Schleuderräder radial gestellte

<sup>1)</sup> Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hütt.-Wes. 1914, Heft 36/37, S. 519; Krull: Das Schlottergebläse; — ferner Glückauf 1914, Nr. 45, S. 1583; Stach: Schlotterventilatoren und -gebläse.

<sup>2)</sup> v. Jhering: Die Gebläse, (Berlin, Springer), 1913, S. 352 u. f.

Schaufeln, deren Breitseite in der Achsrichtung liegt. Das Rad bewegt sich entweder zwischen zwei feststehenden Wänden, oder, was häufiger ist, es besitzt selbst Seitenwände, die an der Drehung teilnehmen. Da, wo die Achse durch die Seitenwände geführt ist, befindet sich die Saugöffnung. Diese ist entweder nur an einer Seite des Rades oder auch beiderseits vorgesehen.

Je schneller das Rad sich dreht, um so kräftiger wird die Luft aus ihm herausgeschleudert und um so größer ist die Saugkraft. Die Wirkungsweise bleibt dieselbe, gleichgültig, ob das Rad rechts oder links herumläuft, wenn auch selbstverständlich die Bauart so berechnet ist, daß bei einer bestimmten Drehrichtung der günstigste Erfolg sich ergibt.

**123. — Bauart im einzelnen. Der Luftstrom im Rade selbst.** Die Bauart der Räder ist darauf berechnet, daß die Luft möglichst stoß- und reibungsfrei und unter geringem Arbeitsaufwande durch das Rad geführt wird. Dem stehen allerdings Schwierigkeiten mannigfacher Art entgegen. Die

aus der Radmitte kommende Luft erhält nach dem Außenrande des Rades hin eine zunehmende Umfangsgeschwindigkeit, und der Luftstrom drängt sich vor der treibenden Schaufel in der in Abb. 463 dargestellten Weise zusammen. Da sich nun gleichzeitig der Raum zwischen je zwei Schaufeln verbreitert, so daß der Luftstrom nicht mehr den ganzen ihm zur Verfügung stehenden Querschnitt gleichmäßig ausfüllen kann, ist die Folge, daß am Radumfange Wirbel entstehen und daß sogar, wie in der Abb. 463 angedeutet, ein Rückfluß der Luft aus der äußeren Atmosphäre in das Rad stattfinden kann. Derartige Wirbelbildungen sind schädlich, weil sie die Wirkung beeinträchtigen und einen dauernden Arbeitsverlust bedeuten.

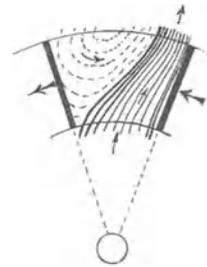


Abb. 463. Zusammen-  
drängung der Luft vor  
der treibenden  
Schaufel.

Um sie zu vermeiden, verschmälert man bei manchen Ausführungen das Rad nach dem Umfange zu (s. die Abbildungen 466, 467 und 471). Der Luftstrom kann dann gleichmäßiger den Raum zwischen den Schaufeln ausfüllen. Den gleichen Zweck erreicht man, wenn man am Umfange Keilstücke (Abb. 472) schafft, die den überflüssigen, leicht zu Wirbelbildungen Anlaß gebenden Raum unschädlich machen und hier den Durchgangsquerchnitt verkleinern.

**124. — Anordnung und Gestalt der Schaufeln.** Eine von den verschiedenen Herstellern sehr verschieden gelöste Frage betrifft die Anordnung und Gestaltung der Schaufeln. Die Schaufeln können am Umfange radial auslaufen, oder sie können in der Drehrichtung nach vorn oder nach rückwärts gelehnt sein. In allen Fällen können die Schaufeln gerade oder gekrümmte Flächen besitzen.

Die Stellung der Schaufeln ist von Einfluß auf die Austrittsgeschwindigkeit der Luft. Jedes am Umfange des Rades austretende Luftteilchen würde in genau tangentialer Richtung mit der Umfangsgeschwindigkeit des Rades fortgeschleudert werden, wenn es sich innerhalb des Rades in Ruhe befände und keine Eigenbewegung hätte. Nun ist aber das Luftteilchen bereits in Bewegung, weil es vom Innern des Rades nach dem Umfange strömt und hier mit einer gewissen, in der Schaufelrichtung verlaufenden Geschwindigkeit

ankommt. Diese Stromrichtung und Geschwindigkeit wirken auf das Luftteilchen noch ein, nachdem es das Rad bereits verlassen hat. Es sind also zwei Kräfte, die die Austrittsrichtung und Austrittsgeschwindigkeit des einzelnen Luftteilchens beeinflussen: die tangential mit der Umfangsgeschwindigkeit wirkende Fliehkraft und die Kraft der in der Schaufelrichtung wirkenden Stromgeschwindigkeit der Luft innerhalb des Rades. Man kann die beiden Kräfte zeichnerisch darstellen, um mittels des Parallelogramms die Resultante oder die tatsächliche Richtung und Geschwindigkeit des fortgeschleuderten Luftteilchens zu finden.

In der Abb. 464 ist für die Umfangsgeschwindigkeit  $u$  und für die Stromgeschwindigkeit  $v$  innerhalb des Rades die Resultierende  $c$  der austretenden Luft bei radial auslaufenden Schaufeln, sodann die Resultierende  $c_1$  bei vorwärts und  $c_2$  bei rückwärts gelegten Schaufeln dargestellt. Wie man sieht, wird bei vorwärts geneigten Flügeln die Luft mit der größten Geschwindigkeit nach vorn ausgeworfen, bei radial gestellten Schaufeln finden wir eine mittlere Geschwindigkeit und mittlere Austrittsrichtung, während bei rückwärts gelegten Flügeln die Luft mit geringerer Geschwindigkeit und mehr in radialer Richtung austritt ( $c_1 > c > c_2$ ).

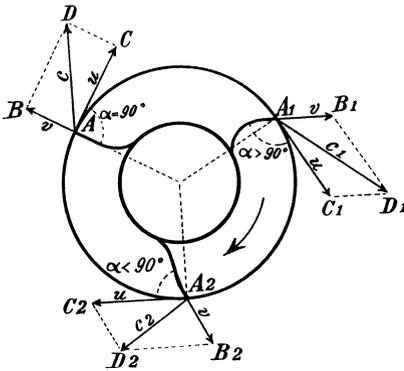


Abb. 464. Geschwindigkeit und Richtung der austretenden Luft bei verschiedener Schaufelstellung.

wo es auf Erzielung hoher Depressionen ankommt. Andererseits findet bei vorwärts geneigten Flügeln ein stärkerer Druck der Luft auf die Schaufeln und demzufolge eine größere Reibung statt. Ferner ist die volle Wiedergewinnung der in der herausgeschleuderten Luft steckenden lebendigen Kraft um so schwieriger, je größer die Austrittsgeschwindigkeit ist.

Es läßt sich deshalb nicht sagen, daß eine bestimmte Schaufelstellung vor der anderen den Vorzug verdient. Tatsächlich bewähren sich alle drei Arten von Schaufelstellungen seit Jahren gut. Auch die Frage der günstigsten Schaufelform — gerade oder gekrümmt — ist nicht in bestimmtem Sinne entschieden. Da es auf das richtige Zusammenwirken der verschiedenen baulichen Eigentümlichkeiten des Ventilators zum Zwecke der möglichst stoß- und reibungsfreien Hindurchbewegung der Luft ankommt, mag eine bestimmte Schaufelform und -stellung für die gewählte Bauart und Ausführung am günstigsten sein, ohne daß aber damit ihre Überlegenheit auch bei anderen Ventilatorarten erwiesen wäre.

**125. — Einlauf.** Der Einlauf soll möglichst wirbel- und stoßfrei die erforderliche Ablenkung der Luft um  $90^\circ$  bewirken. Diesem Zweck dienen der sog. Einlaufkegel auf der Ventilatorwand (s. z. B. Abb. 466) sowie die kegelförmig aufgewölbten Ventilatorwände (s. Abbildungen 467—471),

die bei manchen neueren Ventilatoren angewandt werden. Auch die schraubenförmig gestalteten Schöpfschaufeln, die den eigentlichen Radschaufeln vorgeschaltet sind, sollen in gleicher Weise wirken (s. Abbildungen 468—472).

Die Ventilatoren können, wie schon oben angedeutet worden ist, einseitig oder zweiseitig saugend eingerichtet werden. Die zweiseitig saugenden Räder pflegen eine Mittelwand zu besitzen. Bei nur einseitiger Einströmung sucht der Luftdruck das Ventilatorrad dem Luftstrom entgegen, also in der Richtung zum Saugkanal, zu verschieben. Die in Frage kommenden Drücke sind nicht unbedeutend. Da jedem Millimeter Depression ein Druck von 1 kg je Quadratmeter entspricht, würde ein Ventilator von 4 m Durchmesser (12,6 qm Kreisfläche) bei 200 mm Depression einen einseitigen Druck von rund 2520 kg auszuhalten haben. Es ist also eine besonders sichere Verlagerung der Achse nötig, damit keine Verschiebung des Rades eintritt.

Diese Schwierigkeiten fallen bei einem zweiseitig saugenden Ventilator fort, da der Druck auf beiden Seiten des Rades gleich ist. Ferner kann die Einlauföffnung, da sie ja doppelt vorhanden ist, einen kleineren Durchmesser als bei einem einseitig saugenden Ventilator haben und der Raddurchmesser bei gleicher Schaufellänge kleiner sein.

Nachteilig ist andererseits bei zweiseitig saugenden Ventilatoren die schwierige Verlagerung der langen Achse (vgl. Abb. 467 und 472) sowie die umständliche Anordnung der Zuführungskanäle, so daß man aus diesem Grunde vielfach den einseitig saugenden Ventilator vorzieht.

**126. — Auslauf.** Von besonderer Wichtigkeit ist bei jedem Ventilator der Auslauf der Luft. Die ersten Zentrifugalventilatoren waren an ihrem Umfange nicht ummantelt, sondern bliesen aus dem Rade unmittelbar in die Atmosphäre aus. Hierdurch bildete sich um das sich drehende Rad ein Kranz von Wirbeln, so daß der zwischen je zwei Schaufeln austretende Luftstrom fortwährend gestört und unterbrochen wurde und eine gleichgerichtete, andauernde Bewegung der austretenden Luft nicht zustande kommen konnte. Außerdem aber steckt in der mit großer Geschwindigkeit aus dem Rade geschleuderten Luft eine erhebliche lebendige Arbeit, wie das folgende Beispiel zeigt.

Da die Formel für die lebendige Arbeit

$$\frac{m \cdot v^2}{2}$$

oder

$$\frac{V \cdot d \cdot v^2}{2g}$$

ist, erhalten wir im vorliegenden Falle, wenn wir  $V=80$ ,  $d=1,2$ ,  $v=30$  und  $g=9,8$  setzen, als Größe der lebendigen Arbeit entsprechenden Leistung:

$$\frac{80 \cdot 1,2 \cdot 900}{19,6 \cdot 75} \sim 58 \text{ PS}$$

Hiervon wird in nicht ummantelten Ventilatoren nur ein verschwindend geringer Teil nutzbar gemacht, so daß derartige Schleuderräder einen sehr schlechten Wirkungsgrad haben mußten.

Wenn dagegen die einzelnen Luftströme ohne Wirbelbildung zu einem einheitlichen Gesamtstrome gesammelt werden, der mit allmählich verminderter Geschwindigkeit in die Atmosphäre austritt, so wirkt ein solcher, in gleichmäßiger Bewegung befindlicher Strom saugend auf den Ventilator und befördert dessen Arbeit. Die lebendige Arbeit des Stromes wird um so vollkommener wiedergewonnen, je allmählicher und stoßfreier sich der Übertritt in die Atmosphäre vollzieht. Ein allmählich sich erweiternder Querschnitt des Auslaufs ist also erwünscht.

Es war der belgische Ingenieur Guibal, der dies zuerst erkannte. Er ummantelte das Rad *b* (Abb. 465) so, daß es mit nur geringem Spielraum in dem Mantel *a* lief. Letzterer erhielt eine einzige Öffnung, an die sich ein Ausblasehals anschloß. Die Öffnung konnte mittels eines Schiebers *c* groß oder klein gestellt werden, um bei großer Grubenweite viel, bei kleiner wenig Luft nachströmen lassen zu können.

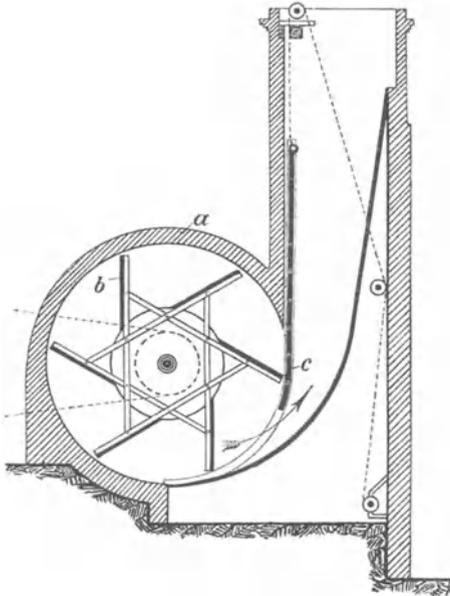


Abb. 465. Alter Guibal-Ventilator.

Ein Nachteil war, daß immer nur ein Flügel seine Luft abgab, so daß der übrige Teil des Rades nicht ausgenutzt wurde und gleichsam tot mitlief. Daher hat man bei den späteren Ausführungen den Mantel nicht mehr dicht an das Rad angeschlossen, sondern zwischen ihm und dem Rade eine Spirale frei gelassen, die schließlich in den Ausblasehals übergeht. Das hat den Vorteil,

daß ein im engen Teil der Spirale zwar beschränkter, aber doch ununterbrochener Austritt der Luft auf dem ganzen Radumfang stattfindet.

Der gesamte Auslaufraum wird auch Diffusor (Raum zur Ausströmung und Ausbreitung der Luft) genannt.

**127. — Einzelbesprechung. Geisler-Ventilator.** Im folgenden sollen die bekannteren Ventilatorarten nach ihren besonderen Eigentümlichkeiten kurz besprochen werden.

Der Geisler-Ventilator (Abb. 466) ist einseitig saugend gebaut und besitzt schwach gekrümmte, nach rückwärts gelehnte, am Radumfang aber radial auslaufende Flügel. Das Rad verschmälert sich nach dem Umfange hin. In der Saugöffnung ist der Einlaufkegel *d* angebracht. Der Querschnitt der Auslaufspirale *a* verbreitert sich flaschenförmig nach dem Umfange hin.

**128. — Hohenzollern-Ventilator.** Abb. 467 zeigt eine zweiseitig saugende Ausführungsform des Ventilators der A.-G. Hohenzollern zu

Düsseldorf-Grafenberg. Die Schaufeln sind rückwärts gelehnt, aber nach vorn ein wenig gekrümmt und besitzen auch in der Drehrichtung des Rades eine schwache Krümmung, um als Schöpf-schaufeln zu dienen. Am

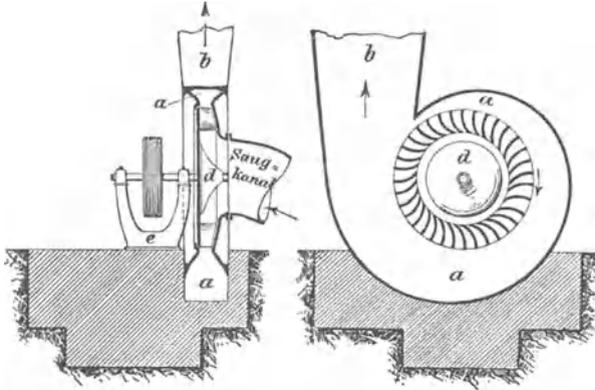


Abb. 466. Geisler-Ventilator.

Umfänge laufen sie radial aus. Sie sind mittels Winkeleisen an die mittlere Blechscheibe angenietet, während die frei stehenden Enden durch Bänder gehalten werden. Ein doppelter Einlaufkegel ist auf die Achse

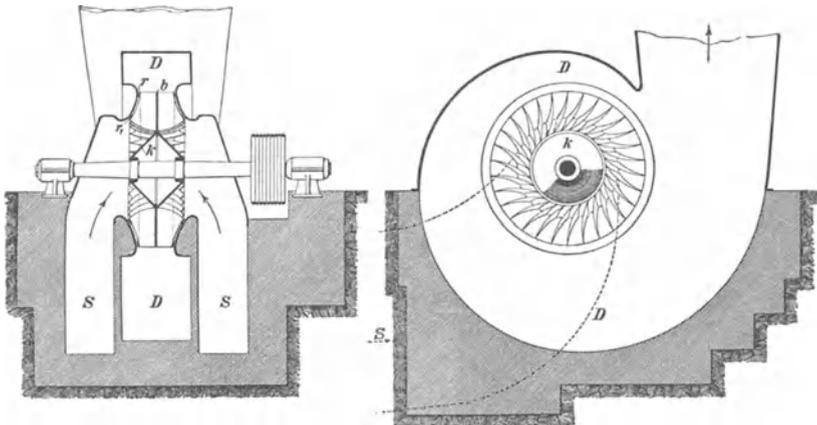


Abb. 467. Hohenzollern-Ventilator.

gesetzt. Der Auswurfschlot wird aus Blechen oder eisenbewehrtem Beton hergestellt.

**129. — Pelzer-Ventilator.** Der Pelzer-Ventilator, gebaut von der Maschinenfabrik Fr. Pelzer zu Dortmund, war ursprünglich als Schraubenrad gedacht. Bei der späteren Entwicklung hat man die Schraubenflügel beibehalten, jedoch nur als Schöpf-schaufeln für die daran sich schließenden,

radial gestellten, geradlinigen Radflügel (Abbildungen 468 u. 469). In der Abb. 469 sind die Schöpfschaufeln mit *A*, die Radschaufeln mit *B* bezeichnet. Die Ringe *K* und *C* geben den Schöpfschaufeln Halt und stellen die Verbindung mit den Radschaufeln her. Der Ventilator saugt

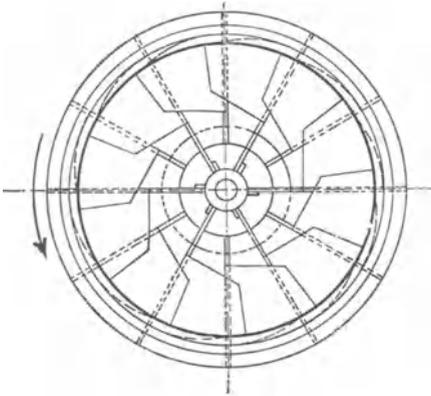


Abb. 468.

Das Pelzer-Rad in Ansicht und Schnitt.

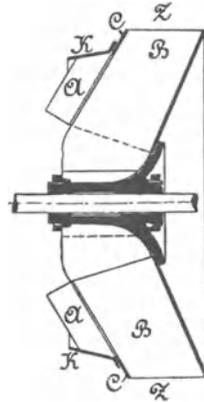


Abb. 469.

einseitig. Die Rückwand des Rades ist kegelförmig gestaltet und ersetzt so einen besonderen Einlaufkegel.

Abb. 470 zeigt die Ventilator-Anordnung. Durch Einbau des festen Ringes *e* ist ein Zwischendiffuser *d* von der Breite des Radauslaufs geschaffen, aus dem die Luft in den allmählich sich verbreiternden Haupt-

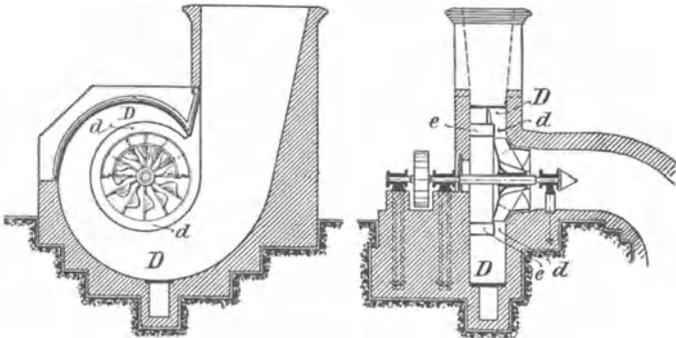


Abb. 470. Pelzer-Ventilator.

diffuser *D* übertritt. Daran schließt sich in der bekannten Weise der gemauerte Luftschlot.

**130. — Rateau-Ventilator.** Der Rateau-Ventilator (Abb. 471), gebaut von Schüchtermann & Kremer zu Dortmund, saugt einseitig und besitzt einen stark aufgewölbten, auf der Achse sitzenden Radboden. Die Schaufeln *c* sind doppelt gebogen: sie sind nämlich einerseits in der Drehrichtung des Rades nach vorn gekrümmt und andererseits im Einlauf

ebenfalls nach vorn gebogen, um als Schöpfschaufeln zu dienen. Nach dem Radumfang hin tritt eine Verschmälерung der Schaufeln ein. Die ganze, schwierig herzustellende Bauart bezweckt eine stoß- und wirbelfreie Bewegung der Luft durch das Rad. An dieses schließt sich der schmale Ring-

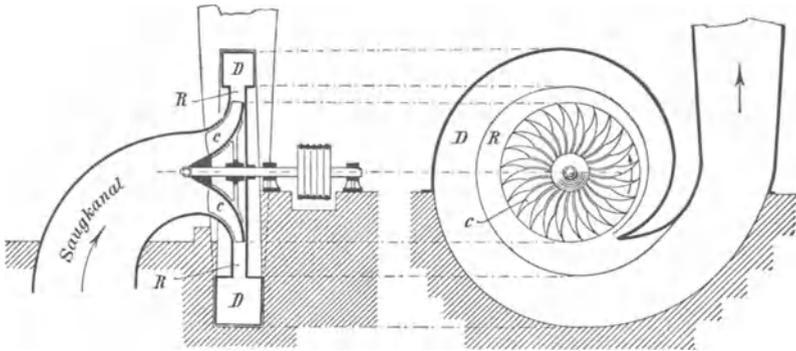


Abb. 471. Rateau-Ventilator.

diffusor *R* und der äußere Diffusor *D*. Die Ventilatoren liefern hohe Depressionen.

131. — Der Capell-Ventilator (gebaut von R. W. Dinnendahl zu Kunstwerkerhütte bei Steele a. d. Ruhr) saugt von beiden Seiten an.

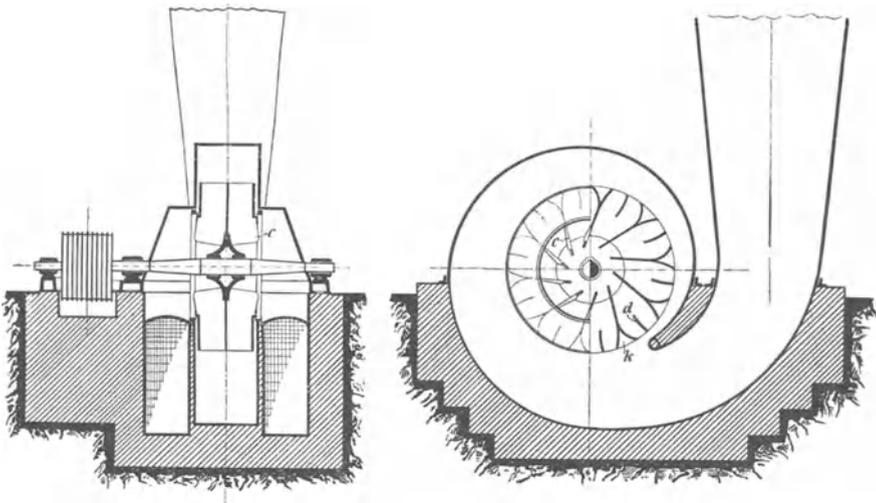


Abb. 472. Neuer Capell-Ventilator.

Schmale Schöpfschaufeln *c* (Abb. 472) führen die Luft in das Rad. Dieses ist überall gleich breit und durch eine mittlere Scheibe in zwei Hälften geteilt. Der doppelte Einlaufkegel ist nur klein und wenig ausgebildet. Form und Anordnung der Schaufeln sind mehrfach geändert worden. Früher besaßen die Schaufeln eine eigentümlich abgesetzte Form, so daß zwei,

durch konzentrisch verlaufende Stücke verbundene Schaufelkränze vorhanden waren.

Abb. 472 zeigt die jetzige Ausführungsform. Bemerkenswert ist die Bildung toter Keilstücke  $k$  am Radumfang, die die Austrittsöffnung der Luft aus dem Rade verkleinern, und die Anbringung der kleinen Zwischenschaufeln  $d$ . Die Auslaufspirale ist im Querschnitt einfach rechteckig.

Während beim Rateau-Ventilator das Hauptgewicht auf zwangsläufige, stoßfreie Führung der Luft im Rade gelegt ist, geht die Absicht beim Capell-Ventilator mehr dahin, der Luft den Weg durch das Rad durch große und weite Querschnitte zu erleichtern, um beträchtliche Luftmengen bewältigen zu können.

*β) Die gesetzmäßigen Beziehungen in der Wirkungsweise der Schleuderräder.*

**132. — Mechanischer Wirkungsgrad.** Wir hatten (S. 516) den für die Bewetterung einer Grube erforderlichen Kraftbedarf (oder die Luftleistung des Ventilators) ausgedrückt durch die Formel:

$$N = \frac{V \cdot h}{75}.$$

Es ist natürlich, daß die gesamte, der Antriebsmaschine zuzuführende Leistung  $N_i$  größer sein muß.

Das Verhältnis der tatsächlichen Nutzleistung zu der der Antriebsmaschine zugeführten Leistung, also  $\frac{N}{N_i}$ , nennen wir den mechanischen Wirkungsgrad.

Beispiel: Der Ventilator leistet 80 cbm/sec bei 100 mm Depression. Seine Nutzleistung ist also  $N = \frac{80 \cdot 100}{75} = 106,67$  PS. Die Antriebsdampfmaschine weist eine indizierte Leistung von 150 PS auf. Der mechanische Wirkungsgrad ist also  $\frac{106,67 \cdot 100}{150} = 71,1$  %.

Mechanische Wirkungsgrade von 70—80 % sind als gut zu bezeichnen.

**133. — Zeichnerische Darstellung des mechanischen Wirkungsgrades.** Die Kenntnis des mechanischen Wirkungsgrades eines Ventilators bei einer beliebigen, von Zufälligkeiten abhängenden Grubenweite reicht aber zur Beurteilung der Güte des Ventilators nicht aus. Denn der mechanische Wirkungsgrad ist keine bei allen Grubenweiten sich gleichbleibende Größe.

Die Beziehungen zwischen mechanischem Wirkungsgrade und Grubenweite lassen sich in einer Kurve zur Darstellung bringen. Der ungefähre Verlauf einer solchen Kurve wird aus folgenden Erwägungen klar:

Ist die Grubenweite gleich Null, wie dies bei geschlossenem Saugkanal der Fall ist, so wird der Ventilator zwar eine gewisse Depression erzeugen, die geförderte Luftmenge aber wird gleich Null sein. Deshalb wird auch die Nutzleistung des Ventilators und ebenso sein mechanischer Wirkungsgrad gleich Null sein. Die ganze, auf den Gang des Ventilators verwandte Arbeit,

die in diesem Falle nur klein ist, geht durch Reibung in den Lagern und Bildung von Luftwirbeln verloren. Wächst die Grubenweite durch allmähliche Öffnung des Saugkanals, so beginnt der Ventilator Luft zu fördern und erzeugt eine gewisse Nutzleistung. Der mechanische Wirkungsgrad wird offenbar rasch steigen und wird bei der günstigsten Grubenweite seinen Höchstgrad erreichen. Bei noch größeren Grubenweiten wird er aber wieder sinken müssen. Denn eine Betrachtung des Endfalls — Saugen des Ventilators aus freier Atmosphäre, was eine unendlich große Grubenweite bedeutet — zeigt, daß der Ventilator wieder keine Nutzarbeit mehr leistet. Er fördert zwar viel Luft, erzeugt aber keine Depression mehr. Da diese gleich Null wird, ist auch die Nutzleistung und der mechanische Wirkungsgrad gleich Null. Die Kurve des mechanischen Wirkungsgrades muß also bei größer werdender Grubenweite wieder abfallen und sich allmählich der Nulllinie nähern.

In der Abb. 473 sind die Kurven der mechanischen Wirkungsgrade von drei verschiedenen Ventilatoren gezeichnet. Bei der Kurve *I* liegt der günstigste mechanische Wirkungsgrad (64%) bei 1 qm Grubenweite, und man sieht, daß, wenn man die Grubenweite auf 3 qm vergrößert, für diesen Ventilator der Wirkungsgrad bereits auf 40% sinkt. Wenn der Ventilator für 1 qm Grubenweite gebaut ist, würde er bei 3 qm gleichwertiger Öffnung ein zu ungünstiges Bild ergeben.

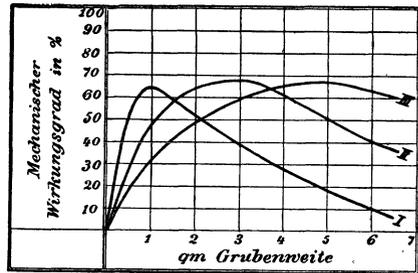


Abb. 473. Kurven des mechanischen Wirkungsgrades.

Die Kurven *II* und *III* betreffen Ventilatoren, bei denen der günstigste mechanische Wirkungsgrad bei etwa 3 bzw. 5 qm gleichwertiger Öffnung liegt. Kurve *I* wird von einem kleinen, Kurve *II* von einem mittleren und Kurve *III* von einem großen Ventilator erhalten werden können.

**134. — Durchgangsöffnung.** Der Grund dafür, daß ein großer Ventilator für große Grubenweiten und ein kleiner für enge Gruben geeignet ist, liegt in der Verschiedenheit der sog. „Durchgangsöffnung“.

Zur Überwindung des Reibungswiderstandes der Luft im Ventilator selbst muß ein gewisser Druckunterschied aufgewandt werden. Das dazu nötige Gefälle kann nur vom Ventilator erzeugt werden, so daß ein Teil der Arbeit des Ventilators für die Bewegung der Luft in ihm selbst aufgebraucht wird. Der Ventilator erzeugt mithin eine höhere Depression oder Saugwirkung, als wir sie im Saugkanal feststellen.

Wir können den Durchgang der Luft durch den Ventilator ebenfalls mit dem Durchgange durch eine Öffnung in einer dünnen Wand vergleichen, durch eine Öffnung also, die bei gleichem Druckunterschiede auf beiden Seiten dieselbe Luftmenge wie der Ventilator durchziehen läßt. Eine solche Öffnung nennen wir seine Durchgangsöffnung.

Da der Durchgangswiderstand im Quadrat der Geschwindigkeit wächst, diese aber mit der Größe der Durchgangsöffnung in gleichem Maße abnimmt, so gelten folgende Verhältniszahlen für eine Grubenweite von 1 qm:

Durchgangsöffnung	. . . . .	2	3	4	qm
Durchgangswiderstand	. . . . .	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{16}$	des Gruben- widerstandes
Der Gesamtwider- stand verteilt sich auf den	} Grubenwiderstand mit	. 80%	90% ~	94%	
		Ventilatorwiderstand mit	20%	10% ~	6%

Eine Vorstellung von diesem Verhältnis gibt Abb. 474, in der die Öffnungen  $o:A$  sich wie 2,65:1, also die Widerstände wie 1:7 verhalten, so daß von der Gesamtdepression von 120 mm die Grube 105, der Ventilator 15 mm beansprucht.

Tatsächlich pflegt die Durchgangsöffnung etwa dreimal so groß wie die Grubenweite zu sein. Noch größere Ventilatoren zu bauen, ist unwirtschaftlich, weil diese dann verhältnismäßig zu teuer und schwer werden.

Bei Vorhandensein eines natürlichen Wetterzuges ist es leicht, die Durchgangsöffnung  $o$  des Ventilators zu bestimmen. Man setzt den Ventilator still und mißt die sich alsdann einstellende Pressung  $h$  im Wetterkanal und die durch den Ventilator abziehende Wettermenge  $V$ . Im übrigen benutzt man die Formel für die Grubenweite und erhält so für die Durchgangsöffnung folgenden Wert:

$$o = 0,38 \cdot \frac{V}{\sqrt{h}}$$

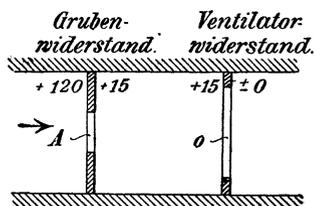


Abb. 474. Veranschaulichung der Wirkung von Grubenweite und Durchgangsöffnung.

Die Ventilatorfabriken pflegen ihre Ventilatoren so zu bauen, daß die Luftgeschwindigkeit an der engsten Stelle des Rades (d. i. in der Saugöffnung) bei der verlangten

Wettermenge ein gewisses Maß von etwa 15—20 m nicht überschreitet. Alsdann besitzt der Ventilator erfahrungsgemäß eine angemessene Durchgangsöffnung.

**135. — Theoretische Depression und manometrischer Wirkungsgrad.** Die theoretisch von einem Ventilator erzeugte Depression ( $h_t$ ) ergibt sich nach der aus der Mechanik bekannten Formel:

$$h_t = \frac{u^2 \cdot d}{g}$$

worin  $u$  die Umfangsgeschwindigkeit des Ventilators,  $d$  das Gewicht von 1 cbm ausströmender Grubenluft in kg und  $g$  die Fallbeschleunigung ist. Wenn man  $d=1,2$  annimmt und  $g=9,8$  setzt, so ist:

$$h_t = 0,122 u^2$$

Die Formel gilt, streng genommen, nur für radiale Stellung der Schaufeln. Bei Vorwärtslehnung der Flügel ist die theoretische Depression größer und bei Rückwärtslehnung kleiner. Doch pflegt man in der Praxis von der genaueren Rechnung keinen Gebrauch zu machen.

Die Depression hängt also nicht etwa von dem Durchmesser des Ventilators, sondern lediglich von der Umfangsgeschwindigkeit ab. Bei Steigerung der Umfangsgeschwindigkeit wächst die Depression sehr schnell, da  $h_t$  nach der Formel proportional dem Quadrate von  $u$  zunimmt.

Ihre Grenze finden die Umfangsgeschwindigkeit und damit die Depression in der Festigkeit des für den Ventilator gebrauchten Baustoffs. Im allgemeinen sind bei Ventilatoren Umfangsgeschwindigkeiten von 30 bis 40 m/sec gebräuchlich; neuerdings geht man auch bis 50, ja sogar bis 60 m/sec. Die theoretischen Depressionen sind hierbei:

110 mm	bei	30 m	Umfangsgeschwindigkeit
195	"	40	"
305	"	50	"
439	"	60	"

Die tatsächliche Depression, die ein Ventilator liefert, ist stets kleiner als die theoretische, weil die Luft als Körper sich nicht reibungsfrei bewegt und weil insbesondere am Umfange des Rades Wirbelbildungen unvermeidlich sind. Das Verhältnis der tatsächlichen Depression zur theoretischen nennen wir den manometrischen Wirkungsgrad. Man pflegt dieses Verhältnis ebenso wie den mechanischen Wirkungsgrad in Prozenten auszudrücken.

**136. — Zeichnerische Darstellung des manometrischen Wirkungsgrades.** Die tatsächliche erreichbare Depression und damit der manometrische Wirkungsgrad hängen nicht allein von der Güte des Ventilators, sondern auch von der Grubenweite ab. Denn da der Ventilator nicht unbegrenzt viel Luft hindurchläßt, müssen tatsächliche Depression und manometrischer Wirkungsgrad mit wachsender Grubenweite geringer werden.

Saugt der Ventilator aus freier Atmosphäre, so erzeugt er überhaupt keine Depression mehr, und der manometrische Wirkungsgrad ist gleich Null. Je mehr man dagegen den Saugkanal verschließt, um so mehr wird der manometrische Wirkungsgrad steigen. Merkwürdigerweise ist aber der manometrische Wirkungsgrad nicht bei völlig geschlossenem Saugkanal, sondern dann am größten, wenn bei einer geringen Öffnung des Schiebers ein wenig Luft durch den Ventilator gehen kann. Es liegt dies anscheinend daran, daß die Wirbelbildungen am Umfange des Rades größer sind, wenn gar keine, als wenn etwas Luft durch den Ventilator zieht. Abb. 475 veranschaulicht die Kurven der manometrischen Wirkungsgrade dreier verschiedener Ventilatoren. Kurve I zeigt den günstigsten manometrischen Wirkungsgrad von 70 % schon bei etwa  $\frac{1}{4}$  qm Grubenweite, um sodann sehr schnell abzufallen. Es handelt sich um einen kleinen Ventilator. Kurve II besitzt ihren Scheitelpunkt (etwa 68 %) bei 1 qm Grubenweite, während der manometrische Wirkungsgrad des Ventilators bei 3 qm immerhin noch 53 % beträgt. Bei größeren Ventilatoren (Kurve III) wird beispielsweise das günstigste Ergebnis bei 2,5 qm erreicht, und der Wirkungsgrad beträgt auch bei 5 qm Grubenweite noch 65 %.

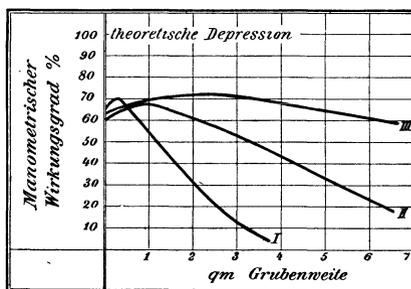


Abb. 475 Kurven des manometrischen Wirkungsgrades.

Somit läßt sich sagen, daß der für nur eine Grubenweite festgestellte manometrische Wirkungsgrad ebenso, wie es beim mechanischen Wirkungsgrade war, noch kein Prüfstein für die Güte des Ventilators ist. Nur die Festlegung eines größeren Teiles der Kurve, also die Berücksichtigung mehrerer Grubenweiten gibt ein Bild von der Leistungsfähigkeit des Ventilators in dieser Beziehung.

Die bei den jetzigen Ventilatoren erzielten manometrischen Wirkungsgrade steigen bis etwa 75 %.

**137. — Kraftbedarf und Grubenweite.** Nach dem, was über das Sinken des mechanischen und des manometrischen Wirkungsgrades bei einer über ein bestimmtes Maß hinaus zunehmenden Grubenweite gesagt ist, könnte es scheinen, daß unter Umständen die Vergrößerung der Grubenweite ungünstig auf die Bewetterungsverhältnisse der Grube wirkt. Man wolle sich aber der auf S. 515 u. f. (Ziffer 109 u. 110) gegebenen Darlegungen erinnern, wonach jede Vergrößerung der Grubenweite bei gleichbleibender Wettermenge ein schnelles Sinken des Kraftbedarfs der Bewetterung im Gefolge hat. Vergrößern wir z. B. die Grubenweite auf das Doppelte, ohne die Wettermenge zu steigern, so wird der Kraftbedarf auf nur  $\frac{1}{4}$  des ursprünglichen sinken. Gegenüber der so ersparten Kraft ist es

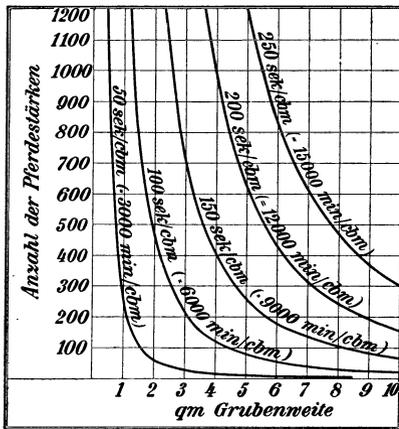


Abb. 476. Kurven des Kraftbedarfs bei verschiedenen Grubenweiten und Wettermengen.

ohne Bedeutung, ob der Ventilator für die noch verbleibende, geringe Leistung einen ungünstigeren Wirkungsgrad besitzt.

Wie groß die tatsächlichen Verminderungen des Kraftbedarfs infolge Vergrößerung der Grubenweite bei verschieden großen Wettermengen sind, lehrt Abb. 476. Gerade die Vergrößerungen der zwischen 2 und 4 qm liegenden Grubenweiten bringen bei minutlichen Wettermengen von 6000 und mehr Kubikmetern sehr namhafte Kraftersparnisse. Eine Erweiterung der Grube von 2 auf 3 qm setzt z. B. bei 6000 cbm minutlicher Wettermenge den Kraftbedarf von etwa 470 auf 210 PS herab, und eine Erweiterung von 3 auf 4 qm bei 9000 cbm minutlicher Wettermenge bedeutet sogar eine Herabdrückung von rd. 700 auf 400 PS. Nur wenn die Wettermengen im Verhältnis zur Grubenweite klein sind, erscheint eine weitere Vergrößerung der Grubenweite überflüssig<sup>1)</sup>.

**138. — Wettermenge und Grubenweite.** Auch wird der durch jede Vergrößerung der Grubenweite erzielte Nutzen klar, wenn man sich die Be-

<sup>1)</sup> Glückauf 1910, Nr. 13, S. 465 u. f.; Kegel: Die relative und normale Grubenweite; — ferner ebenda 1911, Nr. 18, S. 696 u. f.; Kegel: Die zweckmäßige Durchgangsöffnung des Ventilators.

ziehungen, die zwischen der Grubenweite und der vom Ventilator bei einer gleichbleibenden Umdrehungszahl gelieferten Wettermenge bestehen, veranschaulicht (Abb. 477). Die Kurve (in der Abbildung sind deren drei gezeichnet) für die gelieferten Wettermengen beginnt beim Nullpunkte. Denn bei völlig abgesperrter Grube muß die geförderte Wettermenge gleich Null sein. Öffnet man allmählich den Schieber, so wird sich die Kurve zuerst rasch erheben. Bald muß freilich die Steigung der Linie geringer werden, weil der Widerstand des Ventilators selbst gegenüber dem Luftstrom hemmend wirkt. Schließlich wird die Kurve in eine Wagerechte auslaufen, deren Abstand von der Abszissenachse durch die Größe der Durchgangsöffnung gegeben ist. Es ist dies dasjenige Wettervolumen, das der Ventilator liefert, wenn er die Luft aus der freien Atmosphäre ansaugt.

Wir sehen also, daß der Vergrößerung der Grubenweite bei gleichbleibender Umdrehungszahl des Ventilators eine Erhöhung der gelieferten Wettermenge so lange entspricht, als der Ventilator noch eine Depression im Saugkanale zu erzeugen imstande ist. Die Bewetterung einer Grube wird somit auch bei bereits sinkendem mechanischen Wirkungsgrade von der Vergrößerung der Grubenweite Nutzen haben.

Die Kurve *I* in Abb. 477 entspricht einem kleinen, Kurve *II* einem mittleren und Kurve *III* einem großen Ventilator. Je kleiner

der Ventilator ist, um so früher nähert sich die Kurve ihrem wagerechten Teile, um so weniger lohnt sich also eine Erweiterung der Querschnitte.

**139. — Wettermenge und Ventilator.** Die Kurve des manometrischen Wirkungsgrades (Abb. 475) gibt uns für einen bestimmten Ventilator die bei den verschiedenen Grubenweiten erzeugte Depression, also seine verdünnende Kraft an, während die Kurve der Wettermengen (Abb. 477) die die Luft fortbewegende Kraft zur Darstellung bringt. Beide Kurven zusammen geben über die Leistungsfähigkeit des Ventilators Aufschluß.

Ein Ventilator mit kleiner Durchgangsöffnung und geringer fortbewegender Kraft kann bei entsprechend kleinen Grubenweiten sehr hohe Depressionen oder Kompressionen erzeugen. Bei größeren Grubenweiten versagt aber seine fortbewegende Kraft, so daß er in diesem Falle an gelieferter Wettermenge weit hinter anderen Ventilatoren mit größerer Durchgangsöffnung zurückstehen kann.

Da die vom Ventilator erzeugte Depression proportional sowohl dem Quadrate der Umfangsgeschwindigkeit ( $h = 0,12u^2$ ) als auch dem Quadrate der Wettergeschwindigkeit oder der Wettermenge ( $h = k \cdot v^2$  und  $h = k_1 \cdot V^2$ ) ist, so steigt und fällt die Wettermenge in gleichem Verhältnis mit der Umfangsgeschwindigkeit oder der Umdrehungszahl.

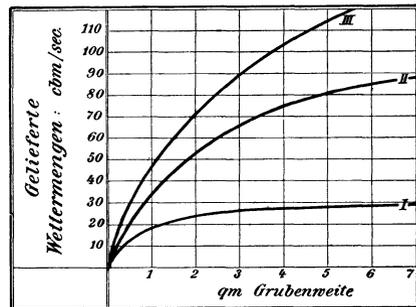


Abb. 47. Kurven der gelieferten Wettermengen bei gleichbleibender Umdrehungszahl des Ventilators und verschiedenen Grubenweiten.

In Wirklichkeit kommt man freilich insofern bald an eine Grenze, als mit der Steigerung der Umlaufzahl der Widerstand mit dem Quadrate und der Kraftbedarf mit dem Kubus wächst.

*γ) Das Zusammenarbeiten zweier Schleuderräder.*

**140. — Nebeneinanderschaltung zweier Ventilatoren.** Man kann zwei Ventilatoren nebeneinander — in Parallelschaltung — arbeiten lassen, wobei also beide aus einem und demselben ausziehenden Schachte saugen. Die sich ergebenden Verhältnisse mögen aus der folgenden Überlegung klar werden.

Es sei zunächst angenommen, der Ventilator  $v_1$  (Abb. 478) arbeite allein und der völlig gleiche Ventilator  $v_2$  stehe still, ohne daß der zugehörige Kanal  $k_2$  abgesperrt sei. Dann wird infolge der von  $v_1$  erzeugten Depression Luft nicht nur aus dem Schachte, sondern auch durch  $v_2$  über  $k_2$  nach  $v_1$  ziehen. Dieses Verhältnis wird sogar noch bestehen bleiben, wenn Ventilator  $v_2$  bereits langsam zu arbeiten begonnen hat. Erst wenn Ventilator  $v_2$  so schnell läuft, daß die von ihm erzeugte Depression der im Saugkanal  $k_1$  tatsächlich herrschenden Depression gleichkommt, wird die Rückwärtsströmung der Luft aufhören. Auch der Ventilator  $v_2$  beginnt also jetzt Luft auszuwerfen. Wenn nun  $v_2$  noch schneller läuft, so daß schließlich seine Umfangsgeschwindigkeit derjenigen von  $v_1$  gleichkommt, liefern beide Ventilatoren die gleichen Luftmengen.

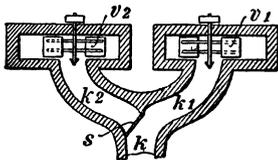


Abb. 478. Zwei Ventilatoren in Aufstellung nebeneinander.

