

Heise-Herbst ☒ ☒

# Bergbaukunde

Zweiter Band ☒ ☒

Zweite Auflage



Schulausgabe

Lehrbuch  
der  
**Bergbaukunde**

mit besonderer Berücksichtigung  
des Steinkohlenbergbaues.

Von

**F. Heise,**

Professor und Direktor der Bergschule  
zu Bochum,

und

**F. Herbst,**

o. Professor an der Technischen Hochschule  
zu Aachen.

**Zweiter Band.**

**Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage.**

Mit 596 Textfiguren.



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1913

ISBN 978-3-662-35675-3

ISBN 978-3-662-36505-2 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-36505-2

Softcover reprint of the hardcover 2nd edition 1913

Additional material to this book can be downloaded from <http://extras.springer.com>

Alle Rechte, insbesondere das der  
Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

## 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 September 1910.

**Heise. Herbst.**

## Vorwort zur zweiten Auflage.

---

Der rasche Absatz des II. Bandes unseres Werkes hat uns dazu genötigt, der ersten Auflage dieses Bandes die zweite in einem Zeitabstande von nur 2 Jahren folgen zu lassen. Trotz der Kürze der Zeit haben die Fortschritte der Technik, die gerade bei den in diesem Bande behandelten Abschnitten besonders zahlreich und erheblich gewesen sind, das in der ersten Auflage entworfene Bild in manchen Zügen wesentlich verschoben. Wir haben uns bemüht, durch zahlreiche Abänderungen und Zusätze, bei einzelnen Abschnitten auch durch eine durchgreifende Umarbeitung den Fortschritten nach Möglichkeit Rechnung zu tragen. Der Text hat infolgedessen um 33 Seiten vermehrt werden müssen, so daß jetzt der Umfang des II. Bandes etwa demjenigen des I. Bandes entspricht. Ein Bild davon, in welchem Umfange die Umarbeitung erfolgt ist, ergibt die Zahl der neuen und abgeänderten Figuren, die sich auf ungefähr 140 (von insgesamt 596) beläuft.

Im einzelnen ist die Neubearbeitung insbesondere dem Kapitel „Ausbau“, einzelnen Abschnitten des Schachtabteufens und der Förderung zu Gute gekommen. Im „Ausbau“ haben wir namentlich dem nachgiebigen Ausbau und dem Eisenbetonausbau zu seinem Rechte zu verhelfen gesucht. Beim „Schachtabteufen“ ist das Abbohren mit unverkleideten Stößen und die neuere Ausbildung des Kind-Chaudronschen Bohrverfahrens berücksichtigt worden. In der „Förderung“ ist der Abschnitt über Abbauförderung erheblich erweitert und geändert worden; auch die Lokomotivförderung und die mechanische Betätigung der Förderkorbbedienung bei der Schachtförderung haben mehr Berücksichtigung gefunden. Durch Vermehrung der Literatur-Hinweise ist überall in erhöhtem Maße Gelegenheit geboten worden, Lücken, die ein solches Buch naturgemäß lassen muß, durch eigenes Studium nach Wunsch auszufüllen.

Indem wir denjenigen Herren, die uns durch Anregungen und Abänderungsvorschläge freundlichst unterstützt haben, an dieser Stelle herzlich danken, empfehlen wir auch diesen Band der wohlwollenden Aufnahme der Fachgenossen.

Bochum—Aachen, im Oktober 1912.

**Heise. Herbst.**

# Inhaltsverzeichnis.

Sechster Abschnitt.

## Grubenausbau.

Seite

<b>I. Der Grubenausbau in Abbaubetrieben und Strecken aller Art</b>	<b>1</b>
<b>Allgemeiner Teil</b>	<b>1</b>
<b>A. Wesen und Bedeutung des Grubenausbaues</b>	<b>1</b>
a) Allgemeine Bedeutung des Grubenausbaues	1
1. Aufgaben des Grubenausbaues.	
b) Gebirgsdruck	2
2. Vorbemerkung. — 3. Abhängigkeit des Gebirgsdruckes von der Gebirgsbeschaffenheit. — 4. Beeinflussung des Gebirgsdruckes durch gebirgsbildende Vorgänge. — 5. Wirkungen des Gebirgsdruckes auf Abbau- und Streckenbetriebe. — 6. Gebirgsdruck und Abbau. — 7. Gebirgsdruck und Abbau-strecken. — 8. Gebirgsdruck und Teufe. — 9. Gebirgsdruck und Fallwinkel. — 10. Beeinflussung des Gebirgsdruckes durch die Art der Herstellung der Hohlräume.	
<b>B. Arten des Grubenausbaues</b>	<b>12</b>
11. Anpassung des Ausbaues an das Verhalten des Gebirges. — 12. Ausbaustoffe. — 13. Dauer des Ausbaues. — 14. Verschiedene Ausführung des Ausbaues im einzelnen. — 15. Arten der auszubauenden Hohlräume. — 16. Nachfolgender und voreilender Ausbau.	
<b>Besonderer Teil</b>	<b>14</b>
<b>Die verschiedenen Arten der Ausführung des Ausbaues</b>	<b>14</b>
<b>A. Der Ausbau in Holz</b>	<b>14</b>
a) Allgemeines	14
17. Die für den Ausbau verwandten Holzarten. — 18. Erforderliche Eigenschaften der Grubenhölzer. — 19. Beeinflussung der Eigenschaften der Hölzer durch die besonderen Verhältnisse. — 20. Eigenschaften der bergmännisch wichtigen Holzarten. — 21. Fäulniserscheinungen beim Holz. — 22. Bekämpfung der Fäulniserscheinungen. — 23. Allgemeine Beurteilung der Tränkungsverfahren. — 24. Tränkflüssigkeiten. — 25. Tränkverfahren. — 26. Beschaffung und Bearbeitung des Holzes. — 27. Gewinnung und Verwertung von Abfallholz.	
b) Die Ausführung des Holzausbaues im einzelnen	29
1. Einfacher Holzausbau (Stempelausbau)	29
28. Allgemeines. — 29. Anwendung und Ausführung des einfachen Stempel-ausbaues. — 30. Nachgiebiger Stempelausbau. — 31. Angespitzte Stempel.	

— 32. Ausbau mit Spreizen oder Streben. — 33. Stempelausbau mit Bieigungsbeanspruchung.	
2. Zusammengesetzter Holzausbau . . . . .	37
34. Vorbemerkung. — 35. Holzpfeiler. — 36. Türstockzimmerung. — 37. Vergleich der verschiedenen Türstockarten. — 38. Abarten der Türstockzimmerung. — 39. Nebenaufgaben der Türstockzimmerung. — 40. Verbindung zwischen den einzelnen Türstöcken. — 41. Nachgiebige Türstockzimmerung. — 42. Geviertzimmerung. — 43. Schalholzzimmerung. — 44. Schalholzzimmerung im Abbau. — 45. Schalholzzimmerung in Strecken. — 46. Schalholzzimmerung über offenen Räumen. — 47. Verzug bei der Schalholzzimmerung. — 48. Nachgiebige Schalholzzimmerung. — 49. Übergänge und Verbindungen zwischen Türstock- und Schalholzzimmerung. — 50. Der Ausbau mit Firstenbänken. — 51. Die Schwalbenschwanzzimmerung.	
3. Voreilender Ausbau (Getriebe- und Abtreibezimmerung) . . .	57
52. Wesen des voreilenden Ausbaues. — 53. Getriebe- oder Abtreibezimmerung; Allgemeines. — 54. Firstengetriebe. — 55. Streckengetriebe und Vertäfelung. — 56. Vortreibezimmerung im Abbau. — 57. Vortreiben der Pfähle. — 58. Unterstützung der Pfähle. — 59. Abtreiben in 2 Abschnitten. — 60. Vortreibezimmerung und Verhieb.	
<b>B. Der Ausbau in Eisen . . . . .</b>	<b>66</b>
61. Vorbemerkung.	
1. Einfacher Eisenausbau . . . . .	66
62. Anwendungsgebiet und Erfordernisse. — 63. Beispiele von eisernen Stempeln. — 64. Beurteilung der eisernen Stempel.	
2. Zusammengesetzter Eisenausbau . . . . .	69
65. Türstockausbau in Eisen. — 66. Schalholzausbau in Eisen. — 67. Ausbau mit Gestellen. — 68. Vollständig geschlossener (rohrartiger) Ausbau in Eisen.	
<b>C. Der Ausbau in Stein . . . . .</b>	<b>78</b>
69. Bedeutung des Ausbaues in Stein.	
a) Mauerung . . . . .	78
1. Allgemeines über Baustoffe und Ausführung der Mauerung. .	78
70. Steine. — 71. Mörtel. — 72. Ausführung der Mauerung im allgemeinen.	
2. Ausführung der Mauerung im einzelnen . . . . .	84
73. Formen der Mauerung. — 74. Einfache Anwendungen der Grubenmauerung. — 75. Schwierigere Ausführungen der Grubenmauerung. — 76. Tragewerk. — 77. Verfahren bei der Herstellung der Mauerung. — 78. Verbindungen zwischen Mauerung und Eisen- oder Holzausbau. — 79. Nachgiebige Mauerung.	
b) Betonausbau . . . . .	92
80. Überblick.	
1. Einfacher Betonausbau . . . . .	92
81. Betonmischungen. — 82. Ausführung des Betonausbaues. — 83. Lehrgerüste. — 84. Stampf- und Preßverfahren.	
2. Eisenbetonausbau . . . . .	94
85. Bedeutung des Eisenbetons. — 86. Ausführung des Eisenbetonausbaues im einzelnen. — 87. Ausführung des Eisenbetonausbaues im ganzen.	

	Seite
c) Allgemeines über die Ausbauarten in Stein . . . . .	99
88. Nachgiebigkeit beim Beton- und Eisenbetonausbau. — 89. Vergleichender Rückblick auf die Ausbauarten in Stein.	

**D. Allgemeine Gesichtspunkte für die Verringerung der Stein- und Kohlenfallgefahr . . . . . 102**

90. Einige Ratschläge der Stein- und Kohlenfall-Kommission. — 91. Verhütung oder Verringerung gefährlicher Druckerscheinungen. — 92. Vorsichtsmaßregeln beim Ausbau selbst. — 93. Besondere Maßregeln gegenüber überhängenden Massen. — 94. Maßnahmen allgemeiner Natur. — 95. Verbauregeln.

**II. Der Schachtausbau . . . . . 106**

96. Vorbemerkungen.

**A. Der Geviert- und Ringausbau mit Verzug . . 107**

1. Der Geviertausbau in Holz . . . . . 107

97. Allgemeines. — 98. Ganze Schrotzimmerung und Bolzenschrotzimmerung. — 99. Anwendbarkeit, Kosten. — 100. Schachteinbau in Holz.

2. Der Profileisenausbau . . . . . 110

101. Ausbau rechteckiger Schächte. — 102. Ausbau runder Schächte. — 103. Der Ringausbau in seiner Anwendung für den vorläufigen Ausbau.

**B. Geschlossener Ausbau von Schächten . . . 114**

1. Die Mauerung . . . . . 114

104. Einleitende Bemerkungen. — 105. Steine und Mörtel. — 106. Mauerungs-Absätze. — 107. Mauerfüße. — 108. Ausführung der Mauerung. — 109. Wasserdichte Schachtmauerung. — 110. Abwechselndes und gleichzeitiges Mauern und Abteufen. — 111. Die Benutzung von Bühnen bei der Schachtmauerung. — 112. Das Mauern von einer schwebenden Bühne aus. — 113. Segmentweise Ausmauerung. — 114. Leistungen und Kosten.