Hierbei wird aber die gesamte aus der Grube gesaugte Wettermenge etwa dieselbe sein, als wenn ein einziger Ventilator an die Grube angeschlossen wäre und mit der fraglichen Geschwindigkeit liefe. Denn die theoretische Depression, die ja lediglich vom Quadrate der Umfangsgeschwindigkeit abhängt, wird nicht dadurch erhöht, daß zwei Ventilatoren laufen; sie bleibt vielmehr unverändert. Nur verteilt sich die Bewetterungsarbeit zur Hälfte auf die beiden Ventilatoren, von denen jeder die volle Depression und die halbe Wettermenge liefert. Allerdings ist hierbei doch ein Unterschied hinsichtlich der Wetterlieferung eingetreten. Die Durchgangsöffnung (vgl. Ziff. 134) ist infolge des Vorhandenseins zweier Ventilatoren verdoppelt. Die Überwindung des Ventilatorwiderstandes ist demgemäß erleichtert, so daß ein etwas größerer Teil der Ventilatorarbeit der Grubenbewetterung zugute kommt. Von Bedeutung wird dies besonders in dem Falle sein, daß die Durchgangsöffnung eines Ventilators allein im Verhältnis zur Grubenweite zu klein war und nicht mehr ausreichte. In solchem Falle kann die Parallelschaltung von Ventilatoren gerechtfertigt sein.

Es bleibt auch die Möglichkeit, unter Überschreitung der ursprünglichen Umdrehungszahl einem jeden der beiden Ventilatoren die gleiche Kraft zuzuführen, die vordem  $v_1$  allein für die Bewetterung der Grube zugeführt erhalten hat. Dann würden die erzeugte Depression und die gelieferte Wettermenge tatsächlich infolge der gesteigerten Umlaufzahl wachsen. Insbesondere würden die Wettermengen im Verhältnis von  $\sqrt[3]{1} : \sqrt[3]{2}$  oder

1:1,26 (s. Ziff. 110) steigen. In der Regel wird dies freilich nicht der geeignete Weg für die Verbesserung der Wetterversorgung sein.

**141. — Zwei Ventilatoren auf verschiedenen Wetterschächten derselben Grube.** Rückt man die beiden Ventilatoren auseinander, indem man sie auf verschiedene Wetterschächte setzt, so entsteht der häufig vorkommende Fall der Abb. 479. Steht der eine Ventilator  $v_2$  still, ohne daß sein Saugkanal verschlossen ist, so wird der im Betrieb befindliche andere Ventilator  $v_1$  Luft sowohl vom einziehenden Schachte *III* als auch vom Schachte *II* her ansaugen. Die gleichwertige Grubenöffnung, die sich für ihn herausstellt, ist die unter diesen Bedingungen denkbar größte. Sobald Ventilator  $v_2$  in Gang kommt, wird der Durchzug der Wetter in die Grube behindert. Die von  $v_1$  gelieferte Wettermenge sinkt, und die Grubenweite nimmt für  $v_1$  ab. Bei noch schnellerem Gange beginnt auch  $v_2$ , wie in Ziff. 140 ausgeführt ist, auszuziehen, so daß jetzt Schacht *III* zum einziehenden Schacht für beide Ventilatoren wird. Für den Ventilator  $v_1$  sind Wettermenge und Grubenweite ständig gesunken. Würde nun Ventilator  $v_2$  noch schneller laufen, so daß die von ihm erzeugte Depression zu überwiegen anfinge, so würden schließlich die Wetter sogar durch  $v_1$  in die Grube ziehen können.

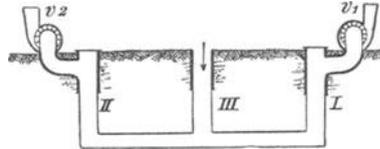


Abb. 479. Zwei Ventilatoren auf verschiedenen Wetterschächten derselben Grube.

Man sieht also, daß man in solchem Falle von einer bestimmten Grubenweite für die einzelnen Ventilatoren überhaupt nicht sprechen kann (vgl. auch S. 515).

Nach Vorstehendem muß, wenn mehrere sich gegenseitig beeinflussende Ventilatoren vorhanden sind, das Verhältnis der Umlaufzahlen dauernd überwacht werden. Läuft einer der Ventilatoren zu langsam, so stockt vielleicht die Wetterführung in dem von ihm beherrschten Teile des Grubengebäudes oder schlägt gar um. Für solche Bewetterungsanlagen ist die Verwendung von Volumenmessern (s. Ziff. 99) an Stelle von Depressionsmessern besonders empfehlenswert.

**142. — Hintereinander geschaltete Ventilatoren.** Bei hintereinander geschalteten Ventilatoren wird die von dem ersten Ventilator ausgeworfene Luft von dem zweiten angesaugt und sodann endgültig ausgeworfen. Durch zwei derart angeordnete Ventilatoren von gleicher Größe und Art, die beide mit gleicher Geschwindigkeit laufen, wird die Gesamtdpression verdoppelt.

Wenn man so einen zweiten Ventilator hinter den ersten schaltet, macht man die Erfahrung, daß die Antriebsmaschine jedes einzelnen Ventilators mehr Kraft verbraucht als ursprünglich die erste Antriebsmaschine allein. Infolge der doppelten Depression strömt nämlich aus der Grube mehr Luft als früher nach. Die Wettermengen verhalten sich wie die Wurzeln aus den Depressionen, hier also wie  $\sqrt{1:\sqrt{2}}$  oder wie rund 1:1,4. Daraus folgt, daß jeder Ventilator die 1,4fache Arbeit derjenigen zu leisten hat, die ursprünglich der erste Ventilator verrichtete. Der Gesamtkraftbedarf ist somit das 2,8fache des anfänglichen.

Würde man nach Aufstellung des zweiten Ventilators jeden einzelnen mit derjenigen Kraft laufen lassen, die ursprünglich der erste Ventilator allein verzehrte, so würde bei dieser nunmehr doppelten Kraftentwicklung die Wettermenge wieder im Verhältnis von  $\sqrt[3]{1} : \sqrt[3]{2} = 1 : 1,26$  zunehmen. Die anfängliche Umdrehungszahl des ersten Ventilators wird dann aber nicht innegehalten, und die Gesamtdepression ist nur das 1,59 fache der ersten, da sie mit dem Quadrate der Wettermenge steigt.

Von Harzé ist vorgeschlagen worden<sup>1)</sup>, zwei Ventilatoren so aufzustellen, daß entweder jeder für sich allein an die Grube angeschlossen werden kann oder beide in Hintereinanderschaltung arbeiten können. Für gewöhnlich würde nur einer der beiden Ventilatoren arbeiten und der andere im Rückhalt bleiben. In Notfällen aber, wo es darauf ankommt, Depression und Wettermenge zu steigern, würde man durch Einstellen der erforderlichen Schieber und Klappen beide Ventilatoren hintereinanderschalten und gleichzeitig laufen lassen. Die Vorteile solcher Anordnung liegen offen zutage. Als Nachteil steht der verwickelte Bau der Kanäle entgegen.

Im allgemeinen hat sich weder die Parallel- noch die Hintereinanderschaltung zweier aus einem ausziehenden Schachte saugenden Ventilatoren eingebürgert, weil die erzielbaren Vorteile gegenüber den Nachteilen des doppelten Maschinenbetriebes zu gering sind. Mit der Parallelschaltung darf nicht die an sich zweckmäßige Aufstellung eines zweiten Ventilators verwechselt werden, der zur Aushilfe dienen soll.

### 3. Strahlgebläse.

**143. — Einrichtung, Wirkung, Vor- und Nachteile.** Die Strahlgebläse sind den für die Kesselspeisung gebrauchten Injektoren oder den Strahlpumpen ähnlich. Sie beruhen darauf, daß ein Flüssigkeits-, Dampf- oder Luftstrahl mit hohem Drucke aus einer Düse, die in oder vor einem weiteren Rohre angebracht ist, ausspritzt und die umgebende Luft in der Strahlrichtung mitreißt. Solche Gebläse können wie die Ventilatoren saugend oder blasend wirken, je nachdem die Luftleitung an die Saug- oder die Druckseite angeschlossen ist.

Zur Vermeidung der schädlichen Wirbelbildungen werden Leitdüsen eingebaut, durch die die Luft annähernd gleichmäßig auf dem ganzen Querschnitte eine nach vorn gerichtete Bewegung erhält (Abb. 480). In der zweckmäßigen Ausgestaltung derartiger Strahlgebläse hat die Firma Gebr. Körting zu Körtingsdorf bei Hannover Bedeutendes geleistet.

Die erzielbaren Depressionen hängen ab von dem Drucke, mit dem der Betriebstrahl austritt, und von dem Verhältnis des Düsenquerschnitts zum Querschnitte des Rohres, in dem die Luftbewegung vor sich gehen soll. Je höher der Betriebsdruck ist und je mehr der austretende Strahl das Rohr erfüllt, also je enger dieses ist, um so stärker ist die Saug- oder die Druckwirkung. Um große Wettermengen zu bewegen, soll aber wieder der Rohrquerschnitt weit sein, so daß es nicht leicht ist, beide Forderungen einer Grubenbewetterung (hohe Depression und große Wetter-

<sup>1)</sup> Demanet: Betrieb der Steinkohlenbergwerke; Übersetzung von Kohlmann und Grahn, (Braunschweig, Vieweg), 1905, S. 521.

mengen) zu erfüllen. Strahlgebläse werden deshalb für die Bewetterung ganzer Gruben nur selten gebraucht. Es kommt hinzu, daß der Wirkungsgrad gering ist. Auf dem Jakobschachte bei Mährisch-Ostrau hat man für ein Strahlgebläse die folgenden Zahlen ermittelt<sup>1)</sup>:

Depression . . . . .	32 mm,
Luftmenge . . . . .	13 cbm/sec,
Dampfverbrauch . . . . .	817 kg stündlich.

Bei diesem Dampfverbrauch würde man aber mit einer guten Dampfmaschine etwa 90—100 PS leisten können, während die tatsächliche Nutzleistung nach den vorstehenden Zahlen nur  $32 \cdot 13$

$\frac{75}{\quad} \sim 5,5$  PS betrug. Der Gesamtwirkungsgrad der Anlage erscheint somit als sehr gering.

Auf der anderen Seite hat das Strahlgebläse mannigfache Vorteile. Es sind dies: Einfachheit, Billigkeit, bequeme Aufstellung, leichte Inbetriebsetzung und Wartung, geringer Raumbedarf, Betriebssicherheit und Ausnutzung der Kühlwirkung bei Wasser und Preßluft. Diese Vorteile haben bewirkt, daß Strahlgebläse in vereinfachter Form vielfach bei der Sonderbewetterung Verwendung finden, worüber in dem diese betreffenden Abschnitte Näheres folgt.

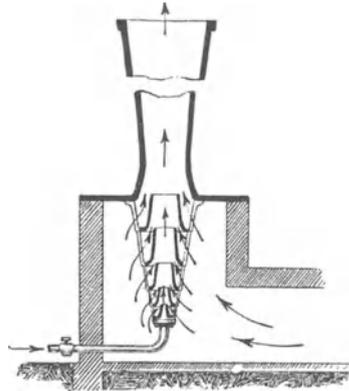


Abb. 480. Strahlgebläse.

### e) Zusammenwirken der natürlichen und künstlichen Wetterführung.

**144. — Ausnutzung des natürlichen Wetterzuges.** Nur in seltenen Ausnahmefällen wird auf einer Grube ein natürlicher Wetterzug überhaupt nicht vorhanden sein. Die Regel ist vielmehr, daß auch bei Vorhandensein einer künstlichen Bewetterung ein natürlicher Wetterzug besteht, dessen Wirkung allerdings durch den künstlichen Wetterzug mehr oder weniger verschleiert wird, der sich aber bemerkbar macht, wenn der Ventilator zum Stillstand kommt.

Stets ist erwünscht, daß der natürliche und der künstliche Wetterstrom eine und dieselbe Richtung besitzen, damit bei Ventilatorstillständen der Wetterzug nicht umschlägt, sondern auf den alten Bahnen und in derselben Richtung weiterfließt. Auch wirtschaftlich bringt die übereinstimmende Richtung des natürlichen und künstlichen Wetterzuges Nutzen, da hierdurch die Arbeit des Ventilators erleichtert und Kraft gespart wird.

Die Ausnutzung des natürlichen Wetterzuges erfolgt in der Regel am sichersten, wenn man die sog. aufsteigende Wetterführung an-

<sup>1)</sup> Wabner: Die Bewetterung der Bergwerke, (Leipzig, Felix), 1902, S. 127.

wendet, bei der nach Abb. 481 die Wetter auf dem kürzesten Wege in das Grubentiefste geführt werden, um sodann vor den Bauen aufsteigend nach dem ausziehenden Schachte zu ziehen. Bei dieser Anordnung hat der einfallende Strom einen kurzen Weg und bleibt deshalb frisch, kühl und schwer, während die auf die einzelnen Bauen sich verteilenden Ströme auf ihren langen, verzweigten Wegen sich allmählich erwärmen und leichter werden, so daß ihr Bestreben, aufzusteigen, der Ventilatorwirkung zu Hilfe kommt.

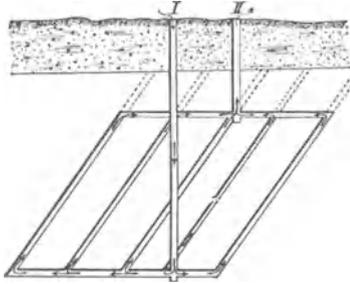


Abb. 481. Schema der aufsteigenden Wetterführung.

Die abfallende Wetterführung, bei der die Bauen und einzelnen Betriebspunkte in der Richtung von oben nach unten vom Wetterstrom bestrichen werden, läßt sich zwar nicht in allen Fällen und für alle einzelnen Teile des Wetterstromes vermeiden, sie birgt

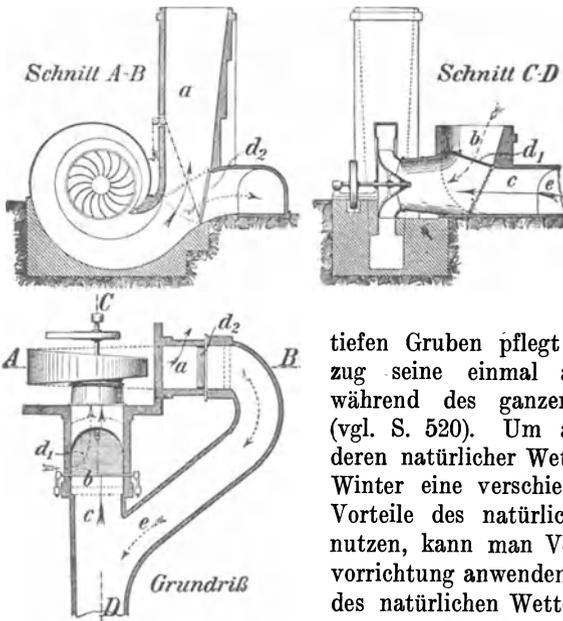


Abb. 482. Ventilator mit Umstellvorrichtung.

Umstellvorrichtung. Bei der gezeichneten Stellung der Klappen  $d_1$  und  $d_2$  saugt der Ventilator die Luft durch Kanal  $c$  aus der Grube und befördert sie durch den Schlot  $a$  ins Freie, so daß er also saugend wirkt. Werden dagegen die Klappen  $d_1$  und  $d_2$  in die punktierte Lage gebracht, der die gestrichelten Wetterstrompfeile entsprechen, so saugt der Ventilator die Luft durch den kurzen Schlot  $b$  an und bläst sie durch  $e$  in die Grube.

aber, abgesehen von den zu befürchtenden Stockungen, für Schlagwettergruben noch die Gefahr, daß die an der Firste sich etwa ansammelnden Schlagwetter vom Wetterstrom nicht mitgenommen werden.

#### 145. — Wetterumstellvorrichtung. Auf

tiefen Gruben pflegt der natürliche Wetterzug seine einmal angenommene Richtung während des ganzen Jahres beizubehalten (vgl. S. 520). Um auch auf Stollengruben, deren natürlicher Wetterzug im Sommer und Winter eine verschiedene Richtung hat, die Vorteile des natürlichen Wetterzuges auszunutzen, kann man Ventilatoren mit Umkehrvorrichtung anwenden. Je nach der Richtung des natürlichen Wetterstromes läßt man alsdann den Ventilator in der einen Hälfte des Jahres blasend und in der anderen Hälfte saugend arbeiten. Abb. 482 zeigt eine solche

Statt der doppelten Anordnung der Kanäle *c* und *e* in der Abb. 482 kann man den Ventilator auch durch einen doppelten Saugkanal mit beiden Schächten in Verbindung bringen, so daß er je nach der Stellung der Schieber entweder aus dem einen oder dem anderen Schachte saugt. Hierbei muß der jeweilig ausziehende Schacht einen Schachtverschluß erhalten.

Wetterumkehrvorrichtungen sind auch für Gruben von Nutzen, die viel unter Brandgefahr leiden. Bei Schacht- und größeren Grubenbränden kann von der Möglichkeit der Wetterumkehr sogar die Rettung der Belegschaft abhängen.

Die Wetterumstellung ist schließlich eines der Mittel gegen das Einfrieren der einziehenden Schächte. Das Loshacken des Eises ist eine lästige, gefährliche und zeitraubende Arbeit, die außerdem oft Schädigungen des Schachtausbaues und -einbaues zur Folge hat. Wo das Umkehren der Wetterführung mit den sonstigen Grubenverhältnissen sich verträgt, können die Schächte durch öfteres Umstellen leicht eisfrei gehalten werden.

**146. — Rechnerische Betrachtung des natürlichen Wetterzuges.**

Das Verhältnis  $\frac{V^2}{h}$  oder  $\frac{V}{\sqrt{h}}$  (Temperament der Grube) erscheint durch die Wirkung des natürlichen Wetterzuges zum Teil verschleiert. Auch die für die gleichwertige Grubenöffnung und für den Kraftbedarf der Wetterführung ermittelten Größen bedürfen beim Vorhandensein eines natürlichen Wetterzuges einer Berichtigung.

Ist der natürliche Wetterzug dem Ventilatorstrome gleichgerichtet, so liefert auch bei Stillstand des Ventilators, also bei 0 mm Ventilatordepression, die Grube noch eine gewisse Wettermenge. Ist der natürliche Wetterzug dem Ventilatorstrome entgegengerichtet, so wird bei Stillstand des Ventilators, also 0 mm Ventilatordepression, in die Grube Luft einziehen. Daraus folgt, daß die das Temperament der Grube darstellende Gerade (vgl. Abb. 452 u. 453, S. 513) nicht durch den Nullpunkt des Koordinatensystems gehen kann und daß eine einzige Messung von Wettermenge und Depression zur zeichnerischen Auftragung der Geraden nicht genügt. Vielmehr müssen mindestens zwei solcher Messungen vorgenommen werden, auf Grund deren dann das Verhältnis  $V^2:h$  (nicht dagegen unmittelbar das Verhältnis  $V:\sqrt{h}$ ) zeichnerisch festgelegt werden kann. Abb. 483 zeigt in der Geraden I das Temperament einer Grube, die bei 0 mm abgelesener Depression noch 20 cbm Wetter in der Sekunde ( $V^2 = 400$ ) liefert, während im Falle der Geraden II die ausziehende Wettermenge bereits bei 10 mm abgelesener Depression auf 0 gesunken ist. Auf die Bewetterung wirkt also nicht allein die Ventilatordepression *h*, sondern auch die natürliche Depression *h<sub>n</sub>* ein, so daß eine Gesamtd Depression

$$h_s = h + h_n$$

zur Wirkung kommt.

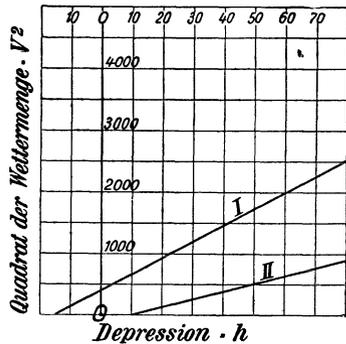


Abb. 483. Temperament  $V^2:h$  einer Grube mit natürlichem Wetterzug.

$h_n$  wirkt bei gleicher Richtung des natürlichen und des künstlichen Wetterzuges positiv und bei entgegengesetzter Richtung negativ. Bei Gruben ohne natürlichen Wetterzug ist  $h_n = 0$ , also  $h_s = h$ .

Da  $h_n$  lediglich als Summand auftritt, so folgt aus der Betrachtung der Abb. 483, daß der Einfluß des natürlichen Wetterzuges sich nur als Parallelverschiebung der das Verhältnis des Quadrates der Wettermenge zur Depression veranschaulichenden Geraden bemerkbar macht, daß dagegen der Neigungswinkel dieser Geraden zur Wagerechten unverändert bleibt.

Zwei oder mehrere Messungen, die das Verhältnis  $V^2:h$  (Abb. 483) festlegen, geben somit unmittelbaren Aufschluß auch über die Größe der natürlichen Depression  $h_n$ . Im Falle der Geraden *I* erhöht die natürliche Depression um 15 mm die Ventilatordepression, im Falle der Geraden *II* wirkt sie mit 10 mm der Ventilatordepression entgegen. Kennt man die natürliche Depression, so kann auch das Verhältnis  $V:\sqrt{h_s}$ , in der Art der Abb. 453 (S. 513), zeichnerisch dargestellt werden.

Für die Größe der gleichwertigen Grubenöffnung scheint es zunächst gleichgültig, ob ein natürlicher Wetterzug besteht oder nicht. Die Grubenweite an sich bleibt dieselbe. Um sie aber richtig zu ermitteln, muß man in die Formel  $A = 0,38 \frac{V}{\sqrt{h}}$  statt  $h$  die Gesamtdepression  $h_s$  einsetzen. Andernfalls würde man für wechselnde Umdrehungszahlen des Ventilators verschiedene Werte für die Grubenweite erhalten, die bei Vorhandensein eines positiven natürlichen Wetterzuges zu groß und eines negativen natürlichen Wetterzuges zu klein wären.

Auch in der Formel des Kraftbedarfs der Wetterführung  $N = \frac{V \cdot h}{75}$  ist für  $h$  die Gesamtdepression  $h_s$  zu setzen, falls man die gesamte Nutzarbeit der Wetterführung berechnen will. Will man aber, wie es die Regel sein wird, nur die Nutzleistung des Ventilators kennenlernen, so ist nur die abgelesene Depression  $h$  in die Formel einzusetzen.

## V. Führung und Verteilung der Wetter in der Grube.

### A. Die Wetterschächte.

147. — **Aufstellung des Ventilators<sup>1)</sup> unter oder über Tage.** Wenn der Ventilator nach Abb. 433 auf S. 499 unter Tage aufgestellt wird, so bleiben der einziehende und der ausziehende Schacht unverschlossen, und beide Schächte können ohne weitere Vorkehrungen sowohl für die Förderung als auch für sonstige Betriebszwecke benutzt werden. Bei Aufstellung des Ventilators über Tage dagegen, die z. B. in den Abbildungen 484a und b dargestellt ist (vgl. auch Abb. 431, S. 498), muß der Schacht mit einem Verschlusse versehen werden. Hierdurch wird aber seine Zugänglichkeit behindert, auch sind bei Förderschächten nicht unerhebliche Wetterverluste die Folge.

<sup>1)</sup> Unter „Ventilator“ soll im folgenden stets ein Zentrifugalventilator verstanden werden.

Trotzdem wird in den meisten Fällen die Aufstellung des Ventilators über Tage vorgezogen. Wartung, Unterhaltung und Überwachung der Ventilatoranlage sind über Tage besser, weil hier helleres Licht, bessere Luft, leichtere Möglichkeit, Reinigungs- und Ausbesserungstoffe herbeizuschaffen, und dauernde Aufsicht vorhanden sind. Außerdem ist die Betriebskraft billiger, weil die Notwendigkeit der Kraftübertragung bis in die Grube fortfällt. Ferner kann über Tage der Standort des Ventilators dauernd unverändert bleiben, während es bei Aufstellung unter Tage nicht ausgeschlossen ist, daß nach Abbau einer Sohle aus betrieblichen Gründen der Ventilator verlegt werden muß. Schließlich kommt in Betracht, daß bei Aufstellung über Tage sowohl der Ventilator als auch die Bedienungsmannschaft besser vor den Wirkungen etwaiger Explosionen und Grubenbrände geschützt ist. Die Betriebsicherheit ist also größer.

148. — **Wahl der saugenden oder blasenden Bewetterung.** Der Ventilator kann bei Aufstellung über Tage sowohl mit saugender als auch mit blasender Wirkung an die Grube angeschlossen, d. h. über dem ausziehenden oder über dem einziehenden Schachte aufgestellt werden. Im ersteren Falle erhält der ausziehende Schacht einen Verschuß und steht nur durch den Wetterkanal und den Ventilator mit der Atmosphäre in Verbindung (Abb. 484a). Im ganzen Grubengebäude herrscht gegenüber der äußeren Atmosphäre Unterdruck (Depression). Bei der blasenden Bewetterung dagegen ist der einziehende Schacht verschlossen, und der Ventilator drückt in ihn die Luft hinein (Abb. 484b). In der Grube herrscht Überdruck (Kompression), so daß die Wetter durch den offenen ausziehenden Schacht entweichen.

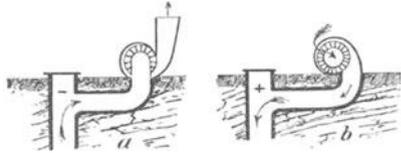


Abb. 484 a und b. Schematische Darstellung des saugend und blasend angeordneten Ventilators.

Was die Schlagwettergefahr angeht, so sind nach den auf S. 466 u. f. gemachten Ausführungen hauptsächlich plötzliche Luftdruckverminderungen zu fürchten, während ein dauernd gleichmäßiger Druck, gleichgültig ob er etwas unter dem Atmosphärendrucke wie bei der saugenden oder etwas über diesem wie bei der blasenden Bewetterung steht, für die Wetterverschlechterung durch Grubengas ohne Bedeutung ist. Kommt der Ventilator zufällig, vielleicht durch eine Schlagwetterexplosion oder infolge einer Betriebsstörung, zum Stillstande, so wird bei blasender Bewetterung der Luftdruck in der Grube plötzlich um den Betrag der Kompression zurückgehen, während er bei saugender Bewetterung um die Höhe der Depression steigen wird. In solchen Fällen wird also bei dem blasenden Ventilator eine Vermehrung, bei dem saugenden eine Verminderung des Grubengasgehaltes der Grubenwetter die Folge sein. Umgekehrt liegt das Verhältnis, wenn man in Notfällen die Bewetterung der Grube durch höhere Umdrehungszahl des Ventilators verstärken will. Alsdann findet bei blasender Bewetterung eine Erhöhung des Luftdrucks in der Grube, also ein zeitweiliges Zurückdrängen der Schlagwetter in den alten Mann statt, während ein saugender Ventilator den Überdruck vermehrt und die Schlagwetter

vorübergehend aus dem alten Mann zieht. Ein entsprechendes Ergebnis stellt sich bei dem Ingangsetzen des Ventilators heraus, je nachdem dieser blasend oder saugend arbeitet.

Im allgemeinen kann man also sagen, daß bei einem saugenden Ventilator jede Erhöhung der Umdrehungszahl und bei einem blasenden jede Verminderung die Schlagwettergefahr zeitweilig vermehrt, während die Gefahr vermindert wird, wenn der saugende Ventilator langsamer und der blasende schneller läuft.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Frage der Bewetterungsart für Gruben, die durch Tagebrüche, Risse und Spalten unmittelbar oder auf dem Umwege über den alten Mann mit der Erdoberfläche in mehr oder weniger dauernder, wenn auch wechselnder Verbindung stehen. Haben wir in solchem Falle blasende Bewetterung, so wird ein Teil der Wetter nicht durch den ausziehenden Schacht, sondern durch die genannten Verbindungen ins Freie entweichen (Abb. 485). Das hat zur Folge, daß bis zu einem gewissen Grade auch der alte Mann frische Wetter erhält

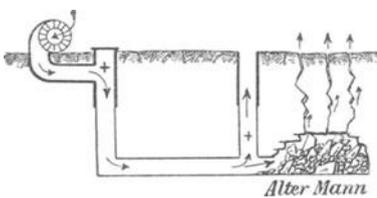


Abb. 485. Wirkungen der blasenden Bewetterung bei zerklüftetem Hangenden.

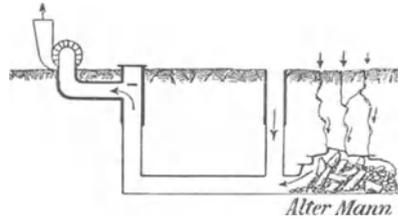


Abb. 486. Wirkungen der saugenden Bewetterung bei zerklüftetem Hangenden.

und daß die darin stehenden Gase, z. B. Kohlensäure, Grubengas, Stickstoff oder auch Brandgase, vielfach auf dem kürzesten Wege ins Freie gedrückt werden. Sie können so für die übrigen Grubenbaue fernerhin keine Gefahr mehr bilden.

Anders liegen die Verhältnisse bei der saugenden Bewetterung. Hier ziehen alle bis zur Tagesoberfläche reichenden Risse und Spalten Luft auf Wegen ein, die im einzelnen nicht zu verfolgen und nicht zu überwachen sind (Abb. 486). Soweit sich die Verbindungswege über dem alten Mann befinden — und dies wird die Regel sein —, werden die hier vorhandenen schlechten Gase in die Grubenbaue gezogen. Es ist dies um so bedenklicher, als das Auftreten solcher Gase von Zufälligkeiten abhängt und unberechenbar ist.

Die saugende Bewetterung stößt manchmal auf Schwierigkeiten, wenn die Lagerstätte nahe unter Tage sich befindet, so daß eine größere Zahl verschiedener, künstlich geschaffener Tagesausgänge vorhanden ist. Es können dies Schächte, Stollen, Tagesstrecken, Abbaue in der Nähe des Ausgehenden u. dgl. sein. Würde man hier saugende Bewetterung anwenden wollen, so würden die Wetter, da man nicht auf jeden der vielen Tagesausgänge einen Ventilator setzen kann, durch die genannten Verbindungen der Tagesoberfläche mit der Grube einfallen müssen, um nach dem ausziehenden Schachte zu gelangen. Für die Abbaue würde

das vielfach die ungünstige, abfallende Wetterführung (s. Ziff. 144) bedeuten. Auch würde im Winter die kalte Luft und im Sommer die heiße unmittelbar vor die Arbeitspunkte gelangen und der Belegschaft lästig fallen. Um diese Schwierigkeiten zu vermeiden, kann blasende Bewetterung am Platze sein, wobei man mit einem einzigen einziehenden Schachte auskommt und die verbrauchten Wetter durch die verschiedenen Tagesöffnungen entweichen läßt.

Im allgemeinen ist freilich trotz ihrer verschiedenen Nachteile die saugende Bewetterung häufiger. In der Hauptsache liegt dies daran, daß man des für den einziehenden Strom benutzten tiefsten Schachtes in der Regel auch für die Hauptförderung bedarf und daß es lästig ist, an dem Hauptförderschachte einen Schachtverschluß anzubringen. Man wählt lieber saugende Bewetterung, bei welcher der minder tiefe Schacht, der für die Förderung weniger benutzt zu werden pflegt, mit dem Verschlusse ausgerüstet wird.

**149. — Schachtverschlüsse im allgemeinen.** Wird der Ventilatorschacht nur für die Wetterführung benutzt, so daß er dauernd verschlossen gehalten werden kann, so wird er oben durch Mauerung abgewölbt oder durch eine eiserne Verschlusshaube geschlossen. Letztere wird gewöhnlich als Tauchglocke für Wasser- und Öldichtung und abnehmbar eingerichtet, so daß die Schachtmündung durch Anheben der Haube freigelegt werden kann (Abb. 487). Für den Fall einer Grubenexplosion dient die Haube gleichsam als Sicherheitsventil, das den Ventilator vor der Heftigkeit der Explosionswirkung schützt.

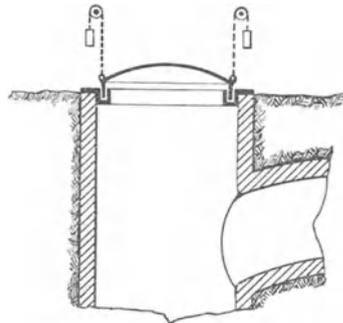


Abb. 487. Schachtverschlußhaube.

Soll der Schacht zwar nicht für die regelmäßige Förderung, wohl aber für die Fahrung und für gelegentliches Einhängen von Betriebsstoffen zugänglich bleiben, so wird er zweckmäßig durch eine wetterdichte Schachtkauc, die unmittelbar über der Rasenhängebank errichtet wird und mit unter Depression steht, verschlossen. Der Zugang zur Kauc erfolgt durch eine Schleuse mit mindestens zwei, in der Regel drei Türen, die bei Benutzung des Einganges nacheinander so geöffnet werden, daß stets mindestens eine Tür geschlossen bleibt.

Dient der Schacht für die regelmäßige Förderung, so benützt man als Verschuß Schachtdeckel, oder man bedient sich ebenfalls der Luftschleusen, die alsdann für den Durchgang des Fördergutes eingerichtet sein müssen.

**150. — Schachtdeckelverschluß.** Auch der Schachtdeckelverschluß ist eine Schleuseneinrichtung, die aber insofern vereinfacht ist, als sie nur aus einem Deckel besteht, wobei die Schleusenwirkung durch das Fördergestell selbst ergänzt wird. Für den Verschluß erhält jedes Fördertrumm wetterdichte, bis zur Höhe der Hängebank emporgeführte Wandungen. Hier legt sich auf die so geschaffene Mündung des Trumms ein loser, ebener Deckel,

der das Schachtinnere gegen die Atmosphäre abschließt (Abb. 488). Der Deckel besitzt in der Mitte ein Loch für den Durchgang des Förderseils. Kommt der Förderkorb oben an, so wird der Deckel von einem oberhalb des Seileinbandes angebrachten Querstücke mit angehoben und hochgenommen, während der den Maßen des Trumms genau angepaßte Boden des Korbes nun den Verschuß besorgt. Damit bei etwaigem geringen Überheben des Korbes nicht sofort die Trummöffnung frei wird, können die Seitenflächen des Korbbodens nach unten kastenartig verlängert werden, so daß die scheinbare Dicke des Bodens wächst.

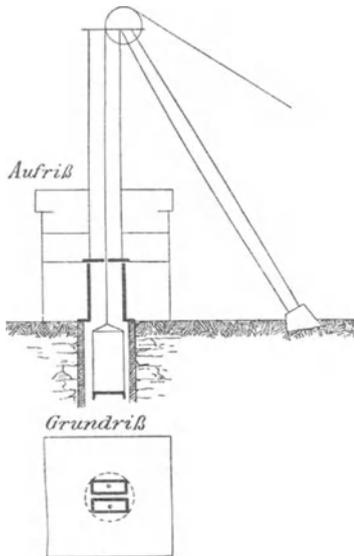


Abb. 488. Schachtdeckelverschluß.



Abb. 489. Schachtdeckel mit kleinerem Deckel für das Seilloch.

Eintreffen an der Hängebank zunächst mittels des Seileinbandes den kleineren Deckel an, so daß atmosphärische Luft zwischen den großen Deckel und den mittlerweile weiter aufsteigenden Korb tritt und die Depression beseitigt. Alsdann wird durch die Zwieselketten oder den Korb selbst mit abgeschwächtem Stoße auch der große Deckel angehoben.

Es ist natürlich, daß bei dem geschilderten Schachtdeckelverschlusse erhebliche Wetterverluste unvermeidlich sind. Diese ergeben sich aus dem Spielraum, der dem Seile im Deckelloche und dem Korbboden in seiner Führung an der Hängebank gegeben werden muß, ferner aus Undichtigkeiten der Auflageflächen zwischen Deckel und Trummverkleidung und aus gelegentlichem Übertreiben des Förderkorbes. Die Verluste sind um so größer, je höher die Depression und je flotter die Förderung ist. Man wird sie durchschnittlich auf 15—20 % schätzen können.

Beim jedesmaligen Anheben des Schachtdeckels erhalten Förderkorb und Förderseil einen starken Stoß, weil nicht allein das Gewicht des Deckels plötzlich in Bewegung zu setzen ist, sondern auch der infolge der Depression auf dem Deckel lastende äußere Luft-Überdruck überwunden werden muß. Ein Deckel für ein Fördertrum von  $3,65 : 1,1$  m, also von etwa 4 qm, wiegt bereits rund 600 kg. Bei 150 mm Depression macht der Druck auch  $4 \cdot 150 = 600$  kg aus, so daß jedesmal beim Anheben des Deckels 1200 kg plötzlich in Bewegung zu setzen sind. Eine Milderung des Stoßes wird durch eine Unterteilung des Schachtdeckelverschlusses entsprechend der Abb. 489 ermöglicht. Man verschließt das wegen des Schlagens des Seiles ohnehin nicht zu klein zu bemessende Seilloch, das man aber jetzt reichlich groß wählen kann, durch einen darauf gelegten, kleineren Deckel. Der Förderkorb hebt bei seinem

**151. — Luftschleusenverschluß.** Beim Luftschleusenverschluß (Abb. 490) stehen die Fördertrummer bis dicht unter die Seilscheiben und außerdem ein mehr oder minder großer Teil der Hängebank unter Depression. Dieser Teil ist durch eine Wettertürenscheule *tt* mit der Förderabteilung einerseits und mit der übrigen Hängebank anderseits verbunden. Beim Abziehen der Wagen vom Förderkorbe sind die dem Fördertrumm zunächst belegenden Türen geöffnet. Sobald sie wieder geschlossen sind, werden die äußeren Türen geöffnet, so daß die Förderwagen zur Verladung gefahren werden können. In umgekehrter Richtung werden die leeren Wagen in den Depressionsraum zurückgeschleust. In entsprechender Weise wird die Schleuse auch für die Fahrt benutzt.

Das Durchgangsloch für das Förderseil durch die Decke der Trummverkleidung kann hier verhältnismäßig klein sein, weil dicht unter der Seilscheibe die Seilswankungen sehr gering sind.

Die Wetterverluste sind bei nicht zu großen und gut ausgeführten und unterhaltenen Luftschleusen geringer als beim Schachtdeckelverschluß, weil die dichtenden Flächen fest, ohne Bewegung und ohne Spielraum aufeinander liegen. Dafür wird aber die Förderung sehr stark behindert, da das Öffnen der Türen entgegen der Depression lästig ist und Mühe und Zeit kostet. Außerdem leidet die Übersichtlichkeit der Hängebank, so daß die Anschläger nicht genügend überwacht werden können. Für lebhaftere Förderungen ist deshalb dieser Schachtverschluß wenig geeignet.

Der Luftschleusenverschluß erscheint in mannigfacher Form. Nach der Bauart der Maschinenfabrik Humboldt<sup>1)</sup> zu Kalk bei Köln werden Schiebetüren durch Elektromotoren bewegt, um der Bedienungsmannschaft die Arbeit des Öffnens abzunehmen. Die Elektromotoren sind so miteinander verkuppelt, daß von zwei zusammengehörigen Türen stets nur eine geöffnet werden kann. Auch bei der Wetterschleuse auf Zeche Concordia<sup>2)</sup> erfolgt das Öffnen der Türen durch mechanische Kraft. Hier drücken die durch eine besondere Kettenförderung innerhalb der Schleusen bewegten Wagen die Türen auf.

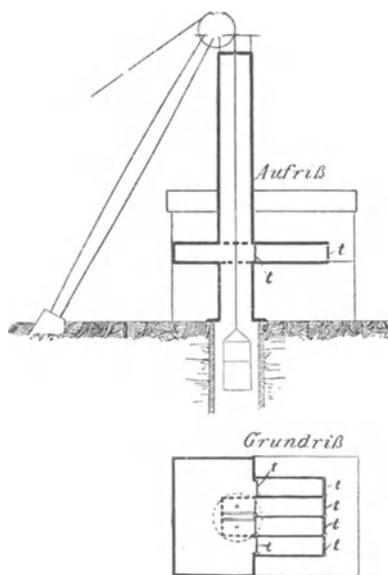


Abb. 490. Gewöhnlicher Luftschleusenverschluß.

<sup>1)</sup> Glückauf 1904, Nr. 25, S. 713; Grahn: Luftschleusenanlage auf dem Wetterschacht IV der Gewerkschaft Deutscher Kaiser in Hamborn.

<sup>2)</sup> Glückauf 1913, Nr. 18, S. 697; Döbelstein: Wetterschleusen mit Kettenförderanlage usw.

Auf der Zeche Prosper bei Bottrop stehen Drehtüren nach Abb. 491 in Gebrauch, deren Achsen etwas aus der Mitte versetzt sind, derart, daß die nach der Depressionseite sich öffnende Hälfte der Tür *T* eine kleinere

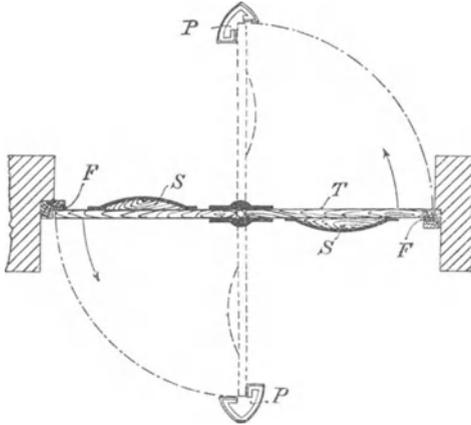


Abb. 491. Luftschleusendrehtür.

Fläche als die andere Hälfte besitzt. Dadurch wird erreicht, daß zwar der Luftdruck die Tür gegen die Filzdichtung *F* der Widerlager mit einer der Differenzfläche entsprechenden Kraft anpreßt, trotzdem aber ein verhältnismäßig leichtes Öffnen möglich bleibt. Die Schutzpuffer *S* dienen zur Schonung der Tür beim Durchfahren der Wagen. Die Anschläge *P* begrenzen die Drehbewegung.

Bei der Hinselmannschen Schleuseneinrichtung (Abb. 492) liegt die eigentliche, luftdicht abgeschlossene Förderhängebank *F* über der

Verladehängebank *V*, und das Durchschleusen der vollen Wagen von jener zu dieser und der leeren in umgekehrter Richtung erfolgt in senkrechter

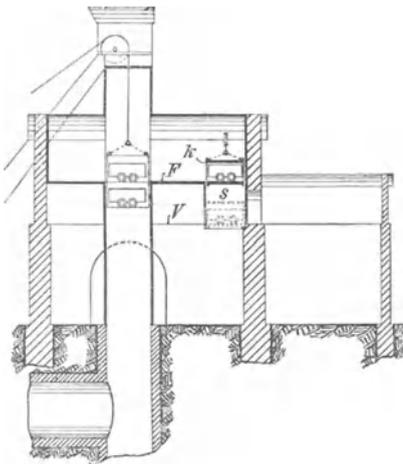


Abb. 492.  
Hinselmannsche Schleuseneinrichtung.

Richtung durch seitlich liegende Bremschächtchen *s*, die von der Schachtförderung unabhängig sind. Die in den Schächtchen *s* vorhandenen Förderkörbe *k* bewegen sich nur von der Förderhängebank *F* zur Verladehängebank *V*, und Böden und Deckel sind so eingerichtet, daß sie kolbenartig luftdicht an die Wandung der Schächtchen anschließen, und zwar so, daß bei dem tiefsten Stande des Korbes der Deckel und bei dem höchsten Stande der Boden den Luftabschluß bewirkt. Solche Schleuseneinrichtungen werden mit gutem Erfolge, z. B. auf Zeche Rheinpreußen IV, benutzt.

### 152. — Erweiterte Schleuseneinrichtung.

Bei der Bentropschen wetterdichten Schacht- und Verladehalle<sup>1)</sup>, wie sie auf Zeche Neumühl bei Neumühl ausgeführt ist, steht das ganze Schachtgebäude mit Ausnahme eines Teiles des untersten Stockwerks

<sup>1)</sup> Glückauf 1899, Nr. 31, S. 638; Dehnke: Welche Einrichtungen gestatten bei oberirdischer Aufstellung des Ventilators, den ganzen Querschnitt eines Förder-schachtes zur Wetterführung zu benutzen?

mit unter Depression (Abb. 493). Die Entleerung der Förderwagen und die Verladearbeiten gehen im Depressionsraume vor sich. Zwar sind einige Schleusen vorhanden; diese dienen aber nur als Durchgang für die Belegschaft und zum Ein- und Ausfordern von Betriebsstoffen. Sie werden also während der regelmäßigen Förderung nicht benutzt.

Die Kohle wird nun auf verschiedene Weise aus dem Depressionsraume befördert. Nach Abb. 493 (s. mittlere und untere Abbildung) werden die Förderwagen auf den Kreiselwippen  $k_1$  und  $k_2$  entleert. Die Stückkohle gleitet über den Rätter  $S$  in Wasserkästen  $a$  mit infolge der verschiedenen Drücke auf beiden Seiten verschieden hohen Wasserständen in der inneren und äußeren Hälfte und gelangt von hier aus mittels der Lesebänder  $b$  nach den Eisenbahnwagen  $W$ , und zwar auf dem ersten Teile ihres Weges unter Wasser. Die Feinkohle fällt in den Vorratsrumpf  $F$  und kann hier abgezogen werden, wobei entweder die Kohle selbst die Abdichtung besorgt oder nach Art der Schleusen mehrere Schieber benutzt werden, von denen stets einer geschlossen

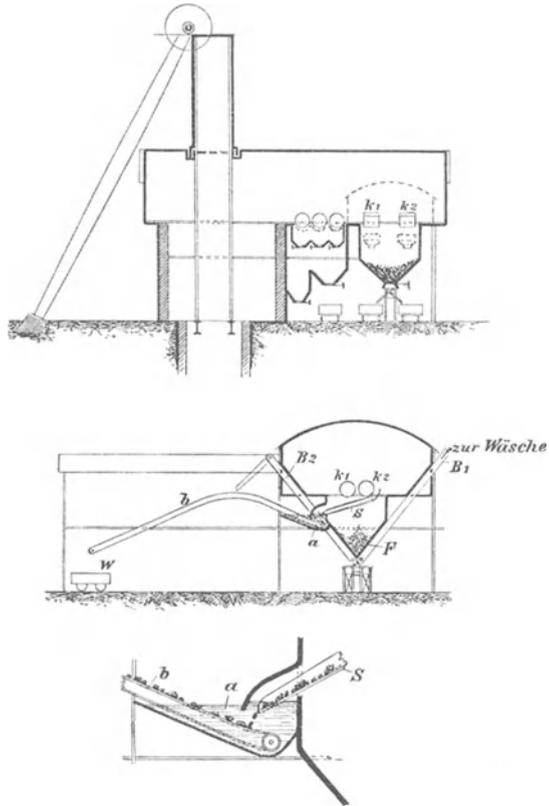


Abb. 493. Wetterdichte Schacht- und Verladehalle nach Bentröp.