2. Der Beton und Eisenbeton . . . . . 123

115. Vorbemerkungen. — 116. Ausführungsarten. — 117. Ausführungsbeispiele für Formsteine. — 118. Ausführungsbeispiel für eine Stampfbetonwand mit Formstein-Verschalung. — 119. Ausführungsbeispiele für eine mit Lehrgerüst hergestellte Stampfbetonwand.

3. Gußeiserne Tübbings und Schachtringe (Küvelage) . . . 130

120. Einleitende Bemerkungen. — 121. Englische und deutsche Tübbings. — 122. Keilkränze. — 123. Herrichtung des Keilkranzbettes. — 124. Das Legen und Pikotieren des Keilkranzes. — 125. Doppelter Keilkranz. — 126. Einzementieren von Keilkränzen. — 127. Der Einbau und das Pikotieren der englischen Tübbings. — 128. Die Dichtung der deutschen Tübbings. — 129. Der Einbau der deutschen Tübbings von unten nach oben. — 130. Der obere Anschluß. — 131. Das Unterhängen der Tübbings oder der Einbau von oben nach unten. — 132. Anschluß der Unterhängetübbings an den unteren Keilkranz. — 133. Bewährung der Unterhängetübbings. — 134. Der Ausbau mit Schachtringen. — 135. Vergleich der



englischen und der deutschen Tübbings. — 136. Wandstärke der Kuevlage. Die Druckbeanspruchung. — 137. Die Wirkung der Biegungsbeanspruchung im Verein mit der Druckbeanspruchung. — 138. Tübbings aus Stahlguß. — 139. Tübbings für große Teufen oder besonders hohe Drücke. — 140. Tübbings als Tragekränze.

### Siebenter Abschnitt. Schachtabteufen.

#### 1. Einleitende Bemerkungen.

#### I. Das gewöhnliche Abteufverfahren . . . . . 151

##### A. Das Abteufen in standhaftem (nicht-schwimmendem) Gebirge 151

2. Allgemeines. — 3. Überblick über die für das Abteufen erforderlichen Tagesanlagen.

Die Abteufarbeit . . . . . 154

4. Ausführung der Gewinnungsarbeit. — 5. Ansetzen der Schüsse. — 6. Die Zündung der Schüsse. — 7. Abloten des Schachtes. — 8. Schichten- und Arbeitseinteilung. — 9. Gedinge.

Einrichtungen für die Förderung . . . . . 157

10. Fördergerüst. — 11. Abteuffördermaschine. — 12. Fördergefäße. — 13. Entleerung der Kübel. — 14. Führungseile. — 15. Die Spannlager und ihre Anordnung im Verhältnis zu den Mauerabsätzen. — 16. Führungschlitten.

Die sonstigen Betriebseinrichtungen . . . . . 165

17. Bewetterung. — 18. Beleuchtung. — 19. Fahrung.

Leistungen und Kosten . . . . . 168

20. Leistungen. — 21. Kosten.

Das Weiterabteufen von Schächten unterhalb einer in Betrieb befindlichen Sohle . . . . . 169

22. Das Weiterabteufen von Schächten mit Benutzung von Aufbrüchen. —

23. Das Weiterabteufen von Schächten ohne Benutzung von Aufbrüchen.

##### B. Abteufen im schwimmenden Gebirge . . . . . 174

24. Einleitung.

Das gewöhnliche Anstecken . . . . . 174

25. Ausführung im allgemeinen. — 26. Die Arbeiten im einzelnen. —

27. Sicherung der Sohle. — 28. Kosten.

Das senkrechte Anstecken . . . . . 177

29. Allgemeines. — 30. Das senkrechte Anstecken mit hölzernen Pfählen. —

31. Das senkrechte Anstecken mit eisernen Spundwänden. Spundwände von Haase, Eichler, Simon. — 32. Anwendbarkeit und Kosten der eisernen Spundwände.

#### II. Das Senkschachtverfahren . . . . . 180

Einleitung . . . . . 180

33. Allgemeines über Art und Wesen des Verfahrens. — 34. Die bei wachsender Teufe auftretenden Schwierigkeiten und die Verwendung mehrerer Senkkörper. — 35. Die für das Verfahren in Frage kommenden Teufen.

	Seite
Einrichtungen über Tage und vorbereitende Arbeiten . . .	183
36. Fördergerüst. — 37. Fördermaschine und Förderkabel und sonstige Einrichtungen. — 38. Vorschacht.	
Die Senkkörper und ihr Einbau . . . . .	184
39. Einteilung. — 40. Die Mauersenkshächte. Der Schneidschuh. — 41. Die Verankerung. — 42. Das Mauerwerk. — 43. Der Einbau und das Hochmauern des Senkkörpers. — 44. Die Teufengrenze für Mauersenkshächte. — 45. Senkkörper aus Beton. — 46. Die gußeisernen Senkkörper. Der Schneidschuh. — 47. Die Tübbings. — 48. Verbundsenkkörper. — 49. Der Einbau der gußeisernen Senkzylinder. — 50. Anschüttung. — 51. Betonpfropfen. — 52. Führung für die Senkzylinder.	
Die eigentlichen Abteufarbeiten . . . . .	192
53. Einleitende Bemerkungen. — 54. Arbeit auf der Sohle. — 55. Arbeit im toten Wasser. Überblick. — 56. Sackbohrer. — 57. Sackbohrer von Sassenberg und Clermont. — 58. Eimerbagger oder Becherwerk. — 59. Greifbagger und Rührbohrer. — 60. Stoßbohrverfahren von Pattberg.	
Mittel zur Beförderung des Niedersinkens der Senkkörper . .	200
61. Gewichte. — 62. Pressen. — 63. Akkumulator. — 64. Widerlager für die Pressen. — 65. Der Mauersenkshacht als Widerlager. — 66. Druckring. — 67. Hilfsringe. — 68. Andere Mittel zur Beförderung eines gleichmäßigen Niedersinkens. — 69. Sassenbergsches Druckwasser-Verfahren.	
Die Anschlußarbeiten . . . . .	205
70. Der Anschluß der Mauersenkshächte an das feste Gebirge. — 71. Das Unterfangen des Schneidschuhes. — 72. Der Anschluß der gußeisernen Senkshächte nach unten und nach oben.	
Leistungen, Kosten . . . . .	208
73. Leistungen. — 74. Kosten.	
<b>III. Das Abteufen unter Anwendung von Preßluft . .</b>	<b>210</b>
75. Allgemeines. — 76. Fest eingebaute Schleuseneinrichtung. — 77. Senkschacht mit eingebauter Schleuseneinrichtung. — 78. Anwendungsbeispiele. — 79. Gesundheitsschädliche Einwirkungen des Verfahrens und seine Anwendbarkeit im allgemeinen.	
<b>IV. Das Schachtabbahren bei unverkleideten Stößen .</b>	<b>215</b>
<b>A. Das Schachtbohrverfahren in festem Gebirge nach Kind-Chaudron . . . . .</b>	<b>215</b>
80. Einleitende Bemerkungen über Wesen und Art des Verfahrens.	
Das Abbahren des Schachtes . . . . .	216
81. Vorbereitende Arbeiten. — 82. Die Bohrarbeit im allgemeinen und die erforderlichen Einrichtungen. — 83. Bohrgerüst. — 84. Bohrvorrichtung. — 85. Löffelmaschine, Kabelmaschine. — 86. Der kleine und der große Bohrer. — 87. Gestänge und Zwischenstücke. — 88. Das Löffeln. — 89. Fanggeräte.	
Das Auskleiden des Schachtes . . . . .	222
90. Die Kùvelage für Bohrschächte. — 91. Moosbüchse, Gleichgewichtsboden, Gleichgewichtsrohr. — 92. Das Einlassen der Kùvelage. —	

	Seite
93. Tauchküvelage. — 94. Küvelage ohne Moosbüchse und Gleichgewichtsrohr. — 95. Das Einhängen der Küvelage ohne Moosbüchse. — 96. Das Betonieren. — 97. Das Sumpfen und Fertigmachen des Schachtes zum Weiterabteufen.	
Leistungen und Kosten . . . . .	230
98. Leistungen. — 99. Kosten.	
<b>B. Das Schachtabbohren im lockeren Gebirge. Verfahren nach Honigmann, Deutscher Kaiser, Stockfisch .</b>	<b>232</b>
100. Das Wesen des Verfahrens. — 101. Die ältere Honigmannsche Ausführung. — 102. Das Verfahren der Gewerkschaft Deutscher Kaiser. — 103. Das Stockfischsche Verfahren. — 104. Leistungen, Kosten, Anwendbarkeit des Verfahrens.	
<b>V. Das Gefrierverfahren . . . . .</b>	<b>236</b>
Einleitung . . . . .	236
105. Geschichtliches. — 106. Wesen und Anwendbarkeit des Pötschschens Verfahrens im allgemeinen.	
Tagesanlagen und vorbereitende Arbeiten . . . . .	237
107. Tagesanlagen, Vorschacht, Bohr- und Fördergerüst. — 108. Die Anordnung und Fertigstellung der Bohrlöcher. — 109. Die Gefrierrohre. — 110. Die Einfallrohre und die Laugenverteilung.	
Die Kälteerzeugung . . . . .	244
111. Die Anlage im allgemeinen. — 112. Der Kreislauf des Kälteerzeugers. — 113. Die verschiedenartige Eignung des Ammoniaks und der Kohlensäure als Kälteerzeuger. — 114. Tiefkälteverfahren. — 115. Die Kälteflüssigkeit und ihr Kreislauf. — 116. Der Weg (Kreislauf) des Kühlwassers. — 117. Beispiel für den Bedarf an Ammoniak, Chlormagnesiumlauge und Kühlwasser.	
Theoretische Betrachtungen . . . . .	249
118. Berechnung der erforderlichen Wärmeeinheiten. — 119. Druckfestigkeit des gefrorenen Gebirges. — 120. Die erforderliche Stärke der Frostwand und die Abteufgrenzen.	
Der tatsächliche Gefrierverlauf und das Abteufen . . . . .	255
121. Bildung des Frostkörpers. — 122. Das Abteufen. — 123. Der Ausbau. — 124. Ziehen der Gefrierrohre.	
Absatzweises Gefrieren . . . . .	259
125. Absatzweises Abteufen mittels des Gefrierfahrens. — 126. Absatzweise Einwirkung des Kälteträgers auf das Gebirge.	
Leistungen und Kosten . . . . .	261
127. Leistungen. — 128. Kosten.	
<b>VI. Die Versteinung (Zementierung) des Gebirges . .</b>	<b>263</b>
129. Einleitende Bemerkungen.	

	Seite
<b>A. Die Sicherung bereits abgeteufter Schächte durch Versteinung . . . . .</b>	<b>264</b>
130. Geschichtliches. — 131. Ausführung der Zementtränkung bei undichten Schachtwandungen. — 132. Wasserabschluß am Fuße von Senk- und Bohrschächten.	
<b>B. Die Versteinung beim Schachtabteufen . . . .</b>	<b>267</b>
133. Geschichtliches.	
Allgemeines. . . . .	268
134. Wesen des Verfahrens und seine Anwendbarkeit in verschiedenem Gebirge. — 135. Ausspülen des Gebirges. — 136. Wahl des Zementes und des Mischungsverhältnisses. — 137. Druck bei der Zementeinführung. — 138. Zeitdauer des Erhärtens des Zementes und räumliche Ausdehnung der Versteinung.	
Handhabung des Verfahrens beim Schachtabteufen . . .	271
139. Einteilung. — 140. Zementierung von der Tagesoberfläche her. Auskleidung und Fassung der Bohrlöcher. — 141. Tränkung der Bohrlöcher. — 142. Rückleitung der überschüssigen Zementtrübe. — 143. Angaben über tatsächliche Ausführungen und Kosten. — 144. Absatzweise Zementtränkung von der Schachtsohle aus. Allgemeines. — 145. Die Standrohlöcher und das Einzementieren der Standrohre. — 146. Die Zementierlöcher. — 147. Die Tränkung der Zementierlöcher. — 148. Angaben über tatsächliche Ausführungen und Kosten.	
<b>VII. Vergleichender Rückblick auf die Anwendbarkeit der verschiedenen, an Stelle des gewöhnlichen Abteufens verwendbaren Verfahren . . . . .</b>	<b>278</b>
149. Überblick. — 150. Vergleichende Einzelbesprechung.	