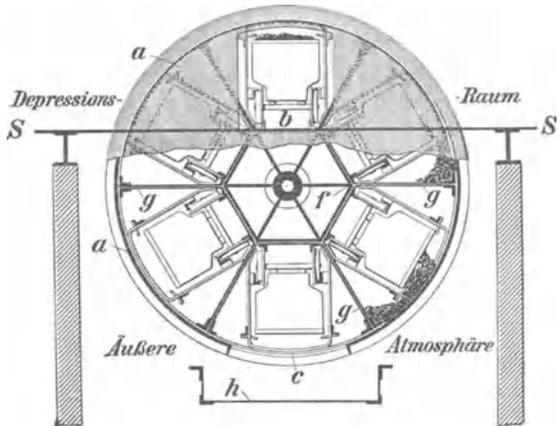


Abb. 494. Bentröpische Schleusentrommel.

sein muß. Neuerdings bevorzugt man mehr das Ausschleusen der Kohle mittels einer ebenfalls dem Bergwerksdirektor Bentrop patentierten Schleusentrommel<sup>1)</sup> (Abb. 494). Diese besteht aus dem feststehenden, zylindrischen Gehäuse *a*, das völlig ummantelt ist und nur an den Stirnflächen die Öffnungen *b* für das Durchschieben der Wagen und unten im Zylindermantel die Öffnung *c* zum Austrag der Kohle besitzt, und der drehbaren Trommel *f*, deren Scheidewände *g* genau bearbeitet sind und möglichst luftdicht an die Gehäusewände anschließen. Im übrigen ist die Trommel sechsteilig gebaut und kann in ihren Abteilungen, wie die Abbildung erkennen läßt, sechs Förderwagen aufnehmen. Die Wirkung und Arbeitsweise ergibt sich ohne weiteres aus der Abbildung. Mit der Schleusentrommel können in der Minute bis zu sechs Wagen entleert werden. Die Kohle fällt auf Schwingsiebe *h*, um sodann zur Verladung oder zur Wäsche zu gelangen.

Es hat sich gezeigt, daß das Gebäude selbst vollkommen sicher gegenüber dem auf den Wandungen und dem Dache lastenden Luftdrucke und genügend wetterdicht hergestellt werden kann. Die Verluste sind mit nur etwa 3—4% der Gesamtwettermenge ermittelt worden. Als Übelstand hat sich bemerkbar gemacht, daß in der Verladehalle Staubbildung eintritt und der mit der wasserdampfhaltigen Luft des ausziehenden Wetterstromes erfüllte Raum viel größer als bei den gewöhnlichen Luftschleusen ist.

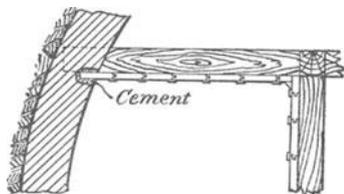


Abb. 495. Schachtwetterscheider aus Holz.

**153. — Schachtwetterscheider.** Durch Einbau eines Wetterscheiders wird es ermöglicht, mit einem einzigen Schachte für den ein- und ausziehenden Strom auszukommen. Die beiden Ströme sind dann lediglich durch die vom Scheider gebildete, wetterdichte Wand voneinander getrennt. Es hat das neben der etwaigen Ersparnis eines Schachtes den Vorteil, daß nur das ausziehende Trumm, das sog. Wettertrumm, oben abgedeckt zu sein braucht, während der Hauptteil des Schachtes für die Förderung frei bleibt. Beim Kalisalzbergbau hat man vielfach mit diesem sog. „Einschachtsystem“ gearbeitet.

Als Schachtwetterscheider haben sich am besten solche aus Holz bewährt, weil sie wenig Raum beanspruchen, eine gewisse Elastizität besitzen und bei Ausbesserungen sich bequem bearbeiten lassen. Die einzelnen Bretter werden mit Nut und Feder ineinander gefügt; auch werden die Fugen mit geteeter Leinwand und übergelagerten Latten gedichtet (Abb. 495). Der Anschluß an die Schachtstöße muß besonders sorgfältig hergerichtet werden. In ausgemauerten Schächten stellt man in den Stößen einen senkrechten Schlitz her, in den die Holzwand eingelassen wird. Die Abdichtung erfolgt sodann durch Zement.

Gemauerte Schachtscheider, deren einzelne Felder von Trägern oder Einstrichen nach Art eines Fachwerkbaus getragen werden, leiden sehr unter den Stößen der Förderung und sind auch an sich stark luftdurchlässig.

<sup>1)</sup> Glückauf 1908, Nr. 33, S. 1173; Otten: Luftschleusenverschluß und mechanische Transportanlage auf dem Wetterschachte III der Zeche Neumühl.

Vorgeschlagen und stellenweise versucht sind ferner Schachtscheider aus Beton- oder Eisenbeton und aus eisernen Blechen, die wie die Mauerung den Vorteil der Unverbrennlichkeit besitzen, in sonstiger Beziehung aber ebenfalls den hölzernen Wetterscheidern nachstehen.

**154. — Nachteile der Schachtwetterscheider.** Man sollte Wetterscheider in Schächten selbst dann nur als Notbehelf ansehen, wenn wirklich das Wettertrumm einen ausreichenden Querschnitt für den Durchzug der in Aussicht genommenen Wettermenge besitzt, was in der Regel nicht der Fall zu sein pflegt. Denn wenn es schon von vornherein schwierig ist, einen tatsächlich dichten Wetterscheider im Schachte herzustellen, so ist es noch schwieriger, ihn dauernd dicht zu erhalten. Es ist zu beachten, daß der Wetterscheider infolge der Wirkung der Depression einem nicht unerheblichen seitlichen Druck widerstehen muß und deshalb stark auf Biegung in Anspruch genommen wird. Da bei 150 mm Depression 1 qm Scheiderfläche 150 kg auszuhalten hat, würde ein 3 m breiter Scheider auf jedes steigende Meter mit 450 kg belastet sein. Es kommen nun die fortwährenden, bei der Förderung unvermeidlichen Stöße und Erschütterungen hinzu; häufig steht der Schacht selbst nicht völlig ruhig, sondern ist mit dem Gebirge mehr oder weniger in Bewegung, so daß hiernach die außerordentlichen Schwierigkeiten bei der Dichthaltung des Schachtscheiders verständlich werden. In jedem Falle bleibt die Gefahr bestehen, daß eine Beschädigung des Schachtes, sei es durch Vorgänge bei der Förderung, sei es durch Brechen des Ausbaues, die ganze Grube durch die Störung der Wetterführung in Mitleidenschaft zieht. Geradezu verhängnisvoll kann die Beschädigung von Schachtscheidern durch Veranlassung eines solchen „Kurzschlusses“ im Falle einer Explosion oder eines Brandes in der Grube werden. Aus diesen Gründen sucht allgemein die Bergpolizeibehörde die Schachtscheider zu beseitigen.

**155. — Lage des Wetterschachtes.** Je nach der Lage des ausziehenden Wetterschachtes im Baufelde kann man zwei grundsätzlich verschiedene Arten der Bewetterung unterscheiden.

Der Wetterschacht kann in dem einen Falle in der Nachbarschaft des einziehenden Schachtes etwa in der Mitte des Baufeldes liegen. Die Wetter ziehen also zunächst von dem einziehenden Schachte in der Richtung auf die Feldesgrenzen, um sodann nach Bewetterung der Baue wieder etwa nach dem Mittelpunkte des Grubenfeldes zurückzukehren. Man spricht alsdann von der rückläufigen oder zentralen Wetterführung.

Im anderen Falle werden ein oder mehrere Wetterschächte auf die Feldesgrenzen gesetzt. Die Wetter ziehen also von der Mitte des Feldes aus den Feldesgrenzen zu, um hier durch die Wetterschächte ins Freie befördert zu werden. Man kann eine solche Art der Bewetterung grenzläufige Wetterführung nennen. Der sonst wohl gebrauchte Ausdruck „diagonale Wetterführung“ trifft das Wesen der Sache nicht<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Eine dritte, freilich nur ausnahmsweise benutzte Möglichkeit ist die, daß man die Wetterschächte an den Feldesgrenzen zu einziehenden Schächten macht. Es kann dies für tiefe Gruben vorteilhaft sein, wenn man den an den Feldesgrenzen belegenen Arbeitspunkten kühle Wetter zuführen muß. Im Saarbezirk hat man von diesem Verfahren gelegentlich Gebrauch gemacht.

Wenn man die allmähliche Entwicklung einer Grube ins Auge faßt, so ist es klar, daß die rückläufige Wetterführung zunächst am bequemsten ist. Sobald die beiden Schächte ihre bestimmte Teufe erreicht haben, kann der Durchschlag mit leichter Mühe hergestellt werden. Bei den nunmehr beginnenden Aus- und Vorrichtungsarbeiten steht ein kräftiger Wetterstrom mit kurzen Hin- und Rückwegen zur Verfügung. Das gleiche gilt, wenn später der Abbau in der Nähe der Schächte beginnt. Es wäre ungünstig, in solchem Falle erst auf den Durchschlag mit einem weit entfernten Wetterschachte warten zu müssen.

Je mehr sich aber die Baue von den Schächten entfernen und den Feldesgrenzen nähern, um so ungünstiger wird das Verhältnis für die rückläufige Wetterführung. Die Widerstände wachsen schnell, und die Grubenweite sinkt. Sind die Baue an der Feldesgrenze z. B. 1500 m vom Schachte entfernt, so beträgt die streichende Länge des Gesamtwetterweges bereits 3000 m.

Läge alsdann der Wetterschacht an der Feldesgrenze, so würde der Wetterweg nur rund 1500 m lang zu sein brauchen.

Während man also bei der rückläufigen Wetterführung in der Nachbarschaft der Schächte kurze Wetterwege hat, deren Länge aber mit dem Vorrücken der Baue nach den Feldesgrenzen schnell wächst, hat man im anderen Falle stets gleiche Wetterwege von mittlerer Länge, und es ist dabei ohne Bedeutung, ob die Baue näher dem Schachte oder der

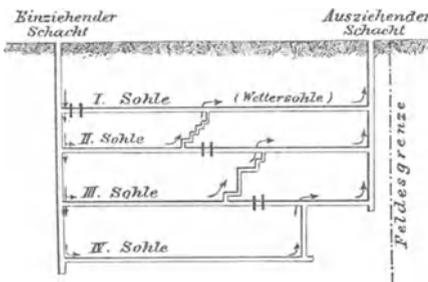


Abb. 496. Benutzung einer und derselben Sohle für den ein- und ausziehenden Strom bei der grenzläufigen Wetterführung.

Feldesgrenze stehen. Da bei der ersteren Art der Wetterführung die verbrauchten Wetter annähernd parallel zum frischen Strome und in geringem Abstände von diesem wieder nach dem Schachte zurückfließen müssen, ist leicht, und zwar besonders in der Nähe des Schachtes wegen des dort stärksten Druckunterschiedes, Kurzschluß möglich, so daß die äußersten Baue geringere und unter Umständen nicht mehr genügende Wettermengen erhalten. Bei der grenzläufigen Wetterführung dagegen besteht eine Kurzschlußgefahr nur in sehr geringem Grade, und man hat schließlich den besonderen Vorteil, daß man eine und dieselbe Sohle zum Teil für den einziehenden und zum Teil für den ausziehenden Strom benutzen kann, wie dies Abb. 496 andeutet.

Die geringere Kurzschlußgefahr der grenzläufigen Wetterführung hat zur Folge, daß Wettertüren und Wetterscheider nicht gleich sorgfältig wie bei der rückläufigen Führung der Ströme in Stand gehalten und überwacht zu werden brauchen. Selbst bei Zertrümmerung von Wettertüren im Falle von Explosionen ist die Gefahr gering, daß ganze Abteilungen des Grubenfeldes aus dem Wetterstrome ausgeschaltet werden.

Insgesamt besitzt also die grenzläufige Wetterführung mit Benutzung von Wetterschächten an den Feldesgrenzen eine für die einzelnen Betriebspunkte gleichmäßigere Wirkung, sie gestattet außerdem eine bessere Aus-

nutzung der Querschläge und Grundstrecken auf den einzelnen Sohlen und ist zuverlässiger als die rückläufige Wetterführung. Letztere ist nur für Gruben, die in der Entwicklung begriffen sind, vorzuziehen.

Allerdings hängt die Wahl der Bewetterungsart nicht allein von den Rücksichten auf die Wetterführung ab. Vielmehr spricht die Frage nach den Kosten und den Schwierigkeiten des Schachtabteufens entscheidend mit. Für verschiedene Bezirke wird allein aus diesem Grunde die Frage verschieden zu lösen sein. Wo, wie im Saarrevier, Schächte billig herzustellen sind, wählt man häufig die grenzläufige Wetterführung; wo aber, wie im Ruhrbezirk, schwieriges Deckgebirge vorhanden ist und die Schächte teuer werden, begnügt man sich häufiger mit einem Wetterschachte in der Feldesmitte. Ferner ist zu beachten, daß mehrere Wetterschächte an den Feldegrenzen eine Verzettelung des Betriebes bedeuten und daß solche Außenposten in jedem Falle lästig und schwierig zu beaufsichtigen sind, wenn auch durch Einführung des elektrischen Betriebes diese Übelstände abgeschwächt werden können (vgl. auch die Ausführungen über Zwillingschächte, S. 286 unter Ziff. 15 im Abschnitt „Grubenbaue“).

### B. Die Verteilung der Wetter im allgemeinen.

**156. — Bildung von Teilströmen.** Bei sehr kleinen, wenig ausgedehnten Gruben ist es wohl möglich, daß ein einziger, ungeteilter Wetterstrom die sämtlichen Baue der Grube nacheinander bestreicht. Für größere Gruben ist ein solches Verfahren ausgeschlossen. Der Wetterweg würde für einen einzigen Strom viel zu lang werden; die Streckenquerschnitte wären fast durchweg zu eng, um die Gesamtwettermenge durchzulassen; die Wettergeschwindigkeiten müßten viel zu hoch genommen werden; die Widerstände würden allzusehr wachsen, und die Arbeitspunkte erhielten zwar sehr viele, zumeist aber nicht mehr ganz frische Wetter. Bei Steinkohlengruben mit mehreren Flözen könnte man auch zum Teil die bedenkliche, abfallende Wetterführung nicht umgehen.

Das einfache Mittel zur Behebung aller dieser Schwierigkeiten ist die Teilung des Wetterstromes. Vom einziehenden Gesamtstrome werden Hauptteilströme abgezweigt, die sich weiter in Unterteilströme verästeln. Die Teilung des Wetterstromes beginnt in der Regel schon im einziehenden Schachte, indem sich von hier aus die Ströme für die verschiedenen Sohlen abtrennen. Diese Hauptströme verzweigen sich wieder in Teilströme nach den verschiedenen Querschlägen und Richtstrecken, aus denen weiter die einzelnen Grundstrecken und Bremsbergfelder ihre Teilströme empfangen. Nach Bewetterung der Baue vereinigen sich die Teilströme allmählich wieder, um schließlich im ausziehenden Schachte den einheitlichen Ausziehstrom zu bilden.

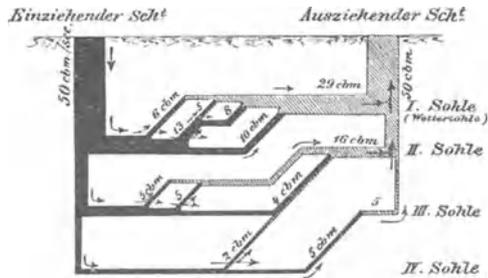


Abb. 497. Schematische Darstellung der Teilstrombildung.

Ein schematisches Bild von diesen Verhältnissen gibt Abb. 497, in der die frischen Wetter schwarz, die verbrauchten gestrichelt dargestellt sind.

Die Teilung des Wetterstromes ergibt kurze Wetterwege, vergrößert die gleichwertige Öffnung der Grube, verringert die Wettergeschwindigkeiten und Widerstände und ermöglicht, die einzelnen Betriebsabteilungen mit frischen, unverbrauchten Wettern zu versorgen. Die einzelnen Teilströme sind so voneinander getrennt zu halten, daß nicht, beispielsweise durch unbeabsichtigte Verbindungen über den alten Mann, gegenseitige Beeinflussungen entstehen und manche Betriebspunkte vielleicht gar unbewettert bleiben. Durch scharfe Trennung der einzelnen Teilströme werden auch die Ausdehnung etwaiger Schlagwetterexplosionen und die Folgewirkungen von Bränden und plötzlichen Gasentwickelungen bis zu einem gewissen Grade eingeschränkt.

Die Bildung von Teilströmen kann sehr weit getrieben werden, so daß manche Gruben bis 60 und mehr Teilströme haben.

#### 157. — Die Regelung der Stärke der einzelnen Teilströme.

Wenn eine große Zahl von Teilströmen vorteilhaft scheint, so stellen sich

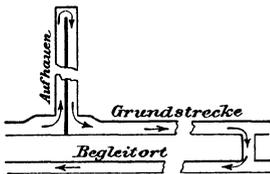


Abb. 498. Bewetterung eines Aufhauens und einer Grundstrecke durch einen einzigen Strom.

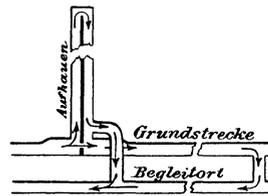


Abb. 499. Bewetterung eines Aufhauens und einer Grundstrecke durch einen geteilten Strom.

doch einer sehr weitgehenden Teilung des Stromes betriebliche, oben schon angedeutete Schwierigkeiten entgegen. Denn je mehr Einzelströme vorhanden sind, eine desto sorgfältigere und nachdrücklichere Überwachung der Wetterführung ist notwendig, weil das Stärkeverhältnis der Ströme nicht nur von vornherein durch richtige Bemessung der Verteilungsvorrichtungen zu sichern, sondern auch andauernd dem Wetterverteilungsplane entsprechend zu regeln ist. Denn man soll möglichst nicht die Belegung der Baue der verfügbaren Wettermenge, sondern diese jener anpassen. Diese Regelung wird mit der wachsenden Zahl der Ströme schwieriger und kann durch eine Verstärkung zu schwacher und eine Schwächung zu starker Teilströme erfolgen.

158. — Verstärkung zu schwacher Ströme. Bei den folgenden Ausführungen muß man sich der eigenartigen Beziehung erinnern, die zwischen Widerstand oder Depression und Stromgeschwindigkeit besteht (siehe S. 509 u. f., Ziff. 102). Wenn man nun einen zu schwachen Teilstrom verstärken will, ohne daß man in der Lage ist, die auf ihn entfallende Depression — etwa durch Drosselung zu starker Ströme — zu erhöhen, so kann dies durch Erweitern der Streckenquerschnitte oder durch weitere Teilung des Stromes oder durch Benutzung der Sonderbewetterung geschehen.

Bei wichtigen Strömen ist die Erweiterung der Querschnitte dringend anzuraten. Sie ist oft das einzige anwendbare und sicher zum Ziele führende Mittel.

Als Beispiel, in welcher Weise eine Teilung entlastend auf den allzu behinderten Strom wirken kann, dienen die Abbildungen 498 u. 499. Eine Grundstrecke und ein Aufhauen werden zunächst nach Abb. 498 mit einem einzigen Strome bewettert. Infolge der zunehmenden Länge des Gesamtweges erweist sich schließlich der Strom als zu schwach, weil die zur Verfügung stehende Depression nicht mehr ausreicht, worauf nach Abb. 499 der Strom geteilt wird. Aufhauen und Grundstrecke erhalten je einen Teilstrom; derjenige des Aufhauens wird unmittelbar in das die Wetter abführende Begleitort geleitet und braucht den Umweg über die Grundstrecke nicht zu machen. Die Widerstände gehen durch diese Maßnahme stark zurück, weil jetzt annähernd der doppelte Querschnitt zur Verfügung steht. Es strömen mehr Wetter als früher nach, und die für beide Betriebspunkte insgesamt zur Verfügung stehende Wettermenge ist reichlicher.

Noch ausgiebiger wird ein zu schwacher Wetterstrom durch Verkürzung seines Laufes entlastet, indem man einzelne Teile des Weges ausschaltet und der Sonderbewetterung, d. h. der Bewetterung mittels besonderer Kraft (Ventilator, Strahldüse) überläßt. Alsdann wird der Weg des Gesamtstromes in der aus der Abb. 500 ersichtlichen Weise verkürzt. (Näheres darüber folgt unter „Sonderbewetterung“, Ziff. 177 u. f.)

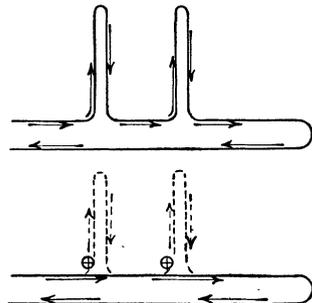


Abb. 500. Entlastung eines Wetterstromes durch Einrichtung von Sonderbewetterungen.

**159. — Schwächung zu starker Ströme.** Um zu starke Teilströme zu schwächen, kann man, abgesehen von einer Änderung der allgemeinen Bewetterungsverhältnisse, insbesondere die Drosselung und auch die Belastung des Stromes mit der Bewetterung weiterer Teile des Grubengebäudes anwenden.

Die Drosselung besteht in dem Einbau eines künstlichen Widerstandes, der bewirkt, daß nur die beabsichtigte Wettermenge noch durch den verbleibenden Streckenquerschnitt zu ziehen vermag. Es wird also eine Einschnürung für den Strom geschaffen. Jede Drosselung bedeutet für die hindurchgehende Wettermenge die Überwindung eines Widerstandes, wobei Gefälle verloren geht.

Somit wird in dem Strome aufgespeicherte Arbeit vernichtet. Man darf aber diese Arbeitsverluste nicht überschätzen. Wenn der Teilstrom 7,5 cbm sekundlich führt und in der Drosselung einen Spannungsabfall um 5 mm erleidet, so würde, da die ungedrosselten Ströme an dem Spannungsabfall der gedrosselten nicht teilnehmen, der ganze Arbeitsverlust nach der Formel:

$$N = \frac{V \cdot h}{75}$$

nur  $\frac{7,5 \cdot 5}{75} = \frac{1}{2}$  PS

betragen. Ein Teilstrom von 7,5 cbm in der Sekunde ist nun bereits ein starker Strom, und ebenso ist eine Drosselung um 5 mm Wassersäule ziem-

lich beträchtlich. Immerhin soll man der Kraftverluste wegen Hauptteilströme möglichst nicht drosseln und überhaupt mit Drosselungen sparsam arbeiten. Viele Drosselungen sind bequem, schädigen aber die Gesamtwetterleistung. Mit möglichst wenigen Drosselungen auszukommen, ist eine erstrebenswerte Kunst.

Der Drosselung vorzuziehen ist die Belastung zu starker Ströme durch Anhängen weiterer Betriebe. Wenn z. B. der nach Abb. 501 von der II. zur I. Sohle fließende Strom zu stark ist, so kann er durch Einschalten der Bewetterung von Zweigstrecken (Querschlägen, Abhauen u. dgl.) oft soweit belastet werden, daß er nur noch die gewünschte Stärke behält. Bei Gedankenlosigkeit und Unachtsamkeit kann es vorkommen, daß der zunächst zu starke Strom auf der I. Sohle (Abb. 501) gedrosselt wird und daß, wenn dann später auf der II. Sohle das Auffahren eines Querschlaiges oder eines Abhauens notwendig wird, hier ein besonderer Ventilator aufgestellt wird, dabei aber die Drosselung auf der I. Sohle bestehen bleibt.

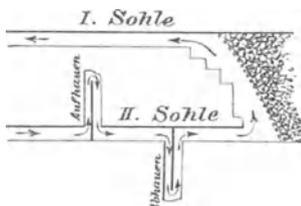


Abb. 501. Belastung eines Stromes durch Anhängen weiterer Betriebe.

**160. — Wettertüren.** Zur Durchführung der planmäßigen Wetterleitung dienen in erster Linie die Wettertüren. Man unterscheidet zwischen Türen, die den Querschnitt der Strecke vollkommen verschließen und den Strom lediglich leiten, und Türen, die gleichzeitig den Strom teilen und zu diesem Zwecke eine in der Regel einstellbare Durchgangsöffnung für

die Wetter besitzen. Man spricht demgemäß wohl von Stromleitungs- oder Absperrtüren und von Stromverteilungs- oder Drosseltüren.

**161. — Absperrtüren.** Die Absperrtüren müssen zunächst das Erfordernis der Dichtigkeit erfüllen. Sie sind in der Regel aus zwei Holzlagen, deren Fasern sich kreuzen, gefertigt. An wichtigen Punkten wendet man Türen aus Eisenblech an, die brandsicher und außerdem widerstandsfähiger gegen äußere Einwirkungen sind. Die gegen die Rahmen schlagenden Kanten werden mit Filz-, Leinwand- oder Lederstreifen belegt. Die Türen werden stets so aufgestellt, daß sie vom Wetterzuge zuge drückt werden. Nur wo mit einer Wetterumkehr gerechnet wird, stellt man zwei nach entgegengesetzten Richtungen hin sich öffnende Türen auf, wobei dann wenigstens eine immer vom Wetterzuge angedrückt wird.

Damit die Türen sich selbsttätig schließen, stellt man die Rahmen etwas schräg oder bringt die Angeln in versetzter Stellung an. Diese Mittel versagen aber, wenn die Tür über ein bestimmtes Maß hinaus geöffnet wird. Es ist deshalb rätlich, außerdem noch Schließfedern oder Fallgewichte mit einer Zugeinrichtung vorzusehen. Namentlich ist dies in druckhaftem Gebirge erforderlich, wo die Tür sich leicht in den Angeln klemmt.

Der Türrahmen wird in eine aufgestellte Bretterwand oder besser in Mauerwerk eingesetzt. Bei druckhaftem Gebirge ist es aber außerordentlich schwierig, so eine dauernd dichte, gut schließende Tür zu erhalten. Sehr empfehlenswert für solche Fälle ist es, nach einer auf Zeche General Blumenthal benutzten Ausführung den Türrahmen nicht in, sondern vor dem Mauer-

werk derart anzubringen, daß dieses, ohne den Rahmen in Mitleidenschaft zu ziehen, bis zu einem gewissen Grade dem Drucke nachgeben kann. Die Abb. 502 zeigt die Ausführung. Der Türrahmen *r* wird vor dem Mauerwerk durch vier eiserne Klauen *k* gehalten, die verschiebbar an Flacheisen durch Ankerschrauben *s* befestigt sind. Die Klauen *k* besitzen zu diesem Zwecke Schlitzte, die ihre Verschiebung bei eintretendem Gebirgsdruck gestatten.

Die bei der Ausführung und Unterhaltung einer Wettertür aufzuwendende Sorgfalt hat sich in erster Linie nach der Bedeutung für die Bewetterung und nach der Kurzschlußgefahr zu richten. Von der größten Wichtigkeit sind bei rückläufiger Wetterführung z. B. die zwischen dem ein- und ausziehenden Schachte vorhandenen Türen, da sie einen besonders großen Depressionsunterschied auszuhalten haben und von ihrer Dichtigkeit die gesamte Bewetterung der Grube abhängt. Hier sind Türen aus Eisenblech, die auch heftigen Stößen und Erschütterungen zu widerstehen vermögen, in fester, gemauerter Verlagerung zu fordern. Da eiserne Türen aber leicht etwas windschief werden und nicht so dicht wie hölzerne schließen, stellt man wohl

an solchen wichtigen Punkten zwischen zwei eisernen noch eine hölzerne Tür auf. Die letztere setzt die Wetterverluste auf ein Mindestmaß herab, die ersteren schützen mehr gegen Stöße und Schläge und gegen Brand.

Zur Trennung der Hauptwetterströme hat man auch sog. explosionsichere Wettertüren vorgeschlagen und stellenweise angewandt. Es sind dies zwei besonders kräftige, eiserne Türen, die mit entgegengesetzter Öffnungsrichtung beiderseits den Durchgang durch einen Mauerdamm abschließen. Die Explosion soll dann, mag sie von der einen oder anderen Seite kommen, an der unter ihrem Drucke sich schließenden Tür ihr Ende finden (vgl. Ziff. 85, S. 497).

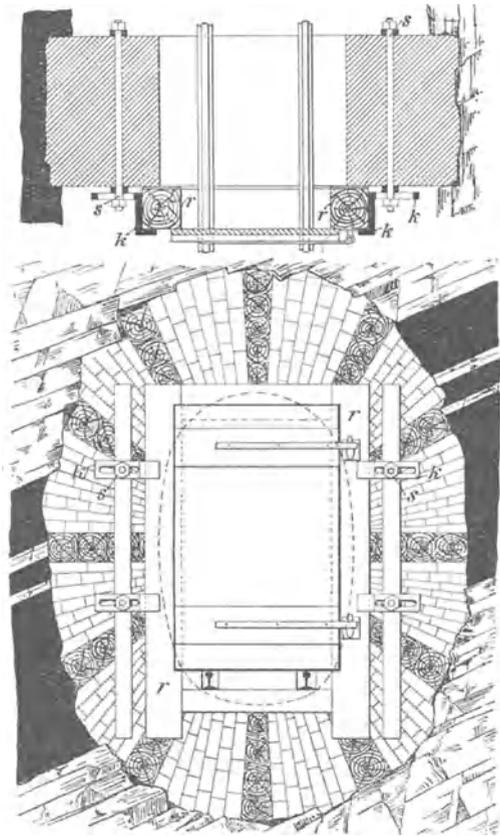


Abb. 502. Wettertür für druckhaftes Gebirge in Schnitt und Ansicht.

In allen Hauptwetterstrecken ordnet man stets mindestens zwei Türen hintereinander an, die so mittels Gelenkstangen verbunden sein können, daß eine geschlossen sein muß, wenn die andere sich öffnen lassen soll. In Strecken mit Pferdeförderung muß man eine solche Entfernung der beiden Türen voneinander wählen, daß ein ganzer Zug zwischen ihnen Platz findet.

Auch bei maschinellen Streckenförderungen mit Seil ohne Ende sind Wettertüren nicht unmöglich. In diesem Falle läßt man jeden ankommenden

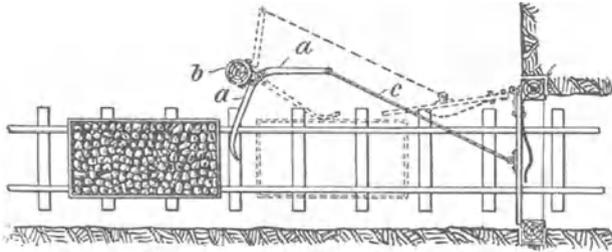


Abb. 503. Wettertür mit Hebelanordnung zum Öffnen gegen die Fahrriechung.

Wagen durch Druck gegen einen Hebel sich die Tür selbst öffnen. Abb. 503 zeigt eine solche Anordnung, die übrigens auch für Schlepperförderung sehr empfehlenswert ist.

Für doppelgleisige Strecken mit maschineller Förderung bewähren sich Drehtüren (Abb. 504) gut, wie sie in etwas anderer Ausführung bereits auf S. 550 beschrieben und durch Abb. 491 erläutert sind. Bei der nach Abb. 504 gebauten Tür, die z. B. auf Zeche Ewald im Gebrauch steht, stoßen die Wagen gegen Gleitschienen  $g_1 g_2$ , deren

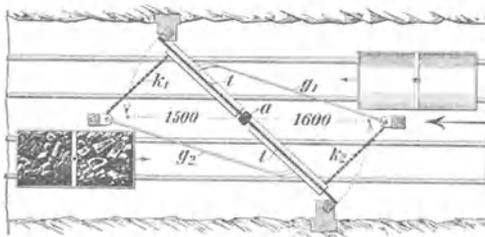


Abb. 504. Drehtür mit Vorrichtung zum selbsttätigen Öffnen in der Fahrriechung.

eines Ende an einem festen Drehpunkte angebracht ist, während das andere Ende mittels Rolle und Führung an der Tür hin und her bewegt wird. Die Schrägstellung der Tür ermöglicht die Öffnung mit kleiner Drehbewegung. Damit die Tür nicht etwa durch entgegen-

gegengesetzt zur Förderrichtung laufende Wagen beschädigt wird, sind Sperrketten  $k_1 k_2$  angebracht.

Solche Drehtüren lassen sich, wie schon auf S. 550 hervorgehoben, besonders leicht öffnen. Bei großen Depressionsunterschieden wendet man zur Erleichterung des Öffnens mechanische Hebelvorrichtungen oder kleine Voröffnungsklappen an, die einen gewissen Druckausgleich vor und hinter der Tür bewirken und so das Öffnen gleichsam vorbereiten.

An Punkten, wo es weniger auf einen dichten Wetterabschluß ankommt, ersetzt man die Türen durch Wettergardinen oder Vorhänge aus Segelleinen. Besonders häufig geschieht dies in Abbaustrecken, wo Türen infolge der regen Druckwirkung unzulänglich sind.

**162. — Drosseltüren.** Die Stromverteilungstüren besitzen in der Regel in dem festen Felde oberhalb des eigentlichen Türflügels eine Öffnung, deren freier Querschnitt durch einen Schieber beliebig eingestellt werden kann (Abb. 505). In Rücksicht auf die Gefahr von Schlagwetteransammlungen ist es zweckmäßig, die Öffnung möglichst nahe unter der Firste anzubringen. Soll der durchgehende Teilstrom verstärkt werden, so müssen noch weitere Öffnungen in der Tür geschaffen werden. Unter Umständen ist der ganze Türflügel auszuhängen.

Man kann gewöhnlich die Wettertüren mit gleicher Wirkung entweder im einziehenden Strome auf der Fördersohle oder im ausziehenden Strome auf der Wettersohle aufstellen. Auf der Fördersohle ist zwar die dauernde Überwachung der Türen leichter und bequemer. Dafür müssen sie aber der Förderung und Fahrung wegen häufiger geöffnet werden, womit jedesmal eine Störung des Wetterzuges verbunden ist. Auch sind die Türen in höherem Grade Beschädigungen ausgesetzt. Man pflegt deshalb den Einbau der Türen im ausziehenden Strome vorzuziehen und nur dort davon abzusehen, wo besondere Rücksichten auf rasche Abführung der schädlichen Gase bei Explosionen, Bränden oder plötzlichen Grubengasausströmungen zu nehmen sind.

**163. — Wetterdämme.** Soll eine Strecke dauernd geschlossen werden, so ist sie am besten durch einen gemauerten Wetterdamm abzusperrn. Das Mauerwerk ist der Dichtigkeit halber sorgfältig berappt zu halten. Bei druckhaftem Gebirge mauert man Bretterlagen ein oder führt auch „Klötzeldämme“ auf. Diese werden dadurch hergestellt, daß in der Streckenrichtung  $\frac{1}{2}$ —1 m lange Hölzer in Mörtelverband aufeinander geschichtet werden. Ist ein sehr dichter Abschluß erforderlich, so kann man zwei Dämme in kurzer Entfernung voneinander aufführen und den Zwischenraum mit trockenem Sand oder Lehm ausfüllen.

Schneller herzustellen sind Wetterdämme aus Bretterlagen, die auf Türstücke oder eigens gesetzte Stempel genagelt werden. Die Dichtigkeit läßt jedoch namentlich bei druckhaftem Gebirge zu wünschen übrig. Auch in diesem Falle kann man zwei Verschläge in naher Entfernung anbringen und den Zwischenraum mit Sand oder Lehm ausstampfen. In Durchhieben läßt sich bei steiler Lagerung genügende Dichtigkeit durch Bedecken mit feinkörnigen Bergen erzielen.

**164. — Wetterkreuze.** Namentlich bei flacher Lagerung muß man häufig einen Wetterstrom einen anderen kreuzen lassen, ohne daß eine Mischung beider Ströme stattfinden darf. Es geschieht dies mittels sog. Wetterkreuze (Wetterbrücken). Art und Sorgfalt der Ausführung richten sich hauptsächlich nach den zwischen beiden Strömen bestehenden Spannungsunterschieden. Bei annähernd gleichen Druckverhältnissen können unter Umständen Brettverschläge genügen. Abb. 506 zeigt ein Wetterkreuz



Abb. 505. Stromverteilungstür.

mit gemauerten Seitenwangen und rechteckiger Holzlutte. Nach Abb. 507 ist das in doppeltem Schnitte dargestellte Wetterkreuz gemauert, und die Dichtigkeit ist durch Verstampfen mit Letten erhöht. Ein fahrbarer Durchgang mit zwei Wettertüren gestattet, aus dem einen Wetterweg in den andern zu gelangen. Abb. 508 zeigt eine Wetterüberführung, die aus einem gemauerten, rund gewölbten Kanal besteht. Bei sehr wichtigen Wetterkreuzen führt man die eine Strecke über die andere in der Art hinweg, daß zwischen beiden ein Gebirgspfeiler als trennende, feste Wand belassen wird (Abb. 509).

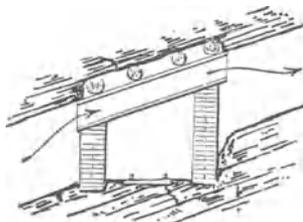


Abb. 506. Gemauertes Wetterkreuz mit Holzlutte.

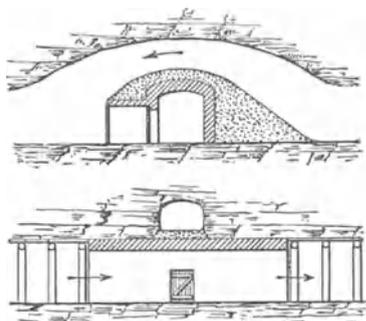


Abb. 507. Gemauertes Wetterkreuz.

Auf explosionsgefährlichen Gruben sollen Wetterbrücken kräftiger als nach Abb. 506 ausgeführt werden und nicht, wie dort dargestellt, in die Strecken, die sie überbrücken, hineinragen, da sie sonst durch eine Explosion leicht zerstört werden.

165. — **Wetterriß und Wetterstammbaum.** Um einen schnellen Überblick über die Bewetterung einer Grube zu gewinnen, pflegt man einen sog. Wetterriß und einen Wetterstammbaum zu führen. Auf dem

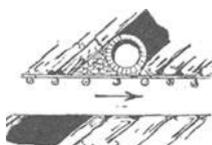


Abb. 508. Wetterkreuz in Gewölbemauerung.

Abb. 509. Wetterkreuz mit Gebirgsmittel.

Riß, der häufig auch bereits für die einzelnen Steigerabteilungen hergestellt und auf dem laufenden erhalten wird, ist der Weg jedes einzelnen Stromes dargestellt. Auf dem Wetterstammbaum sind die sämtlichen Teilströme mit der Stärke der Belegschaft und der Wettermenge in Kubikmetern angegeben. Abb. 510 veranschaulicht die übliche Art des Stammbaums. Ein noch klareres Bild erhält man aus der in Abb. 511 gewählten Darstellung, in der auch die einzelnen Sohlen durch verschiedene Farben auseinander gehalten werden können. Selbstverständlich wechseln der Wetterriß und -stammbaum ununterbrochen und müssen ständig nachgetragen

werden. Sie werden deshalb zweckmäßig mit Ölfarbe auf Mattglas gezeichnet, wie dies auf Zeche Shamrock I/II bei Herne zuerst durchgeführt wor-

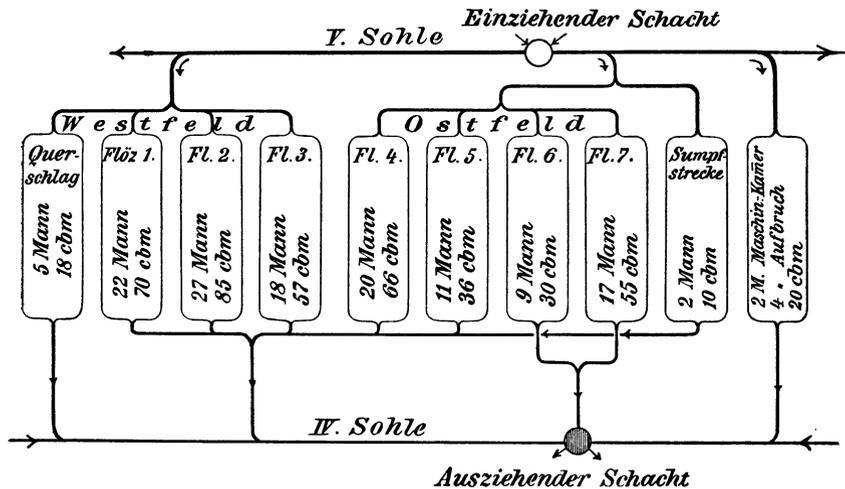


Abb. 510. Teil eines Wetterstammbaums.

den ist. Die fortwährenden Änderungen des Bildes lassen sich dann leicht, ohne Spuren zu hinterlassen, vornehmen und beeinträchtigen die Klarheit der Darstellung nicht.

### C. Die Bewetterung der Baue und insbesondere der Streckenbetriebe.

166. — **Einleitung.** Die Bewetterung der Abbaubetriebe macht in der Regel keine Schwierigkeiten, weil mit Beginn des Abbaues der Durchschlag zwischen den Wetterzuführung- und Abführungstrecken bereits erfolgt zu sein pflegt. Sie kann hier um so eher übergangen werden, als im IV. Abschnitt die verschiedenen Abbauarten auch mit Rücksicht auf die Bewetterungsverhältnisse besprochen worden sind und in den zugehörigen Abbildungen die Wetterführung durch Pfeile angedeutet ist.

Die Bewetterung von Streckenbetrieben aller Art dagegen gehört mit zu den schwierigsten Aufgaben des Bergbaues, weil die Wetter auf dicht beieinander liegenden Wegen sowohl zu dem Arbeitspunkte hin als auch wieder zurück geleitet werden müssen. Das ist um so weniger leicht, je weiter man für den Hin- und Rückweg der Wetter auf eine einzige Strecke angewiesen, je größer also die Entfernung ist, auf welche die zu bewetternde Strecke gleichsam eine Sackgasse für die Wetterführung bildet.

Es kommt hinzu, daß die Vorrichtungstrecken häufig besonders vieler Wetter bedürfen, da die Schlagwetterentwicklung bei der Aufschließung des Feldes das gewöhnliche Maß übersteigt.

Man unterscheidet vier Arten der Bewetterung von Streckenbetrieben, die sämtlich das Kennzeichen zweier getrennten Wetterwege haben, nämlich:

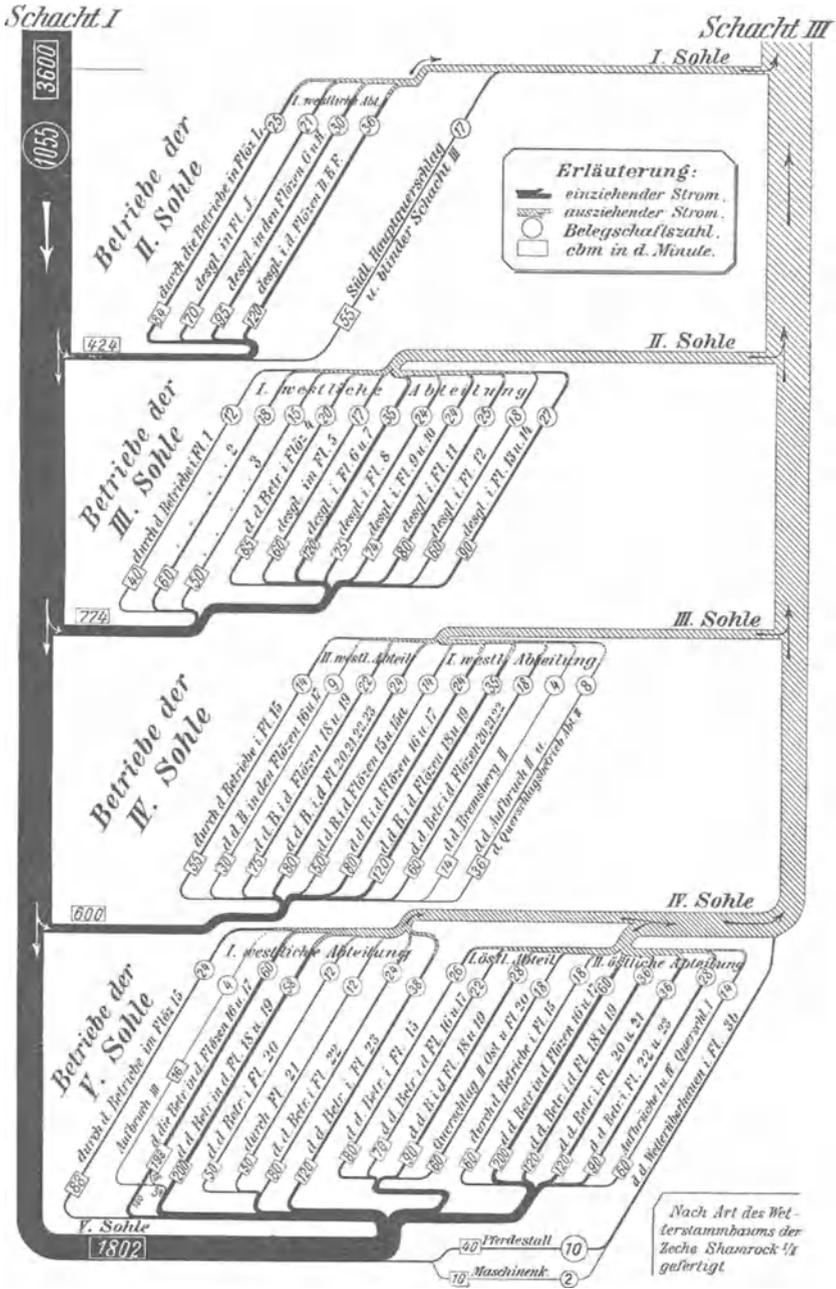


Abb. 511. Wetterstammbaum (46 Teilströme, 1055 Mann Belegschaft in der stärkst belegten Schicht, 3600 cbm Wetter in der Minute).

- a) unter Benutzung des vom Hauptventilator erzeugten Wetterstromes (des „Selbstzuges“) die Bewetterung:
1. mittels Begleitstreckenbetriebes,
  2. mittels Wetterscheider,
  3. mittels Breitauffahren und Wetterröschen,
  4. mittels Lutten; und
- b) unter Benutzung selbständig angetriebener Bewetterungseinrichtungen:
5. die Sonderbewetterung.

### 1. Der Begleitstreckenbetrieb.

**167. — Wesen und Durchführung.** Der Begleitstreckenbetrieb besteht darin, daß man eine einzelne Strecke nicht für sich allein, sondern in Begleitung einer Parallelstrecke ins Feld treibt, so daß dann die Begleitstrecke als Wetterabzugstrecke benutzt werden kann. Man gibt den beiden gleichlaufenden Strecken eine Entfernung von 10—20 m voneinander und verbindet sie alle 15—20 m durch Durchhiebe. Von diesen ist stets nur der letzte für den Wetterdurchzug offen, während die rückwärts belegenen sorgfältig durch Wetterdämme verschlossen werden (Abb. 512). Auf Schlagwettergruben sind die aufwärts getriebenen Wetterdurchhiebe wie alle schwebenden Betriebe besonders wettergefährlich, aber in der Herstellung billiger als die abwärts getriebenen. Der Wetterdamm muß in diesem Falle zur Verhütung von Schlagwetteransammlungen am tiefsten Punkte des Durchhiebes aufgestellt werden.