## Achter Abschnitt.

**Förderung.**

1. Einleitung. — 2. Überblick über die Grubenförderung.	
<b>I. Die Förderung auf söhligler oder annähernd söhligler Bahn</b>	<b>282</b>
3. Vorbemerkung.	
<b>A. Abbauförderung (bei flacher Lagerung) . .</b>	<b>282</b>
4. Bedeutung der Abbauförderung.	
a) Einfache Förderverfahren . . . . .	282
5. Tragen und Schleppen. — 6. Karrenförderung. — 7. Einfache Wagenförderung im Abbau. — 8. Rutschenförderung und andere einfache Hilfsmittel.	
b) Mechanische Abbauförderungen für größere Leistungen . .	286
9. Arten und Bedeutung der mechanischen Abbauförderungen. — 10. Förderung mit Schleppkette (Mitnehmerrutschen). — 11. Gurtförderer. — 12. Förderung mit Schüttelrinnen. Allgemeines. — 13. Bewegungsvorgänge bei Schüttelrutschen. — 14. Ausführung der Rutschen selbst. — 15. Verschieben des Rutschenstranges. — 16. Antrieb der Schüttelrutschen. —	

	Seite
17. Die Aufstellung des Motors. — 18. Kosten der Schüttelrutschenförderung. — 19. Bergförderung im Abbau. — 20. Beurteilung und Verwendungsgebiet der mechanischen Abbau-Fördereinrichtungen. — 21. Vergleich der verschiedenen Abbauförderarten.	
<b>B. Streckenförderung</b> . . . . .	308
22. Vorbemerkung.	
<b>a) Förderwagen</b> . . . . .	309
23. Allgemeine Erfordernisse. — 24. Wagenkasten. — 25. Radsatz. — 26. Lagerung und Schmierung von Achsen und Rädern. Offene Lager. — 27. Geschlossene Lager. — 28. Achsen und Räder. — 29. Besondere Wagenformen. — 30. Mittel zum Umwerfen von Förderwagen beim Bergeversatz. — 31. Wagenbeschaffung und -Behandlung. — 32. Gewichte und Kosten der Förderwagen.	
<b>b) Gestänge</b> . . . . .	324
33. Allgemeines. — 34. Schienen. — 35. Schwellen. — 36. Verbindung von Schienensträngen miteinander. Wendeplätze. — 37. Wechsel.	
<b>c) Allgemeine Erwägungen über die Bewegung von Förderwagen auf Schienenbahnen</b> . . . . .	334
38. Die bei der Bewegung von Förderwagen auf Schienen zu überwindenden Widerstände. — 39. Gefälleverhältnisse bei Schienenbahnen in Förderstrecken. — 40. Überwachung der Reibungsverhältnisse im Betriebe. — 41. Der Tonnenkilometer als Einheit. — 42. Bedeutung eines guten Zustandes der Wagen und Gestänge.	
<b>d) Die Betätigung der Wagenförderung</b> . . . . .	340
43. Überblick.	
<b>α) Förderung durch Menschen und Tiere</b> . . . . .	340
44. Menschenförderung. — 45. Förderung mit Tieren. Allgemeines. — 46. Unterirdische Pferdeställe. — 47. Einrichtungen in den Förderstrecken. — 48. Wagenzüge. — 49. Ergebnisse der Pferdeförderung.	
<b>β) Maschinelle Streckenförderung</b> . . . . .	344
50. Einteilung.	
<b>Förderung mittels feststehender Maschinen</b> . . . . .	345
51. Vorbemerkung.	
<b>1. Förderverfahren mit offenem Seil</b> . . . . .	345
52. Förderung mit Vorder- und Hinterseil. — 53. Andere Förderverfahren.	
<b>2. Förderung mit geschlossenem Zugmittel</b> . . . . .	346
54. Wesen und Bedeutung. — 55. Unterarten der Förderung mit endlosem Zugmittel.	
<b>1. Förderung mit schwebendem Seil ohne Ende</b> . . . . .	347
56. Antrieb. — 57. Spannscheibe. — 58. Lage der Antriebsmaschine. — 59. Kraftbedarf. — 60. Triebmittel. — 61. Größere Streckenförderanlagen. — 62. Trag- und Kurvenrollen. — 63. Mitnehmer. — 64. Besonderheiten bei Mitnehmern. — 65. Anschlagpunkte. — 66. Signalgebung. — 67. Kosten der Förderung mit Seil ohne Ende.	
<b>2. Förderung mit schwebender Kette ohne Ende</b> . . . . .	367
68. Besonderheiten der Kettenförderungen. — 69. Kettenseil.	

	Seite
3. Beurteilung der Förderung mit geschlossenem Zugmittel . .	370
70. Vergleich zwischen Seil und Kette. — 71. Beurteilung der Förderung mit endlosem Zugmittel und einzelnen Wagen.	
Die Förderung mit beweglichen Maschinen (Lokomotivförderung) .	373
72. Die Entwicklung der Lokomotivförderung.	
1. Einzelbeschreibung der Grubenlokomotiven . . . .	373
73. Arten der Grubenlokomotiven. — 74. Brennstoff-Lokomotiven. — 75. Fahrdracht-Lokomotiven. — 76. Akkumulator-Lokomotiven. — 77. Preßluft-Lokomotiven. — 78. Vergleich der verschiedenen Lokomotivarten.	
2. Allgemeine Erwägungen bezüglich der Lokomotiven und der Lokomotivförderung . . . . .	383
79. Kraftbedarf und Gewicht der Grubenlokomotiven. — 80. Vergleich zwischen Lokomotivförderung und Förderung mit endlosem Zugmittel. — 81. Förderverfahren und Betriebsverhältnisse. — 82. Der Verschiebetrieb. — 83. Signalvorrichtungen. — 84. Mannschaftsfahrung mit Lokomotiven. — 85. Leistungen und Kosten der Lokomotivförderung.	
<b>II. Die abwärts- und aufwärtsgehende Förderung in der Grube</b>	<b>392</b>
<b>A. Bremsbergförderung</b> . . . . .	<b>392</b>
a) Grundlagen und Arten der Bremsbergförderung . . . .	392
86. Vorbemerkung. — 87. Einteilung der Bremsberge. — 88. Eintrümmige Bremsberge. — 89. Zweitümmige Bremsberge. — 90. Verfügbare und erforderliche Zugkraft beim Bremsbetriebe. — 91. Bremsbergbetrieb bei geringen Neigungswinkeln. — 92. Ausnutzung der überschüssigen Kraft von Bremsbergen.	
b) Die zum Bremsbergbetrieb erforderlichen Anlagen und Vorrichtungen . . . . .	399
1. Ausgestaltung des Bremsberges selbst. . . . .	399
93. Raumbedarf. — 94. Gestänge. — 95. Einrichtung der Zwischenanschläge. — 96. Einrichtungen am Fuße des Bremsberges.	
2. Bremsbetrieb . . . . .	404
97. Das Bremswerk. — 98. Bremsgestelle. — 99. Gegengewichte.	
<b>B. Bremsschachtförderung</b> . . . . .	<b>411</b>
100. Allgemeines über seigere Bremsschächte. — 101. Einrichtung seigerer Bremsschächte im einzelnen. — 102. Ausnutzung überschüssiger Zugkräfte.	
<b>C. Bremsberge und Bremsschächte mit Hochförderung von Lasten</b> . . . . .	<b>413</b>
103. Erläuterung. — 104. Bergförderung mit Hilfe von unmittelbaren Gewichtunterschieden. — 105. Förderung mit Wasserkasten. — 106. Bergförderung mit Differentialtrommeln. — 107. Zusammenfassung.	
<b>D. Rollochförderung</b> . . . . .	<b>415</b>
108. Rollochförderung in der Grube. Vorbemerkung. — 109. Füllung der Rollen. — 110. Entleerung der Rollen. — 111. Stürzrollen von der Tagesoberfläche aus.	

	Seite
<b>E. Aufwärtsgehende Förderung unter Tage . . .</b>	<b>418</b>
112. Vorbemerkung. — 113. Förderhaspel. — 114. Aufstellung der Förderhaspel. — 115. Seile bei der Haspelförderung.	
<b>F. Sicherheitsvorrichtungen bei der Brems- und Haspelförderung. . . . .</b>	<b>422</b>
116. Überblick.	
a) Fangvorrichtungen . . . . .	423
117. Vorbemerkung. — 118. Fangvorrichtungen für Förderung mit offenem Seil. — 119. Fangvorrichtungen für Förderung mit geschlossenem Zugmittel.	
b) Sicherheitsverschlüsse . . . . .	425
120. Allgemeines. — 121. Einfache Verschlüsse. — 122. Selbstwirkende Verschlusseinrichtungen. — 123. Einrichtungen am Anschlag. — 124. Verschlüsse mit unmittelbarer Betätigung durch das Gestell. — 125. Zusammenwirken von Gestell und Anschlag. — 126. Verschlüsse, deren Betätigung von der Stellung des Bremshebels abhängig gemacht wird.	
<b>III. Schachtförderung . . . . .</b>	<b>433</b>
<b>    Einleitung . . . . .</b>	<b>433</b>
127. Bedeutung der Schachtförderung für die verschiedenen Bergbaubetriebe. — 128. Allgemeine Möglichkeiten der Schachtförderung.	
<b>    Gefäßförderung (Skip-Förderung) . . . . .</b>	<b>434</b>
129. Einiges über die Ausführung der Gefäßförderung. — 130. Beurteilung der Gefäßförderung und Vergleich mit der Gestellförderung.	
<b>    Gestellförderung . . . . .</b>	<b>437</b>
<b>        A. Die im Schachte sich bewegenden Teile und die unmittelbar für sie bestimmten Vorrichtungen .</b>	<b>437</b>
a) Die Förderseile . . . . .	437
131. Vorbemerkung. — 132. Pflanzenfaserseile. — 133. Drahtseile. — 134. Bandseile. — 135. Rundseile. Herstellung im allgemeinen. — 136. Herstellung der Litzenseile. — 137. Besondere Arten von Litzenseilen. — 138. Patentverschlossene Seile. — 139. Verjüngte Seile. — 140. Prüfung und Überwachung der Förderseile im Betriebe. — 141. Berechnung von Förderseilen. — 142. Das Auflegen der Förderseile. — 143. Leistungen und Kosten von Förderseilen. — 144. Verschiedenheiten in der Bruchgefahr bei Förderseilen.	
b) Die Fördergestelle . . . . .	453
145. Größe der Fördergestelle. — 146. Bauart der Fördergestelle. — 147. Festhalten der Wagen auf dem Gestell. — 148. Seilfahrt mit Fördergestellen. — 149. Ersatzfördergestelle.	
c) Die Verbindungsstücke zwischen Seil und Fördergestell. (Das Zwischengeschirr.) . . . . .	457
150. Seileinband. — 151. Kausche. — 152. Seilschlösser. — 153. Seilfederbüchsen. — 154. Die eigentlichen Zwischengeschirrteile.	
d) Schachtleitungen . . . . .	462
155. Bedeutung und allgemeine Anordnung der Schachtleitungen. — 156. Ausführung der Schachtleitungen im einzelnen. Holzföhrungen. — 157. Eiserne Föhrungen. — 158. Seilföhrungen.	