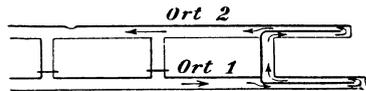


Abb. 512. Begleitstreckenbetrieb.

Die Wetter gelangen aber auf solche Weise in beiden Streckenbetrieben nicht unmittelbar vor Ort. Bisweilen kann nun allerdings für die Bewetterung der entstehenden Sackgassen die Diffusion genügen. Zumeist aber und namentlich in Schlagwettergruben wird sie nicht ausreichen, so daß die in Abb. 512 gezeichneten Hilfswetterscheider eingebaut werden müssen. Sie werden annähernd bis vor Ort und, wenn ein Durchhieb im Aufhauen begriffen ist, auch in diesen geführt.

Unter Umständen, namentlich zur Vorrichtung des Pfeilerabbaues, muß man mehrere parallele Strecken gleichzeitig auffahren. Alsdann werden die einzelnen Durchhiebe gegeneinander versetzt, wodurch deren Entfernung voneinander auf das Doppelte erhöht werden kann (s. Abb. 318, S. 329).

**168. — Vor- und Nachteile.** Die Bewetterung mittels Begleitstreckenbetriebes ist namentlich für solche Fälle angebracht, wo es nicht auf besondere Beschleunigung der Arbeit ankommt und wo die zweite Strecke aus Betriebsrücksichten ohnehin aufgefahren werden muß (Bremsberg und Fahrüberhauen, Förder- und Sumpfuerschlag, Abbaustrecken). Im übrigen wird das Verfahren nur anwendbar sein, wenn die Strecken auf der Lagerstätte selbst aufgefahren werden, so daß der Streckenbetrieb durch das Fallen nutzbarer Mineralien sich in etwa bezahlt macht. Andernfalls würden die Kosten unverhältnismäßig hoch werden. Diese sind ohnehin sehr erheblich. Denn die gesamte aufzufahrende Streckenlänge wird durch die Begleitstrecke

nicht nur verdoppelt, sondern steigt infolge der Notwendigkeit der Durchhiebe leicht auf das Zweieinhalb- bis Dreifache. Im selben Maße steigen auch die Streckenunterhaltungskosten.

Als Nachteil des Begleitstreckenbetriebes ist ferner geltend zu machen, daß das Gebirge unruhig und druckhaft und die Kohle infolge des Drucks und der Entgasung minderwertig wird. Auch die Grubengasentwicklung ist naturgemäß stärker, weil eine viel größere Kohlenoberfläche bloßgelegt wird. Die gefahrlose Abführung der Schlagwetter ist aber während der Aus- und Vorrichtungsarbeiten viel schwieriger als später, wenn nach erfolgtem Durchschlage der Abbau beginnt.

Andersseits ist nicht zu verkennen, daß man mit Hilfe von Parallelstrecken von genügendem Querschnitte große Wettermengen unter Aufwand einer geringen Depression weit ins Feld führen kann. Dabei ist die Wetterführung einfach und bedarf keiner eingehenden Überwachung.

## 2. Bewetterung von Strecken mittels Wetterscheider.

169. — Bedeutung und Anwendbarkeit der Wetterscheider. Die Wetterscheider bestehen aus einer dichten Wand, die die Strecke in zwei

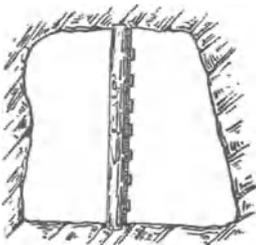


Abb. 513. Holzener Wetterscheider mit Überdeckung der Fugen durch Leisten.



Abb. 514. Holzener Wetterscheider in Schuppenanordnung.

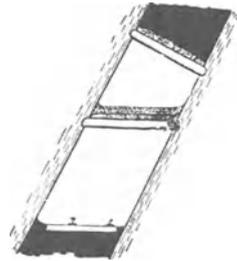


Abb. 515. Wagerechter Wetterscheider.

voneinander geschiedene Wetterwege trennt. Der eine Weg dient für die frischen, der andere für die abziehenden Wetter.

Wetterscheider werden in verschiedenem Baustoff und in verschiedener Art ausgeführt.

Hölzerne Scheider werden so hergestellt, daß man Bretter entweder stumpf aneinanderstoßend (Abb. 513) oder in Schuppenanordnung (Abb. 514) an einer Stempelreihe festnagelt. In ersterem Falle greifen die Bretter mit Nut und Feder ineinander, oder die Fugen werden mit Leisten übernagelt. Solche Scheider beanspruchen einen geringen Raum und sind einfach herzustellen, aber wenig dicht. Ist das Gebirge druckhaft, so wird zweckmäßig eine Bretterlage durch Segeltuch ersetzt. Undichtigkeiten kann man bei diesen Scheidern leicht dadurch erkennen, daß man sie auf der einen Seite mit heller Lampe ableuchten läßt, während man die Strecke auf der anderen Seite mit abgeblendeter Lampe befährt. Bei größeren Ansprüchen an die Dichtigkeit nagelt man auf jede Seite der Stempelreihe eine Bretterlage und füllt den Zwischenraum durch Sand, Letten und

Kohlenklein aus. Voraussichtlich wird sich für diesen Zweck auch das neue Zementspritzverfahren der Torkret G. m. b. H., Berlin W 9, mittels dessen man die Bretterwand mit einer dünnen, festen Zementhaut überziehen kann, bewähren. Wagerechte Scheider aus Holzbrettern können mit einer Lettenschicht (Abb. 515) bedeckt werden.

Häufig gebraucht wird das Wetterleinen (Wettertuch). Die einzelnen Streifen müssen so übereinander gelegt werden, daß der Luftstrom nicht in

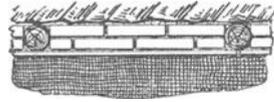


Abb. 516. Anordnung der Wetterleinenstreifen in einem Wetterscheider.

Abb. 517. Anschluß eines Wetterscheiders aus Wetterleinen an das Hangende.

den verbleibenden Spalt hineinbläst (Abb. 516). Das Leinen wird gewöhnlich an einem an die Kappen genagelten Brette befestigt. Der Zwischenraum zwischen Brett und Firste kann vermauert (Abb. 517) oder durch angenagelte, der Firste angepaßte Brettstückchen verschlossen werden. Ähnlich sind auch Wetterscheider aus Pappe.

Die Wetterscheider aus Leinen und Pappe sind einfach und billig herzustellen, sind aber wegen der unvermeidlichen Undichtigkeiten nur für kürzere Entfernungen (bis etwa 50 m) brauchbar.

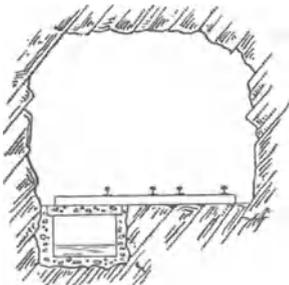


Abb. 518. Abgedeckte Wasserröschel als Wetterscheider.

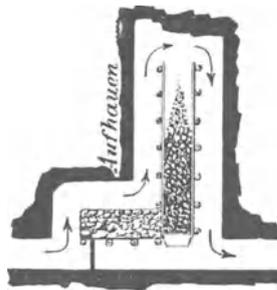


Abb. 519. Kohlenrollkasten als Wetterscheider.

Für lange Strecken sind in erster Linie die gemauerten Wetterscheider geeignet. Sie finden häufig beim Auffahren von Querschlägen Anwendung. Die Stärke der Mauer beträgt  $\frac{1}{2}$ – $1\frac{1}{2}$  Stein. Bei nur  $\frac{1}{2}$  Stein starker Wand pflegt man alle 6–10 m Verstärkungspfeiler aufzuführen. Bei Gebirgsdruck mauert man einige Bretterlagen aus weichem Holze ein. Das Mauerwerk muß auf beiden Seiten gut berappt sein. Trotz sorgfältiger Ausführung sind die Wetterverluste in der Regel nicht unerheblich und betragen bei  $\frac{1}{2}$  Stein starker Mauerung etwa 10–20 % der ursprünglichen Wettermenge auf je 100 m. Bei mehr als 500 m Streckenlänge ist es zweckmäßig, eine 1 Stein starke Mauerung zu wählen, wodurch die Verluste etwa auf die Hälfte sinken. Bei Entfernungen über 1000 m sollte man die Mauerung  $1\frac{1}{2}$  Stein stark auführen.

Für einen  $\frac{1}{2}$  Stein starken Wetterscheider von 500 m Länge sind z. B. die gesamten Wetterverluste auf 78 %<sup>1)</sup> und für einen  $1\frac{1}{2}$  Stein starken Scheider von 1650 m Länge die Verluste auf 70 %<sup>2)</sup> ermittelt worden.

Wetterscheider besonderer Art unter Ausnutzung vorhandener Einrichtungen zeigen die Abbildungen 518 u. 519. Nach Abb. 518 ist die mit Zement ausgekleidete Wasserrösche durch Abdecken mit Betonplatten für die Wetterführung benutzt worden, während nach Abb. 519 ein Kohlenrollkasten in einem Überhauen als Wetterscheider dient.

### 3. Bewetterung von Strecken mittels Breitauffahren.

**170. — Breitauffahren und Wetterröschen.** Das Breitauffahren und seine Vorteile sind bereits im 4. Abschnitt auf S. 314 u. f. eingehend besprochen worden. Für die Wetterführung wird das Verfahren namentlich für kürzere Entfernungen gern ausgenutzt. Zu diesem Zwecke werden, wie hier wiederholt sein mag, die Strecken — es kommen hauptsächlich Grundstrecken oder Bremsbergaufhauen in Frage — in einer Breite von 8—15 m aufgefahren, um teilweise wieder versetzt zu werden. In dem Versatz oder zwischen dem Versatz und dem festen Stoß werden, wie dies die Abbildungen 520 u. 521 andeuten, die für den sonstigen Betrieb und die Wetterführung erforderlichen Wege ausgespart.



Abb. 520. Wetterrösche bei flacher Lagerung.

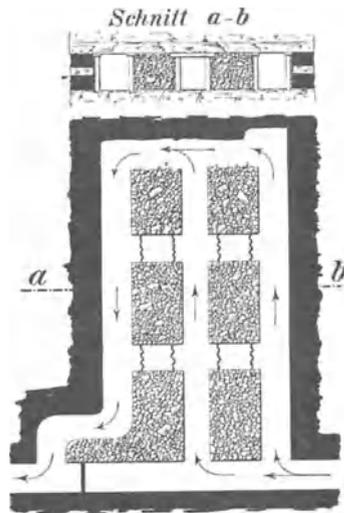


Abb. 521. Wetterröschen in einem Bremsbergaufhauen.

Soweit sie lediglich der Wetterführung dienen, heißen sie Wetterröschen. Eine solche Bewetterung ist einfach, bequem und billig.

Den zwischen dem ein- und ausziehenden Strome befindlichen Bergeversatz nennt man wohl Damm. Seine Dichtigkeit hängt von der Sorgfalt, mit der er aufgeführt ist, ab und nimmt außerdem zu mit der Feinheit des Versatzgutes, der Breite des Versatzes und dem Einfallwinkel. Zur Erhöhung der Dichtigkeit berappt man den Versatz mit Mörtel oder verzieht ihn mit Wetterleinen.

Derartige Bewetterungen sind vielfach auf 50—100 m, in einzelnen Fällen sogar bis auf 200 m, mit Erfolg benutzt worden.

<sup>1)</sup> Festschr. z. VI. Allgem. Deutsch. Bergmannstag 1895, S. 50.

<sup>2)</sup> Petit: L'aérage des travaux préparatoires, (Saint-Etienne, Thomas & Co.), 1900, S. 340.

4. Bewetterung von Strecken mittels Lutten mit Selbstzug.

171. — Anwendung der Lutten für die Bewetterung mit Selbstzug. Die Luttenbewetterung mit Selbstzug besteht darin, daß in den vom Hauptventilator bewegten Wetterstrom im Anschluß an Wettertüren Luttenleitungen als Wetterwege eingeschaltet werden, die der Strom durchstreichen muß. Die Abb. 522 zeigt, wie auf verschiedene Weise zwei gleichzeitig vorangetriebene Strecken,

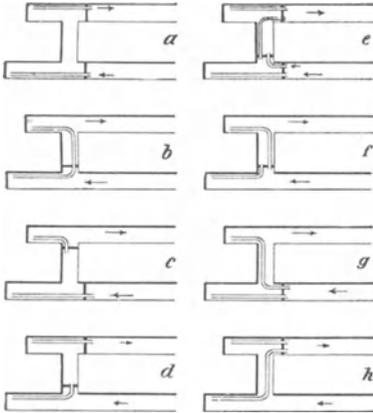


Abb. 522. Luttenbewetterung mit Selbstzug in verschiedener Anordnung.

wie auf verschiedene Weise zwei gleichzeitig vorangetriebene Strecken,

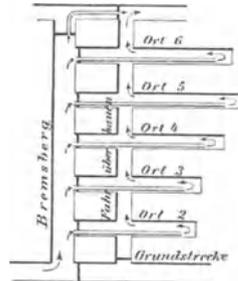


Abb. 523. Meißnersche Bewetterung von Abbaustrecken.

auch Überhauen oder Schächte, bewettert werden können. Nach Abb. 522a und b wirkt die eine Lutte saugend und die andere blasend, nach Abb. 522c wirken beide Lutten blasend und nach Abb. 522d saugend. In den Abbildungen 522 e—h ist für die beiden Streckenbetriebe gleichzeitig eine Teilung des Wetterstromes vorgenommen; außerdem ergeben sich auch hier wieder die Verschiedenheiten je nach der saugenden und blasenden Wirkung. Für die Wahl der einen oder anderen Anordnung ist häufig entscheidend, an welchem Punkte die Wettertüren namentlich im Hinblick auf die Förderung am bequemsten aufzustellen sind. Wie man aus der Abb. 522 ersieht, stehen in dieser Beziehung alle Möglichkeiten offen.

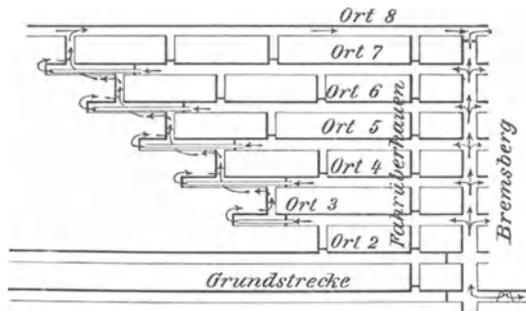


Abb. 524. Bewetterung von Abbaustrecken mit Lutten und Durchhieben.

Eine eigenartige Anwendung können Lutten bei der von Meißner angegebenen Bewetterung von Abbaustrecken finden, die ohne Durchhiebe ins Feld getrieben werden (Abb. 523). Der frische Strom steigt im Bremsberge hoch und verteilt sich von hier auf die einzelnen Abbaustrecken in ebensoviel Teilströmen, während die verbrauchten Wetter durch das Fahr-

überhauen abziehen. Auch das obere Ende des Bremsberges wird durch eine besondere Lutte bewettert. Auf diese Weise stehen nach der Abbildung dem Strome sechs Parallelwege zur Verfügung, so daß kaum eine Drosselung eintritt. Außerdem bekommt jeder Betriebspunkt einen frischen Teilstrom, während sonst beim Auffahren von Abbaustrecken die oberen Betriebspunkte schon mehr oder weniger erwärmte und verschlechterte Wetter zu erhalten pflegen. Schließlich fällt auch der in anderen Fällen erforderliche, für die Förderung lästige Verschuß am Fuße des Bremsberges fort.

Ähnlich ist die in Abb. 524 dargestellte Bewetterung einer Gruppe von Abbaustrecken. Jedoch ist hier auf Durchhiebe nicht gänzlich verzichtet. Die Wettertüren werden vor jeden vorletzten Durchhieb gestellt und daran die Luttenleitungen angeschlossen, während die verbrauchten Wetter durch die letzten Durchhiebe nach oben abziehen. Bei dieser Art

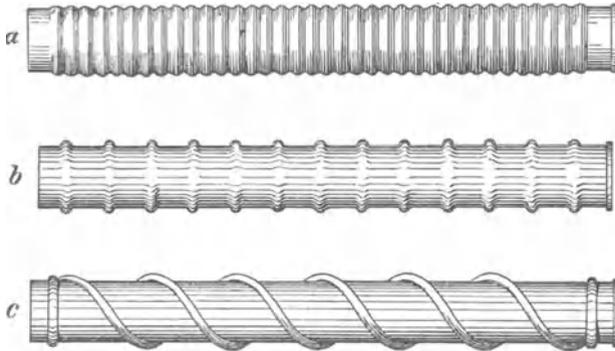


Abb. 525. Wetterlутten aus Wellblech, mit Einzelrippen und mit Wulstumwindungen.

der Bewetterung hat man ebenfalls die Vorteile der weitgehenden Teilung des Wetterstromes; die Abbaustrecken bilden aber nicht so lange Sackgassen, die im Falle eines Streckenbruches die Mannschaft gefährden, wie bei der ursprünglichen Meißnerschen Bewetterung.

**172. — Blechlutten.** Es gibt Lutten aus Eisen- und solche aus Zinkblech. Die ersteren sind, damit sie dem Roste und sauren Wassern besser widerstehen, gewöhnlich verzinkt. Die Blechstärke beträgt 1—1½ mm für enge Lutten (mit 25—35 cm Durchmesser) und 1½—2 mm für weite Lutten (mit 40—70 cm Durchmesser). Die Lutten aus Zinkblech sind teurer und nicht so widerstandsfähig wie gleich starke eiserne Lutten. Sie behalten aber nach Unbrauchbarwerden ihren verhältnismäßig hohen Metallwert, während demgegenüber der Schrotwert bei Eisenblechlutten gering ist.

Die Widerstandsfähigkeit der Lutten wird durch Wellrohrform (Abb. 525 a) ganz bedeutend erhöht. Insbesondere werden Zinkblechlutten häufig aus gewellten Blechen gefertigt. Leider lassen Wellblechlutten wegen der größeren Reibung, die der Luftstrom findet, sehr viel weniger Wetter durch. Nach den Versuchen von Uthemann<sup>1)</sup> wurden durch zwei gleich lange

<sup>1)</sup> Bericht über den VI. Allgem. Deutschen Bergmannstag in Hannover, 1895, S. 52.

Luttenleitungen von 105 m Länge und 35 cm lichter Weite mittels eines Ventilators die folgenden Wettermengen in einer Minute gesaugt:

bei einer Depression von mm Wassersäule	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
durch glatte Lutten: cbm	16,0	27,3	34,9	41,6	46,4	50,7	55,0	61,0	62,8	66,0
durch Wellblechlutten: „	11,1	14,4	19,0	20,7	23,4	26,4	28,1	30,1	33,1	34,8

Die Wellblechlutten besitzen einen drei bis viermal so hohen Widerstand wie glatte und lassen daher nur etwa die halbe Wettermenge durch.

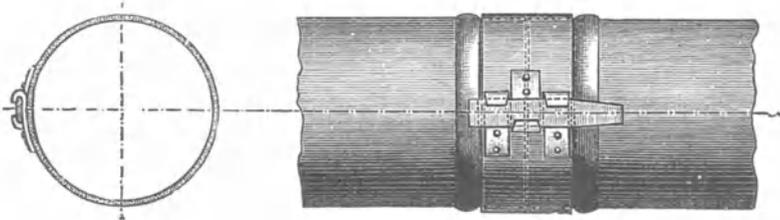


Abb. 526. Luttenverbindung mit Bandverschluß von Wirtz.

Lutten mit einzelnen Rippen (Abb. 525b) nehmen eine Mittelstellung zwischen glatten und gewellten Lutten ein. Glatte Lutten mit Wulstumbindungen (Abb. 525c) sollen die Vorzüge beider Luttenarten miteinander verbinden, die Wulste springen aber leicht ab.

Die Blechlutten werden in 2 m langen Stücken angeliefert und in der Grube zusammengebaut. In ganz geraden Strecken benutzt man auch wohl Stücke von 4 m Länge.

**173. — Die Verbindung der Blechlutten und die Wetterverluste.** Die Wetterdichtigkeit neuer Lutten hängt allein von den Luttenverbindungen ab.

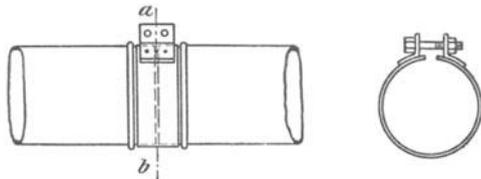


Abb. 527. Luttenverbindung mit Bandverschluß von Wülfel & Neuhaus.

Ursprünglich waren die sog. Muffenverbindungen die Regel. Bei diesen steckt man das eine, etwas zusammengezogene Ende der einen Lutte in eine schwach konische Erweiterung der nächsten. Die Verbindungsstelle wird mit einer Kittmischung verschmiert. Eine geeignete Mischung für solche Schmiermasse, die nicht hart und nicht rissig wird, setzt sich zusammen aus 2 Teilen Kolophonium, 5 Teilen Talg und 4 Teilen Kreide. Die Wetterverluste sind bei den Muffenverbindungen auch bei sorgfältiger Dichtung und dauernder Überwachung der Luttenleitung bedeutend und steigen bis auf 25—40 % je 100 m Leitungslänge. Das Auswechseln einzelner beschädigter Lutten in einer längeren Leitung ist wegen der erforderlichen Längsverschiebung der Leitung unbequem.

Eine große Verbreitung hat die Bandverbindung gefunden, die zuerst von Wirtz in Schalke eingeführt wurde und jetzt in den verschiedensten

Ausführungsformen in Gebrauch steht. Bei dem Bandverschlusse stoßen die stets gleich weiten Luttenden stumpf voreinander. Die Enden werden durch ein herumgelegtes, mit Segeltuch gefüttertes, federndes Eisenblechband miteinander verbunden, das durch Keile, Hebel oder Schrauben angezogen werden kann. Die Abbildungen 526 u. 527 zeigen Bandverbindungen mit Keil- und Schraubenanzug.

Die erzielbare Dichtigkeit ist wesentlich größer als bei den Muffenverbindungen, obwohl die Wetterverluste immer noch bedeutend sind. Sie betragen nach einer im Betriebe erfolgten Feststellung von Uthemann z. B. bei einer 500 m langen Luttenteilung 76 %, so daß auf je 100 m durchschnittlich 15 % entfielen.

Im übrigen sind die Bandverbindungen beim Einbau und Auswechseln

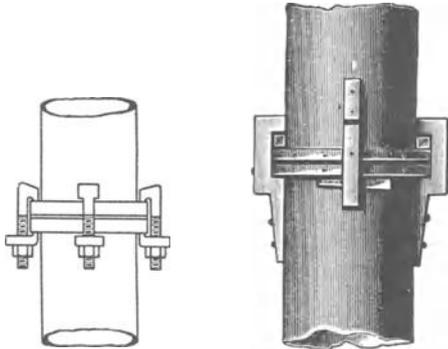


Abb. 528. Klauenverschluß von Würfel & Neuhaus.

Abb. 529. Klammerverschluß von Würfel & Neuhaus. (Das obere Luttende trägt eine Klammer, das untere deren drei.)

der Luttten handlich und bequem. Sie gestatten ebenso wie die Muffenverbindungen kleine Richtungsänderungen, so daß die Luttenteilungen sanfteren Streckenkrümmungen ohne Einschieben besonderer Stücke folgen können.

Die dichteste und haltbarste Luttenteilung ist jedoch die mittels Bunden und Flanschen oder mittels Bunden und Klauen oder Klammern.

Die Luttenteile tragen an den Enden einen abgedrehten Bund und werden nach Zwischenlegung eines Gummi- oder Pappinges mittels der lose aufsitzenden Flanschen (s. Abb. 530) ebenso wie Dampfleitungs- oder Berieselungsrohre zusammengeschraubt. Ohne Flanschen kann man die Bunde durch den Klauenverschluß (Abb. 528) von Würfel & Neuhaus zu Bochum sicher und fest zusammenziehen. Gut bewährt hat sich auch der Klammerverschluß (Abb. 529) derselben Firma. Bei diesem sind an den Luttenteilen abwechselnd je eine bzw. drei Klammern mit übergreifenden Fängern als Widerlager befestigt. Durch Eintreiben von Holzkeilen werden die Bunde gegeneinander gepreßt.

Die Dichtigkeit der Bundluttenteile hängt von der Sorgfalt ab, mit der man die Verbindungen herstellt. Es hält nicht schwer, bei neuen Luttenteilen eine fast völlig dichte Leitung zu erzielen. Auf Grube König im Saarrevier sind die Verluste nach Uthemann<sup>1)</sup> bei einer Leitungslänge von 565 m unter 10 % geblieben.

Die Bunde schützen auch die Enden vor Beschädigungen durch Stoß, so daß die Luttenteile dauerhafter sind und öfter verwandt werden können.

<sup>1)</sup> S. den auf S. 570 in Anm. <sup>1)</sup> angegebenen Bericht, S. 53.

Nachteile sind der höhere Preis der Lutten und der Umstand, daß sie nur ganz geradlinig verlegt werden können. Der letztere Nachteil kann jedoch dadurch vermieden werden, daß man einige, etwas schräg abgeschnittene Luttenstücke mit einbaut. Je nachdem man zwei solche Stücke aufeinander setzt, läuft die Leitung entweder geradlinig oder unter einem von dem Maße der Verdrehung abhängigen Winkel weiter (Abb. 530).

Lutten mit Bundverbindungen kommen bei bedeutenden Entfernungen in erster Linie in Betracht, weil man nur bei ihnen die Sicherheit hat, die beabsichtigte Wettermenge tatsächlich bis vor Ort zu bringen.

In stärkeren Streckenkrümmungen sind in die Luttenleitungen Krümmmer einzuschalten, die am besten gleichmäßig gebogen sind. Da sich diese schwer herstellen lassen, lötet man sie in der Regel aus einzelnen geraden, aber schräg abgeschnittenen Stücken zusammen (Abb. 531).

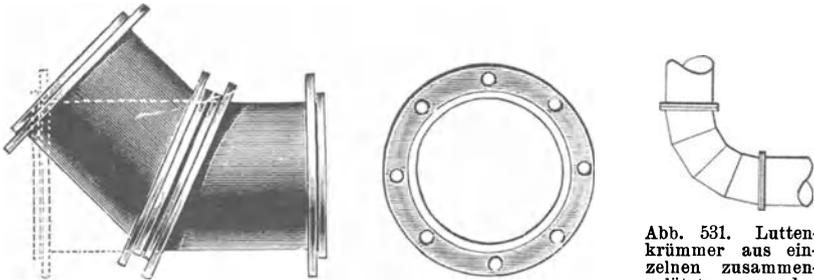


Abb. 530. Winkelstücke für Flanschlutten (von Wirtz).

Abb. 531. Luttenkrümmmer aus einzelnen zusammen gelöteten, geraden Stücken bestehend.

**174. — Wetterlutten aus Segelleinen.** Wetterlutten aus Segelleinen werden in Durchmessern von 250—750 mm gefertigt und durch Stahlringe, die in Abständen von 300—400 mm eingenäht werden, versteift. Sie lassen sich zusammenfalten und so leicht aufbewahren und gut befördern; auch sind sie durch Aufhängen an den Kappen der Zimmerung leicht anzubringen, so daß sie schnell eingebaut werden können. Da sie aber dem Luftstrom wegen der Rauheit der Wände und des unregelmäßigen Querschnitts einen großen Widerstand bieten, sind sie nur für kurze Entfernungen geeignet. Wegen der leichten Verlegbarkeit werden sie namentlich als das letzte Ende einer längeren Leitung aus Blechlutten gern benutzt. Sie werden dann während der Arbeit bis unmittelbar vor Ort geführt, beim Schießen aber zurückgeschoben. Das Ende kann mit einer Zugvorrichtung ausgerüstet sein, die ein Vorziehen aus der Entfernung sofort nach dem Schießen gestattet.

**175. — Papp- und Holzlutten.** Die Firma Kruskopf in Dortmund liefert Lutten aus Pappstoff, die sich durch ihre Leichtigkeit auszeichnen (Leichtlutten). Löcher können durch aufgenagelte Lappen geflickt werden. Sie bewähren sich in trockenen Strecken, sind aber bei Feuchtigkeit nicht genügend widerstandsfähig.

Holzlutten aus zusammengenagelten Brettern haben den Vorzug, daß sie auf jeder Grube schnell hergestellt werden können. Im übrigen sind sie aber schwer und unhandlich. Sie faulen leicht und besitzen einen für den

Wetterstrom ungünstigen Querschnitt und rauhe Wandungen, so daß sie auf größere Längen kaum gebraucht werden. Krümmer lassen sich bei ihnen nur scharfeckig herstellen. Immerhin verwendet man auf nordfranzösischen Gruben mit Vorteil hölzerne Lutten von sehr großem Querschnitt, nämlich von 1,5:0,75 und 1,0:0,75 m. Diese Lutten werden erst unter Tage aus den einzelnen Wandstücken zusammengebaut. Die angewandte Brettstärke ist 25 mm; die Bretter sind mit Nut und Feder zusammengefügt. Einzelne Verstärkungsleisten umfassen die gebildeten Kästen. Man erhält so sehr große Luttenquerschnitte, mittels deren man bei geringer Depression große Wettermengen weit ins Feld bringen kann. Für solche großen, kastenförmigen Lutten wird wenig druckhaftes Gebirge die Vorbedingung sein, weil sonst die Streckenquerschnitte nicht ausreichen.

**176. — Blasende und saugende Luttenbewetterung.** Bei jeder Luttenbewetterung — sowohl derjenigen mit Selbstzug, als derjenigen, die sich einer besonderen Kraftquelle zur Bewegung der Wetter bedient — unterscheidet man blasende oder saugende Bewetterung, je nachdem die Lutte die Wetter vor Ort bläst oder von dort absaugt (Abb. 532).

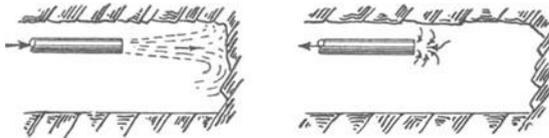


Abb. 532. Wirkung der blasenden und saugenden Luttenbewetterung.

Die blasende Bewetterung hat den großen Vorzug, daß der Arbeitspunkt kräftiger mit dem frischen Wetterstrom bespült und von Schlagwetteransammlungen befreit wird. Der aus den Lutten austretende Luftstrom hält zunächst ähnlich wie ein Wasserstrahl zusammen. Der Luftstrahl bläst bis vor Ort und vertreibt dort etwaige schädliche Gase, selbst wenn das Luttenende mehrere Meter, ja 8 oder 10 m weit zurückliegt. Anders ist dies bei der saugenden Bewetterung, wo sich die Saugwirkung nur in der unmittelbaren Nähe des Luttenendes bemerkbar macht. Einige Meter weiter sammeln sich vielleicht Schlagwetter an, die nahezu unbewegt stehen bleiben können.

Bei der Sonderbewetterung mit Luft- oder Wasserstrahldüse spricht noch zugunsten der blasenden Bewetterung, daß die kühlende Wirkung der sich entspannenden Preßluft oder des Wassers dem Betriebspunkte zugute kommt. Lutten mit Wärmeschutz (s. Ziff. 8, S. 444) arbeiten blasend.

Dagegen wird als Nachteil der blasenden Bewetterung geltend gemacht, daß vom Arbeitspunkte her die mit Grubengas angereicherte Luft durch die Strecke selbst wieder zurück muß und so auf der ganzen Streckenlänge unter Umständen gefährliche Verhältnisse schafft. Es kann dies namentlich bei schwebenden Strecken lästig sein, weil das leichte Grubengas schwer zum Abwärtsziehen zu bewegen ist und leicht hinter Kappen und an sonst vor dem Wetterzuge geschützten Stellen stehen bleibt. Diese Bedenken sind besonders dann zu beachten, wenn es sich um die Einleitung der Bewetterung eines aus irgendeinem Grunde völlig mit Grubengas erfüllten Ortes handelt. Hier ist also die saugende Bewetterung besser.

Auch in langen Querschlägen, in denen viel geschossen werden muß, wird häufig saugende Bewetterung vorgezogen, weil bei ihr die Sprenggase abgesaugt werden, während sie sich bei blasender Bewetterung über die ganze Querschlagslänge verteilen.

Im allgemeinen erscheint blasende Bewetterung zweckmäßiger; auch wird sie tatsächlich häufiger angewandt.

### 5. Sonderbewetterung.

**177. — Vorbemerkung.** Eine gewisse Sonderbewetterung ergibt sich bereits, wenn man aus den Preßluftleitungen zur Bewetterung eines Ortes Preßluft ausströmen läßt. Ein solches Verfahren kann wohl zur Unterstützung der gewöhnlichen Bewetterung sofort nach dem Schießen angebracht sein, damit die Belegschaft möglichst bald den Arbeitsort wieder betreten kann. Die dauernde Bewetterung durch Preßluft aber ist im höchsten Maße unwirtschaftlich und wird in ausreichender Weise in der Regel unmöglich sein. Läßt man nur 15 cbm minutlich ausblasen, so sind das stündlich bereits 900 cbm, deren Verdichtung mittels des Kompressors auf 5 Atm. eine Arbeitsleistung von 90—100 PS erfordert.

**178. — Wesen und Anordnung der Sonderbewetterung.** Die übliche Art der Sonderbewetterung bedient sich der Lutten. Der Wetterzug in diesen wird aber nicht wie bei der Luttenbewetterung mit Selbstzug durch die in der Grube herrschenden Druckverhältnisse, also nicht durch den Hauptventilator, sondern durch örtliche, besondere Mittel erzeugt. Aus dem Hauptwetterstrome schaltet man nämlich einzelne, in der Regel mit schwierigen Widerstandsverhältnissen behaftete Teile aus, indem man für diese einen neuen Antrieb schafft.

Man kann zum Vergleiche etwa die Verhältnisse eines Flusses heranziehen, der ein benachbartes Wiesengelände bewässern soll. Zwei Wege kann man hierfür einschlagen: Entweder staut man den Fluß selbst bis zu einer Höhe an, daß er die Wiesen überschwemmt, oder aber man hebt durch ein besonderes Pumpwerk nur soviel Wasser aus dem Flusse auf die Höhe der zu bewässernden Grundstücke, wie gebraucht wird. Auch im Falle der Grubenbewetterung kann man die Depression oder Kompression soweit steigern, daß alle Teile des Grubengebäudes vom Hauptstrome bewettert werden. Häufig ist es aber richtiger, nicht den gesamten Wetterstrom anzustauen, sondern statt dessen für einen geringen Teil des Stromes den Unter- oder Überdruck künstlich zu erhöhen, indem man gleichsam als Pumpwerke die Sonderbewetterungseinrichtungen einbaut.

Da man hierbei keiner Stauwerke bedarf, entfällt die Notwendigkeit, Wetterdämme und Wettertüren vorzusehen, wie sie bei der Luttenbewetterung mit Selbstzug unbedingt notwendig sind. Nur dafür muß man Vorsorge treffen, daß die aus dem zu bewetternden Orte abströmenden Wetter sich nicht im Kreislaufe mit der von der Luttenleitung angesaugten Luft mischen können. Die Ansaugstelle muß im frischen Strome — genügend weit vor dem Austritt der verbrauchten Wetter — liegen (Abb. 533).

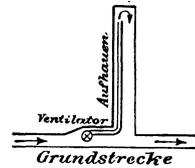


Abb. 533. Anschluß der Sonderbewetterung an den Hauptstrom.

Daß durch die Sonderbewetterung der Wetterstrom verkürzt und entlastet wird, ist auch bereits auf S. 557 gesagt und ebenda durch Abb. 500 veranschaulicht.

Als Antriebskräfte für die Sonderbewetterung benutzt man Druckwasser, Preßluft, Elektrizität oder mangels solcher Kraftübertragungen auch Menschenkraft, als Vorrichtungen für die Erzeugung der Wetterbewegung selbst Strahldüsen oder Ventilatoren.

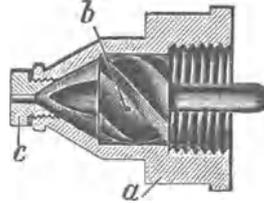


Abb. 534. Strahldüse in einer Lutte.

Abb. 535. Westfalia-Streudüse.

**179. — Strahldüsen.** Ausgezeichnet durch ihre Einfachheit sind die Strahldüsen für Druckwasser- und Preßluftbetrieb (Abb. 534), die aus einem zu einer kleinen Öffnung von 1—5 mm Durchmesser zusammengezogenen Gasröhrchen bestehen. Die teuren Rotgußdüsen sind seltener. Bei gleicher Leistungsfähigkeit kommt Preßluft als Betriebsmittel etwa  $2\frac{1}{2}$  mal so teuer zu stehen wie Druckwasser<sup>1)</sup>. Deshalb sind seit Einführung der Berieselung Wasserstrahldüsen zu einem ganz allgemein gebrauchten Hilfsmittel für die Sonderbewetterung geworden. — Empfehlenswert sind die das Wasser zerstäubenden Streudüsen der Westfalia A.-G. zu Gelsenkirchen (Abb. 535).

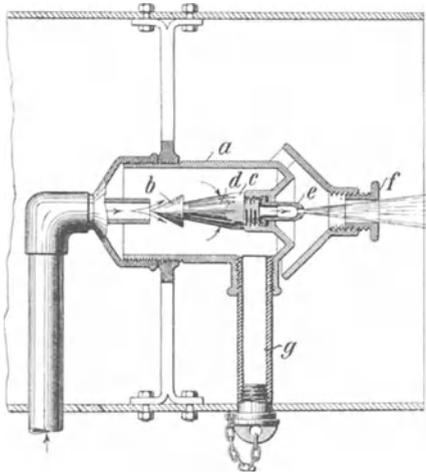


Abb 536.  
Höing'sche Strahldüse.

Für Druckluftbetrieb haben sich u. a. die Strahldüsen von Rud. Höing in Essen (Abb. 536) gut bewährt. Bei ihnen ist einer Verstopfung durch mitgerissene Rostteilchen dadurch vorgebeugt, daß die Preßluft zunächst in den erweiterten Hohlzylinder *a*

tritt, wo Schmutzteilchen infolge Anpralls gegen den Kegel *b* und die Zylinderwände niederfallen. Sodann gelangt die Preßluft über sehr schmale, in den Hohlkegel *c* geschnittene Schlitze *d* zur Düse *e*, die aus gehärtetem Stahl besteht. Der eigentlichen Düse ist ein Stelling *f* vor-

<sup>1)</sup> Glückauf 1901, Nr. 46, S. 993; Brandt: Beschreibung und Vergleich der im westfälischen Steinkohlenbergbau gebräuchlichsten Sonderbewetterungseinrichtungen.

geschaltet, der die günstigste Strahlwirkung einzustellen gestattet. *g* ist der Reinigungstutzen.

Der Wirkungsgrad der Düsen hängt sehr davon ab, daß der Strahlkegel genau in der Luttenmitte und in der Achsrichtung austritt und nicht zu früh oder zu spät die Wandungen erreicht. Auf eine sorgsame Verlagerung des Strahlrohres an der Eintrittsstelle in die Luttenleitung ist deshalb zu achten, auch auf eine gute Abdichtung und die Möglichkeit einer bequemen Beobach-

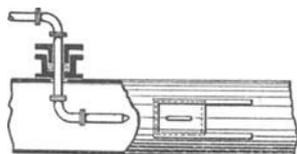


Abb. 537. Zweckmäßige Verlagerungen des Strahlrohres in der Luttenleitung.

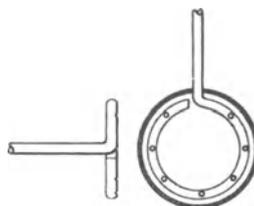


Abb. 538. Ringdüse.

tung ist Wert zu legen. Die Abbildungen 537 u. 538 zeigen empfehlenswerte Bauarten, deren Einzelheiten ohne weiteres verständlich sind.

Es gibt auch mehrstrahlige Düseneinrichtungen, von denen nur die auf Zeche Kaiserstuhl gebrauchte Ringdüse (Abb. 539) genannt sein mag. Die einzelnen Strahlen erhalten eine etwas nach der Mitte geneigte Richtung. Der Wasserverbrauch ist größer und die Wirkung kräftiger als bei der einfachen Strahldüse.

Der Wirkungsgrad dieser einfachen Strahldüsen ist allerdings niedrig und wird kaum mehr als 4—7 % betragen. Dafür sind aber Anlage- und Unterhaltungskosten sehr

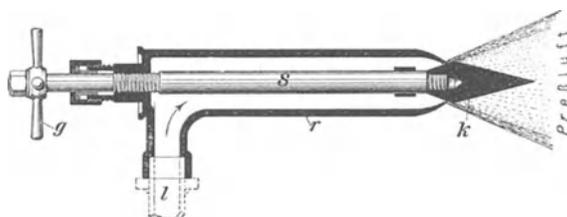


Abb. 540. Mantel-Strahldüse.

gering. Die erzielbaren Depressionen oder Kompressionen betragen in Lutten von 300—400 mm Durchmesser 2—10 mm Wassersäule.

Einen etwas besseren Wirkungsgrad besitzen die sog. Mantel-Strahldüsen, die auf Zeche Concordia zuerst eingeführt wurden (Abb. 540). Das Mundstück der Düse *r* ist durch einen Doppelkegel *k* verschlossen. Durch Drehung der Spindel *s* mittels des Griffes *g* kann ein ringförmiger, feiner Austrittspalt eingestellt werden, durch den die bei *l* eintretende Prebluft der Fläche des Verschlusskegels entsprechend in Kegelmantelform austritt. Bei dieser Düse kommt die sonst im Innern eines gewöhnlichen Prebluftstrahles austretende, unwirksame Luftmenge in Fortfall, so daß sich eine höhere Leistung ergibt<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Glückauf 1912, Nr. 32, S. 1277; Döbelstein: Versuche mit Druckluftstrahlapparaten usw.

Um bei längeren Leitungen größere Über- und Unterdrücke erzeugen zu können, kann man sich besonders hergestellter Strahlgebläse von Gebrüder Körting zu Hannover bedienen, bei denen durch den Einbau von Leitdüsen eine Wirbelbildung der mitgerissenen Luft vermieden werden soll (siehe auch Abb. 480 auf S. 541). Eine vereinfachte Form zeigt Abb. 541<sup>1)</sup>. Das Luttenpaßstück *a* ist auf beiden Seiten durch die Blindflanschen *b* und *c* abgeschlossen, die in entsprechenden Ausdrehungen die als Diffusoren wirkenden, doppelkegelförmigen Rohre *d* tragen. Auf der einen Seite des Luttenpaßstückes ist das zweite Paßstück *e* angeschraubt, das die Druckmittelzuführung *f*

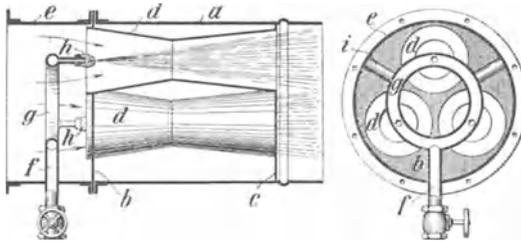


Abb. 541.  
Dreifaches Strahlgebläse mit Diffusoren-Anordnung.

mit der Ringleitung *g* und die der Diffusoren-anordnung entsprechend verteilten Düsen *h* enthält. Die Stützen *i* halten die Ringleitung in der richtigen Lage.

Einfacher ist es, zur Erzielung größerer Drücke in gewissen Abständen voneinander mehrere gewöhnliche

oder Mantel-Strahldüsen in die Luttenleitung einzubauen. Auf diese Weise gelingt es häufig, mit einfachen Düsen die erforderliche Wettermenge 1000 m und weiter durch die Luttenleitung zu treiben. Dabei kann man sich allerdings, wenn die Lutten nicht dicht sind, leicht über die tatsächlich bis vor Ort gebrachte Menge frischer Wetter täuschen. Eine jede Düse erzeugt in der Leitung vor sich einen Über- und hinter sich einen Unterdruck (Abb. 542). In denjenigen Teilen der Leitung, wo Überdruck herrscht, wird durch etwaige Undichtigkeiten der Luttenverbindungen Luft nach

Abb. 542. Wirkung mehrerer Strahldüsen in einer langen-Luttenleitung.

außen treten, während die Leitung da, wo Unterdruck vorhanden ist, Luft aus der Strecke ansaugen wird. Auf diese Weise kann also eine der Luftmenge nach reichlich erscheinende Bewetterung wegen der Beschaffenheit der Wetter unzulänglich sein, da je nach der Größe der vorhandenen Undichtigkeiten mehr oder weniger große Mengen bereits verbrauchter Wetter wieder vor Ort gelangen können.

**180. — Luttenventilatoren.** An Stelle der Strahldüsen wendet man, wenn größere Wettermengen durch längere Luttenleitungen befördert werden sollen, die sog. Luttenventilatoren an. Es sind dies Ventilatoren mit einem der Luttenweite etwa entsprechenden Durchmesser, die mit ihrem elektrischen oder Preßluftantrieb unmittelbar in der Luttenleitung selbst

<sup>1)</sup> Glückauf 1922, Nr. 34, S. 1025 u. f.; Berckhoff: Die Sonderbewetterung mit Strahlgebläsen.

untergebracht werden. Meist benutzt man als Ventilatoren Schraubenräder (s. Ziff. 121), die einfach (Abb. 543) oder doppelt (Abb. 544) vorhanden sein können und in letzterem Falle beiderseits des antreibenden Motors angeordnet werden. Zum Geraderichten des Luftstromes können Leitbleche *c* (Abb. 544) eingebaut sein. Abb. 545 zeigt im Quer- und Längsschnitt den Luttventilator der Westfalia A. G. zu Gelsenkirchen, der die Eigentümlichkeit besitzt, daß dem Schraubenrade *a* eine in der Luttlenleitung fest angebrachte, die Nabe und den Motor deckende Haube *b* mit Leitblechen *c* vorgeschaltet ist. Die Schaulinien in Abb. 546 geben die damit erzielbaren Wetterleistungen, Druckhöhen, (Depressionen oder Kompressionen) und ferner den jeweiligen Preßluftverbrauch nach Feststellungen der liefernden Firma an.

An dieser Stelle sei auch auf das schon in Ziff. 121 S. 524 erwähnte Schlottergebläse, das hauptsächlich als Luttventilator benutzt wird, nochmals hingewiesen.