	Seite
e) Die an Hängebank und Füllort für die Fördergestelle notwendigen Vorrichtungen . . . . .	467
159. Allgemeines über die Verwendung von Aufsetzvorrichtungen. —	
160. Ausbildung der Aufsetzvorrichtungen im einzelnen. — 161. Schwenkbühnen an Stelle von Aufsetzvorrichtungen. — 162. Bewegliche Aufsetzbühnen.	
<b>B. Der Betrieb der Gestellförderung . . . . .</b>	<b>473</b>
<b>a) Die Bedienung der Fördergestelle an Hängebank und Füllort</b>	<b>473</b>
163. Allgemeines über die Bedienung ein- und mehrbödiger Gestelle. —	
164. Beschleunigung der Bedienung. — 165. Verbilligung der Bedienung. —	
166. Vermehrung der Abzugsbühnen. — 167. Beschleunigung der Seilfahrt. —	
168. Mechanische Bedienungsvorrichtungen. — 169. Wagen-Stoß- oder -Zugvorrichtungen. — 170. Benutzung von Gefälle. — 171. Bewegliche Abzugsbühnen. — 172. Erleichterung des Wagenumlaufs an Füllort und Hängebank. — 173. Beurteilung der Hilfseinrichtungen für die Bedienung der Fördergestelle. — 174. Leistungen bei der Schachtförderung.	
<b>b) Die Betätigung der Schachtförderung . . . . .</b>	<b>486</b>
Gestellförderung mit Seil . . . . .	486
1. Trommelförderung . . . . .	486
175. Wesen der Trommelförderung. — 176. Bedeutung der Ausgleichung des Seilgewichts. — 177. Unterseil. — 178. Besondere Ausführungen der Unterseil-Ausgleichung. — 179. Beurteilung der Seilausgleichung mit Unterseil. — 180. Nebenseile. — 181. Gegengewichte. — 182. Ausgleichung durch Gleichheit der statischen Momente. — 183. Bobinen. — 184. Seilkörbe mit Ausgleichung für Rundseile.	
2. Treibscheibenförderung . . . . .	495
185. Vorbedingungen für die Förderung mit Treibscheibe. — 186. Beurteilung der Treibscheibenförderung. — 187. Gewöhnliche Ausführung der Treibscheibenförderung. — 188. Abarten der Treibscheibenförderung. — 189. Anwendungsgebiet der Treibscheibenförderung.	
3. Förderung mit mehreren Gestellen gleichzeitig an jedem Seile .	499
190. Tandem-Förderung.	
Andere Schachtförderverfahren . . . . .	500
191. Förderung mit Ersatz der Gestelle durch kleine, in kurzen Abständen hoch bewegte Fördergefäße. — 192. Zahnstangenförderung. — 193. Pneumatische Förderung. — 194. Wasserauftriebsverfahren. — 195. Rückblick.	
<b>c) Sicherheitsvorrichtungen bei der Schachtförderung . . . . .</b>	<b>503</b>
1. Fangvorrichtungen . . . . .	503
196. Beurteilung der Fangvorrichtungen. — 197. Allgemeine Erfordernisse der Fangvorrichtungen. — 198. Fangvorrichtungen mit Schneidehebeln. — 199. Exzenter-Fangvorrichtungen. — 200. Fangvorrichtungen mit Klemmbacken. — 201. Fangvorrichtungen für Seilführung.	
2. Vorrichtungen gegen das Übertreiben und zu harte Aufsetzen der Fördergestelle . . . . .	510
202. Überblick.	



	Seite
1. Einwirkung auf die Fördergestelle selbst . . . . .	510
203. Gegeneinander geneigte Spurlatten. — 204. Seilauflösevorrichtungen.	
2 Beeinflussung der Fördermaschine . . . . .	512
205. Grundgedanken. — 206. Teufenzeiger und Geschwindigkeitsmesser. —	
207. Ältere Vorrichtungen. — 208. Neuere Hemmvorrichtungen. — 209. Ein-	
wirkung auf die Steuerung der Fördermaschine.	
<b>d) Signal-Vorrichtungen bei der Schachtförderung . . . . .</b>	<b>517</b>
210. Überblick. — 211. Akustische Signale. — 212. Elektrische Signal-	
vorrichtungen. — 213. Optische Signale. — 214. Vereinigte Hör- und Schau-	
signale. — 215. Signalisierung zur Fördermaschine. — 216. Signalgebung	
vom Förderkorbe aus.	
<b>e) Fördergerüste und Seilscheiben . . . . .</b>	<b>522</b>
217. Fördergerüste. — 218. Fördertürme. — 219. Seilscheiben.	

### Neunter Abschnitt.

## Wasserhaltung.

<b>I. Einleitender Teil . . . . .</b>	<b>526</b>
1. Vorbemerkung.	
1. Die Wasserführung des Gebirges . . . . .	526
2. Die atmosphärischen Niederschläge. — 3. Das Grundwasser. — 4. Sonstige,	
die Wasserführung des Gebirges beeinflussende Verhältnisse. — 5. Die ver-	
schiedenartige Stellung des Bergbaues gegenüber den Wassern. — 6. Die	
Wasserführung des Gebirges im Ruhrbezirk. — 7. Zusammensetzung des	
Grubenwassers.	
2. Maßnahmen und Vorrichtungen zur Fernhaltung der Wasser von	
den Grubenbauen . . . . .	531
8. Maßnahmen über Tage. — 9. Maßnahmen und Vorrichtungen unter	
Tage. — 10. Wasserabdämmungen. Allgemeines. — 11. Wasserdämme. —	
12. Dammtore.	
3. Ausrichtung der Grube im Hinblick auf die Wasserhaltung . . . . .	535
13. Stollen. — 14. Sumpfanlagen in Tiefbaugruben. — 15. Sumpfanlagen	
auf verschiedenen Sohlen und Ausnutzung der sog. Abfallwasser. —	
16. Neigung der Ausrichtungstrecken.	
<b>II. Wasserhebevorrichtungen . . . . .</b>	<b>539</b>
17. Überblick.	
<b>A. Kolbenpumpen . . . . .</b>	<b>539</b>
18. Einleitende Bemerkungen.	
1. Kolbenpumpen mit Antriebsmaschine über Tage (Gestängewasser-	
haltungen, oberirdische Wasserhaltungen) . . . . .	539
19. Einteilung. — 20. Hubpumpen. — 21. Doppeltwirkende Rittinger-	
pumpen, Perspektivpumpen. — 22. Druckpumpen. — 23. Gestänge und	
Antrieb der oberirdischen Wasserhaltungen.	