Die A. E.-G. benutzt als Luttventilatoren sehr gedrängt gebaute Schleuderräder (Abb. 547), bei denen der Luftstrom durch den Einlauf-

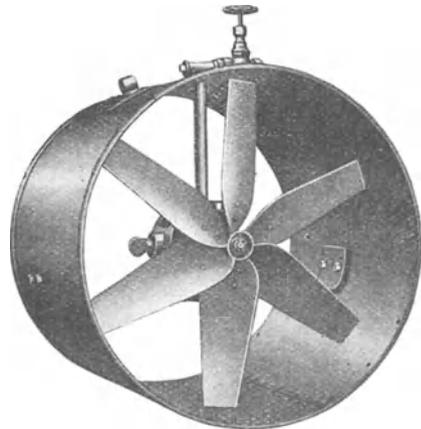


Abb. 543. Luttventilator mit Preßluftantrieb von H. Korfmann in Witten.

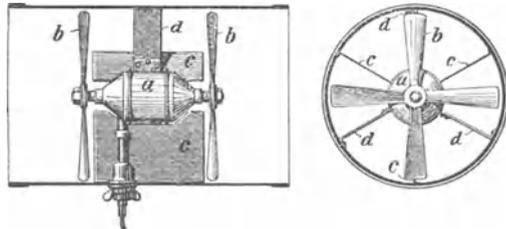


Abb. 544. Luttventilator mit elektrischem Antrieb.

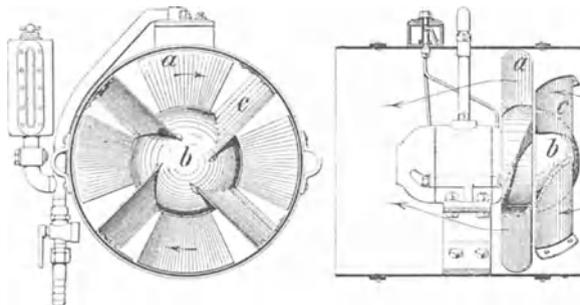


Abb. 545. Westfalia-Luttventilator.

kegel *a* um 90° abgelenkt, sodann von den kurzen Schaufeln *b* erfaßt und herumgeschleudert wird und über den spiralförmigen Auslaufraum *c* und den

sichelförmigen Ausschnitt *d* in der Seitenwand *e* in die Lutte übertritt. Diese von der A. E.-G. als Achsialgebläse bezeichneten Ventilatoren besitzen gegenüber den Schraubenrädern den Vorteil, daß sie höhere Drücke zu er-

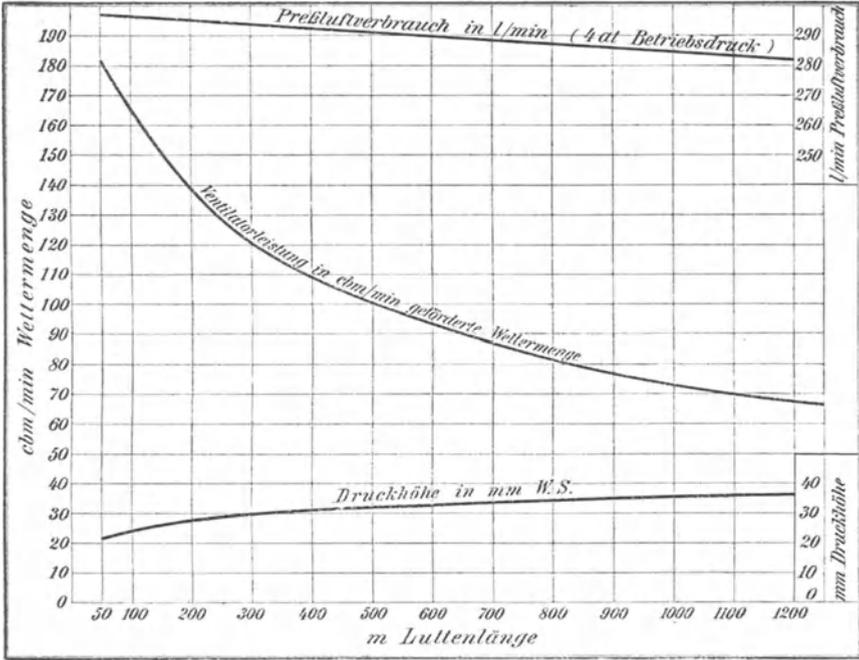


Abb. 546. Preiluftverbrauch, Wetterleistungen und Druckhöhen des Westfalia-Luttenventilators.

zeugen vermögen und einen besseren Wirkungsgrad besitzen, während sie ihnen im übrigen an Einfachheit nachstehen.

Insoweit elektrischer Strom zur Verfügung steht, wird man als Antrieb den Elektromotor bevorzugen.

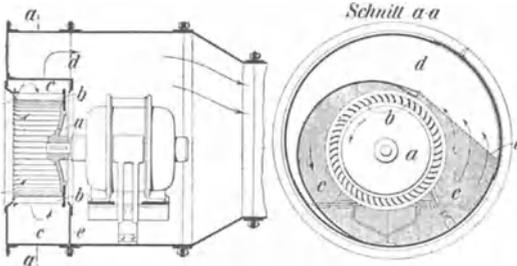


Abb 547. Achsialgebläse der A. E.-G.

Für Preiluftantrieb benutzt man mit gutem Erfolge Drehkolbenmaschinen etwa in der Art, wie sie auf S. 166 beschrieben und durch Abb. 159 erläutert sind. Gegenüber den Elektromotoren besitzen sie den Vorteil, daß sie auf den Wetterstrom kühlend wirken. Die Einfach-

heit des Einbaues und der den Strahldüsen überlegene Wirkungsgrad haben die Luttenventilatoren schnell beliebt gemacht. Freilich bedürfen die ständig ohne besondere Wartung laufenden Motoren sorgsamer Aufsicht und Pflege.

**181. — Streckenventilatoren.** Die außerhalb der Luttenleitung in der Strecke fest aufgestellten Schleuderräder, die mit Hand, mit Druckwasser, Preßluft oder auch elektrisch angetrieben werden können, pflegt man als Streckenventilatoren zu bezeichnen. Sie sind nach Art der Zentrifugalventilatoren (s. Ziff. 122) gebaut, und es gelten für sie die gleichen Gesetze und Regeln. Der gesamte Wirkungsgrad wird allerdings nur auf etwa 30—50 % einzuschätzen sein. Die von solchen Ventilatoren erzeugten Unter- oder Überdrücke steigen bis 100 mm Wassersäule und darüber.

Der Antrieb des Ventilators mit Hand ist teuer und unzuverlässig und sollte nur unter Bedingungen, die eine regelmäßige Bedienung möglichst sicherstellen, gestattet werden.

Kann man Druckwasser benutzen, so verwendet man zum Antriebe kleine Turbinen oder Peltonräder. Für Preßluft gebraucht man kleine Zylindermaschinen, während ein elektrisches Stromnetz die Verwendung von Elektromotoren gestattet. Der Umdrehungszahl des Ventilators mit etwa 750—1000 in der Minute passen sich am besten Elektromotoren und Turbinen oder Peltonräder an, weshalb diese unmittelbar gekuppelt sein können. Die Umdrehungszahl einer Preßluftzylindermaschine mit 200—300 minutlich pflegt für den Ventilator zu niedrig zu sein, so daß man gewöhnlich Kraftübertragungen ins Schnelle anwendet.

Die Abbildungen 548 und 549 zeigen in der Ansicht Streckenventilatoren mit verschiedenem Antrieb.

**182. — Sonderbewetterung der Aufbrüche.** Schwieriger als bei Streckenbetrieben liegen die Bewetterungsverhältnisse bei seigeren Aufbrüchen. Die Anwendung des Begleitortbetriebes und des Breitauffahrens kommt hier nicht in Frage. Wetterscheider sind möglich, aber teuer und wegen der Notwendigkeit, den Durchgangstrom umzuleiten, schwierig herzustellen. Es bleibt also in der Regel nur die Sonderbewetterung als Hilfs-

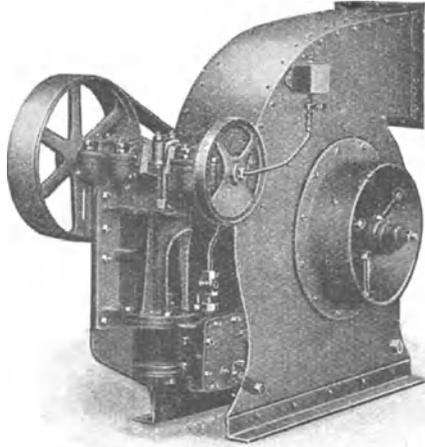


Abb. 548. Streckenventilator mit Preßluft-Zylindermaschine von Frölich & Klüpfel.

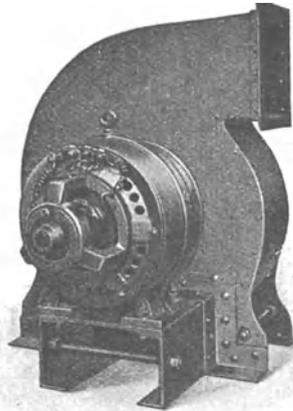


Abb. 549. Streckenventilator mit Elektromotor von Frölich & Klüpfel.

mittel übrig. An ihre Leistungsfähigkeit werden aber besonders hohe Anforderungen gestellt. Die wegen der Notwendigkeit zahlreicher schwerer Schüsse in großer Menge entstehenden, heißen Sprenggase müssen abwärts abgesaugt werden; beim Antreffen von Flözen sind außerdem das Auftreten von Schlagwettern und die Bildung von Kohlenstaub eine häufige Erscheinung. Auch in steilen Aufhauen treten diese Schwierigkeiten, wenn auch in vermindertem Maße, auf.

Wo es angängig ist, sucht man durch Vorbohren (s. S. 126 u. f., Ziff. 57—61) die Wetterführung zu erleichtern. Im übrigen richtet man die Sonderbewette-

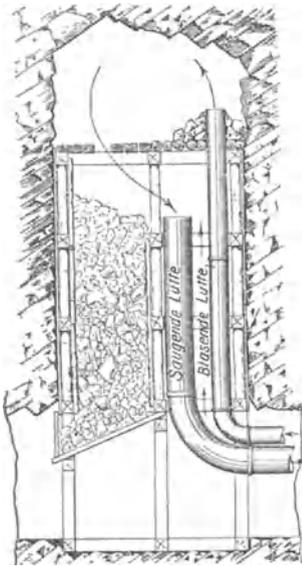


Abb. 550. Saugende und blasende Luttengewitterung in einem Aufbruche.

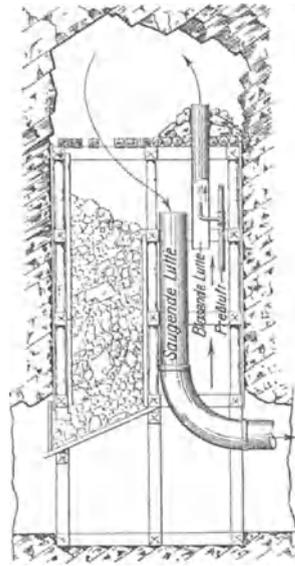


Abb. 551. Saugende Luttengewitterung mit blasendem Luttenteil in einem Aufbruche.

rung vielfach unter Anwendung von zwei Luttensträngen nach Abb. 550 zugleich saugend und blasend ein, wobei die saugende Bewetterung stärker als die blasende ist, damit nicht allein die blasend zugeführten, sondern auch die im Aufbruchquerschnitt aufsteigenden Wetter nebst den Sprenggasen und etwaigen Schlagwettern abgesaugt werden können. Man sucht also die Vorteile der saugenden und der blasenden Bewetterung zu vereinen. Auf dichte Luttverbindungen ist in solchen Fällen besonders zu achten. Unter Umständen kann an Stelle des blasenden Luttens ein kürzeres Luttenteil mit Düse (Abb. 551) genügen. Namentlich bei beengten räumlichen Verhältnissen macht man hiervon gern Gebrauch.

**183. — Rückblick und Schlußbetrachtung.** Da für genauere Vergleichsversuche mit Preßluft-Strahldüsen der Begriff des mechanischen Wirkungsgrades (s. Ziff. 132) nicht verwendbar ist, weil die der Düse zugeführte Arbeit nicht einfach in mkg ausgedrückt werden kann, hat man vor-

geschlagen<sup>1)</sup>, zum Vergleiche von Preßluft-Strahldüsen unter sich und mit Druckluftmotoren von dem isothermischen Arbeitsvermögen der verbrauchten Druckluft auszugehen, das deren Arbeitsinhalt angibt, wenn sie vollständig und ohne Abkühlung sich entspannt. Danach benennt man das Verhältnis der Bewetterungsarbeit ( $V \cdot h$ ) zum isothermischen Arbeitsvermögen der jeweilig verbrauchten Druckluft den isothermischen Wirkungsgrad. Dieser liegt bei Strahldüsen und Druckluftmotoren für die Sonderbewetterung infolge der unwirtschaftlichen Arbeitsweise der Druckluft sehr tief, etwa zwischen 5 und 12%. Der zeichnerische Verlauf der Kurve entspricht grundsätzlich demjenigen der Kurven des mechanischen Wirkungsgrades.

Einen ungefähren Überblick über die Leistungen der Strahldüsen und Streckenventilatoren im Verhältnis zueinander mag die folgende Zusammenstellung geben<sup>1)</sup>.

	Mittlerer Preßluft- Überdruck at	Preßluft- verbrauch l/min	Luttenlänge bei dem Versuche m	Wettermenge cbm/min	Isothermischer Wirkungsgrad %
Mantel-Strahldüse .	3,19	22,23	6,5	97,6	5,4
Körtings Strahl- gebläse . . . . .	3,00	18,6	6,5	106,93	8,0
Streckenventilator von Korfmann .	3,03	16,8	6,5	120,1	11,3
Streckenventilator von Frölich & Klüpfel . . . . .	3,07	16,7	6,5	116,2	11,4

Wo Preßluft oder Druckwasser vorhanden ist, wird die Sonderbewetterung gewöhnlich billiger als der Betrieb mit Wetterscheidern oder Begleitstrecken zu stehen kommen. Uthemann<sup>2)</sup> hat berechnet, daß die Betriebs- und Unterhaltungskosten einer Luttenbewetterung auf Grube Reden bei Saarbrücken 1 m der aufzufahrenden Strecke bei angeschlossenem Sonderventilator mit durchschnittlich 4  $\mathcal{M}$ , bei Verwendung einer Strahldüse mit Druckwasserbetrieb mit durchschnittlich nur 2  $\mathcal{M}$  belasteten, während er den Betrieb mit Wetterscheidern auf rund 10  $\mathcal{M}$  und den Begleitstreckenbetrieb auf 10—30  $\mathcal{M}$  je m veranschlagt. Die Sonderbewetterung erleichtert die Hauptbewetterung der Grube und entlastet den Ventilator. Dabei vermeidet sie die Nachteile, die dem Begleitstreckenbetriebe anhaften, beschleunigt insbesondere den Ortsbetrieb und führt schneller und sicherer zum Ziele. Außerdem macht sie die für die Luttenbewetterung mit Selbstzug erforderlichen, die Förderung behindernden und sorgfältig zu überwachenden Wettertüren entbehrlich.

## 6. Besondere Hilfsmittel bei der Bewetterung der Betriebe.

184. — Einzelne Anordnungen. Zur Beschleunigung des Wetterzuges läßt man wohl in der Strecke Preßluft- oder Druckwasserstrahldüsen

<sup>1)</sup> Glückauf 1922, Nr. 3, S. 77; Pocher: Leistungsfähigkeit von Düsen und Luttenventilatoren.

<sup>2)</sup> S. den auf S. 570 in Anm. <sup>1)</sup> angegebenen Bericht.

unmittelbar in der Stromrichtung ausblasen. Man sucht auch die Strahlwirkung dadurch zu erhöhen, daß man den Luft- oder Wasserstrahl nicht frei in der Strecke, sondern in einer darin aufgehängten Lutte wirken läßt (Abb. 552). Die Nutzwirkung solcher Mittel wird freilich nur gering sein. Immerhin können sie bei einmal vorhandenen Einrichtungen über Schwierigkeiten hinweghelfen und vielleicht die Erreichung eines Durchschlages ermöglichen.

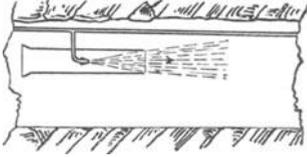


Abb. 552. Beschleunigung des Wetterzuges durch Strahldüse mit Lutte.

Bei lebhaftem Wetterzuge in einer Strecke kann man Abzweigungen von dieser manchmal dadurch bewettern, daß man die Stoßkraft des Wetterstromes ausnutzt. Man kann z. B. nach Abb. 553 die Zweigstrecke mit

Wetterscheider versehen und eine anschließende Zunge derart in die Hauptstrecke einbauen, daß die Wetter davor stoßen. Hierdurch kann man, zumal auch noch die Saugwirkung des Wetterstroms an der anderen Seite hilft, leicht eine ausreichende, allerdings mit der Länge der Strecke ständig abnehmende Bewetterung der Zweigstrecke erreichen, ohne daß die Förderung in der

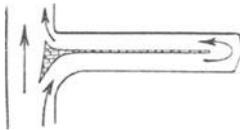


Abb. 553.

Ausnutzung der Stoßkraft des Wetterstromes.

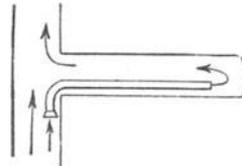


Abb. 554.

Hauptstrecke durch Einbauen von Wettertüren behindert wird. Ganz ähnlich in der Wirkung verhält sich eine in die Zweigstrecke eingebaute Luttenleitung, deren umgebogenes Endstück dem Wetterstrom in der Hauptstrecke entgegengerichtet ist (Abb. 554).

## VI. Das tragbare Geleuchte des Bergmanns.

### A. Offene Lampen.

185. — Öllampen. Auf schlagwetterfreien Gruben stand früher fast ausschließlich die offene Rüböllampe in Anwendung. Das Öl wird entweder rein oder mit Petroleum bis höchstens zur Hälfte gemischt angewandt. Ein größerer Petroleumzusatz, der mit Rücksicht auf die Kosten (Rüböl kostet etwa viermal soviel wie Petroleum) erwünscht wäre, läßt die Flamme stark rauchen. Aus diesem Grunde ist auch der Brand reinen Petroleums bei offenen Lampen nicht angängig.

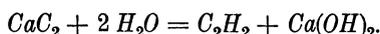
Die Abbildungen 555 und 556 zeigen die gewöhnlichsten Formen der offenen Öllampe.

Die Leuchtkraft solcher Lampen beträgt etwa 1,4 NK. Sie zeichnen sich durch außerordentliche Einfachheit und Billigkeit in der Anschaffung

aus. Dagegen sind die Kosten für den Ölverbrauch verhältnismäßig hoch und auf etwa 10—15 ₰ je Schicht zu schätzen.

**186. — Azetylenlampen. Allgemeines.** An Stelle der Öllampen haben sich auf schlagwetterfreien Gruben fast allgemein Azetylenlampen eingebürgert, bei denen das Azetylen in der Lampe selbst erzeugt wird.

Azetylen ( $C_2H_2$ ) ist ein aus der Einwirkung von Wasser auf Kalziumkarbid ( $CaC_2$ ) unter Wärmeentwicklung entstehendes Gas. Die Umsetzung bei der Bildung verläuft nach der folgenden Formel:



Der Karbidverbrauch in der 8 stündigen Schicht beträgt etwa 100 g.

Die Billigkeit der Herstellung und die un- gemein hohe Leuchtkraft machen das Azetylen für Beleuchtungszwecke besonders geeignet. Die Kosten für Karbid betragen nicht einmal die Hälfte derjenigen des Ölbrandes, dabei ist die Leuchtkraft der Azetylenlampe drei- bis viermal höher als die der Öllampe einzuschätzen. Vorteile dieser Beleuchtungsart sind ferner große Sauberkeit und gute Betriebsicherheit. Freilich sind die Anschaffungskosten der Azetylenlampen höher, auch bedürfen sie einer sorgfältigeren Überwachung und Instandhaltung.

Die Azetylenflamme brennt selbst in matten Wettern gut, was freilich nicht in allen Fällen als Vorteil anzusehen ist. Denn sie warnt nicht in gleicher Weise sicher wie Öl- oder Benzinlampen, so daß Verunglückungen durch Erstickung nicht ausgeschlossen erscheinen. Gegebenenfalls wird man, ähnlich wie dies beim Gebrauche elektrischer Lampen erforderlich ist, neben den Azetylenlampen noch eine andere Lampe für Warnzwecke gleichzeitig verwenden müssen. Ein zweifelloser Vorteil ist es dagegen, daß die Azetylenlampen überhaupt schwer verlöschen und namentlich einem starken Wetterzuge gut widerstehen.

**187. — Lampe von Seippel.** Azetylenlampen werden vielfach, unter anderen von Friemann & Wolf zu Zwickau, Seippel zu Bochum, von der Gewerkschaft Carl zu Bochum, angefertigt. Die Ausführungen sind sich mehr oder weniger ähnlich.

Bauart und Wirkungsweise mögen an der Seippelschen Lampe (Abb. 557) erläutert werden. Der Lampentopf *B* dient zur Aufnahme des zu einer Patrone zusammengepreßten oder losen Kalziumkarbids *K* und damit gleichzeitig als Gaserzeugungsraum. Dem Topfe ist der Wasserbehälter *A* aufgesetzt und mit ihm durch die Stange *D* und Flügelschraube *H* in Verbindung gebracht. *J* ist der Brenner, *R* der Leuchtschirm und *G* die Verschlussschraube für die Füllöffnung. Die Schraube *E* regelt den Wasser-

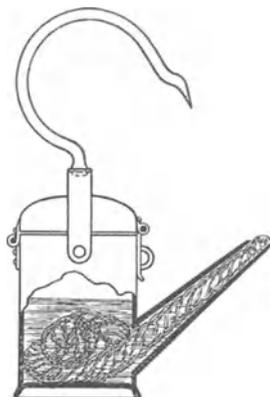


Abb. 555. Offene Öllampe.



Abb. 556. Offene Öllampe (sog. Frosch).

zutritt zum Karbid und kann je nach Bedarf geöffnet werden. Das Sieb *L* dient zur gleichmäßigen Verteilung des Wassers im Lampentopfe, indem dieses je nach der Stellung der Lampe verschieden abtropft. Wird zuviel Gas entwickelt und kann dieses nicht völlig durch den Brenner austreten, so entweicht der Überschuß durch den Wasserbehälter und tritt durch eine in der Schraube *G* vorgesehene Sicherheitsöffnung ins Freie. Da also bei reichlicher Gasentwicklung im Gaserzeugungsraum ein Überdruck entsteht, wird das Ausfließen des Wassers aus *A* verlangsamt und, wenn der Gasdruck gleich oder größer als der Druck der im Behälter stehenden Wassersäule wird, sogar gänzlich verhindert. Bis zu einem gewissen Grade regelt sich somit die Azetylen-erzeugung selbsttätig, und die Schraube *E* braucht zumeist nur beim Anzünden und Auslöschen der Lampe betätigt zu werden.

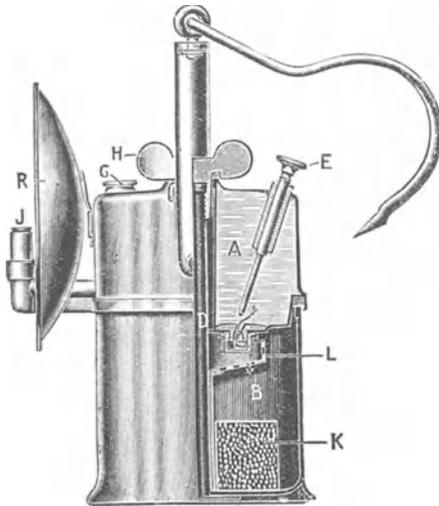


Abb. 557. Offene Azetylenlampe von Seippel.

Die Lampe besitzt eine Leuchtkraft von 8—10 NK und eine Brenndauer von 8—10 Stunden.

Die Lampe besitzt eine Leuchtkraft von 8—10 NK und eine Brenndauer von 8—10 Stunden.

## B. Sicherheitslampen.

188. — **Geschichtliches**<sup>1)</sup>. Im Jahre 1816 machte der englische Physiker Davy die Beobachtung, daß eine Gasflamme durch ein darüber gehaltenes, enges Drahtsieb nicht hindurchschlägt, selbst wenn brennbare Gase oberhalb desselben vorhanden sind. Der Grund für die Erscheinung liegt darin, daß das Sieb die Flamme soweit abkühlt, daß die hindurchtretenden Verbrennungsgase die zur Entzündung der oberhalb befindlichen Gase erforderliche Temperatur nicht mehr besitzen. Aus der Beobachtung folgte die Erfindung der Sicherheitslampe.

Die erste von Davy hergestellte Lampe war sehr einfach. Auf den Öltopf wurde ein zylindrischer, oben geschlossener Drahtkorb gesetzt, der von dem unteren Ringe eines darüber gestülpten Gestells gehalten und durch die seitlichen Gestellstangen und den Deckel gegen äußere Beschädigungen bis zu einem gewissen Grade geschützt wurde (Abb. 558).

Die Sicherheit der neuen Lampe gegen Schlagwetter wurde zunächst stark überschätzt. Bald zeigte sich, daß die Zahl der Schlagwetterexplosionen auf den englischen Gruben nach der Einführung der angeblichen Sicherheitslampe sogar noch zugenommen hatte. Man mußte einsehen lernen, daß von einer wirklichen Sicherheit der Lampen nicht die Rede sein konnte. Sicher

<sup>1)</sup> Glückauf 1919, Nr. 11, S. 369 u. f.; Niemann: Die ersten Sicherheitslampen.

war nämlich die Lampe nur in ruhenden oder mäßig (mit nicht über 1,7 m Geschwindigkeit) bewegten Schlagwettern.

Die Davy-Lampe hatte ferner den Nachteil einer sehr geringen Leuchtkraft. Der Drahtkorb ließ schon in reinem Zustande nur etwa 30 % des Lampenlichtes durch, während 70 % verloren gingen. Bei verstaubten und verschmutzten Lampen waren die Lichtverluste noch größer.

Eine wesentliche Verbesserung war deshalb die zuerst ebenfalls in England eingeführte Einschaltung eines Glaszylinders zwischen Öltopf und Drahtkorb. Die Leuchtkraft stieg hierdurch auf das Doppelte bis Dreifache. Auch die Sicherheit wuchs, weil die Flamme wegen des Glasschutzes nicht mehr bei jedem Luftzuge unmittelbar gegen und durch das Drahtgewebe schlagen konnte. Die aus Öltopf, Glaszylinder und Drahtkorb bestehende Lampe ist unter dem Namen Clanny- oder Boty-Lampe bekannt und behielt ihre Grundform bis in die 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts bei.

Auch dieser Lampe hafteten noch manche Übelstände an. Da eine Ölflamme stark rußt, verschmutzte beim Brennen allmählich das Drahtgewebe, und dessen Öffnungen wurden kleiner. Hierdurch wurde die Leuchtkraft derart beeinträchtigt, daß sie am Schlusse der Schicht nur noch etwa die Hälfte der ursprünglichen betrug. Ferner besaß die Lampe keine innere Zündvorrichtung. Der Bergmann kam deshalb bei etwaigem Erlöschen der Flamme leicht in die Versuchung, die Lampe am Arbeitsorte selbst zu öffnen und mittels Feuerzeugs zu entzünden. Um dies zu verhindern, wurden die Lampen der Belegschaft in verschlossenem Zustande übergeben. Aber man konnte einen wirklich zuverlässigen Verschluss nicht. Schlösser wurden von den Leuten mittels Nachschlüssels geöffnet. Selbst Bleiplomben, die ja die verbotswidrige Öffnung nicht verhindern können, sondern nur offensichtlich machen sollen, boten wenig Schutz.

Alle vorstehend benannten Übelstände wurden durch die Wolf'sche Lampe behoben. Wolf (Zwickau) führte 1882 bei seinen Lampen Benzinbrand ein, brachte die innere Zündvorrichtung an und versah die Lampen mit einem Magnetverschluss.

**189. — Vorzüge und Nachteile des Benzinbrandes.** Die anfänglich gegen den Benzinbrand geltend gemachten Bedenken haben sich nicht als stichhaltig erwiesen; insbesondere bietet die Benzinlampe, wie alle Versuche gezeigt haben, die gleiche Schlagwettersicherheit wie die Öllampe. Dabei lassen sich Schlagwetter mit der Benzinlampe schon von 1%  $CH_4$  an nachweisen, während mit Öllampen der Nachweis erst von 2%  $CH_4$  an möglich ist. Auch entsteht durch das Vorhandensein von Benzin in der Lampe keinerlei Explosions- oder Feuergefahr, da dieses nicht in fließendem, sondern in gebundenem Zustande sich befindet. Der Lampentopf ist nämlich mit Watte gefüllt, und es darf nur soviel Benzin in die Lampe gelangen, daß es vollständig von der Watte aufgesaugt wird. Eine ordnungsmäßig gefüllte Lampe muß man umkehren können, ohne daß Benzin aus dem Topfe fließt.

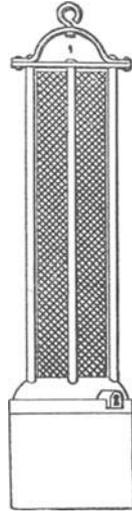


Abb. 558.  
Davy-Lampe.

Die zum Teil bereits angedeuteten Vorzüge des Benzinbrandes bestehen hauptsächlich in der höheren Leuchtkraft, die bei einer gut gereinigten, hell brennenden Lampe<sup>1)</sup> etwa 0,85—0,95 NK gegenüber 0,75—0,85 NK bei einer Öllampe beträgt. Bei der Öllampe geht aber im Laufe der Schicht die Leuchtkraft infolge Verrußung auf 0,40—0,50 NK zurück, während sie bei der Benzinlampe, falls nicht äußere Verschmutzung hinzukommt, nur ganz unbedeutend sinkt.



Abb. 559. Wolfsche Benzinsicherheitslampe.

Die Kosten des Leuchtstoffs sind bei Benzinbrand (Verbrauch etwa 50 g je Schicht) etwas höher als bei Ölbrand und betragen für die Schicht rund 2  $\mathcal{M}$  gegenüber 1,75  $\mathcal{M}$  bei Verwendung von Öl. Benzinbrand verursacht ferner wegen der größeren Hitze-Entwicklung einen höheren Verbrauch an Glaszylindern. Die durchschnittliche Lebensdauer eines Lampenglases beträgt bei Benzinlampen nach den Feststellungen des Sammelwerkes 18,4, bei Öllampen 34,7 Arbeitsschichten. Eine höhere Schlagwettergefahr ist aus dem leichteren Springen des Glases für Benzinlampen nicht ohne weiteres zu folgern, weil in der Regel damit noch kein Zerschlagen und Auseinanderfallen des Glaszylinders verbunden ist. In jedem Falle ist freilich die sorgfältige Beobachtung eines während der Schicht etwa gesprungenen Glases erforderlich.

Ein Nachteil der Benzinlampen ist, daß sie leichter als Öllampen erlöschen. Dem Übelstande des leichteren Erlöschens steht der gewichtige Vorteil der leichten Entzündbarkeit gegenüber. Die innere Zündvorrichtung wirkt befriedigend sicher nur bei Benzinlampen, während ihre Wirksamkeit bei Öllampen zu wünschen übrigläßt.

Während der Kriegszeit hat man nach Ersatzmitteln für Wetterlampenbenzin suchen müssen. Als verwendbar haben sich erwiesen die Zweifach-Mischung, bestehend aus 75% Spiritus und 25% Benzol, und die besonders viel gebrauchte Dreifach-Mischung, bestehend aus 50% Spiritus, 20% Benzol und 30% Benzin<sup>2)</sup>.

**190. — Einrichtung der Benzinsicherheitslampe.** Die Hauptteile der Wolfschen Lampe, die als Grundform für alle Benzinsicherheitslampen gelten kann, sind Topf, Glaszylinder, Drahtkorb und Gestell. Durch Verschrauben des unteren Gestellringes mit dem oberen Rande des Topfes werden die Teile in der aus Abb. 559 ersichtlichen Weise miteinander verbunden und nicht nur fest, sondern auch dicht zusammengehalten. Den Abschluß der Lampe nach oben bildet der Gestelldeckel, an dem der Haken befestigt ist. Am Topfe ist die Zündvorrichtung (in der Abbildung

<sup>1)</sup> Eine offene Grubenlampe liefert etwa 1,40 und eine Davylampe 0,20 NK.

<sup>2)</sup> Glückauf 1915, Nr. 7, S. 157 u. f.; Beyling: Versuche mit Ersatzstoffen für Wetterlampenbenzin; — ebenda Nr. 10, S. 235 u. f.; Meyer: Versuche mit Ersatzmitteln für Wetterlampenbenzin auf der Zeche Shamrock.

links vom Dochte) und die Stellschraube zum Groß- und Kleinstellen der Flamme (rechts hinter dem Dochte) angebracht.

Der vorspringende Fußrand des jetzt meistens aus gestanztem Stahlbleche (früher gewöhnlich aus Temperguß) gefertigten Topfes schützt den Topf sowohl wie die unten herausragende Stellschraube und den Betätigungsgriff der Zündvorrichtung vor Beschädigungen. Der Magnetverschluß, der in der Abbildung nicht dargestellt ist, hindert das unbefugte Losdrehen der den Lampentopf mit dem Gestelling verbindenden Verschraubung. Der Innenraum des Topfes ist mit Watte zum Aufsaugen des Benzins angefüllt. Der Docht leitet das Benzin zur Flamme.

Der aus gewöhnlichem, hellem, gut ausgeglühtem Glase bestehende Glaszylinder muß genau gleichlaufende und rechtwinklig zur Achse der Lampe abgeschmitten Ränder besitzen, damit ein dichter Anschluß an die übrigen Lampenteile möglich ist. Es ist dies für die Sicherheit der Lampe von Bedeutung. An Stelle des gewöhnlichen Glases benutzt man auch Jenaer Hartglas, das haltbarer und gegen plötzliche Temperaturschwankungen unempfindlicher ist. Der Glaszylinder verschluckt in reinem Zustande nur etwa 2—6% des von der Flamme ausgesandten Lichtes.

**191. — Der Drahtkorb.** Ausschlaggebend für die Schlagwettersicherheit der Lampe ist der Drahtkorb. Das Drahtnetz erfüllt seinen Zweck um so besser, je mehr Wärme es aufnehmen kann und je schneller es sie fortzuleiten vermag. Es soll deshalb die Drahtnetzoberfläche im Verhältnis zum Fassungsraum des Lampeninneren möglich groß sein. Im übrigen ist ein Drahtnetz um so durchschlagsicherer, je größer die Maschenzahl auf 1 qm, je dicker der Draht und je kleiner der gesamte Lochquerschnitt ist. Die Maschenzahl auf die Flächeneinheit, die Drahtdicke und der freie Lochquerschnitt sind aber gegenseitig voneinander abhängige Größen, so daß nicht allen dreien zugleich Rechnung getragen werden kann. Auch darf man mit Rücksicht auf die Haltbarkeit des Gewebes unter eine bestimmte Drahtstärke nicht herabgehen. Schließlich verlangt die Leuchtkraft der Lampe, daß das Drahtsieb eine gute Luftdurchlässigkeit behält, also der freie Lochquerschnitt tunlichst groß bleibt. Nur durch praktische Versuche kann man deshalb das günstigste Verhältnis finden.

Man ist zu dem Ergebnis gelangt, daß schwach konische Korbformen von etwa 40—50 mm unterer Weite und 88—94 mm Höhe und Drahtgewebe von 144 Maschen auf 1 qm und 0,3—0,4 mm Drahtdicke den Erfordernissen der Schlagwettersicherheit, Haltbarkeit und Leuchtkraft am besten entsprechen und deshalb den anderen Korbformen und Gewebearten vorzuziehen sind.

Die Drahtkörbe bestehen aus Eisen- oder Messingdraht. Eisendrahtgewebe ist, was die Standfestigkeit und Widerstandsfähigkeit unter der Einwirkung der Schlagwetterflamme betrifft, dem Messingdrahtgewebe überlegen. Dieses hinwiederum beeinträchtigt die Leuchtkraft weniger, rostet nicht und ist in Gruben mit sauren oder salzigen Wassern haltbarer. Für Lampen mit einfachem Korbe sollte man stets Eisendrahtgewebe gebrauchen.

**192. — Doppelkorblampen.** Durch einen doppelten Drahtkorb läßt sich die Schlagwettersicherheit der Lampe wesentlich erhöhen; gleich-

zeitig leidet aber wegen der Behinderung der Luftzufuhr auch die Leuchtkraft und die Brennfähigkeit. Diesem Übelstande kann man durch eine Vergrößerung der Drahtkorboberfläche abhelfen. Insbesondere soll man bei Doppelkörben dem äußeren Korbe einen soweit vergrößerten Durchmesser geben, daß der Innenkorb mindestens die bei den einfachen Körben übliche Größe behalten kann.

Über die zweckmäßigsten Abmessungen des Doppelkorbes sind auf der berggewerkschaftlichen Versuchstrecke bei Gelsenkirchen sehr eingehende Versuche vorgenommen worden. Leuchtkraft und Schlagwettersicherheit der Lampen stellen sich am günstigsten, wenn die Seitenwände der beiden Korbmäntel annähernd parallel in einem Abstände von etwa 7—11 mm voneinander verlaufen, während der Deckelabstand nur etwa 3—5 mm betragen soll (Abb. 560). Es ist dies die sog. Normalform.

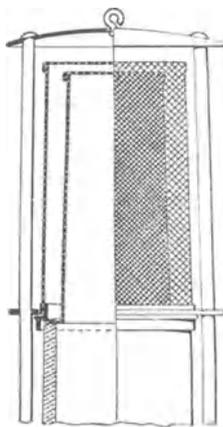


Abb. 560. Doppelkorb mit zweckmäßigem Größenverhältnis (Normalform).

Um die obengenannten Vorzüge sowohl des Eisendraht- wie des Messingdrahtgewebes auszunutzen, pflegt man bei Doppelkörben gern als Außenkorb Messinggewebe und für den Innenkorb Eisendraht zu wählen.

**193. — Innere Zündvorrichtung. Die Zündung mittels Zündstreifen.** Die innere Zündvorrichtung hat sich als eine überaus nützliche und segensreiche Erfindung erwiesen. Sie ist jetzt für Sicherheitslampen bergpolizeilich vorgeschrieben. Die gebräuchlichste Art der inneren Zündung war bisher diejenige mittels Zündstreifen. Im letzten Jahrzehnt hat aber die Cerfunkenzündung (siehe Ziff. 194) immer größere Verbreitung gefunden.

Je nach der Art der zur Verwendung kommenden Zündstreifen kann man die Phosphorbandzündung und die Explosionspillenzündung unterscheiden.

Nach der Art der Betätigung kann man diese Zündvorrichtungen in Reib- und Schlagzündungen einteilen. Die Phosphorbandzündungen sind stets Reibzündungen, während die Zündung der Explosionspillen sowohl durch Reibung als auch durch Schlag erfolgen kann. Die Einteilung nach der Art der Zündstreifen ist die wichtigere. Die bei den Phosphorbandzündungen verwendeten Zündpillen bestehen in der Hauptsache aus gelbem Phosphor und sind auf schmale, mit einer Paraffinmasse überzogene Leinwandstreifen aufgeklebt. Durch die mittels der Zündvorrichtung erzeugte Reibung kommt der Phosphor zur Entzündung, der sodann den paraffinierten Leinwandstreifen selbst ins Brennen bringt. Die Flamme reicht für die Entzündung nicht nur von Benzin-, sondern auch von Öllampen aus. Ein Nachteil ist, daß das Lampenglas mehr als bei der Explosionspillenzündung beschlägt.

Bei den Zündstreifen mit Explosionspillen sind auf ein schmales Papierband von einer gewissen Steifigkeit in regelmäßigen Abständen voneinander Pillen aus einer Explosionsmasse (chlorsaures Kali mit einer Beimischung).

geklebt, die durch Reibung oder Schlag unter Flammenercheinung explodieren. Der Papierstreifen selbst verbrennt hierbei nicht. Die kurze Explosionsflamme vermag wohl Benzin, aber nicht das schwer entzündliche Öl zu entflammen.

Die Zahl der verschiedenen, bisher eingeführten Zündvorrichtungen ist außerordentlich groß. Noch viel größer ist die Zahl der Vorschläge und der auf Zündvorrichtungen genommenen Patente und Gebrauchsmuster. Hier sollen nur die bekanntesten Ausführungen kurz erwähnt werden.

Bei der Wolfschen Reibzündvorrichtung für Phosphorbandzündungen (Abb. 561) wird der in einem Stahlblechkasten *a* befindliche Zündstreifen zwischen einer festen, zweireihigen Zahnstange *b* und einem dreizinkigen Anreißer *c* hindurchgeführt. Infolge der nach oben gerichteten Zähne der Zahnstange wird der Zündstreifen beim Abwärtsziehen des Anreißers mittels der Griffstange *d* in der höchsten Stellung festgehalten.

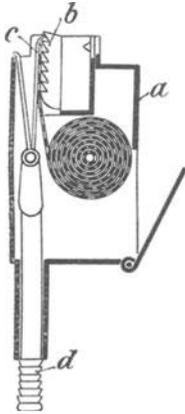


Abb. 561. Wolfsche Reibzündvorrichtung für Phosphorbandzündstreifen.

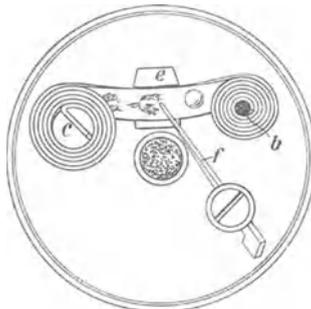


Abb. 562. Seippelsche Reibzündvorrichtung für Explosionspillenstreifen.

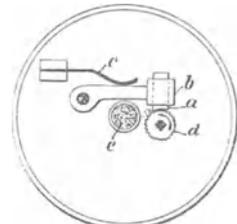


Abb. 563. Funkenzündung mittels Cermetalls.

Hierbei entzündet sich durch die Reibung der krallenartigen Zinken die Zündpille, und bei der Aufwärtsbewegung der Stange *d* und des Anreißers *c* wird der brennende Zündstreifen mit nach oben genommen.

Bei der Seippelschen Reibzündung für Explosionspillenstreifen (Abb. 562) wird die auf den Stift *b* aufgewickelte Zündbandrolle mittels der Triebwelle *e* zwischen der Ritzfeder *f* und einem Widerlager *e* hindurchgezogen. Die Reibung der Feder bringt die einzelnen Zündpillen zur Explosion. Eine in der Abbildung nicht dargestellte Schutzhaube soll etwa fortgeschleuderte Pillenteile so weit wie möglich auffangen und die Explosionsflamme zusammenhalten und zum Lampendochte leiten. Diese Zündvorrichtung liegt dem Lampentopfe flach auf, während eine ähnliche Wolfsche Reibzündung hochstehend in den Topf eingebaut ist.

**194. — Cerfunkenzündung.** Die Cerfunkenzündung benutzt die Eigenschaft der Cerverbindungen, beim Reiben oder Kratzen mit harten Gegenständen starke Funken zu erzeugen. Nach der in Abb. 563 dargestellten Ausführung wird ein aus einer Cerlegierung bestehender Stift *a* von dem Kopfe *b* eines durch die Feder *c* angedrückten Hebels gehalten und gegen die Zähne eines Stahlrädchens *d* gepreßt. Die bei Drehung des Rädchens abspritzenden Funken entzünden die Benzinflamme.

Es zeigte sich aber bald, daß diese Zündung nicht in jedem Falle Schlagwetttersicher ist. Bei plötzlichen Erschütterungen der Lampe durch Stoß oder Fall kann nämlich der unverbrannt in die Lampe fallende Staub aus dem Lampeninnern durch den Drahtkorb nach außen gelangen. Auf diesem Wege kommt er mit dem warmen Drahtgeflechte des Korbes in Berührung, dessen Temperatur bereits genügt, den Staub zu entflammen, so daß dieser etwaige Schlagwetter entzünden kann.

Nachdem man aber durch Änderung der Zusammensetzung des Zündmetalls (statt Cereisen nimmt man jetzt Verbindungen des Cers mit Leichtmetallen) die Entzündungstemperatur des Staubes auf 310—320° C herabgedrückt hat, genügen die Lampen den Anforderungen, die man berechtigterweise bezüglich der Schlagwetttersicherheit stellen muß. Immerhin ist es zweckmäßig, alle Lampen mit Cerfunkenzündung mit Doppelkörben zu versehen.

**195. — Magnetverschluß.** Der Magnetverschluß beruht darauf, daß die unter Federdruck stehende Verriegelung der Lampe durch eine starke magnetische Kraft aus der Verschußstellung gebracht wird. Hierfür hat man zum mindesten, wenn nicht Elektromagnetverschlüsse (s. Ziff. 196) angewandt werden, einen schweren, großen Hufeisenmagneten nötig. Daß solche Magnete seitens der Bergleute beschafft und mit in die Grube genommen werden, ist nicht zu befürchten.

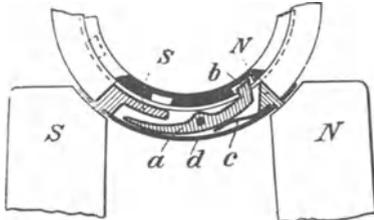


Abb. 564. Magnetankerverschluß von Friemann & Wolf.

Die Zahl der Magnetverschlüsse ist nach Erlöschen der ersten Wolfschen Patente außerordentlich groß geworden

und dürfte die Zahl der Zündvorrichtungen noch übersteigen. Hier genügen einige Beispiele:

Der Magnetankerverschluß von Friemann & Wolf ist in Abb. 564 dargestellt. Ein doppelarmiger, um einen Stift drehbarer Hebel *a*, der in den unteren Gestellring eingebaut ist, greift mit einer klauenartigen Nase *b* in eine Ausfräsung des Topfgewindes ein und verhindert so das Auseinanderschrauben der beiden Teile. Der Hebel steht dabei unter dem Drucke der Feder *c*. Im Gestellring sind ferner zwei Körper *N* und *S* aus weichem Eisen untergebracht, die, wenn man den Gestellring an einen Hufeisenmagneten anlegt, zum Nord- und Südpol werden. Durch die magnetische Wirkung wird der Kopf des Ankers mit der Nase nach außen und der Schwanz nach innen gezogen, so daß der Verschluß aufgehoben wird. Gegen gewaltsame Eingriffe von außen her ist die Verschlußvorrichtung durch die Deckplatte *d* geschützt.

Bei dem Seippelschen Magnetstiftverschluß (Abb. 565) ist an dem Lampentopf *a* eine Hülse *b* angebracht, in der von der Spiralfeder *c* emporgedrückte Verschlußstift *d* untergebracht ist. Dieser greift mit seinem oberen Ende in eine entsprechende Bohrung ein, die sich in einem Vorsprung des Gestellringes befindet. Das untere Ende des Verschlußstiftes schließt nicht mit dem unteren Ende der Hülse ab, sondern tritt um einige Millimeter in diese zurück, so daß der Stift für Öffnungsversuche schwer zugänglich ist.

Um den Verschuß noch weiter zu sichern, hat Kellermann sogar eine magnetische Verriegelung des Verschußstiftes selbst angebracht. Es muß also erst auf magnetischem Wege der Riegel *r* (Abb. 566) zurückgezogen werden, der ein Zurückgehen des eigentlichen Verschußstiftes *d* verhindert. Erst dann kann dieser ebenfalls durch Magnetkraft zurückgezogen werden.

196. — **Elektromagnetverschlüsse.** Neuerdings wendet man mit Vorliebe Elektromagnetverschlüsse an. Die Anziehungskraft, die mit einem Elektromagneten zu erzielen ist, übertrifft um ein Mehrfaches diejenige eines dauernden Magneten, bei dem sie überdies allmählich nachläßt. Bei Verwendung von Elektromagneten kann deshalb die den Verschuß in seiner Stellung haltende Feder sehr viel stärker gewählt werden, womit der Schutz gegen gewaltsames Öffnen wesentlich erhöht wird. Auch die Sicherheit der besprochenen Verschlüsse von Wolf und von Seippel kann bei Vor-

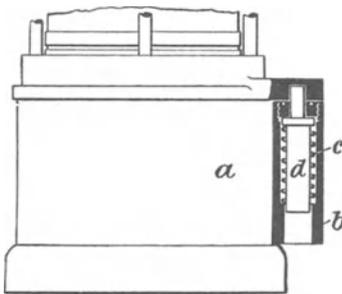


Abb. 565.  
Magnetstiftverschluß von Seippel.

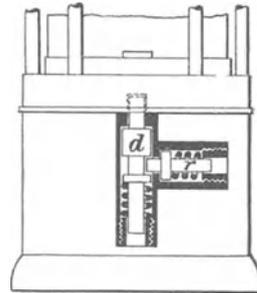


Abb. 566. Magnetstiftverschluß mit magnetischer Verriegelung von Kellermann.

handensein von Elektromagneten durch Gebrauch sehr starker Federn in einer Weise gesteigert werden, daß eine Öffnung durch mechanische Mittel ohne Beschädigung der Lampe fast unmöglich scheint.

197. — **Besondere Lampenformen.** Bei den bisher besprochenen Lampen war obere Luftzuführung vorausgesetzt. Hierbei tritt die frische Luft nahe über dem Glaszylinder in das Lampeninnere ein, während die verbrauchte Luft durch den oberen Teil des Drahtkorbes und dessen Deckel entweicht. Eine gegenseitige Behinderung beider Ströme ist bei solcher Anordnung unvermeidlich.

Bei den Lampen mit unterer Luftzuführung hat man eine bessere Leitung der Luft dadurch zu erreichen versucht, daß man den Eintritt der frischen Luft unter den Glaszylinder verlegte, wobei man hier der Schlagwettergefahr wegen den üblichen Drahtnetzschutz gleichfalls anbringen mußte. Dieses Drahtsieb kann als Zylinder eingebaut sein oder kann, um ohne Schwierigkeit eine größere Oberfläche zu erhalten und gleichzeitig besseren Schutz gegen äußere Verschmutzung zu bieten (Abb. 567), wagenrecht angeordnet werden.

Ein zweifelloser Vorzug solcher Lampen ist es, daß sie besser und leichter brennen und deshalb ein helleres Licht geben. Die Schlagwettersicherheit bleibt, was den Drahtkorb betrifft, unverändert. Da aber die Schlagwetter

auch innerhalb des Glaszylinders am unteren Drahtsiebe zu brennen beginnen, hat das Glas unter der Hitze mehr als bei oberer Luftzuführung zu leiden und springt leichter. In der Regel tritt freilich hierbei keine Zündung der äußeren Schlagwetter ein, weil das Glas trotzdem zusammenhält.

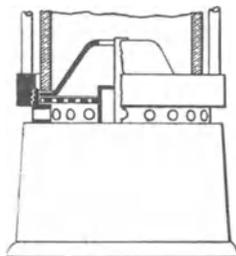


Abb. 567. Lampe mit unterer Luftzuführung und wagerechtem Drahtnetz.

Als Nachteil der unteren Luftzuführung ist ferner hervorzuheben, daß der Bau der Lampe verwickelter und diese selbst in der Anschaffung und infolge vermehrter Ausbesserungen auch in der Unterhaltung teurer wird. Wenn auch die untere Luftzuführung in letzter Zeit, namentlich mit der steigenden Verwendung doppelter Drahtkörbe, wieder mehr Anwendung als früher findet, so hat es im ganzen nicht den Anschein, daß sie der oberen Luftzuführung gleichwertig ist und diese verdrängen wird.

Lampen mit innerem Schornstein haben den Zweck, die sonst durch die untere Luftzuführung erstrebte Trennung der frischen von der verbrauchten Luft auch bei der oberen Luftzuführung sicherzustellen. Als Beispiel möge in Abb. 568 die Müseler-Lampe dargestellt sein. Der oben und unten offene, zylindrische Blechschornstein *s* ist dazu bestimmt, die verbrauchte Luft von der Flamme nach oben unter den Korbdeckel zu führen, von wo sie nach außen entweicht. Die frische Luft fällt in der Richtung der Pfeile der Flamme zu. Das wagerecht eingebaute Drahtnetz *a* soll die Schlagwetttersicherheit erhöhen, erfüllt freilich diesen Zweck nur unvollkommen.

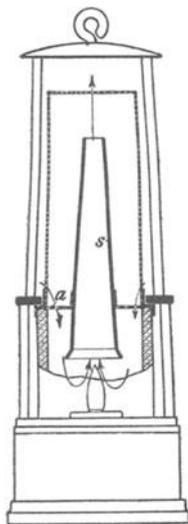


Abb. 568. Müseler-Lampe (mit Schornstein).

Solche Lampen brennen und leuchten bei senkrechter Stellung gut. Wenn aber die Lampe schief gehalten wird, erlischt sie leicht, weil dann die regelmäßige Luftbewegung gestört wird und die Abgase mit der zuströmenden frischen Luft sich kreuzen. Dieses leichte Erlöschen der Schornsteinlampen hat bewirkt, daß man trotz ihrer Vorzüge von dauernder Verwendung immer wieder abgekommen ist.

198. — **Mantellampen.** Damit der Wetterstrom nicht unmittelbar gegen den Drahtkorb bläst und eine etwa darin entstandene Schlagwetterflamme durch das Drahtnetz treibt, umgibt man die Körbe wohl mit Blechmänteln (Mantellampen). Der Mantel kann entweder geschlossen sein und nur zwecks Durchtritts der Luft oben und unten Öffnungen, Schlitzte oder Bohrungen freilassen (Marsaut-Lampe, Abb. 569), oder der Mantel ist auf seiner ganzen Höhe mit Schlitzten versehen. Bei dem Schlitzmantel von Friemann & Wolf (Abb. 570) erleidet der Luftstrom eine in der Nebenzeichnung besonders dargestellte, mehrmalige Richtungsänderung, ehe er den Drahtkorb erreicht. Dadurch wird die Geschwindigkeit, mit der er auf den Drahtkorb stößt, stark vermindert.

geschlossen sein und nur zwecks Durchtritts der Luft oben und unten Öffnungen, Schlitzte oder Bohrungen freilassen (Marsaut-Lampe, Abb. 569), oder der Mantel ist auf seiner ganzen Höhe mit Schlitzten versehen. Bei dem Schlitzmantel von Friemann & Wolf (Abb. 570) erleidet der Luftstrom eine in der Nebenzeichnung besonders dargestellte, mehrmalige Richtungsänderung, ehe er den Drahtkorb erreicht. Dadurch wird die Geschwindigkeit, mit der er auf den Drahtkorb stößt, stark vermindert.

Der Mantel macht die Lampe schwerer und behindert die Lichtwirkung nach oben. Ein Vorzug der Mantellampen liegt, abgesehen von der höheren Schlagwetersicherheit, darin, daß sie in lebhaftem Wetterzuge weniger leicht erlöschen.

199. — **Schlagwetersicherheit der Sicherheitslampen.** Was die Schlagwetersicherheit der Lampen gegen Durchblasen der Flamme angeht, so muß man sich erinnern, daß bei dem explosionsgefährlichen Grubengasgehalte von 5—14% die eigentliche Lampenflamme erlischt, daß aber bei dauerndem Zufluß von Schlagwettern diese in der Lampe fortbrennen und den Drahtkorb zum Erglühen bringen. Die Glühwirkung

äußert sich namentlich auf der Abströmungsseite und kann soweit gehen, daß Messingdrahtgewebe und unter Umständen sogar Eisendrahtgewebe schmelzen.

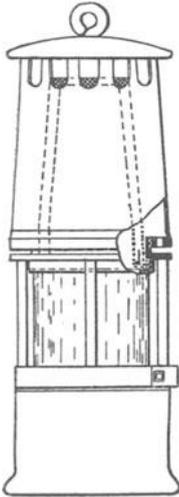


Abb. 569.  
Marsaut-  
Lampe.

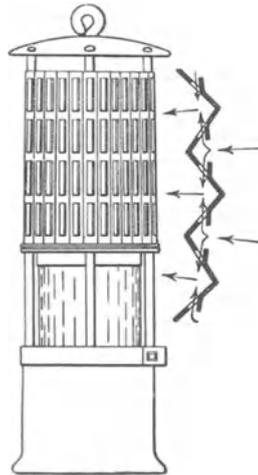


Abb. 570. Lampe mit  
Schlitzmantel von  
Friemann & Wolf.

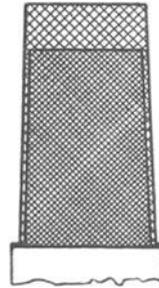


Abb. 571. Doppelkorb  
mit unzureichendem  
Größenverhältnis.

Gegenüber 8—9 prozentigen Schlagwettergemischen sind Lampen mit einfachem Drahtkorbe bei Stromgeschwindigkeiten von 4—5 m bereits unsicher. Lampen mit zweckmäßig gewählten Doppelkörben blasen in gleichen Schlagwettergemischen erst bei 7—8 m Wettergeschwindigkeit durch. Mantellampen sind selbst bei den höchsten, in Versuchseinrichtungen zur Anwendung gebrachten Geschwindigkeiten von 14—15 m noch sicher. Dagegen sinkt die Sicherheit der Lampen in Gemischen von hohem, an der oberen Explosionsgrenze stehendem Methangehalt stark. In Gemischen mit 13%  $CH_4$  können einfache Körbe bereits bei 2—3 und Doppelkörbe bei 5 m Wettergeschwindigkeit Durchschläge ergeben. Der Grund für diese auffallende Erscheinung liegt darin, daß bei derart hochprozentigen Gemischen die Schlagwetterflamme sich nicht an der Einströmseite im Korbe zu halten vermag, sondern nach der Abströmseite herübergetrieben wird und hier dann die Entzündung nach außen überträgt<sup>1)</sup>.

Sind die Abmessungen von Doppelkorblampen unzureichend gewählt, z. B. in der Art, wie es Abb. 571 darstellt, so übersteigen die Sicherheiten der Doppelkörbe kaum diejenigen der einfachen Körbe.

<sup>1)</sup> Glückauf 1912, Nr. 22, S. 857; Beyling u. Hatzfeld: Die Durchblase-sicherheit von Doppelkorblampen.

Man darf die Bedeutung einer Schlagwettersicherheit bis 5 m Wettergeschwindigkeit in keinem Falle überschätzen. Solche Geschwindigkeiten der Lampe gegenüber den Wettern können schon durch unvorsichtige Bewegungen beim Abprobieren oder durch Fall der Lampe leicht erreicht oder überschritten werden. Wenn nun z. B. gar das Hangende sich plötzlich auf den alten Mann setzt, so können aus diesem die Schlagwetter mit viel größeren Geschwindigkeiten herausgedrückt werden und über die ruhig hängende Lampe streichen. Noch weniger darf man annehmen, daß das Vorkommen von 13%  $CH_4$  in den Wettern ausgeschlossen ist. Starke Bläser oder Gasausbrüche können gelegentlich sehr wohl den Methangehalt auf diese ganz besonders gefährliche Höhe bringen.

Überdies werden sich in der Grube die Lampen noch etwas gefährlicher als in der Versuchslutte verhalten, weil die Gase unter höherem Drucke stehen, dichter sind und daher eine größere Wärmemenge beim Verbrennen innerhalb des Drahtkorbes erzeugen als bei den Versuchen über Tage, wo aus praktischen Gründen stets mit einem Unterdrucke gearbeitet wird.

Sehr eingehend ist ferner die Schlagwettergefährlichkeit der inneren Zündvorrichtung untersucht worden. Wird eine erloschene Lampe, deren Korb mit Schlagwettern erfüllt ist, entzündet, so entflammen selbstverständlich die Schlagwetter innerhalb der Lampe, und es besteht die Gefahr, daß die Explosion nach außen hin durchschlägt. In dieser Beziehung verhält sich nun die Phosphorbandzündung auch bei einfachem Drahtkorbe völlig gefahrlos. Selbst wenn der Zündstreifen unverbrannt hoch in den Lampenkorb geschoben ist und nachträglich entzündet wird, schlägt diese Flamme nicht durch. Die Explosionspillenzündung dagegen ist nicht in gleicher Weise ungefährlich, sondern es treten bei Lampen mit einfachem Drahtkorbe verhältnismäßig häufig Durchschläge, d. h. Zündungen der äußeren Schlagwetter, ein. Die Fortpflanzung der Explosion nach außen geschieht freilich nicht durch die Schlagwetterflamme selbst. Vielmehr werden kleine Stückchen der Explosionspillenmasse in brennendem Zustande fortgeschleudert. Treffen sie nun zufällig auf eine Masche, so können sie noch glühend hindurchfliegen und die Schlagwetter außerhalb des Korbes entzünden. Selbst bei doppeltem Drahtkorbe ist es, wenn auch sehr vereinzelt, gelungen, künstlich in der Versuchslutte Durchschläge nach außen zu erhalten. Auch sind im Ostrauer Kohlenbezirk<sup>1)</sup> tatsächlich aus diesem Anlaß bei Verwendung von Doppelkorblampen Explosionen eingetreten.

Es kommt auch vor, daß bei mehrmaligem Zünden der Lampe in schlagwetterfreier Luft kleine Stückchen der Explosionsmasse unexplodiert fortfliegen und sich unter Umständen in den Maschen des Drahtnetzes festsetzen. Hier bringen sie nun zwar zunächst keinen Schaden. Wenn man aber mit solcher Lampe später Schlagwetter ableuchtet und der Korb sich mit der Flamme erfüllt, dann werden diese im Gewebe des Drahtnetzes sitzenden Teilchen der Explosionsmasse entzündet, brennen vielleicht nach außen hin durch und entflammen die Schlagwetter. Auch Doppelkörbe sind unter solchen Umständen nicht völlig sicher.

<sup>1)</sup> Jičinsky: Katechismus der Grubenwetterführung (Mähr. Ostrau, Papau-schek), IV. Aufl., S. 30, letzter Absatz; — ferner Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1895, Nr. 12, S. 138; Spoth: Verhalten der Wolfschen Benzinalampe usw.; — ebenda 1900, Nr. 9, S. 110; J. Mayer: Die Schlagwetterexplosion am Heinrichschachte usw.

Die Phosphorbandzündung ist sonach der Explosionspillenzündung an Schlagwettersicherheit erheblich überlegen, so daß, obwohl Herstellung und Handhabung des für diese Art Zündstreifen gebrauchten gelben Phosphors sehr gesundheitschädlich sind, ihre Beibehaltung einstweilen erwünscht erscheint.

Was die Schlagwettersicherheit der Zündung mittels Cerlegierung betrifft, so sei hier nur auf die Ziff. 194, S. 592 verwiesen.

200. — Azetylen-Sicherheitslampen. (Siehe S. 585 u. f., Ziff. 186 und 187.) Die Azetylen-Sicherheitslampen sind zwar bisher als eigentliche Mannschaftslampen nur wenig zur Verwendung gelangt; für gewisse Zwecke aber, namentlich für Arbeiten im Schachte, für Füllortbeleuchtung und bei mechanischer Abbauförderung, haben sie sich bereits in erheblichem Maße eingebürgert, so daß sie an dieser Stelle mit besprochen werden müssen.

Azetylen-Sicherheitslampen werden unter anderen von Seippel in Bochum, Friemann & Wolf in Zwickau und der Gewerkschaft Carl in Bochum geliefert. Abb. 572 zeigt die Seippelsche Lampe, die im allgemeinen der auf S. 585 u. 586 beschriebenen Seippelschen offenen Lampe entspricht, so daß darauf verwiesen werden kann. Nur wird hier der Wasserausfluß völlig selbsttätig durch den im Gaserzeugungsraum *B* herrschenden Gasdruck geregelt. Das Wasser läuft von dem kegelförmigen Schutzblech *L* ab, sammelt sich am Boden und tränkt von unten her allmählich den Karbidkörper. Um auf Schlagwetter ableuchten zu können, ist eine Einstellvorrichtung für den Gasaustritt aus dem Brenner vorgesehen, die durch die Bodenschraube *E* betätigt wird und ein beliebiges Klein-

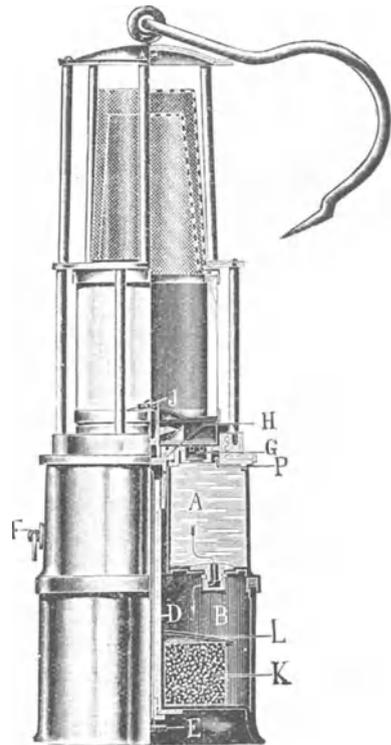


Abb. 572. Azetylsicherheitslampe von Seippel.

stellen der Flamme ermöglicht. Man kann mit der Lampe 1%  $CH_4$  in der Luft bereits gut erkennen. Ergänzend ist ferner hervorzuheben, daß die Sicherheitslampe mit einem Gestell und darin untergebrachtem Glas, doppeltem Drahtkorb und Magnetverschluß versehen und der Brenner *J* unter Fortfall des Reflektors in das Lampeninnere verlegt ist. Auch eine innere Zündvorrichtung, die mittels des seitlich sitzenden Ringes *F* betätigt werden kann, befindet sich in der Lampe über dem Topfe. Die Schlagwettersicherheit entspricht derjenigen der Benzinsicherheitslampen. Die Lichtstärke beträgt mit 6 NK etwa das 7—8fache der Benzinsicherheitslampe. Die Brenndauer beträgt 9—10 Stunden, die Karbidkosten sind

7—8  $\frac{1}{2}$  je Schicht. Die Lampe ist 32 cm hoch und wiegt frisch gefüllt 2,12 kg, während eine gewöhnliche Benzinsicherheitslampe nur 26 cm hoch ist und etwa 1,25 kg wiegt.

Bei der Wolfschen Lampe wird Karbid in Kornform benutzt. Zur Regelung des Wasserzuflusses und der Gaserzeugung dient ein gemeinsamer Hahn, so daß mit der Wasserabstellung gleichzeitig auch die Flamme kleingestellt wird.

Größe und Gewicht stehen einstweilen der allgemeinen Verwendung der Azetylen-Sicherheitslampen noch entgegen. Wo es aber auf größeren Lichtbedarf ankommt, haben sie sich durchaus bewährt. Bei Arbeiten im und am Schachte macht sich auch die geringe Empfindlichkeit der Lampen gegen starken Wetterzug angenehm bemerkbar.

### C. Elektrische Lampen.

**201. — Vorbemerkungen.** Tragbare elektrische Lampen sind für Arbeiten mit Atmungsgeräten in unatembaren Gasen (s. Bd. II, 10. Abschnitt) ein notwendiges Erfordernis. Darüber hinaus haben aber diese Lampen im Grubenbetrieb eine immer wachsende Bedeutung gewonnen. Sie werden wegen ihrer guten Leuchtkraft z. B. für Schachtabteufen, Ausbesserungsarbeiten in Schächten, für die Beleuchtung von Anschlagpunkten und Schüttelrutschenbetrieben viel benutzt. Aber auch als allgemeine Belegschafslampe bürgert sich die elektrische Lampe je länger desto mehr ein. Für Betriebe, die besonders durch Schlagwetter und namentlich durch plötzliche Gasausbrüche gefährdet sind, ist mehrfach durch die Bergbehörde der Gebrauch des elektrischen Geleuchtes gefordert worden. Dies geschieht, weil zunächst die elektrischen Lampen hinsichtlich der Schlagwettersicherheit den Benzinsicherheitslampen weit überlegen sind. Tatsächlich besitzen die elektrischen Lampen eine nahezu völlige Schlagwettersicherheit. Auch ist die Zahl der während der Schicht versagenden Lampen geringer als bei Benzinlampen, obwohl die elektrischen Lampen den besonderen Vorteil besitzen, daß sie in jeder Arbeitslage verwendet werden können. Die Leuchtkraft übertrifft dabei diejenige der Benzinlampen fast um das Doppelte. Die Wetter werden weder durch Sauerstoffverbrauch noch durch Rußbildung verschlechtert. Schließlich sind bei den jetzigen hohen Benzinpreisen die Betriebskosten der elektrischen Lampen bei weitem niedriger. Alle diese Umstände drängen auf einen Ersatz der Benzinlampen durch elektrische Lampen hin, und es ist anzunehmen, daß jene durch diese in wenigen Jahren verdrängt sein werden. Freilich muß dabei der Nachteil der elektrischen Lampen, daß sie Schlagwetter nicht anzuzeigen vermögen und daß sie in matten Wettern fortbrennen, also nicht warnen, mit in den Kauf genommen und durch besondere Sicherheitsvorkehrungen ausgeglichen werden.

Zu einer elektrischen Grubenlampe gehören als Hauptteile die Stromquelle, die Glühbirne und das Gehäuse nebst Zubehör (Schalteinrichtung, Tragevorrichtung). Als Stromquellen werden gewöhnlich Akkumulatoren benutzt, die Blei- oder alkalische Akkumulatoren sein können. Bleiplatten-Akkumulatoren werden neuerdings in der Regel mit festem Elektrolyt (s. Ziff. 204) geliefert.

An Stelle der Akkumulatoren sind mehrfach Elemente (z. B. Kohle und Zink) vorgeschlagen worden. Diese bieten an sich wesentliche Vorteile, da sie nach Einfüllen des Elektrolyts sofort betriebsbereit sind. Auch sind sie unempfindlich gegen Kurzschlüsse und besitzen große Schlagwettersicherheit, da bei Kurzschluß die Spannung auf annähernd Null sinkt und keine gefährlichen Funken entstehen. Die Kosten sind freilich hoch, so daß die Elemente bisher noch nicht in erfolgreichen Wettbewerb mit Akkumulatoren haben treten können.

**202. — Der Bleiplattenakkumulator.** Ein solcher Akkumulator besteht wie jeder Akkumulator aus positiven und negativen Platten, zwischen denen sich als Elektrolyt verdünnte Schwefelsäure befindet. Die wirksame Masse der positiven Platte wird aus Bleisuperoxyd, die der nega-

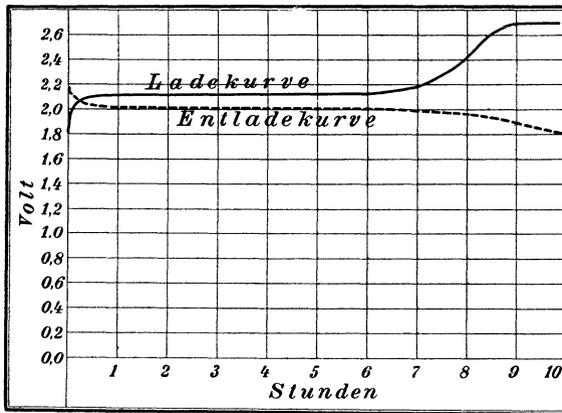


Abb. 573. Lade- und Entladekurve eines Bleiplattenakkumulators bei angemessener Stromstärke.

tiven aus Bleischwamm (metallischem Blei in schwammiger Form) gebildet. Beim Entladen werden durch Wasserstoffentwicklung an der positiven und Sauerstoffentwicklung an der negativen Platte unter Mitwirkung der Schwefelsäure beide Platten zu schwefelsaurem Blei umgewandelt. Es läßt sich dies schematisch wie folgt darstellen:

Geladener Zustand:  $PbO_2$  (pos. Platte) +  $2 H_2SO_4$  +  $Pb$  (neg. Platte).

Bei der Entladung bildet sich:  $PbSO_4$  +  $2 H_2O$  +  $PbSO_4$ .

Beim Entladen wird also die Säure des Elektrolyts verdünnt, während beim Laden das spez. Gewicht der Säure größer wird. Im geladenen Zustande des Akkumulators hat die Säure ein spez. Gewicht bis zu 1,2. Beim Laden des Akkumulators steigt die Spannung rasch auf 2,1 Volt und muß dann allmählich bis zum Ende der Ladung auf 2,6—2,7 Volt gebracht werden (s. Abb. 573)<sup>1)</sup>. Daher lassen sich z. B. bei 110 Volt Netzspannung

$\frac{110}{2,7} = 40$  Akkumulatoren in Hintereinanderschaltung laden. Die beim Laden

<sup>1)</sup> Braunkohle 1913/14, Nr. 15, S. 228; Meuskens: Die tragbaren elektrischen Lampen und ihre Verwendung im Bergbau.

vorgeschriebene Stromstärke regelt man durch Vorschalten von Glühlampen oder Drahtwiderständen.

Beim Entladen sinkt die Spannung des Ruhezustandes von annähernd 2,2 Volt fast unmittelbar auf 2 Volt, um sodann, wie es Abb. 573 zeigt, langsam weiter herabzugehen. Ist die Spannung auf 1,8 Volt gesunken, so muß im Interesse der Lebensdauer des Akkumulators die Entladung beendet werden. Die gespeisten Glühlampen pflegen bei dieser Spannung nur noch mit rötlichem Lichte zu brennen, so daß schon hieran die Entladung zu erkennen ist.

Um höhere Spannungen zu erzielen, als sie mit einem Plattenpaare oder, wie man zu sagen pflegt, einer „Zelle“ erreichbar sind, muß man mehrere Zellen hintereinander schalten und zu einer Batterie vereinigen.

Die Höhe der Stromstärke beim Laden und Entladen richtet sich nach der Größe der Plattenoberfläche. Die Ladezeit beträgt zweckmäßig etwa  $\frac{2}{3}$  der Entladezeit, der Ladestrom 1,5 Amp., d. i. der doppelte Betrag der Entladestromstärke.

Der Akkumulator hält nur eine beschränkte Zahl von Ladungen und Entladungen aus. Seine Lebensdauer hängt von der Plattenstärke, der Plattenoberfläche, der Lade- und Entladestärke des Stromes, sowie von der mechanischen Behandlung im Betriebe ab. Man kann annehmen, daß positive Platten etwa 200, negative etwa 300 Ladungen und Entladungen aushalten.

Der Akkumulator gibt etwa 75—85% seiner Energieaufnahme wieder ab. Liegt aber zwischen Ladung und Entladung eine Zeitspanne von einigen Tagen oder Wochen, so vermindert sich infolge Selbstentladung der Wirkungsgrad. Nach 4—6 Wochen ist Neuladung erforderlich.

In keinem Falle darf ein Akkumulator längere Zeit im entladenen Zustande stehen, weil sich sonst feste Bleisulfatverbindungen bilden, die den Akkumulator schädigen. Entladene Akkumulatoren müssen daher sofort wieder aufgeladen werden.

**203. — Alkalische Akkumulatoren.** Als solche seien der Edison- und der Nickel-Kadmium-Akkumulator genannt.

Bei dem Edison-Akkumulator bestehen die positiven Platten aus Nickelhydroxyd, dem zur Erhöhung der Leitfähigkeit Nickelflocken beigemischt sind. Die negative Masse ist eine Eisen-Sauerstoffverbindung, die ebenfalls zur Erhöhung der Leitfähigkeit einen Zusatz von Quecksilberoxyd erhält. Die wirksame Masse wird in feingelochte Taschen von dünnem, vernickeltem Stahlblech eingepreßt. Als Elektrolyt dient eine 21-prozentige Kalilauge. Bei der Ladung findet eine Reduktion der Eisen- und eine Oxydation der Nickelverbindungen statt, während bei der Entladung die chemischen Vorgänge umgekehrt verlaufen. Die Spannung beim Laden liegt zwischen 1,35 und 1,8 Volt. Beim Entladen sinkt die Spannung allmählich von etwa 1,5 auf 1,1 Volt (s. Abb. 574).

Die Lebensdauer der Edison-Akkumulatoren ist groß und die Wartung einfach. Auch sind sie unempfindlich gegen rauhe mechanische Behandlung. Weitgehende Entladungen, Überladungen und langes unbenutztes Stehen schaden ihnen nicht.

Der Nickel-Kadmium-Akkumulator ist von der Firma Friemann & Wolf zu Zwickau auf den Markt gebracht worden. Bei diesem werden als

positive wirksame Masse ebenfalls Nickel-Sauerstoffverbindungen, als negative dagegen Kadmiummetall in Schwammform verwandt. Als Träger der Masse werden sehr dünne, rauhe Metallbleche benutzt, die nach Auftragung der Masse zu starren Platten zusammengepreßt werden.<sup>1)</sup> Als Elektrolyt dient Kalilauge.

Die chemischen Vorgänge sind ebenso wie die Lade- und Entladenspannungen ähnlich wie bei dem Edison-Akkumulator. Je Zelle sinkt beim Entladen die Spannung von etwa 1,6 auf 1,1 Volt. Man benutzt Doppelzellen, so daß die Endspannung beim Entladen 2,2 Volt beträgt. Eine gelegentliche tiefere Entladung schadet aber auch hier dem Akkumulator nicht. Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß der geladene und mit Kalilauge gefüllte Akkumulator wochenlang stehenbleiben kann, ohne an Spannung zu verlieren.

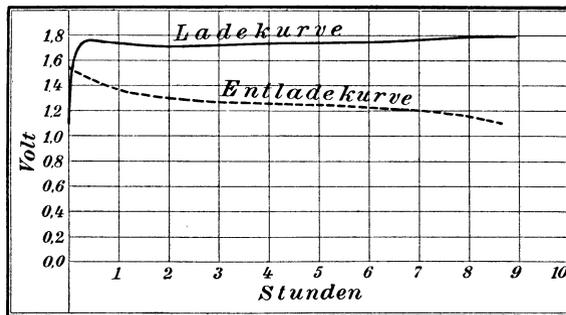


Abb. 574. Lade- und Entladekurve eines Edison-Akkumulators bei angemessener Stromstärke.

Der Einführung der alkalischen Akkumulatoren in größerem Umfange stehen der Nachteil des flüssigen Elektrolyts und des verhältnismäßig hohen Anschaffungspreises entgegen.

**204. — Bleiakkulatoren mit festem Elektrolyt.** Der bei den bisher besprochenen Akkulatoren verwendete flüssige Elektrolyt besitzt, gleichgültig, ob er aus verdünnter Schwefelsäure oder aus Kalilauge besteht, mancherlei Nachteile: Schon bei sehr geringen Undichtigkeiten fließt er aus und wirkt ätzend auf Hände und Kleidungsstücke der Arbeiter; wegen der Gasentwicklung namentlich beim Laden des Akkulators darf der Behälter nicht luftdicht verschlossen sein, sondern es müssen gasdurchlässige Verschlüsse angewandt werden; schließlich macht der Verbrauch an Flüssigkeit häufiges Nachfüllen und Reinigen der Behälter erforderlich.

Wie bei den Trockenelementen (s. S. 242, Ziff. 164) ist es jetzt auch bei Bleiakkulatoren gelungen, den sauren Elektrolyt durch Zusatz von Wasserglas in eine feste, gelatineartige Form zu bringen, die die genannten Nachteile vermeidet.

Der feste Elektrolyt setzt zwar den Wirkungsgrad des Akkulators um einige Prozent herab, hat sich aber im übrigen so gut bewährt, daß er heute in Grubenlampen mit Bleiakkumulator ausschließlich verwendet wird.

<sup>1)</sup> D. R. P. 238232, 241732, 241733, 242047, 250385 und 252707.

**205. — Die Glühbirne und das Schutzglas.** Die früheren Kohlenfadenlampen hatten einen zu hohen Stromverbrauch, so daß für eine ausreichende Lichtstärke das Gewicht der Akkumulatoren verhältnismäßig groß wurde. Einen wesentlichen Fortschritt bedeutete die Einführung der Metallfadenlampen, deren Stromverbrauch nur etwa 30 % desjenigen der Kohlenfadenlampen beträgt.<sup>1)</sup> Annähernd in demselben Maße konnte das Gewicht der Akkumulatoren vermindert werden. Man kann deshalb sagen, daß die elektrische Grubenlampe erst durch die Erfindung der Metallfadenlampe lebensfähig geworden ist. Hauptsächlich stehen Osramlampen in Anwendung.

Der Kraftverbrauch bei diesen Lampen beträgt 1—1,5 Watt oder Volt-ampere je Normalkerze und ist um so niedriger, je größer die erzeugte Lichtstärke ist. Für Mannschaftslampen sieht man etwa 1,5 Normalkerzen als ausreichend an, wobei das Licht dasjenige der Benzinsicherheitslampe, die nur 0,9 Kerzenstärke besitzt, erheblich übertrifft. Der Stromverbrauch ist in diesem Falle etwa 1 Ampere, so daß also eine Zelle ungefähr 2,0 Watt leistet. Für Arbeiten in Rauch und Qualm ist eine solche Lichtstärke nicht ausreichend. Man benutzt hierfür 3—4-kerzige Lampen, die dann eine Batterie von zwei hintereinander geschalteten Zellen haben. Für besondere Zwecke (Arbeiten in Schächten, Beleuchtung von Anschlagpunkten), wo das Gewicht eine geringere Rolle spielt, werden 6-, 10- bis 24-kerzige Lampen benutzt.

Die Lebensdauer einer Glühbirne beträgt etwa 400—600 Brennstunden, ist aber von der Behandlung in hohem Maße abhängig, da die Metallfäden empfindlich gegen Stoß sind.

Zum Schutze der Glühbirne dient eine darüber gestülpte Schutzglocke aus dickem Glas. Neuerdings hat man versuchsweise statt des gewöhnlichen hellen Glases ein mattiertes für die Schutzglocke benutzt, das ohne merkbliche Beeinträchtigung der Leuchtkraft die grelle Schattenbildung vermeidet und das Auge des Bergmanns schont.

**206. — Das Gehäuse.** Das Gehäuse aus starkem Eisenblech besteht aus einem Unter- und Oberteil und nimmt in seinem Unterteile den Akkumulator auf, während der abnehmbare obere Teil, der Deckel, gewöhnlich für die Aufnahme der übrigen Teile bestimmt ist. Der Akkumulator wird nicht unmittelbar in das Gehäuse, sondern zunächst in ein besonderes Gefäß eingesetzt, das bei den Bleiakkumulatoren wegen des sauren Elektrolyts aus Zelluloid, bei den alkalischen Akkumulatoren aus einer Eisentasche und bei den Akkumulatoren mit festem Elektrolyt aus Bleiblech besteht. Bei den Gefäßen aus Zelluloid ist dessen Feuergefährlichkeit zu beachten. Der sodann das Gefäß aufnehmende Lampenunterteil muß vor allen Dingen widerstandsfähig sein, um die Stöße und die Beanspruchungen des Grubenbetriebes auszuhalten.

Bei Lampen mit festem Elektrolyt wird der Akkumulator in fester Verbindung mit dem Lampenunterteil geliefert. Das Laden des Akkumulators erfolgt also im Unterteil, während bei den Lampen mit flüssigem

<sup>1)</sup> Techn. Blätter 1912, Nr. 39, S. 310; Mönkemeier: Die Entwicklung der Metallfadenlampe usw.

Elektrolyt der Akkumulator der Gasentwicklung wegen herausgenommen werden muß.

Der Querschnitt des Gehäuses ist für mehrzellige Batterien am besten rechteckig, da flache Akkumulatorplatten aneinandergelegt die rechteckige Form bedingen. Für einzellige Lampen wird die runde Form bevorzugt, bei der die Platten konzentrisch ineinander stecken können. Die Herstellung

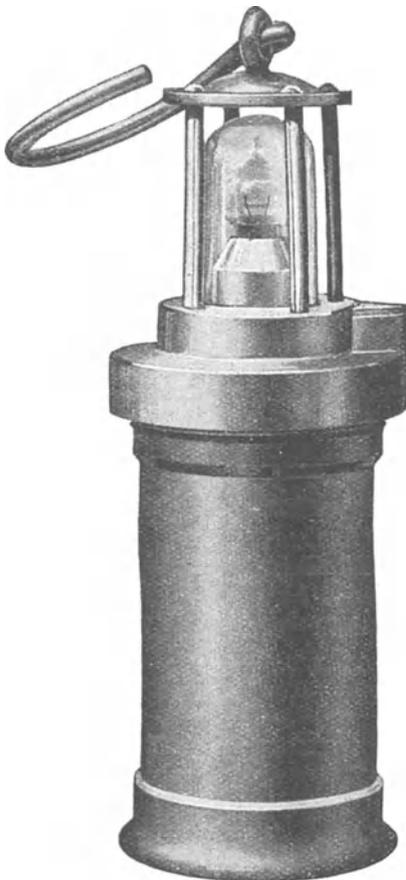


Abb. 575. Ansicht der Ceag-Lampe.

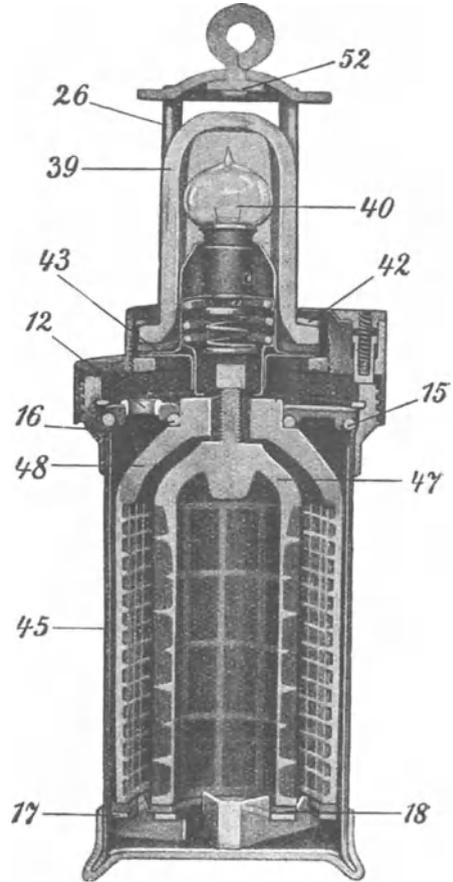


Abb. 576. Ceag-Lampe im Schnitt.

des Gehäuses ist in diesem Falle billiger, und dieses ist widerstandsfähiger. Auch sonst hat sich die zylindrische Form der Elektroden gut bewährt, da sie nicht allein gegen Stöße und Erschütterungen, sondern auch gegen das Verziehen im Falle von Überladungen und Unterentladungen sich als haltbar erwiesen hat.

Der Verschuß des Gehäusedeckels muß für Mannschaftslampen ein sicherer Magnetverschuß sein. Bei Lampen für besondere Zwecke begnügt man sich mit einem Schrauben- oder Splintverschuß.

Durch die im Gehäusedeckel untergebrachte Schalteinrichtung kann der für gewöhnlich unterbrochene Stromkreis geschlossen werden. Die Schaltung ist so, daß das Gehäuse stromlos bleibt.



Abb. 577. Ceag-Abteuflampe.

Dem Ganzen gibt man gern eine solche Form, daß die Lampe äußerlich einer gewöhnlichen Grubenlampe ähnlich sieht und der Traghaken oben in einer Öse befestigt wird (s. die Abbildungen 576, 577, 579 u. 580).

207. — Ausführungsformen. Mit der Herstellung und dem Vertrieb elektrischer Grubenlampen beschäftigen sich insbesondere die Concordia-Elektrizitätsgesellschaft zu Dortmund, Friemann & Wolf zu Zwickau, die Grubenlampenfabrik DomnitzuHoppecke i. W. und die Venta Akkumulatoren- und Grubenlampenfabrik in Leipzig. Die einzelnen Ausführungen weichen, wenn man von dem grundlegenden Unterschiede der Blei- und alkalischen Akkumulatoren und der Verwendung eines flüssigen oder festen Elektrolyts absieht, nicht erheblich voneinander ab. Einige der Lampen mögen im folgenden kurz besprochen werden.

Die verbreitetste Lampe ist die Ceag-Lampe (Marke Rmc), mit festem Elektrolyt der Concordia-Elektrizitätsgesellschaft zu Dortmund (Abb. 575 u. 576). Die Elektroden werden in dem Lampenunterteil durch einen besonders isolierten Abschlußdeckel und einen Spannung festgehalten. Die Stromübertragung erfolgt durch konzentrisch

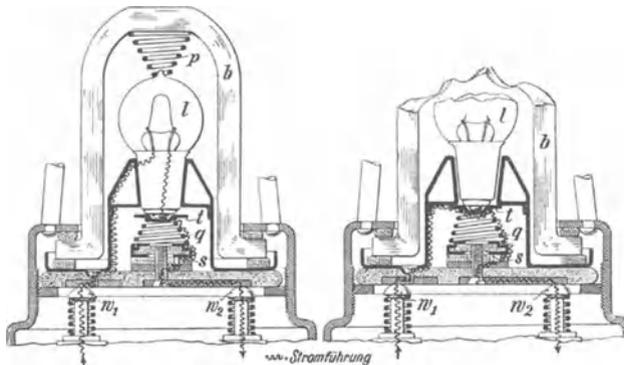


Abb. 578. Schalteinrichtung der Ceag-Lampe bei Zertrümmerung der Schutzglocke.

angeordnete Pole unmittelbar von dem Akkumulator nach der Glühbirne hin. Die gesamte Anordnung der Stromübertragung liegt verdeckt und gut geschützt im Oberteil der Lampe, so daß ein Verschmutzen und

Oxydieren fast ganz verhindert ist. Die Lampen lassen sich in sehr kurzer Zeit, nämlich in etwa vier Stunden, aufladen und besitzen dann je nach der Leuchtkraft des gewählten Glühlämpchens eine für 2—3 Schichten ausreichende Brenndauer. Die Glühlampen werden für zwei Stromstärken,

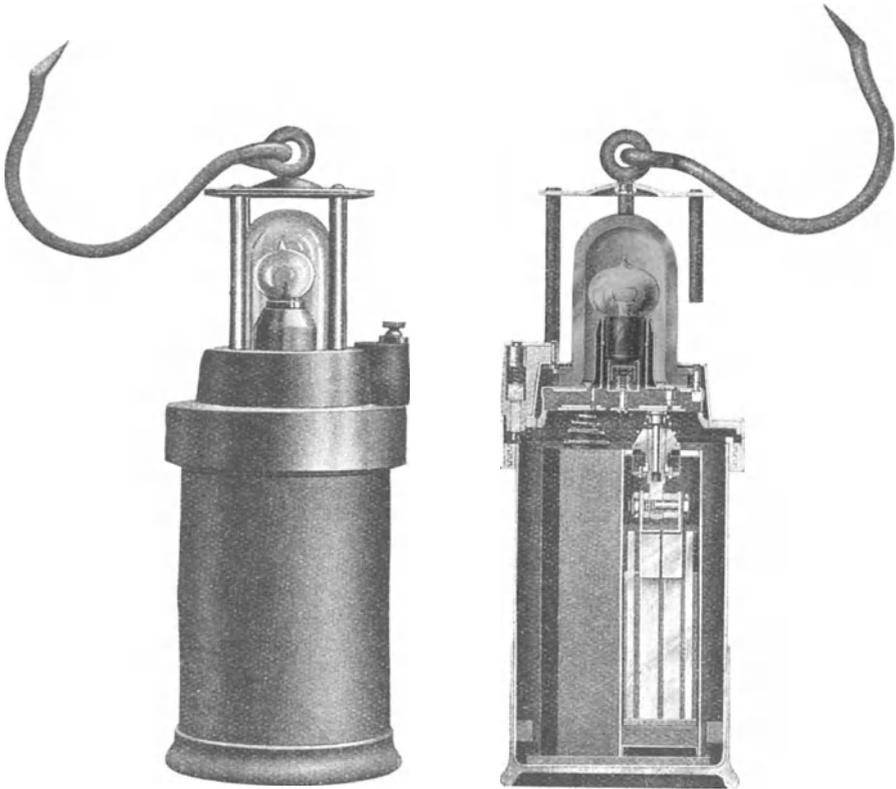


Abb. 579.

Abb. 580.

Lampe mit alkalischem Akkumulator von Friemann & Wolf (Ansicht und Schnitt).

und zwar für 0,75 und 0,5 Ampere geliefert, wobei die Leuchtkraft 1,5 und 1,0 NK beträgt. Das Gewicht der Lampe ist 2,5 kg.

Für Abteufzwecke liefert die Ceag die in Abb. 577 dargestellte Lampe. Der Beleuchtungskopf mit 2 oder 4 Lampen ist an einem Bügel angebracht, der um die wagerechte Mittelachse drehbar und in jeder Stellung feststellbar ist. Die Lichtstärke beträgt etwa 16 NK; die Lampe ist 400 mm hoch, 170 mm breit und 150 mm lang und wiegt 18 kg.

Abb. 578 zeigt die Anordnung einer selbsttätigen Stromunterbrechung, wie sie auf Verlangen für den Fall des Bruches der Schutzglocke angebracht wird. Federnde Kontakte  $w_1$  und  $w_2$  leiten den Strom in den Oberteil der Lampe. Die Glühbirne  $l$  ist zwischen zwei Spiralfedern gelagert.

Die Abbildungen 579 u. 580 zeigen die Lampe von Friemann & Wolf mit alkalischem Nickel-Kadmiumakkumulator (s. Ziff. 203), die eine außer-

ordentliche Lebensdauer besitzen und 2000 Ladungen und Entladungen aushalten soll. Die Leuchtkraft beträgt annähernd 2 NK, das Gewicht 2,1 kg und die Brenndauer 12 Stunden.