	Seite
2. Kolbenpumpen mit Antriebsmaschine unter Tage (Unterirdische Wasserhaltungen) . . . . .	543
24. Ort der Aufstellung. — 25. Die Pumpen. — 26. Triebkräfte. — 27. Dampfwasserhaltung. — 28. Kosten. — 29. Maschinen ohne Schwun- grad. Duplexpumpen. — 30. Nachteile des Dampfes als Antriebsmittel unter Tage. — 31. Die hydraulische Wasserhaltung. — 32. Elektrisch an- getriebene Kolbenpumpen. — 33. Kosten der hydraulischen und elek- trischen Wasserhaltung.	

3. Vor- und Nachteile der oberirdischen und der unterirdischen Kolbenpumpen . . . . .	554
--	-----

34. Vergleich.

**B. Zentrifugalpumpen . . . . . 556**

35. Wesen, Wirkung und Antrieb. — 36. Besonderheiten der Zentrifugal-  
pumpen. — 37. Vergleich mit der Kolbenpumpe. — 38. Anwendbarkeit  
für das Schachtabteufen.

**C. Sonstige Wasserhebevorrichtungen . . . 560**

39. Wasserhebung mittels der Fördermaschine. — 40. Tomsonsche Wasser-  
ziehvorrichtungen. — 41. Strahlpumpen. — 42. Mammutpumpen. —  
43. Pulsometer. — 44. Heber.

**III. Besonderheiten der Wasserhaltung beim Schachtabteufen 568**

45. Die besonderen Bedingungen des Schachtabteufens hinsichtlich der  
Wasserhaltung. — 46. Anwendung der verschiedenen Wasserhebevor-  
richtungen. — 47. Besondere Vorkehrungen an Abteufpumpen.

Zehnter Abschnitt.

**Grubenbrände, Atmungs- und Rettungsgeräte.**

**I. Grubenbrände . . . . . 571**

1. Wesen, Entstehung und Verhütung von Grubenbränden . . . 571

1. Gefährdung der Gruben durch Brände über Tage. — 2. Brände unter  
Tage. Allgemeines. — 3. Flözbrände. — 4. Selbstentzündung der Kohle. —  
5. Sonstige Ursachen von Flözbränden. — 6. Vorbeugende Maßnahmen. —  
7. Sonstige Brände. — 8. Schachtbrände. — 9. Sicherheitsmaßnahmen. —  
10. Brände in Bremsschächten.

2. Bekämpfung ausgebrochener Brände . . . . . 577

11. Meldung. — 12. Anwendung des Wassers und des Spülverfahrens. —  
13. Abdämmung. — 14. Hilfsdämme. — 15. Dämme für den endgültigen  
Abschluß. — 16. Überwachung der Dämme. — 17. Stoßabdichtungen.

3. Die bei Bränden auftretenden Gase . . . . . 581

18. Brandgase, Brandwetter, Brandgasexplosionen.

**II. Atmungsgeräte . . . . . 581**

19. Einleitung.

1. Schlauchgeräte . . . . . 582

20. Saugschlauchgeräte. — 21. Druckschlauchgeräte. — 22. Anderweitige  
Luftzuführung.

	Seite
2. Behältergeräte ohne Wiederbenutzung der Ausatemluft . .	585
23. Ältere Ausführungen. — 24. Der Aërolith.	
3. Behältergeräte mit Wiederbenutzung der Ausatemluft . .	589
Sauerstoffgeräte . . . . .	589
25. Allgemeines.	
Geräte mit gasförmigem Sauerstoffvorrat . . . . .	589
26. Einleitende Bemerkungen. — 27. Luftverbrauch des Menschen. — 28. Sauerstoffbehälter. — 29. Bindung der Kohlensäure. — 30. Strahldüse und Druckverminderungsventil (Automat). — 31. Hilfsvorrichtungen. — 32. Nasen- oder Mundatmung. — 33. Das Zusammenwirken der Teile bei den Sauerstoffatmungsgeräten. — 34. Atmungsgerät Westfalia. — 35. Atmungsgerät des Drägerwerks.	
Geräte mit chemisch gebundenem Sauerstoffvorrat (Pneumatogene) .	598
36. Grundgedanke dieser Geräte. — 37. Beschreibung des Atmungsgerätes „Pneumatogen“. — 38. Beurteilung des Pneumatogens.	
4. Allgemeine und vergleichende Ausführungen . . . .	601
39. Atmungsapparate für kürzere Benutzungsdauer. — 40. Vergleich zwischen den Sauerstoff- und den Schlauchgeräten. — 41. Gemeinsame Verwendung beider Arten von Atmungsapparaten. — 42. Behandlung der Atmungsgeräte. — 43. Füllung der Sauerstoffflaschen. — 44. Wiederbelebungsapparate. — 45. Rettungsgruppen. — 46. Zentralstellen. — 47. Unterirdische Rettungs- und Sicherheitskammern.	

## Sechster Abschnitt.

# Grubenausbau.

## I. Der Grubenausbau in Abbaubetrieben und Strecken aller Art.

### Allgemeiner Teil.

#### A. Wesen und Bedeutung des Grubenausbaues.

##### a) Allgemeine Bedeutung des Grubenausbaues.

1. — **Aufgaben des Grubenausbaues.** Der Grubenausbau hat 2 Hauptaufgaben: das Offenhalten der Grubenräume einerseits und den Schutz der