**208. — Bewährung der elektrischen Lampen.** Wenn auch gewisse Eigenschaften der elektrischen Grubenlampen, insbesondere die Empfindlichkeit der Akkumulatoren gegen Stoß und unsachgemäße elektrische Behandlung, zu Bedenken Anlaß geben können, so haben doch die tatsächliche Einführung und die von Jahr zu Jahr schnell wachsende Verbreitung der Lampen gelehrt, daß die genannten Übelstände nicht von entscheidender Bedeutung sind. Nachdem durch die Benutzung des festen Elektrolyts auch die Nachteile, die so lange aus der Verwendung flüssiger Schwefelsäure oder Kalilauge folgten, beseitigt sind, scheint die Grundlage für eine allgemeine Einführung der Lampen auf Schlagwettergruben gegeben zu sein.

In Deutschland wird die Einführung dadurch begünstigt, daß sich wegen der hohen Benzinpreise z. Zt. der Betrieb der elektrischen Lampen wesentlich billiger als derjenige der Benzinlampen stellt. Man wird annehmen können, daß die Lampenschicht einer elektrischen Grubenlampe etwa 50—60% billiger als die einer Benzinlampe ist. Noch günstiger stellt sich das Bild, wenn man die Lichtstärke oder Kerzenzahl als Einheit wählt und berücksichtigt, daß bei einer Benzinlampe die Leuchtkraft während der Schicht durch inneres Beschlagen des Lampenglases nachläßt, während dies bei der elektrischen Lampe nicht der Fall ist.

---

## Sach- und Namenverzeichnis.

- A**  
**Aachener Steinkohlenbecken** 31. 49.  
50. 53. 54. 70.  
**Abbau** 277. 324 u. f.  
— auf Nachbarflözen 325. 326.  
— mit Bergeversatz 326. 340 u. f.  
— — Bergfesten 326. 416 u. f.  
— — Spülversatz 394 u. f. 407. 408.  
— — Schüttelrutschen 359 u. f.  
— und Gebirgsbewegungen 424 u. f.  
**Abbauarten** 326 u. f. 383 u. f.  
**Abbauhämmer** 140 u. f. 145. 206.  
**Abbaukammern, Größen** 423, 424.  
**Abbaustrecken** 278. 316. 317. 351. 352.  
354.  
**Abbauverfahren für mächtige Lagerstätten**  
385 u. f.  
— mit Bergeversatz, Beurteilung 378 u. f.  
**Abbauverluste** 324, 325, 341, 432.  
**Abdruckbüchse** 93.  
**Abfallende Wetterführung** 542.  
**Abfanggabel** 91.  
**Abhauen** 278. 318. 319.  
**Abkühlung der Grubenbaue** 443. 444.  
**Ablenkung söhlicher Bohrungen** 123. 124  
**Ablotung von Bohrlöchern** 117. 118.  
**Abrasion, marine** 7. 8.  
**Absitzbecken für Spültrübe** 414.  
**Absperrtüren** 558.  
**Abspritzanlagen beim Spülversatz** 397.  
402. 403. 412.  
**Abteilungsquerschläge** 278. 298. 299. 300.  
308. 312.  
**Abtragung** 8.  
**Abziehzündung** 230. 235. 236.  
**Achepohl** 60.  
**Achsigelbläse** 580.  
**Adalbert-Schacht, Erzbergwerk** 291.  
**Äquivalente Grubenöffnung** 514.  
**Agrappe, Steinkohlengrube** 462.  
**Ahlburg, Dr.** 331.  
**Akkumulatorenlampen** 598 u. f.  
**Alaunschiefer** 12.  
**Algonkium** 12.  
**Alkalische Akkumulatoren** 600.  
**Allgem. El.-Ges., Achsigelbläse** 579.  
580.  
— — Drehbohrmaschine 169. 170. 171.  
**Allochthone Kohlenbildung** 48.  
**Alluvium** 3. 12.  
— im Ruhrbezirk 64. 65.  
**Alma, Steinkohlengrube** 404.  
**Alpen** 4. 31.  
**Alte Baue, Lösung** 323. 324.  
**Altenberg, Zinkerzlagerstätten** 41. 82.  
**Altenwald, Steinkohlengrube** 400. 401.  
410.  
**Altertum der Erde** 3. 12.  
**Aluminiumkapseln** 234.  
**Alvensleben** 252.  
**Amalie, Steinkohlengrube** 204.  
**Ambrohn, Dr.** 81.  
**Ammongelatine** 1. 218.  
**Ammonit 1—7** 208. 212. 220.  
**Ammonsalpetersprengstoffe** 212, 218 u. f.  
226 u. f. 230.  
**Analyse der Schlagwetter** 476.  
**Anemometer** 503 u. f.  
**Anfahrshächte** 281.  
**Anhydrit** 13.  
**Anjou, Dachschieferbergbau** 424.  
**Ankylostomiasis** 450.  
**Anschläge von Bremsbergen** 321, 322  
— — Stapelschächten 312.  
**Anschütz, Neigungsmesser** 118.  
**Ansetzen der Schüsse** 270.  
**Ansteigen der Querschläge** 307. 308.  
**Anthracosia** 55.  
**Anthrazit** 54.  
**Arbeitsfähigkeit der Sprengstoffe** 210.  
**Arbeitsleistung der Wetterbewegung** 516.  
**Arbenz** 443.  
**Archaische Periode** 3. 12.  
**Argon** 444.  
**Asbest** 36.

- Asche der Brennstoffe 46.  
 — vulkanische 5. 6. 11.  
 Asphalt 12. 36.  
 Atmosphäre 2. 6 u. f.  
 Atmosphärische Luft 444 u. f.  
 Aufbruchbewetterung 581. 582.  
 Aufbruchbohrergesellschaft m. b. H.  
 129.  
 Aufbruchbohrmaschinen 127 u. f.  
 Aufbrüche 278. 293. 298. 303. 309 u. f.  
 341. 342.  
 Auflockerungszahl 345.  
 Aufriß 278.  
 „Aufrollen“ der Bremsbergfelder 300. 305.  
 306. 352. 353. 378.  
 Aufsattelung bei Schächten 285.  
 Aufschlußbohrungen 82.  
 Aufsteigende Wetterführung 541. 542.  
 Aufsuchen der Lagerstätten 80 u. f.  
 Auftauen des Dynamits 217.  
 Auskochen der Sprengschüsse 208.  
 Auslauf der Ventilatoren 527.  
 Ausrichtung 277. 279 u. f. 291. 297. 298.  
 Ausrichtungsbetriebe, Auffahren 307 u. f.  
 Austausch-Lagerstätten 35. 37.  
 Austrocknung der Grube 450. 451.  
 Außenbesatz 492.  
 Außenzündung 230.  
 Autochthone Kohlenbildung 48.  
 Aviculopecten 55.  
 Azetylenlampen 585. 597.  
 Azimut 14.  
  
**Baggerarbeit bei Spülversatz 397.**  
 Baggert 73.  
 Bahnbruch 313. 314. 320. 352.  
 Bandverbindung für Lutten 571.  
 Bansen 82. 104. 118. 126. 127. 166.  
 Barrierenpfeiler im Abbau 421.  
 Basalt 10.  
 Bauabschnitte 305.  
 Bauabteilungen 299. 305.  
 Baufelder 285.  
 Bauhöhe, flache 15. 305. 306.  
 Baur 458.  
 Beck, Dr. 38. 42. 453.  
 Begleistreckenbetrieb 314. 565 u. f.  
 Behrens 459. 468.  
 Beissel, Dr.-Ing. 152.  
 „Belgische Methode“ beim Tunnelbau 436.  
 Bendigo, Golderzbergwerk 291.  
 Bentrop, Schleusentrommel 551. 552.  
 — Verladehalle 550. 551.  
 Benzinsicherheitslampe 478. 479. 587 u. f.  
 Benzollokomotiven 455.  
 Berckhoff 578.  
 Bergedamm 314. 330.  
 Bergehalden 345.  
 Bergkasten 315. 352. 377.  
 Bergmühlen 346. 421.  
 Bergerlöcher 322. 323.  
 Bergerutschen 361. 362. 364. 365.  
 Bergeversatz, Abbauarten 348 u. f.  
 — Bedeutung 426.  
 — beim Kammerbau 422. 423.  
 — mit Druckluft 395.  
 — Spülversatz 394 u. f.  
 — Zusammenpressung 343.  
 Bergewirtschaft 346. 347.  
 Bergfesten im Abbau 416 u. f.  
 Berggold 80.  
 Bergmittel 44. 345. 349. 385 u. f.  
 — beim Firstenbau 368. 369. 379.  
 — — Pfeilerbau 333.  
 — — schwebenden Stoßbau 383.  
 Bergschäden 340. 429.  
 Bergschüsse 424.  
 Berieselung 486 u. f.  
 Bernburger Glockenbau 423.  
 Bernhardi 75. 431.  
 Bernstein 12. 36.  
 Bernstein 261.  
 Berührungslagerstätten 35. 37.  
 Beryll 36.  
 Besatz für Sprengluftpatronen 263.  
 Bestäubung 491.  
 Beuthener Mulde 41. 74. 76.  
 Bewetterung von Vorrichtungstrecken  
 330.  
 Beyling 222. 225. 274. 473. 477. 482. 484.  
 491. 588. 595.  
 Beyschlag 35.  
 Bickfelder Verwerfung 60.  
 Bickfordsche Zündschnur 231.  
 Binnensee-Kohlenbildung 48. 49.  
 Bismarck, Leitflöz 53. 55 u. f.  
 Bitumen 47.  
 Bläser 465 u. f.  
 „Blätter“ 32.  
 Blasende Luttenbewetterung 574.  
 — Wetterführung 545. 546.  
 Blechlutten 570 u. f.  
 Bleicherode, Kalisalzwerk 410.  
 Bleierze 12.  
 Bleimörserprobe 211. 212.  
 Bleiplattenakkumulator 599.  
 Blindörter 350. 359. 360. 363.  
 Blindschächte 278. 298. 301. 303. 309 u. f.

- Blumenthaler Verwerfung 60.  
 Bochumer Mulde 58.  
 Bodenbewegungen durch Abbau 424 u. f.  
 Bodeneigene Kohlen 48.  
 Bodenfremde Kohlen 48.  
 Böker 22.  
 Böschungsprünge 20. 22.  
 Bohnerz 12.  
 Bohrbär 88.  
 Bohrbüchse 88.  
 Bohrbündel 91.  
 Bohrdiamanten 105. 106.  
 Bohrdocke 86.  
 Bohreisen 161.  
 Bohrschärfmaschine 202.  
 Bohrgestänge 87. 95. 96.  
 Bohrhämmer 205. 206.  
 Bohrkosten (Söhlbohrung) 124.  
 — (Tiefbohrung) 118. 119.  
 Bohrkrone 101. 105. 111.  
 Bohrlochweite, Einfluß 274.  
 Bohrmeißel 87. 88. 174. 175.  
 — für Spülbohrung 97.  
 Bohrpumpen 95.  
 Bohrsäulen 186 u. f.  
 Bohrschacht 86.  
 Bohrschere 91.  
 Bohrschmand 83. 85.  
 Bohrschwengel 86. 98. 99.  
 Bohrtäucher 86. 91.  
 Bohrtürme 85. 86.  
 Bohrwagen 110. 188.  
 v. Bolesta-Malewski 343.  
 Bolkens Erdbohrer 83.  
 „Boorts“ (Diamanten) 105.  
 Bornhardt 40.  
 Bornhardtscher Funkenzünder 247.  
 Bornhardtsche Zündmaschine 239.  
 Borsig A., Masch.-Fabr. 414.  
 Bosseyeuse 155.  
 Boty-Lampe 587.  
 Bracht 461.  
 Bradegrube, Steinkohlengrube 221.  
 Brandi 576.  
 Brandtsche Drehbohrmaschine 171 u. f.  
 205.  
 Braunkohle 11. 12. 45. 47.  
 Braunkohlenbergbau 338 u. f. 395. 411.  
 412.  
 Breitauffahren 314. 315. 333. 565. 568.  
 Breitaufhauen von Bremsbergen 320.  
 Breithaue 139.  
 Breitkeil 154.  
 Breiversatz 412.  
 Bremsberge 278. 304. 318. 319 u. f.  
 Bremsbergförderung 299. 300.  
 Brenner 471.  
 Brenngeschwindigkeit der Zündschnur 231.  
 232.  
 Brisante Sprengstoffe 207. 212.  
 Brockenfänger 107.  
 Brown 291.  
 Bruchbau 326. 335 u. f.  
 Bruchtheorie 429.  
 Bruchwinkel 325. 326. 428. 432.  
 Brückenglühzünder 238. 257. 258.  
 Brücher, Dr. 416.  
 Brunnenbohrer 103.  
 Bulgis 258.  
 Buntsandstein 12. 61. 62. 63. 70. 76.  
 Burat 43.  
 Burbach, Gewerkschaft 123.  
 Busch 275. 403. 405.  
 Butzen 37. 41.  
 Cabolet 143.  
 Calamites 49.  
 Canaval 475.  
 Cannelkohle 47.  
 Capell-Ventilator 531. 532.  
 Carben 262.  
 v. Carnall 23.  
 Casella-Anemometer 503.  
 Ceag-Lampe 603. 604. 605.  
 Cenoman 12. 63. 64. 77.  
 Cerfunkenzündung 590. 591 u. f. 597.  
 Chatelier Le 473.  
 Cheddit 221.  
 Chloratit 1—3 221.  
 Chloratsprengstoff 221 u. f. 226. 230.  
 Chlormagnesiumlauge für Berieselung 490.  
 City and Village, Golderzbergwerk 291.  
 Clanny-Lampe 587.  
 Cloos 152. 204.  
 Clowes-Lampe 480.  
 Concordia Elektr.-Ges. 603.  
 — Steinkohlengrube 549. 577.  
 Consolidation, Steinkohlengrube 152.  
 159. 303. 434. 464. 515.  
 Cordaites 49.  
 Craeliussches Bohrverfahren 120.  
 Cremer, Dr. L. 29. 30. 60. 66. 430.  
 Crotagino-Rohre 404.  
 Czuchow, Bohrloch 75. 112. 441.  
 „Dach“ 307.  
 Dachschieferbergbau 424.

- Dahlhauser Tiefbau - Graf Bis-  
 marck-Verwerfung 60.  
 Damm s. Bergedamm.  
 Dampfrohrleitungen als Wetterbewegungs-  
 mittel 520.  
 Dannenberg 48. 50. 73. 76. 78.  
 Dathe 76.  
 Davy-Lampe 586. 587.  
 Deckgebirge 82. 284. 285.  
 — im Aachener Bezirk 72.  
 — — Ruhrbezirk 61 u. f.  
 — — Saarbezirk 70.  
 — in Oberschlesien 76.  
 Deckgebirgsicherheitspfeiler 432. 433.  
 Deflagration 207.  
 Dehnke 550.  
 Deklination 14.  
 Demag, Bohrhammersteuerung 191.  
 — Bohrwagen 188.  
 — Drehbohrmaschinen 167.  
 — Hammerbohrmaschinen 197.  
 — Luftmesser 203.  
 — Pulsatormaschine 186.  
 — Schrämmaschine 146.  
 — Stoßbohrmaschine 178. 180.  
 Demanet 32. 43. 462. 540.  
 Denudation 8.  
 Depoele van, Bohrmaschine 182.  
 Depression 481. 499 u. f. 534. 543. 544.  
 Depressionsformel 509.  
 Depressionsmaschinen 522 u. f.  
 Depressionsmesser 500.  
 Detonation 207.  
 Deutscher Kaiser, Steinkohlengrube  
 403. 404. 409.  
 Deutsches Tiefbohren 85 u. f.  
 Deutsche Tiefbohr-A.-G. 101. 108.  
 109. 115.  
 Devon 3. 12. 61.  
 Diabas 10.  
 Diagonalen 278.  
 Diagonaler Pfeilerbau 332. 333.  
 — StREbbau 355. 356.  
 Diagonale Wetterführung 553.  
 Diamantbohrung 105 u. f. 118. 119 u. f. 160.  
 Diamantdrehbohrmaschinen 173.  
 Diamanten, Vorkommen 36. 42. 43.  
 Dickspülung 84. 95. 115.  
 Dietz 443.  
 Diffusion des Grubengases 470.  
 Diffusor 528.  
 Diluvium 3. 12.  
 — im Ruhrbezirk 64. 65.  
 Dinitrochlorhydrin 217.  
 Dinnendahl R. W. 531.  
 Diskenkronen 106.  
 Diskordanz 13.  
 Döbelstein 128. 258. 413. 549. 577.  
 Döhlener Steinkohlenablagerung 78.  
 Dogger 12.  
 Dolomit in Kohlenflözen 44.  
 Dominit, Lampenfabrik 603.  
 Donarit 208.  
 Donlällig s. tonnlällig.  
 Doppelförderung in Schächten 288. 289.  
 Doppelhacke 139.  
 Doppelkernrohr 107. 108.  
 Doppelkorb lampen 589 u. f. 596.  
 Doppellagerung von Schichten 28. 33. 34.  
 Doppelschachtanlagen 286.  
 Doppelschraubensäule 187.  
 Dorstfeld, Steinkohlengrube 149. 158.  
 Drahtkorb für Sicherheitslampen 589.  
 Drehbohrmaschinen 164 u. f. 205. 206.  
 Drehendes Bohren bei der Sprengarbeit  
 160 u. f.  
 — — (Tiefbohrung) 82. 83. 105 u. f.  
 Drehkopf 96.  
 Drehtüren für Wetterführung 560.  
 Drehverwerfer 22.  
 Drehwage 81.  
 Dreifach-Mischung 588.  
 Dreifüße 188.  
 Drekopf, Dr. 441. 444.  
 Drillingschächte 286.  
 Drosseltüren 558. 561.  
 Drosselung 557.  
 Druckgefälle des Wetterstromes 498 u. f.  
 Druckluftmesser 203.  
 Druckluftverbrauch 481.  
 Druckluftversatz 395.  
 Druckluftwirtschaft 204. 206.  
 Druckspülung 398. 399.  
 Druckwasser-Abtreibevorrichtung 156.  
 — -Drehbohrmaschine 171 u. f.  
 Druckwassersäule 187. 188.  
 Druckwelle im Hangenden 343. 344. 426.  
 434.  
 Dubois u. François, Keilvorrichtung  
 155. 156.  
 Dudweiler, Steinkohlengrube 366.  
 Dünenbildung 9.  
 Dütting 344. 386.  
 Durchbiegungstheorie 429.  
 Durchgangsöffnung 533. 534.  
 Durchhiebe 278. 318.  
 Durchschieben bei der Schachtförderung  
 289.

- Dyas 3. 12.  
 Dynamit 207. 208. 210. 212. 215. 218. 230.  
 Dynamit A.-G. Nobel 242.  
 Dynamoelektrische Zündmaschinen  
     240 u. f.  
  
**E**beling 221. 291.  
 Eckardt 427. 429.  
 Edelsteinseifen 12.  
 Edison-Akkumulator 600. 601.  
 Eiberg, Steinkohlengrube 515.  
 Eigene Berge 342. 343. 345. 349.  
 Einbruch beim Kammerbau 420.  
 Einbruchschießen 270. 271.  
 Einecker 461.  
 Einfache Gänge 39.  
 Einfallen 14. 15.  
 — und Abbauwirkungen 426.  
 Einlauf bei Ventilatoren 526.  
 Einsatzschneiden an Schlangenbohrern  
     160.  
 Einschachtsystem 552.  
 Einseitig saugende Ventilatoren 527.  
 Einsturzbeben 5.  
 Eisabschliff 8.  
 „Eisen“ 154.  
 Eisenbeisse Schrämmaschine 146.  
 Eisenerze 12. 38. 43.  
 Elastische Wellen für Aufschlußarbeiten  
     81.  
 Elektrische Aufschlußarbeiten 81.  
 — Bohrhämmer 194.  
 — Drehbohrmaschinen 168 u. f.  
 — Lampen 598 u. f.  
 — Zündung 230. 236 u. f. 265.  
 — — Unfälle 269.  
 Elektrolyt, fester 601.  
 Elektromagnetverschlüsse 593.  
 Elektropneumatische Bohrmaschinen 185.  
 Elemente als Zündmaschinen 242 u. f.  
 — Mulde 59.  
 Englische Tiefbohrung 85.  
 Entspannungsverhieb 341. 433.  
 Entstehungsursachen der Schlagwetter-  
     explosionen 474 u. f.  
 Entzündungstemperatur der Schlagwetter  
     473.  
 Eocän 12.  
 Eötvössche Drehwage 81.  
 Epigenetische Lagerstätten 35. 37.  
 Erbstollen 280.  
 Erda-A.-G. 81.  
 Erdbeben 5. 21.  
 Erde, Größenverhältnisse 2. 3.  
 Erdinneres, Kräfte 2 u. f.  
 Erdmann 458.  
 Erdöl 12. 36. 37.  
 Erdrinde 2 u. f. 3. 9 u. f.  
 Erin, Steinkohlengrube 365.  
 Erlinghagen 118.  
 Erosion 7.  
 Erratische Blöcke 8. 65.  
 Erschütterungen durch Abbau 424. 426.  
 Erstarrungsgesteine 10.  
 Eruptivgesteine 10.  
 — im Saargebiet 69.  
 — in Niederschlesien 77. 78.  
 Erweiterungsbohrer 113. 114. 275.  
 „Erzfälle“ 45.  
 Erzürstenbau 356 u. f. 381. 382.  
 Erzgänge 35. 37. 38 u. f. 61.  
 Erzgangbergbau 315. 323. 356 u. f. 385.  
 Erzlagerstätten 36. 37.  
 Essener Grünsand 63. 64.  
 — Mulde 58.  
 Ewald, Steinkohlengrube 465. 560.  
 Exploration, G. m. b. H. 81.  
 Explosible Gasgemische 472.  
 Explosion der Schlagwetter 471 u. f.  
 — — Sprengstoffe 206 u. f.  
 Explosionsgeschwindigkeit 207. 210.  
 — der Schlagwetter 473.  
 Explosionschwaden 476.  
 Explosionsfang 497.  
 Explosionspillenzündung 590. 597.  
 Explosionstemperatur der Schlagwetter  
     472.  
 — — Sprengstoffe 209.  
 Explosionswelle 207.  
 Expreß-Bohrverfahren 102.  
 Exzentrischer Meißel 113. 114.  
  
**F**abianscher Freifall 89. 90.  
 Fabrik elektr. Zünder 240. 241. 242.  
     243. 246. 249. 255.  
 Fabrik für Bergwerksbedarfsarti-  
     kel 129. 168. 192.  
 Fäustel 154. 189.  
 Fahrbare Stoßschrämmaschine 145.  
 Fahrüberhauen 318. 320.  
 Faille du midi 31.  
 Fallinie 15.  
 Faltenachsen 17. 18. 28.  
 Faltengebirge 4.  
 Faltenverwerfungen 28 u. f.  
 Faltung 3. 4. 13 u. f. 23. 24.  
 — im Aachener Bezirk 72.

- Faltung im Ruhrkohlenbecken 58 u. f.  
 Fangdorn 93.  
 Fangglocke 92. 93.  
 Fangmagnet 93.  
 Fangschere 93.  
 Fangwerkzeuge 92 u. f.  
 Farne 49.  
 Fauckscher Erweiterungsbohrer 113.  
 Faucksches Bohrverfahren 102.  
 Faulschlammkohle 45. 46. 47.  
 Fayol 345.  
 Federbüchse 93.  
 Feldbiß, Verwerfung 71. 72.  
 Feldortstrecken 312. 357.  
 Ferdinandgrube, Steinkohlengrube 414.  
 Fernzündung 230.  
 Fettkohle 55 u. f. 67. 71. 77.  
 Fettkohlengruppe 53. 55 u. f. 67.  
 Feuchter 277.  
 Fimmel 155.  
 Findlinge 8. 65.  
 First 307.  
 Firstenbau 379. 387. 434.  
 — auf Erzgängen 356 u. f. 381. 382.  
 — — Steinkohlenflözen 367 u. f.  
 Firstenverhieb 438.  
 — beim Kammerbau 419 u. f.  
 Fläche 283.  
 Flächengedinge 133.  
 Flammerscheinungen der Sicherheitslampe 478.  
 Flammentemperatur der Sprengstoffe 209.  
 Flammkohle 54. 68. 74.  
 Flegel 412.  
 Fliegel 62. 71.  
 Flöze 36. 37.  
 Flözführendes Steinkohlengebirge, Vergleichstafel 53.  
 Flözgruppen im Saarbezirk 67 u. f.  
 — in Niederschlesien 77.  
 — — Oberschlesien 73. 74.  
 Flözleerer Sandstein, Flözleeres 52. 53.  
 Flottmann, Bohrhammer 190 u. f. 194.  
 — Hammerbohrmaschine 196. 197.  
 — Wasserspülvorrichtung 199.  
 Flügelörter 280.  
 Flüssige-Luft-Sprengkapsel 264. 265.  
 — — -Sprengverfahren 212. 259 u. f.  
 — — — Unfälle 269.  
 Flußterrassen im Ruhrbezirk 65.  
 Förderrollen 322. 323.  
 Förderstuhl 91.  
 Förster 81.  
 Formationen 11. 12.  
 Forstmann, Dr.-Ing. 477.  
 Fräser (Tiefbohrung) 94.  
 Fräsketten-Schrämmaschinen 148. 149.  
 François, Rammkeil 155.  
 Frankesche Schrämmaschine 140. 190.  
 Frantz, Gesteinstaubkasten 495.  
 Frech 73. 78.  
 Freifall für Spülbohrung 97.  
 Freifallvorrichtungen 89. 90.  
 Freihand-Drehbohrmaschinen 165 u. f. 205.  
 Fremde Berge 342. 343. 345. 351.  
 Friedrich Thyssen, Steinkohlengrube 362. 496.  
 Friemann & Wolf 480. 585. 592. 594. 595. 597. 600. 603. 605.  
 Frische Wetter 439.  
 Frölich & Klüpfel 167. 192. 581. 583.  
 Füllörter, Herstellung 435 u. f.  
 Furer 419. 423.  
 Funkenreißen und Schlagwetterentzündung 475.  
 Funkenzündung 238. 247 u. f. 256. 257. 258.  
 Gaebler 73. 75.  
 Gänge 10. 37. 38 u. f.  
 Galloway, Moosbesatz 223.  
 Galvanoskop 254.  
 Gangablenkungen 44. 45.  
 Gangmauern 80.  
 Garforth 490.  
 Garforth'sche Schrämmaschine 149.  
 Gasausbrüche, plötzliche 461 u. f. 467.  
 Gasdruck bei der Sprengstoffexplosion 210.  
 — in der Kohle 459. 460.  
 Gasflammkohle 48.  
 Gasflammkohlengruppe (Ruhrbezirk) 53. 55 u. f.  
 Gaskohle 54.  
 Gaskohlengruppe (Ruhrbezirk) 53. 55 u. f. 286. 294.  
 Gault 12.  
 Gaze 435.  
 Gebhardt 40.  
 Gebirgsbewegungen durch Abbau 424 u. f.  
 Gebirgsbildung 3 u. f.  
 Gebirgsschläge 424. 430. 464.  
 Gebirgslehre 2 u. f.  
 Gebirgstörungen s. Störungen.  
 Gebrochene Schächte 283.  
 Gedinge 132 u. f.  
 Gefrierbohrlöcher 82. 83. 102. 103. 117.

- Gehäuseventilatoren, Luftverbrauch 206.  
 Geisler-Ventilator 528. 529.  
 Gelatinedynamit 218.  
 Gelatinöse Sprengstoffe 212.  
 — Wettersprengstoffe 226. 227. 228. 230.  
 Geleucht 584 u. f.  
 Gelignit 218.  
 Gelsenkirchener Sattel 30. 58.  
 — Überschiebung 60.  
 Gemischte Entlohnung 133.  
 General Blumenthal, Steinkohlen-  
 grube 558.  
 Generalgedinge 133.  
 Generalstreichen 15.  
 — im Ruhrbezirk 59.  
 Geologische Zeiträume 3.  
 Geothermische Tiefenstufe 440. 441.  
 Gerhard, Steinkohlengrube 291.  
 Gerke 82. 154. 194. 202. 361. 363.  
 Germania-Bohrmaschine 162.  
 Geschichtete Lagerstätten 35. 37.  
 Geschwindigkeitshöhe 501. 502.  
 Geschwindigkeitsmesser 503.  
 Gesenke 278. 293. 298.  
 Gestänge für Tiefbohrung 87. 95. 96.  
 Gestängebohren 85 u. f.  
 Gestängerechen 91.  
 Gestängeschlüssel 92.  
 Gesteinsbremsberge 304.  
 Gesteinshacke 139.  
 Gesteinslehre 9 u. f.  
 Gesteinsprengstoffe 208. 215 u. f.  
 Gesteinsproben (Tiefbohrung) 115.  
 Gesteinstaubhorden 494.  
 Gesteinstaubkästen 494 u. f.  
 Gesteinstaubmatten 494.  
 Gesteinstaubschranken 493.  
 Gesteinstaubsperrern 486. 492 u. f.  
 Gesteinstaubverteiler 492.  
 Gesteinstaubverwendung 490 u. f.  
 Gewerkschaft Carl, Lampen 585. 597.  
 Gewinnbarkeit 135. 136.  
 Gewinnungsarbeiten 132 u. f.  
 Geyley 421.  
 Gezeugstrecken 312.  
 Giftige Wetter 439.  
 Gipslagerstätten 11.  
 Glanzkohle 47.  
 Gleichwertige Grubenöffnung 514.  
 — Länge 512.  
 Gletscher 8. 13.  
 Glockemeier 105.  
 Glockenbau 423.  
 Glocken beim Abbau 335. 423.  
 Glöckner 410.  
 Glimmer 36.  
 Glimmerschiefer 10. 12.  
 Glückauf, Kalisalzwerk 410.  
 — Masch.-Fabr., Staubbeseitigung 200.  
 — — Steuerung 191.  
 Glückshaken 92.  
 Glühbirne an elektr. Lampen 602.  
 Gneis 10.  
 Goetze 185. 204.  
 Goldreich 427. 429.  
 Goldseifen 12. 42. 43.  
 Gottessegengrube, Steinkohlengrube  
 261.  
 Gräben 4. 23. 34.  
 — im Ruhrbezirk 59.  
 Gräff 431.  
 Grafit 12. 36.  
 Grahn 43. 365. 369. 462. 540. 549.  
 Granat 36.  
 Grand 6.  
 „Grand transport“ in Belgien 32.  
 Granit 10.  
 Grauwacke 10.  
 Grenzläufige Wetterführung 553. 554.  
 Grenzwinkel 429.  
 Greßly 41.  
 Grewen, Bohrvorrichtung 130.  
 Griffelschiefer 12.  
 Gropp 266. 447.  
 Grubenbaue 277 u. f.  
 Grubenbewetterung 439 u. f.  
 Grubenbrände 416. 433. 474.  
 Grubengas 458 u. f.  
 Grubengasausbrüche 461 u. f.  
 Grubenlampen 585 u. f.  
 Grubentemperatur 440 u. f.  
 Grubenweite 514. 534. 536.  
 Grubenwetter 444 u. f.  
 — Gewicht und Volumen 480.  
 Grünstein 10.  
 Grundriß 278. 279.  
 Grundstrecken 278. 299. 300. 307. 312 u. f.  
 Grundstreckenpfeiler 331. 332. 333.  
 Gruppenbau 302 u. f.  
 Gruppenschaltung der Sprengschüsse 256.  
 257.  
 Guibal-Ventilator 528.  
 Gunderloch 455.  
 Gurdynamit 159. 216.  
**Haase** 395.  
 Haber, Schlagwetterpfeife 477.  
 Häuerarbeiten 132 u. f.

- „Hakenschläge“ 26. 30.  
 Halbedelsteine 36.  
 Halbgelatinöse Sprengstoffe 212.  
 — Wettersprengstoffe 226. 227. 230.  
 Haldenberge beim Spülversatz 397.  
 Haldensturz 285. 341.  
 Halmzündung 231.  
 Halterner Sande 64.  
 Hammerbohrmaschinen 190. 197 u. f. 205.  
 Handbohrmaschinen 161 u. f.  
 — stoßende 175.  
 Handfäustel 154.  
 Handhabungssichere Sprengstoffe 223.  
 Handversatz 342. 343. 413.  
 — Zusammendrückbarkeit 342. 343. 422.  
 Hangender Flözzug (Saarbezirk) 53.  
 Hannibal-Pumpe 414.  
 Hardy Pick Co., Keile 155.  
 „Harnische“ 22.  
 Harzé 540.  
 Harzer Erzgänge 12. 40.  
 Haspel, Luftverbrauch 206.  
 Hasse 433.  
 Haton de la Goupillière 345. 424.  
 436. 447.  
 Hattinger Überschiebung 60.  
 Hatzfeld 491. 595.  
 Hauhinco G. m. b. H. 142.  
 Hauptflöz, Leitflöz 53. 55 u. f.  
 Hauptförderstrecken 299. 300. 312. 317.  
 Hauptmulden u. -sättel 16.  
 Hauptquerschläge 297. 307. 308.  
 Hauptsperre 492. 494 u. f.  
 Hausse 23. 426. 429.  
 Haußmann 118.  
 Heberle 268.  
 Hecker, Dr. 268.  
 Hedwigswunsch, Steinkohlengrube 400.  
 Heilbronn, Steinsalzbergwerk 417.  
 Heim 29.  
 Heinhold, Dr. 229.  
 Heise 245. 441. 444.  
 Heiße Quellen 6.  
 Helene, Steinkohlengrube 152. 204.  
 Helium 444.  
 Hellessen-Elemente 243.  
 Hempel-Lampe 480.  
 Herbig, Dr. 352.  
 Herbst 158. 432. 443.  
 Hereintreibarbeit 154 u. f.  
 Hermann I, Steinkohlengrube 291.  
 Herner Verwerfung 60.  
 Herwegen 82.  
 Herzkämper Mulde 59.  
 Hibernia, Steinkohlengrube 401. 459.  
 467. 468. 515.  
 Hilfschächte 298.  
 Hilt 470.  
 Hinselmann, Luftschleuse 550.  
 Hintereinanderschaltung der Sprengschüsse 256. 257.  
 — — Ventilatoren 539. 540.  
 Hinz 206.  
 Hochbrechen von Aufbrüchen 310. 311.  
 Hochöfenschlacke beim Spülversatz 396.  
 398.  
 Hochstrate 379.  
 Höfer von Heimhalt 19. 21. 23. 441.  
 Höhenlinien 17.  
 Höhenzahlen 279.  
 Höhlenbildung 8.  
 Höing, Rud., Strahldüse 576.  
 Hohendahlsche Zange 235.  
 Hohenthalschacht (Mansfeld) 229.  
 Hohenzollern, Kalisalzwerk 420.  
 — -Ventilator 528. 529.  
 Hoher Meißner 44.  
 Hohlgestänge 94.  
 Hohlraumausfüllungen 35, 37.  
 Hohlraumschießen 274.  
 „Holländer“ 96.  
 Holland, Steinkohlengrube 148.  
 Hollender 467.  
 Holzapfel 22. 70.  
 Holzer Konglomerat 65.  
 Holzhängeschächte 281.  
 Holzlutten 573.  
 Horste 4. 23. 34.  
 — im Ruhrbezirk 59.  
 Huhn 201.  
 Humboldt, Maschinenfabrik 549.  
 Humuserde 46.  
 Humuskohle 46. 47.  
 Humussäuren 6.  
 Hundt 266. 407. 410.  
 Hydraulischer Keil 156.  
 Hydraulische Tiefbohrung 104. 105.  
 Hydro-Apparate-Bauanstalt 508.  
 Hydromat 104.  
 Hydrostatische Geschwindigkeitsmesser  
 507. 508.  
 Hygrometer 448.  
 Ibbenbüren 53.  
 Ihering v. 524.  
 Ilseder Hütte 267.  
 Imprägnationslagerstätten 35. 37.  
 Inde-Mulde 53. 70 u. f.

- Infusorienerde 11.  
 Inkohlung 46.  
 Innenzündung 230.  
 Innere Zündung für Lampen 587. 590 u. f.  
 Interferometer 477.  
 Isolations-Übersteckhülse 254.  
 Isolierbolzen 252.  
 Isothermischer Wirkungsgrad 583.
- J**
- Jäger 112.  
 Jakobschacht (Mähr.-Ostrau) 541.  
 Janssen 426.  
 Jentsch 245.  
 Jičinský 596.  
 Joesten 221. 274.  
 Junkers 443.  
 Jura 3. 12.
- K**
- Kältemantel 442.  
 Känozoische Periode 3. 12.  
 Kaiserstuhl, Steinkohlengrube 577.  
 Kaiser Wilhelm II., Steinkohlengrube 291.  
 Kalisalzbergbau 327. 416 u. f.  
 — Spülversatz 410. 411. 412.  
 Kalisalze 12. 36. 37.  
 Kalkgebirge, Lagerstätten 35. 41.  
 Kalksteinbildung 11.  
 Kambrium 3. 12.  
 Kammerbau 419 u. f.  
 „Kanonenschießen“ 272.  
 Karbon 3. 12.  
 Karbonados 105.  
 Karbonitfabrik 259.  
 „Karbons“ 105.  
 Katharina, Leitflöz 53. 55 u. f. 71.  
 — Steinkohlengrube 413. 415.  
 Kayser, E. 3.  
 Kegel 143. 395. 412. 417. 422. 431. 510. 536.  
 Kegeleinbruch 271.  
 Keilarbeit 154 u. f.  
 Keileinbruch 271.  
 Keilhauenarbeit 138 u. f.  
 Kellermann, Magnetverschluß 593.  
 Kernfänger 106. 107.  
 Kernrohr 107.  
 Kesselasche beim Spülversatz 396. 398.  
 „Kesseln“ 521.  
 Kettenschrämmaschinen 148. 149.  
 Keuper 12.  
 Kies 6. 10.  
 Kindscher Freifall 89. 90.  
 Kippgefäße 486.
- Kirchlinder Störung 60.  
 Kirst 464.  
 Klammerverschluß für Lutten 572.  
 Klaubberge 345.  
 Klauenverschluß für Lutten 572.  
 Klein 277.  
 Klernner, Bohrhämmersteuerung 191.  
 Klingspor 267.  
 Klockmann 40.  
 Klötzeldämme 561.  
 Klufftbildung 5.  
 Klufftspalten 22.  
 „Knälle“ 5. 424.  
 Knallquecksilber 207.  
 Knallquecksilberkapseln 233. 234.  
 Kneuse 386.  
 Knochenhauer 454.  
 Köbrich 111.  
 Köhler 22. 335.  
 Kölner Bucht 61. 64.  
 König Ludwig, Steinkohlengrube 360. 364.  
 Königsborn, Steinkohlengrube 143.  
 Königsgrube, Steinkohlengrube 394.  
 — (Wurmrevier) 471.  
 Körting, Gebr. 540.  
 — — Strahlgebläse 578. 583.  
 Kohl 222.  
 Kohlauer Mulde 78.  
 Kohle, Entstehung 45 u. f.  
 Kohlenkalk 12. 52.  
 — im Aachener Bezirk 72.  
 Kohlenkarbonit 208. 212.  
 Kohlenoxyd 208. 439. 454 u. f.  
 Kohensäure 6. 46. 47. 208. 451 u. f.  
 Kohensäureausbrüche 453.  
 Kohlenschneider 152 u. f. 206.  
 Kohlenstaub 482 u. f.  
 Kohlenstaubexplosion 483 u. f.  
 Kohlenstaubgefahr 451. 485 u. f.  
 Kohlenstaubsicherheit der Sprengstoffe 224.  
 Kohlentränkverfahren 157.  
 Kohlmann, Dr. 43. 462. 540.  
 Kohrman 406. 407.  
 Koksbildung in Kohlenflözen 44.  
 Kokskehle 54.  
 — in Oberschlesien 74.  
 Kombiniertes Schießen 275.  
 Kompression 499 u. f.  
 Komprimiertes Pulver 213.  
 Kolbe 427.  
 Kollodiumwolle 216.  
 Konglomerat 10.

- Konkordanz 11.  
 Konkretionen 36. 37.  
 Kontaktlagerstätten 35.  
 Kontaktzonen 80.  
 Kontinentale Tiefbohrgesellschaft  
   100. 109. 110. 120.  
 Kopfführung in Schächten 289. 290.  
 Kopplin 252.  
 Korallenkalk 11.  
 Korfmann, H. 167. 192.  
 — — Bohrhammersteuerung 191.  
 — — Bohrmaschine 162.  
 — — Kurzschlußklemme 253.  
 — — Luttenventilator 579. 583.  
 — — Überhaubohrmaschine 127.  
 Kornpulver 213.  
 Korrektur der Anemometer 504. 505.  
 Korten 426.  
 Kosten der Berieselung 488.  
 — — Gesteinstaubverwendung 491.  
 — — des Spülversatzes 414. 415.  
 Kowatsch 260.  
 Kraftbedarf der Wetterführung 544.  
 Kratze 137.  
 Krefelder Sattelhorst 71.  
 Kreide 3. 11. 12. 13.  
 — im Ruhrbezirk 61. 63 u. f.  
 — in Niederschlesien 77.  
 Kreuzlinie 24. 25. 26.  
 Kristalline Schiefer 10.  
 Krückel 87.  
 Krückenkratze 137.  
 Krümmer beim Spülversatz 403. 404.  
   405. 406.  
 Krull 524.  
 Krusch 35. 50. 58. 71.  
 Kruskopf, Kippgefäße 489.  
 — Leichtlutten 573.  
 — Sandbesatz 275.  
 — Türlöcher 489. 490.  
 Krypton 444.  
 Kubisches Gedinge 133.  
 Kühllhaltung der Grube 441 u. f.  
 Künstlicher Wetterzug 521 u. f. 541.  
 Küntzel 75.  
 Küppers, Dr. 455. 478.  
 Kulm 12. 52.  
 — in Niederschlesien 76.  
 Kukuk, Dr. 44. 45. 50. 56. 59. 71.  
 Kupfererze 12.  
 Kupferschiefer 37. 44. 62.  
 Kupferschieferbergbau, Mansfelder 281.  
   355. 356.  
 Kurbelstoßbohrmaschine 183.  
 Kurl, Steinkohlengrube 33. 387.  
 Kurzawka 76.  
 Kurzschlußklemme 253.  
**L**  
 Lachmann 30.  
 Ladedichte 210.  
 Längengedinge 133.  
 Längsprofil 20. 278.  
 „Läufe“ 312.  
 Lager 37. 38.  
 Lagerstätten 34. 35. 36. 37. 43. 44.  
 Laligant 464.  
 Lampen 585 u. f.  
 Landschütz 261.  
 Lange, Lorecke & Co. 120. 121. 124.  
 Laske 453.  
 Lauerische Reibzündung 236.  
 Laufklärung für Spültrübe 414.  
 Laufschächte 283.  
 Lava 5. 6.  
 Lazischer Schichten 53. 73.  
 Leala-Schicht (Saarbezirk) 53.  
 Legeisen 155.  
 Lehmann, Dr. 21. 30. 33. 427. 429.  
 Lehm beim Spülversatz 396. 397. 398.  
   413.  
 — im Ruhrbezirk 65.  
 Leimbach, Dr. 81.  
 Leitschichten im Saarbezirk 69.  
 Leitungen für elektr. Schußzündung  
   250 u. f.  
 Leitungsprüfer 254 u. f.  
 Lemaire 461.  
 Leopoldshall, Kalisalzwerk 458.  
 Lepidodendron 49.  
 Leschot 105.  
 Lettenbesteg 22. 40.  
 Levetsche Keilvorrichtung 156.  
 Leyendecker 397.  
 Lias 12.  
 Lichtenberger 417.  
 Lichtlöcher 280.  
 Limnische Kohlenbildung 48. 67.  
 Linde v. 259. 260.  
 „Linsen“ 37. 41.  
 Lintorfer Erzbergbau 12. 22. 40. 61.  
 Lippe-Mulde 59.  
 Lisse 243. 245. 261.  
 Löffelhaken 93.  
 Lösungstrecken 298. 323. 324.  
 Löß 9. 11.  
 Löwy 81.  
 Loos 143.  
 Lotgesellschaft m. b. H. 118.

- Lottner 37.  
 Lotung von Bohrlöchern 117. 118.  
 Louisenenthal, Steinkohlengrube 470.  
 Lück 403.  
 Luftbedarf des Menschen 439.  
 Luftdruck und Explosionsgefahr 469.  
 Luft, geologische Wirkungen 9.  
 Luftschießenverschluss 549 u. f.  
 Lugau-Ölsnitzer Steinkohlenablage-  
 rung 78.  
 Luttenbewetterung 565. 568 u. f. 574.  
 Luttenventilatoren 206. 578 u. f.
- M**acksche Druckwassersprengung 158.  
 Macnab, Besatz 223.  
 Mächtige Lagerstätten, Abbau 385 u. f.  
 Mänicke 161.  
 Maeßches Anemometer 505.  
 Magerkohle 48. 54.  
 — im Aachener Bezirk 71.  
 — in Niederschlesien 77.  
 Magerkohlengruppe (Ruhrbezirk) 53.  
 55 u. f. 286. 294.  
 — (Saarbezirk) 68.  
 Magmatische Ausscheidungen 35. 37.  
 Magneteisensteinlager 38. 81.  
 Magnetelektrische Zündmaschinen 239 u. f.  
 Magnetische Schürfarbeiten 81.  
 Magnetverschluss 587. 592 u. f.  
 Mallard 473.  
 Malm 12.  
 Mammutbagger 414.  
 Mandelstein 90.  
 Manganerzlagerstätten 41. 42. 43.  
 Manometrischer Wirkungsgrad der Venti-  
 latoren 534. 535.  
 Mansfelder Kupferschiefer 37. 44. 281.  
 355. 356.  
 Mantellampen 594.  
 Mantel-Strahlbüse 577. 583.  
 Marbach, Dr.-Ing. 427. 435.  
 Maria Nr. 6, Leitflöz 71.  
 Marine Abrasion 7. 8.  
 Markscheide-Sicherheitspfeiler 431. 432.  
 433.  
 Marmaros, Steinsalzbergbau 424.  
 Marmor 12.  
 Marsaut-Lampen 594. 595.  
 Martin 260.  
 Marvin, Bohrmaschine 182.  
 Maschinenhalter für Handbohrmaschinen  
 164.  
 Maschinenkammern, Herstellung 435 u. f.  
 Massengedinge 133.
- Massenkalk 11.  
 Massen, Steinkohlengrube 33. 392.  
 Matte Wetter 439.  
 Matthiaß 253.  
 Mattkohle 47.  
 Mausegatt, Leitflöz 36, 53, 55 u. f. 59.  
 Mautner, Dr.-Ing. 434.  
 Maximilian, Steinkohlengrube 245.  
 Mayer, J. 596.  
 Mechanischer Wirkungsgrad der Venti-  
 latoren 532. 533.  
 Meeresbrandung 7. 8. 9.  
 Meerschäum 36.  
 Megener Erzlager 61.  
 Meines Stratometer 116.  
 Meinhardtscher Anzünder 235.  
 Meißel 88.  
 Meißelbohren 85 u. f.  
 Meißelformen der Bohrer 174. 175.  
 Meißellehre 91.  
 Meißner 157. 159. 485. 486.  
 Meißnersche Bewetterung 569.  
 Melaphyr 10. 44.  
 Mentzel 30. 44. 102. 156.  
 Mergel 10.  
 Mergelsicherheitspfeiler 297. 432.  
 Meridian, magnetischer 14.  
 Mertens 258.  
 Mesozoische Periode 3. 12.  
 Meßbrücke als Minenprüfer 255.  
 Meßstationen 506.  
 Metargon 444.  
 Metasomatische Lagerstätten 35. 37.  
 Methan 46. 47. 458 u. f.  
 Meuskens 599.  
 Meuß 434.  
 Meyer 414. 587.  
 Michael 73. 74.  
 Miedziankit 221.  
 Mikromanometer 501.  
 Minenprüfer 255.  
 Minette 12. 38.  
 Minettebergbau 281. 330. 331. 334. 417.  
 Mintrop, Dr. 50. 56.  
 Miocän 12.  
 Mischanlagen beim Spülversatz 397 u. f.  
 Mittelalter der Erde 3. 12.  
 Mittelgebirge 4.  
 Mittelschenkel bei Überschiebungen 29.  
 Mladek 74. 75.  
 Möllerschächte, Steinkohlengrube 62.  
 Mönkemeier 602.  
 Moltke, Minettebergwerk 331.  
 Mommertz 409.

- Mont Cenis, Steinkohlengrube 143.  
 Monte Catini (Kupfererzstock) 41.  
 Moränen 8.  
 Morgenstern, Steinkohlengrube 291.  
 Morin 344. 433. 464. 467.  
 Münningscher Zeitzündler 250.  
 Müseler-Lampe 594.  
 Muffenverbindung für Lutten 571.  
 Mulden 15 u. f.  
 Multiplikationsdruckmesser 501.  
 Murgue 510.  
 Muschelkalk 12.  
 — in Oberschlesien 76.  
 Muldenschächte 284.  
 Mumenthey 411.  
 Myslowitzgrube, Steinkohlengrube 404.  
 416.  
  
 Nachbarflöze, Abbau 325. 344.  
 Nachfall 313. 345.  
 Nachflammen der Schüsse 209.  
 Nachlaßschraube 87.  
 Nachlaßvorrichtung nach Raky 99. 100.  
 Nachschwaden 268. 476.  
 Naßwärmegrad 449.  
 Natürlicher Wetterzug 517. 541. 543. 544.  
 Nebelbildner 486.  
 Nebeneinanderschaltung der Ventilatoren  
 538. 539.  
 Nebenschächte 290.  
 Nebenschluß bei Zündleitungen 254.  
 Neigungsmesser (Tiefbohrung) 118.  
 Neocom 12.  
 Neon 444.  
 „Nester“ 37. 41.  
 Neu-Iserlohn, Steinkohlengrube 143. 465.  
 Neumühl, Steinkohlengrube 496. 515.  
 550. 552.  
 Neutrale Zone 440.  
 Neuzeit der Erde 3. 12.  
 New Moss, Steinkohlengrube 291.  
 Nickel-Kadmium-Akkumulatoren 600. 605.  
 Niederschlesischer Steinkohlenbergbau  
 328.  
 Niederschlesische Steinkohle 49. 53. 54.  
 71 u. f.  
 Niemann 586.  
 Nieß 341. 427. 433.  
 Nitroglyzerin 215.  
 Nitroglyzerinpulver 212.  
 Nitrose Dämpfe 208.  
 Nobel 159.  
 Normalform für Lampendrahtkörbe 590.  
 Norresscher Anzündler 235.  
  
**O**berer See, Kupfererzbergbau 282. 290.  
 291.  
 Oberharzer Erzgänge 12. 40.  
 Oberhohndorfer Verwerfung 79.  
 Oberkarbon, deutsches, Vergleichstafel 53.  
 Oberrkirchener Abbau 354.  
 Oberschlesischer Steinkohlenbergbau 328.  
 335 u. f.  
 Oberschlesische Steinkohle 49. 53. 54.  
 73 u. f.  
 Oberwerksbau 295.  
 Ochsenfuß 91.  
 Ochwadtscher Depressionsmesser 500.  
 501.  
 Ölschiefer 12.  
 Ölsicherheitslampe 479.  
 Örterbau 417. 418.  
 Örterbremsberge 319.  
 Örtliche Staubstreuung 492.  
 Offene Lampen 474. 584 u. f.  
 Ohmmeter als Minenprüfer 255.  
 Oligocän 12.  
 Organische Ablagerungen 11.  
 „Orgeln“ 336. 340.  
 Orlauer Störung 75.  
 „Ort“ 307.  
 Ortsquerschläge 278. 303. 304. 309. 351.  
 Orzescher Schichten 53. 73. 74.  
 Osnabrücker Steinkohlenablagerung 53.  
 65. 66.  
 Osterfeld, Steinkohlengrube 515.  
 Ostrauer Schichten 53. 73. 74.  
 Otten 552.  
 Ottweiler Schichten 53.  
 Overhoff 427.  
  
**P**abst 260. 261.  
 Paläozoische Periode 3. 12.  
 Papplutten 573.  
 Paralische Kohlenbildung 48.  
 Parallelbohrverfahren 272.  
 Parallelschaltung der Sprengschüsse 256.  
 257.  
 — — Ventilatoren 538. 539.  
 Parallelstrecken s. Begleitstreckenbetrieb.  
 Paruschowitz, Bohrloch 441.  
 Pelzer-Ventilator 529. 530.  
 Pennsylvanischer Steinkohlenbergbau  
 394.  
 Pennsylvanisches Seilbohren 103.  
 Perchloratit 1—3 220.  
 Perchloratsprengstoffe 220. 226. 230.  
 Perioden der Erdgeschichte 11. 12.  
 Perm 3. 12.

- Petit 510. 512. 517. 562.  
 Petroleumsande 36.  
 Pfeilerbau 304. 328 u. f. 333. 334 u. f. 376.  
 377. 383. 407.  
 — beim Scheibenbau 386 u. f.  
 — oberschlesischer 335 u. f.  
 Pfeilerbruchbau im Braunkohlenbergbau  
 338 u. f.  
 Pfeilerschüsse 424.  
 Phosphorbandzündung 590. 597.  
 Phosphorite 12.  
 Phyllitformation 12.  
 Physikalische Aufschlußarbeiten 81.  
 Pick-Quick-Schrämmaschinen 150 u. f.  
 Pielerlampe 479.  
 Pieper 380.  
 Piesberg 53.  
 Pikrit 212.  
 Pinnhacke 139.  
 Planetengetriebe an Drehbohrmaschinen  
 167.  
 Planitzer Flöz 79.  
 Platindrahtglühzünder 238.  
 Platinseifen 12. 42. 43.  
 Plauenscher Grund 78.  
 Pliocän 12.  
 Plötzliche Gasausbrüche 461 u. f. 467.  
 Pocher 583.  
 Porphyr 10.  
 Porzellaneinlagen in Spülleitungen 403.  
 404. 405.  
 Potonié 45.  
 Prämiengedinge 133.  
 Pressungsgebiete 427 u. f.  
 Preßkopf 113.  
 Preßlufthacken 140 u. f. 145. 206.  
 Preßluftstoßbohrmaschinen 176 u. f.  
 Prietze 43.  
 Primus-Sprung 60.  
 Prinz von Preußen, Steinkohlengrube  
 393.  
 Produits, Steinkohlengrube 291.  
 Produktives Karbon 12.  
 Prosper, Steinkohlengrube 407. 550.  
 Proterozoische Periode 12.  
 Pütz 397. 405. 406. 414.  
 Pulsatorbohrmaschine 185.  
 Pulverprobe 503.  
 Pulversprengstoffe 212 u. f.  
 Pumpe zur Spülbohrung 95.  
**Quartär** 12. 385.  
 Quartus-Sprung 60.  
 Quellen des Liegenden 13. 308. 425.  
 Querbau 392 u. f.  
 Querörterbau 420.  
 Querprofil 278. 279.  
 Querschläge 307 u. f.  
 Querverwerfungen 21.  
 Quintus-Sprung 60.  
 Quiring 20. 159.  
**Radbod**, Steinkohlengrube 444. 466.  
 Radioaktive Aufschlußarbeiten 81.  
 Radowenzer Schichten 53.  
 Radschrämmaschine 149.  
 Räumnadel 231.  
 Raibl, Zinkerzlagerstätten 42.  
 Raketenzündung 231.  
 Rakysche Bohreinrichtung 98 u. f.  
 Rammelsberg 12. 38.  
 Rammkeil 155.  
 Ramsbecker Erzgänge 61.  
 Rand-Bergbau s. Transvaal.  
 „Rapid“-Bohrverfahren 102.  
 Raseneisenerz 12.  
 Rasenhängebank 285.  
 Rateau-Ventilator 530 u. f.  
 Rath 443.  
 vom Rath 41.  
 Raubbau 324.  
 Rauben der Zimmerung 335. 337.  
 Recklinghausener Erdbeben 5.  
 Recklinghauser Sandmergel 64.  
 Red Jacket, Kupfererzbergwerk 291.  
 „Regnen“ in Schächten 450. 518.  
 Reibungselektrische Maschinen 239.  
 Reibungszahl des Wetterstroms 510.  
 Reibzündung 590.  
 Reichsland, Kalisalzwerk 222.  
 Reiser 204.  
 Resorzinatkapseln 234.  
 Rheinbabenschächte, Steinkohlen-  
 grube 62.  
 Rheinelbe, Steinkohlengrube 515.  
 Rheinisches Schiefergebirge 4. 59.  
 Rheinisch-Westf. Sprengst.-A.-G.,  
 Zeitzünder 250.  
 Rheinisch-westfälisches Steinkohlenbecken  
 s. Ruhr-Lippe-Steinkohlenbecken.  
 Rheinpreußen, Steinkohlengrube 102.  
 290. 344. 550.  
 Richter 166. 411.  
 Richterschächte, Steinkohlengrube 402  
 Richtschächte 282.  
 Richtstrecken 278. 299. 300. 317.  
 Riebecksehe Montanwerke 412.  
 Riemann 41.

- Ringdüse 577.  
 Robinson-Schalenkreuz 506.  
 Rodatz 410. 411. 422.  
 Rodehaue 139.  
 Rohde, Gesteinstaubkasten 495.  
 Rohrbündel 113. 114.  
 Rohre (Tiefbohrung) 112.  
 Rohrgestänge 94. 95. 96.  
 Rohrheber 113. 114.  
 Rohrleitungen beim Spülversatz 403 u. f.  
 Rohrquerschläge 309.  
 Rohrsäge 115.  
 Rohrzange 92.  
 Rollen 322. 323.  
 Rollkasten 322. 323.  
 Rolllöcher 318. 322. 323. 357. 358. 370. 371.  
 Ronchamp, Steinkohlengrube 291.  
 Rosenkranzlagerung 43.  
 Rosenmüllersches Anemometer 505.  
 Rosenthal 450.  
 Rossenbeck 413. 443.  
 Roßleben, Kalisalzwerk 410.  
 Rothkegel 427.  
 Rothschönberger Erbstollen 281.  
 Rotliegendes 12. 77. 78. 79.  
 Rubin 36.  
 Rudaer Schichten 53. 73. 74.  
 Rübüllampe 584.  
 Rückläufige Wetterführung 553. 554.  
 Ruhr-Lippe-Steinkohlenbecken 50 u. f.  
 — Deckgebirge 61 u. f.  
 — Flözgruppen 55. 56.  
 — Generalstreichen 15  
 — Querprofil 15.  
 — Verwerfungen 60.  
 Ruhrthaler Maschinenfabrik, Bohrmaschine 177.  
 Rumberg 464.  
 Rumpfgebirge 4.  
 Rußkohlenflöz (Sachsen) 79.  
 Rutschenbau 302. 305. 306. 313. 326.  
 358 u. f. 363. 378.  
 Rutschschere 89. 90. 104.  
 Rutschstreifen 19. 22. 26.  
 Rybniker Schichten 73. 74.  
 Saarbrücker Steinkohlenbecken 49. 53.  
 54. 66 u. f.  
 — Deckgebirge 70.  
 — Steinkohlenbergbau 328.  
 Saarsprung 66. 69.  
 Sachsen, Steinkohlengrube 444.  
 Sachsen-Weimar, Kalisalzwerk 266.  
 Sächsische Steinkohlenbecken 49.  
 Ver. Sälzer & Neuack, Steinkohlengrube 397.  
 Sättel 15 u. f.  
 Sättigungsgrad 448. 449.  
 Säulen-Schrämmaschinen 145 u. f.  
 Salbänder 39.  
 Salzlagerstätten 11. 36. 37.  
 — im niederrheinischen Bezirk 62.  
 Sand 6. 10.  
 — beim Spülversatz 396. 397. 398.  
 Sandgewand 72.  
 Sandpumpe 83. 84.  
 Sandschiefer 10.  
 Sandstein 10.  
 — im Abbau 424. 425.  
 Satanella-Überschiebung 60.  
 Sattelflöze 53. 328. 335. 336.  
 Sattelflözschichten 73 u. f.  
 Sattelschächte 284.  
 Sattel- und Muldenregel 27. 28.  
 Sauerstoff 445 u. f.  
 Saugende Luttenbewetterung 574.  
 — Wetterführung 545. 546.  
 Schachbrettbau 418. 419.  
 Schachtbaufelder 285.  
 Schachtdeckelverschluß 547. 548.  
 Schachtelhalme 49.  
 Schachtscheibe 286 u. f.  
 Schachtsicherheitspfeiler 284. 416. 432.  
 433. 434.  
 Schachtstuhl 311.  
 Schachtteufen 290. 291.  
 Schachtverschlüsse 547 u. f.  
 Schachtwetterscheider 552. 553.  
 Schächte 281 u. f.  
 — gebrochene 283.  
 — tiefste 290. 291.  
 — tonnlägige 282. 283.  
 — vorgeschlagene 283.  
 Schaffler & Co. 241.  
 Schalenkreuz 506.  
 Schaltung der Sprengschüsse 256. 257.  
 Schaper 23.  
 Schappe 83.  
 Schaufel 137.  
 Schaufelstellung bei Ventilatoren 526.  
 Schausten 461.  
 Scheerer 453.  
 Scheibenbau 385 u. f. 390.  
 Schember 148.  
 Schichtenfolgen 11. 12.  
 Schichtgesteine 10. 11.  
 Schichtlohn 132.  
 Schiefertongebirge im Abbau 425. 426.

- Schießbaumwolle 159. 216.  
 Schießnadel 231.  
 Schießschalter 244.  
 Schlackensand beim Spülversatz 405.  
 Schladebach, Bohrloch 111. 441.  
 Schlägel 154.  
 Schlägel und Eisen, Steinkohlengrube 152.  
 Schlagbohrmaschinen 190 u. f.  
 Schlagendes Bohren 189 u. f.  
 Schlagende Wetter 439. 473.  
 Schlagwetteranzeiger 476 u. f.  
 Schlagwetterexplosion 471 u. f.  
 Schlagwetterpeife 477.  
 Schlagwittersicherheit der Sicherheitslampen 595.  
 — — Sprengstoffe 224.  
 Schlagzündung 590.  
 Schlagzylinder 86.  
 Schlammöffel 92.  
 Schlangenbohrer 160.  
 Schlechten 327. 328. 351.  
 Schleppungen 26.  
 Schleppungsfalten 30.  
 Schleswig, Steinkohlengrube 32. 60.  
 Schleuderräder 523 u. f.  
 Schleuderthermometer 448.  
 Schlottergebläse 524. 579.  
 Schlüsselstollen 281.  
 Schmelzfluß-Ausscheidungen 35. 37.  
 Schmidtsche Regel 23.  
 Schneckenbohrer 83.  
 Schnellschlagbohrung 84. 97 u. f. 118.  
 Schönbein 159.  
 Schönebecker Glockenbau 423.  
 Schollenbildung 4.  
 Schornstein-Lampen 594.  
 Schrader 422. 423.  
 Schrägbau 364. 365. 366. 434.  
 Schrägbohrung 119 u. f.  
 Schrämarbeit, maschinelle 144 u. f.  
 Schrämeisen 139.  
 Schrämkronen 147.  
 Schrämkuppelung 147.  
 Schrämmaschinen 145 u. f. 360.  
 Schrämvverfahren mittels Wasserstrahls 144. 145.  
 Schraubenkeil 156.  
 Schraubenräder 523. 524.  
 Schraubentute 92. 93.  
 Schreibende Depressionsmesser 507. 508.  
 Schreibkreide 11. 12.  
 Schrotbohrung 107.  
 Schrumpfung der Erdrinde 3. 13 u. f.  
 Schüchtermann & Kremer 530.  
 Schürbank & Charlottenburg, Steinkohlengrube 144.  
 Schürfarbeiten 80. 81.  
 Schürfbohrung 82. 119 u. f.  
 Schüttelrutschen-Abbau 301. 302. 313. 380. 397. 434.  
 Schüttelrutschen-Förderung 354.  
 Schüttelrutschen, Luftverbrauch 206.  
 Schüttungsverhältnis 345. 425.  
 Schütze 76.  
 Schuh, Dr. 81.  
 Schuppenbäume 49.  
 Schuppenlagerung 30. 31.  
 Schutzglas an elektr. Lampen 602.  
 Schwadowitzer Schichten 53.  
 Schwahn 412.  
 Schwarzer Jura 12.  
 Schwarzpulver 207. 208. 213 u. f.  
 Schweben 330. 333. 422.  
 Schwebender Pfeilerbau 332. 408.  
 — Rutschenbau 363.  
 — Stoßbau 361. 374 u. f. 382. 383.  
 — Strebbau 353 u. f. 381.  
 Schwebende (Strecken) 318.  
 „Schwefelmännchen“ 231.  
 Schwefelwasserstoff 439. 457.  
 Schwelgase 439.  
 Schwelkohle 47.  
 Schwemann 344.  
 Schwemmstein 11.  
 Schwerstange 88. 104.  
 Schwimmendes Gebirge im Ruhrbezirk 64.  
 Sedimente 10. 11.  
 Sedimentrohr 107.  
 Segen-Gottesgrube, kons., Steinkohlengrube 453.  
 Seidl 402. 403. 407. 410. 422.  
 Seifen 12. 35. 37. 42. 43.  
 Seifengold 80.  
 Seigerriß 278. 279.  
 Seigerschächte 282. 283. 286. 287.  
 Seilbohren 103 u. f.  
 Seilschlagbohrvorrichtung 101.  
 Seippel, Lampen 585. 586. 597.  
 — Lampenzündung 591.  
 — Magnetverschluß 592. 593.  
 Seismos, G. m. b. H. 81.  
 Seitenführung in Schächten 288 u. f.  
 Seitenverschiebungen durch Abbau 427.  
 Sekundus-Sprung 60.  
 Selbecker Erzgänge 12. 22. 40. 61.  
 Selbsterhitzung der Koble 443.  
 Selbstzug in Lutten 569.

- Senkungsvorgänge durch Abbau 426 u. f.  
 Senon 12.  
 — im Ruhrbezirk 64.  
 Serlo 335.  
 Settle-Patrone 223. 224.  
 Shamrock, Steinkohlengrube 488. 563.  
 587.  
 Sicherheits-Kurzschlußklemme 253.  
 Sicherheitslampe 474. 478. 586 u. f.  
 Sicherheitspfeiler 331. 332. 333. 341. 395.  
 416. 431 u. f.  
 — für Schächte 284.  
 Sicherheitssprengstoffe s. Wetterspreng-  
 stoffe.  
 Siegelbäume 49.  
 Siegel Feodor 120.  
 Siegerner Maschinenbau A.-G., Vor-  
 schubvorrichtung 198.  
 Siegfried I, Kalisalzwerk 291.  
 Siemens & Halske 241. 248. 249.  
 Siemens-Schuckertwerke 524.  
 — — Freihand-Drehbohrmaschine 169.  
 — — Schießschalter 244. 245.  
 — — Stoßbohrmaschine 183.  
 Sigillaria 49. 50.  
 Silkstone, Steinkohlengrube 490.  
 „Silundum“ 107.  
 Silur 3. 12.  
 Simplex-Zündmaschine 240.  
 Siriuszünder 265.  
 Sobrero 159.  
 „Sohle“ 307.  
 Sohlenbildung 291 u. f.  
 Sohlenpfeiler 331. 332. 333.  
 Sohlenstrecken 312 u. f. 357.  
 Solenoid-Bohrmaschinen 182.  
 Sole zur Spülbohrung 95.  
 Sollstedt, Kalisalzwerk 418.  
 Solquellen im Ruhrbezirk 64.  
 Sommeiller, Bohrmaschinen 160.  
 Sonderbewetterung 557. 565. 575 u. f.  
 Sonne, geologische Wirkung 9.  
 Sonnenschein, Leitflöz 53. 55 u. f.  
 Souheur 471.  
 Spaltenbildung 5.  
 Spaltglühzünder 238. 247 u. f. 256 u. f.  
 Spaten 137.  
 Sperenberg, Bohrloch 441.  
 Sperrensicherung 486. 492 u. f.  
 Spezialmulden und -sättel 16.  
 Sphärosiderite 36.  
 „Spiegel“ 22.  
 Spiegelfläche 19.  
 Spiralbohrer 83.  
 Spitzkeil 154.  
 Spitzkratze 137.  
 Spoth 596.  
 Sprengarbeit 159 u. f. 270 u. f. 474. 481.  
 Sprenggelatine 207. 212. 217.  
 Sprengkapseln 230. 232 u. f. 268.  
 Sprengkraft 210.  
 Sprengluftgesellschaft m. b. H. 261.  
 268.  
 Sprengluft-Sprengkapsel 264. 265.  
 Sprengluftverfahren 212. 259 u. f.  
 Sprengöl 159. 215.  
 Sprengpulver 208. 212 u. f. 230.  
 — 1—5 213.  
 Sprengpumpe 156.  
 Sprengalpeter 212. 214. 215. 230.  
 — 1—5 215.  
 Sprengstoffe 206 u. f.  
 Sprengstofflager 228 u. f.  
 Sprengwirkung 210.  
 Springbühnen in Aufbrüchen 311.  
 Sprünge 19 u. f. 23 u. f.  
 — im Ruhrbezirk 60.  
 Sprungwinkel 25. 26.  
 Spülbohren 94 u. f.  
 — auf Erdöl 94.  
 Spülschächte 281. 290. 403.  
 Spülversatz 342. 343. 387. 394 u. f. 403.  
 407. 408. 410 u. f.  
 Stabzünder 247.  
 Stach 504. 507. 524.  
 Staffelfröhe 23.  
 Stahlbohrkronen 106.  
 Standklärung für Spültrübe 414.  
 Standrohr-Bohrmaschinen 163.  
 Standwasser 323. 324.  
 Stangenschrämmaschinen 150 u. f. 206.  
 350. 360.  
 Stapel 293  
 Stapelbau 301. 302. 309.  
 Stapelschächte 278. 298. 311. 312. 351.  
 Stappel s. Stapel.  
 Starkstromleitung als Schußzündung 244.  
 Stassart 461.  
 Staßfurter Kammerbau 420.  
 Statischer Druck 501. 502.  
 Staubexplosion 483 u. f.  
 Staurohr 507.  
 Stegemann 126. 288. 289. 290. 324.  
 Steinkohle 11. 12. 45 u. f. 54.  
 Steinkohlenbecken, deutsche 50 u. f.  
 Steinkohlengebirge, rheinisch-westfälisches  
 52 u. f.  
 Steinkohle, Pflanzenwelt 49. 50.

- Steinsalz 12. 36. 37.  
 Steinsalzbergbau 424.  
 Stein- u. Kohlenfallkommission 306. 345.  
     386. 400.  
 Stellschraube 87.  
 Stephan, Frölich & Klüpfel 404. 405.  
 Stettbacher 264.  
 Steuer 414.  
 Stickende Wetter 439.  
 Stickoxyde 208. 209. 449. 458.  
 Stickstoff 445 u. f. 447. 448.  
 Stigmara 49. 50.  
 Stockumer Sattel 58.  
 „Stockwerke“ 37. 42.  
 „Stöcke“ 37. 41. 42. 43.  
 Störungen 19.  
   — betriebliche Bedeutung 33. 34. 380.  
     381.  
 Störungszonen 21. 39.  
 Stollen 279. 280. 281.  
 Stollenausrichtung 298.  
 Stollengrube 281. 518. 519.  
 Stoßbau 369 u. f. 382.  
   — beim Spülversatz 407.  
   — in mächtigen Flözen 385. 387. 388. 391.  
     392.  
   — schwebender 361. 374 u. f.  
   — streichender 370 u. f.  
 Stoßbohrmaschinen 176 u. f. 205. 206.  
 Stoßbohrmaschinenbetrieb mit fahrbarem  
   Kompressor 184.  
 Stoßendes Bohren bei der Sprengarbeit  
   174 u. f.  
 Stoßende Tiefbohrung 83. 85 u. f.  
 Stoßortbetrieb 372.  
 Stoßspülung 398. 399.  
 Stoßtränkverfahren 157 u. f. 486.  
 Strebba 348 u. f. 381.  
   — diagonalen 355. 356.  
   — firstenbauartiger 351.  
   — mit Aufrollen der Bremsbergfelder 300.  
     305. 306. 326. 352. 353. 378.  
   — schwebender 353 u. f.  
   — streichender 307. 349 u. f.  
 Strebschrämmaschinen 149.  
 Streb- und Pfeilerbau, vereinigter 376, 377.  
   383.  
 Streckenventilatoren 581.  
 Streichen 14. 15.  
 Streichender Strebba 349 u. f. 381.  
   — Stoßbau 370 u. f. 382.  
 Streifenkohle 47.  
 Streuströme 252.  
 Stromleitungstüren 558.
- Stromquellen der elektr. Zündung 238 u. f.  
 Stromquellenprüfer 255.  
 Stromverteilungstüren 558. 561.  
 Strosse 307.  
 Strossenbau 358.  
 Strossenverhieb 438.  
 Strutt 3.  
 Stürzrollen 322. 323. 357. 358.  
 Stufen der Erdgeschichte 11. 12.  
 Stuhlkrüchel 91.  
 Südlicher Hauptsprung im Saarbezirk 21.  
   66. 69. 80.  
 Südüberschiebung in Belgien 31.  
 Suess 32.  
 Sulzbach, Steinkohlengrube 387.  
 Sulzer, Gebr., Maschinenfabrik 171.  
 Sumpfgas 46. 458 u. f.  
 Sumpfquerschläge 309.  
 Sumpfstrecken 317.  
 Sutan-Überschiebung 29. 60.  
 Syngenetische Lagerstätten 35. 37.
- T**affanel 483. 484. 490.  
 Tagebau 1. 277.  
 Tagebrüche 430. 431.  
 Talfurchung 7.  
 Tamarac, Kupfererzbergwerk 291.  
 Tarifverträge 134.  
 Tecklenburg 82. 83.  
 Teilsohlen 278. 301. 306. 307. 316.  
 Teilstreuung mit Gesteinstaub 492 u. f. 496.  
 Teilstrombildung 555 u. f.  
 Tektonische Erdbeben 5.  
 Temperament der Grube 513. 543. 544.  
 Terrassenverwerfungen 23.  
 Tertiär 3. 12.  
   — im Ruhrbezirk 61. 63. 64. 65.  
   — in Oberschlesien 76.  
 Tertius-Sprung 60.  
 Tetrylkapseln 234.  
 Thiel 453.  
 Thiele 124.  
 Thumannsche Bohreinrichtung 100. 101.  
 Thyssen Aug. 409.  
 Thyssen & Co. 404.  
 Tiefbau 277. 281.  
 Tiefbohrung 82 u. f.  
   — deutsche 85 u. f.  
   — Diamantbohrung, 105 u. f.  
   — drehende 83. 84.  
   — englische 85.  
   — Leistungen und Kosten 118. 119.  
   — Lotverfahren 117. 118.  
   — stoßende 83. 85 u. f.

- Tiefe Bohrlöcher 441.  
 Tirmannsche Schlagzündung 236.  
 Ton 10.  
 Toneisenstein 36.  
 Tonnlägige Schächte 278. 282. 283.  
 286.  
 Tonschiefer 10.  
 Tonschiefergebirge im Abbau 425. 426.  
 Tonstein (Saarbezirk) 53.  
 Torf 12. 45 u. f.  
 Torfdolomite 44. 71.  
 Torkret G. m. b. H. 567.  
 Totlaufen von Brüchen 425.  
 Tourtia 63.  
 Tränkgefäß für Sprengluftpatronen 261.  
 Tränklagerstätten 35. 37.  
 Tränkung von Handversatz 413.  
 Transportbrensberge 319.  
 Transvaal, Goldlagerstätten 37. 282.  
 291.  
 Trappe, Steinkohlengrube 33.  
 Traß 11.  
 Trauzl, Bleimörserprobe 211. 212. 275.  
 — Bohrverfahren 102.  
 Treibfäustel 154.  
 Treibkeil 155.  
 Treppenverwerfungen 23.  
 Treptow E. 26. 335.  
 — J. 78. 416.  
 Trias 3. 12.  
 Trinitroglyzerin 215.  
 Trippe 157. 158.  
 Triumph-Bohrmaschine 177.  
 Trockentemperatur 449.  
 Trog 137.  
 Trotylkapseln 234.  
 Trümmergestein 10.  
 Trümmerlagerstätten 42.  
 Trüstedt 81.  
 Tübben, Dr. 150. 471.  
 Tuff 5. 11.  
 Tunnelbau 436.  
 Turon 12.  
 — im Ruhrbezirk 64.  
  
 Überhaubohrmaschinen 126 u. f.  
 Überhauen 278. 318.  
 Überkipfung 16.  
 Überschiebungen 19. 28 u. f. 33. 34.  
 — im Ruhrbezirk 60.  
 Uhrwerk-Anemometer 505.  
 Ulmen 307.  
 Umfangsgeschwindigkeit der Ventilatoren  
 535.  
  
 Umsetzvorrichtung an Bohrhämmern 192.  
 193.  
 — — Stoßbohrmaschinen 179.  
 Unfälle bei der elektr. Zündung 258.  
 — — — Schießarbeit mit Sprengluft  
 269. 270.  
 — — — Sprengarbeit 267 u. f.  
 Ungarischer Steinsalzbau 424.  
 Ungefrierbare Dynamite 217.  
 Unschädliche Teufe 427.  
 Untere Luftzuführung an Sicherheits-  
 lampen 594.  
 Unterhössel 385.  
 Unterwerksbau 293 u. f. 318. 358. 372.  
 Urgneisformation 12.  
 Urschieferformation 12.  
 Urzeit der Erde 3. 12.  
 Uthemann 570. 572. 583.  
  
 v. Vángels Bohrverfahren 104.  
 Veith 36.  
 Velberter Erzgänge 12. 22. 40. 61.  
 Venta, Lampenfabrik 603.  
 Ventilatoren 522 u. f.  
 Ventilbohrer 83. 84.  
 Verdichtungswärme 442.  
 Verdrückungen in Lagerstätten 43.  
 Vereinigter Streb- und Pfeilerbau 376. 377.  
 383.  
 Verhiebart 327. 328.  
 Verkehrtspülung 95. 96.  
 Verkohlung, natürliche 46.  
 Verkokung von Kohlenflözen 44.  
 Verrohung 111.  
 Versager 268.  
 Versatz s. Bergeversatz.  
 Versatzberge, Beschaffung 345.  
 Versatzgut 342. 343. 396. 397. 411.  
 Versatzleinen 372. 373. 409.  
 Verschiebungen 31 u. f.  
 — im Ruhrbezirk 60.  
 Verschiebungspalten 22.  
 Vorschläge beim Spülversatz 408 u. f.  
 Verschlusshaube für Schächte 547.  
 Versuchstrecken für Sprengstoffe 223 u. f.  
 Vertauung von Lagerstätten 44.  
 Verwerfungen 19 u. f.  
 — im Aachener Bezirk 72.  
 — — Ruhrbezirk 60.  
 — — Saarbezirk 69.  
 Verwitterung 6.  
 Viktoria, Steinkohlengrube 150. 304.  
 Vivian 116.  
 Vogt 35.

- Volf 465.  
 Volkenroda, Kalisalzwerk 291.  
 Vollstreuung 492 u. f.  
 Volmer 395.  
 Volumenmaschinen 522.  
 Volumenmesser 507. 508.  
 Volumenvermehrung der Grubenwetter 480.  
 Vorbohren 124. 323. 324.  
 Vorflutstörungen 430.  
 Vorgeschlagene Schächte 283.  
 Vorrichtung 277. 278. 299 u. f.  
 — in Flözen 304 u. f.  
 Vorschubeinrichtungen für Bohrhämmer 194 u. f.  
 Vulkanische Gesteine 10.  
 Vulkanismus 5. 6.  
 Vulkanzünder 265.  
 Vullride, Einsatzschneiden 160. 161.
- Wabner** 541.  
 Wachsmann 428.  
 Wärmeausgleichsmantel 441.  
 Wärmemantel 442.  
 Wärmeschutz für Strecken und Lutten 444.  
 Waldenburger Flözgruppen 53. 76. 77. 78.  
 Wandersperre 492. 493. 494. 496.  
 Wangen 307.  
 Wannen-Mischanlagen beim Spülversatz 402. 403.  
 Warme Quellen 443.  
 Waschberge 345. 367.  
 — beim Spülversatz 396. 398. 413.  
 Wasserdampf 448.  
 Wasserentziehung durch Abbau 431.  
 Wasser, geologische Wirkung 6 u. f.  
 Wasserklärung beim Spülversatz 413. 414.  
 Wasserlösung durch Bohrlöcher 124 u. f.  
 Wasserlosungstollen 280.  
 Wasser, Neubildungen 8. 9.  
 Wassersäcke 293. 323. 324.  
 Wasserseige 307.  
 Wasserspülung an Bohrhämmern 199.  
 — an Stoßbohrmaschinen 181.  
 Wasserstoff 457. 458.  
 Wasserstofflampe 479.  
 Wasser- u. Abwasserreinigung G. m. b. H. 414.  
 Wattenscheider Sattel 58.  
 Wealden 12.  
 Weber 304. 410.  
 — Gesteinstaubverteiler 493.  
 Wechsel 19. 28 u. f.
- Wechselklappen beim Spülversatz 406. 407.  
 Wedding 142. 201. 493.  
 Wegfüllarbeit 136.  
 Wein, Dr. 454.  
 Weindl Kaspar 159.  
 Weise, Dr. 150.  
 Weißer Jura 12.  
 Weißer Mergel 64.  
 Weitungsbau 419 u. f.  
 Wellblechlutten 570. 571.  
 Werne 453.  
 — Steinkohlengrube 291.  
 van Werveke 38.  
 Westermann 295. 296.  
 Westfalen, Steinkohlengrube 291. 292. 301. 444.  
 Westfalia-Abbauhammer 140. 141.  
 — -Bohrhammersteuerung 191.  
 — -Freihand-Drehbohrmaschine 166. 167.  
 — -Handbohrmaschine 163.  
 — -Kohlenscheider 152.  
 — -Krümmer 406.  
 — -Luttentventilator 579.  
 — -Streudüse 576.  
 Wetter-Agesid A 228.  
 — -Ammonkahücit A—B 227.  
 Wetteranzeiger 476 u. f.  
 Wetter-Arit A—B 228.  
 — -Astralit A 227.  
 — -Baldurit A 227.  
 — -Bavarit A—B 227.  
 Wetterbedarf 444.  
 Wetterbohrlöcher 126 u. f.  
 Wetterbrücken 561. 562.  
 Wetter-Carbonit A 228.  
 Wetterdämme 561.  
 Wetter-Dahmenit A 227.  
 Wetter-Detonit A 208. 212.  
 — — A—B 227.  
 — -Donarit A—B 227.  
 Wetterdurchhiebe 569.  
 Wetter-Fördit A 227.  
 Wetter, frische, giftige, matte, stickende 439.  
 Wetterführung 439 u. f.  
 — abfallende 542.  
 — aufsteigende 541. 542.  
 — blasende 545. 546.  
 — grenzläufige 553. 554.  
 — rückläufige 553. 554.  
 — saugende 545. 546.  
 Wettergardinen 560.  
 Wetterhut 518.

- Wetterkreuze 561. 562.  
 Wetterleinen 567.  
 Wetterleinenlутten 573.  
 Wetterleistung 515. 516.  
 Wetter-Lignosit A—B 227.  
 Wetterlösung durch Bohrlöcher 124 u. f.  
 — -Markanit A 228.  
 Wettermaschinen 522 u. f.  
 Wettermenge 536.  
 — Formel der 509.  
 Wettermeßstellen 506.  
 Wetter-Nobelit A—C 228.  
 Wetteröfen 521. 522.  
 Wetterpaß 314.  
 Wetterquerschläge 308. 309.  
 Wetterriß 562.  
 Wetterrösche 314. 315. 565. 568.  
 Wetter-Salit A 227.  
 Wetterschächte 282. 544 u. f. 553.  
 Wetterscheider 552. 553. 565. 566 u. f.  
 Wetter-Siegrit A 227.  
 Wettersohlen 297.  
 Wetter-Sonnit A 227.  
 Wettersprengstoffe 159. 208. 212. 223 u. f.  
 Wetterstammbaum 562 u. f.  
 Wetterstrecken 278. 317. 318.  
 Wetterstrom, Gefälle 497 u. f.  
 Wettertüren 558 u. f.  
 Wetterüberhauen 306. 318.  
 Wetterumstellvorrichtung 542.  
 Wettervorhänge 560.  
 Wetter-Wasagit A—B 228.  
 — -Westfalit A—C 227.  
 Wetterwirtschaft 439 u. f.  
 Wetterzug, künstlicher 521 u. f. 541.  
 — natürlicher 517. 541. 543. 544.  
 Wieschermühlenstörung 33.  
 Willert 50. 66.  
 Willing 430.  
 Wind als Wetterbewegungsmittel 518.  
 Winkhaus, Dr.-Ing. 232. 484.  
 — 443. 444.  
 Winter, Dr. 454.  
 Winterhoff P. C., Maschinenfabrik 414.  
 Wintershall, Kalisalzwerk 268.  
 Wirkungsgrad, isothermischer 583.  
 Wirtz, Bandverschluß 571.  
 — Winkelstücke 573.  
 Wittener Mulde 58.  
 Wolff 18.  
 Wolf, Lampen 135. 587 u. f. 591. 598.  
 Wolskis Bohrverfahren 104.  
 Würfel & Neuhaus, Luttenverbindungen 572.  
 Wunstorf 62. 71.  
 Wurmkrankheit 450.  
 Wurm-Mulde 53. 70 u. f.  
 Xenon 444.  
 Zechstein 12.  
 — im Ruhrbezirk 61. 62. 63.  
 Zeißsches Interferometer 477.  
 Zeitbegriffe, geologische 3.  
 Zeitzünder 249. 250.  
 Zementierbohrlöcher 82.  
 Zementspritzverfahren 567.  
 Zentrale Wetterführung 553.  
 Zentralzündung 245.  
 Zentrifugalventilatoren 524.  
 Zerreißung von Gebirgsschichten 19.  
 Zersprung 20. 21. 22.  
 Zerrungsgebiete 427 u. f.  
 Zimmermannsche Regel 26.  
 Zinkerze 12. 41.  
 Zinnerze 12. 42. 43.  
 Zix 225.  
 Zünder, elektrische 237 u. f. 246 u. f.  
 Zünderprüfer 254 u. f.  
 Zündleitungen 250 u. f.  
 Zündschnüre für Sprengluftpatronen 264.  
 265.  
 Zündschnurzündung 230 u. f.  
 Zündstreifenzündung 590. 591.  
 Zündung der Sprengluftpatronen 263 u. f.  
 — — Sprengschüsse 207. 230 u. f.  
 — durch einen Zündkanal 230. 231.  
 Zugelassene Sprengstoffe 224.  
 Zusammengesetzte Gänge 39. 40.  
 Zusammenhalt des Gesteins 135.  
 Zusammenpressung von Bergeversatz 343.  
 344.  
 Zweckel-Auguste-Viktoria-Sattel 59.  
 Zweckel, Steinkohlengrube 62.  
 Zweifach-Mischung 588.  
 Zweiseitig saugende Ventilatoren 527.  
 Zwickauer Steinkohlenbecken 78. 79.  
 Zwillingschächte 286.  
 Zwillingenkabel 252.  
 Zwischensohle 304.  
 Zwischensperre 492. 494. 496.  
 Zwischenstücke bei der Tiefbohrung 87.

**Lehrbuch der Bergbaukunde** mit besonderer Berücksichtigung des Steinkohlenbergbaues. Von Professor Dr.-Ing. **F. Heise**, Direktor der Bergschule zu Bochum, und Professor Dr.-Ing. e. h. **F. Herbst**, Direktor der Bergschule zu Essen. In 2 Bänden.

Zweiter Band. Grubenausbau. Schachtabteufen. Förderung. Wasserhaltung. Grubenbrände, Atmungs- und Rettungsgeräte. Dritte und vierte verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 695 Abbildungen. 1923.  
Gebunden GZ. 11

---

**Kurzer Leitfaden der Bergbaukunde.** Von Professor Dr.-Ing. e. h. **F. Heise**, Direktor der Bergschule zu Bochum, und Professor Dr.-Ing. e. h. **F. Herbst**, Direktor der Bergschule zu Essen. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 341 Textfiguren. 1921. GZ. 5.2.

---

**Der Grubenausbau.** Von Bergingenieur **Hans Bansen** in Tarnowitz. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 498 Textfiguren. 1909. Gebunden GZ. 8

---

**Beobachtungsbuch für markscheiderische Messungen.** Herausgegeben von **G. Schulte** und **W. Löhr**, Markscheider der Westf. Bergwerkschaftskasse und ord. Lehrer an der Bergschule zu Bochum. Vierte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 18 Textfiguren und 15 ausführlichen Messungsbeispielen nebst Erläuterungen. 1922. GZ. 2.4.

---

**Zahlentafeln der Seigerteufen und Sohlen** bzw. zur Berechnung der Katheten eines rechtwinkligen Dreieckes aus der Hypotenuse und einem Winkel. Nebst einem Anhang für die Verwandlung von Stunden in Grade. Von Markscheider Dr. **L. Mintrop**, ord. Lehrer an der Bergschule zu Bochum. Sechste Auflage. 1922. GZ. 1

---

**Einführung in die Markscheidekunde** mit besonderer Berücksichtigung des Steinkohlenbergbaues. Von Dr. **L. Mintrop**, Bochum. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 191 Figuren und 5 mehrfarbigen Tafeln in Steindruck. Unveränderter Neudruck. 1920. Gebunden GZ. 6

---

**Physik und Chemie.** Leitfaden für Bergschulen von Dr. **H. Winter**, Leiter des berggewerkschaftlichen Laboratoriums und Lehrer an der Bergschule zu Bochum. Mit 114 Textfiguren und einer farbigen Tafel. 1920. GZ. 3.4

---

**Leitfaden der Hüttenkunde für Maschinentechniker.** Von Dipl.-Ing. **K. Sauer**. Zweite, durchgesehene Auflage. Mit 82 Textfiguren. 1922. GZ. 1.8

---

---

*Die Grundzahlen (GZ.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.*

- Die Bergwerksmaschinen.** Eine Sammlung von Handbüchern für Betriebsbeamte. Unter Mitwirkung zahlreicher Fachgenossen herausgegeben von Diplom-Bergingenieur **Hans Bansen**, Lehrer an der ober-schlesischen Bergschule zu Tarnowitz.
- Erster Band: Das Tiefbohrwesen. Unter Mitwirkung von Diplom-Bergingenieur **Arthur Gerke** und Diplom-Ingenieur Dr.-Ing. **Leo Herwegen** bearbeitet von Diplom-Ingenieur **Hans Bansen**. Zweite Auflage. In Vorbereitung
- Zweiter Band: Gewinnungsmaschinen. Bearbeitet von Diplom-Bergingenieur **Arthur Gerke**, Diplom-Bergingenieur Dr.-Ing. **Leo Herwegen**, Diplom-Bergingenieur Dr.-Ing. **Otto Pütz** und Diplom-Ingenieur **Karl Teiwes**. Zweite Auflage. Mit etwa 393 Textfiguren. In Vorbereitung
- Dritter Band: Die Schachtfördermaschinen. Zweite Auflage.
- I. Teil: Grundlagen des Fördermaschinenwesens. Bearbeitet von Privatdozent Dr.-Ing. **Fritz Schmidt**. Mit 178 Textabbildungen. Erscheint im Frühjahr 1923
- II. Teil: Die Dampffördermaschinen. Bearbeitet von Diplom-Bergingenieur **Hans Bansen**. In Vorbereitung
- III. Teil: Die elektrischen Fördermaschinen. Von Professor Dr.-Ing. **E. Foerster**. Mit 81 Textabbildungen. Erscheint im Frühjahr 1923
- Vierter Band: Die Schachtförderung. Bearbeitet von Diplom-Bergingenieur **Hans Bansen** und Diplom-Ingenieur **Karl Teiwes**. Zweite Auflage. Mit etwa 402 Textfiguren. In Vorbereitung
- Fünfter Band: Die Wasserhaltungsmaschinen. Von Diplom-Ingenieur **Karl Teiwes**. Mit 362 Textfiguren. 1916. Gebunden GZ. 18
- Sechster Band: Die Streckenförderung. Von Diplom-Bergingenieur **Hans Bansen**. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 593 Textfiguren. 1921. Gebunden GZ. 18
- 

- Die Förderung von Massengütern.** Von Professor **Georg von Hanffstengel**, Charlottenburg.
- Erster Band: Bau und Berechnung der stetig arbeitenden Förderer. Dritte, umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 531 Textfiguren. 1921. Gebunden GZ. 11
- Zweiter (Schluß-) Band: Förderer für Einzellasten. Dritte Auflage. In Vorbereitung
- 

- Die Drahtseilbahnen (Schwebbahnen).** Ihr Aufbau und ihre Verwendung. Von Dipl.-Ing. **P. Stephan**, Regierungs-Baumeister, Professor. Dritte, verbesserte Auflage. Mit 543 Textabbildungen und 3 Tafeln. 1921. Gebunden GZ. 15
- 

- Berechnung elektrischer Förderanlagen.** Von Dipl.-Ing. **E. G. Weyhausen** und Dipl.-Ing. **P. Mettgenberg**. Mit 39 Textfiguren. 1920. GZ. 2,4
- 

- Die Drahtseile als Schachtförderseile.** Von Dr.-Ing. **Alfred Wyszomirski**. Mit 30 Textabbildungen. 1920. GZ. 2,4
- 

- Taschenbuch für den Fabrikbetrieb.** Bearbeitet von zahlreichen Fachleuten. Herausgegeben von Professor **H. Dubbel**, Ingenieur, Berlin. Mit 933 Textfiguren und 8 Tafeln. 1923. Gebunden GZ. 15
- 
- 

*Die Grundzahlen (GZ.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft*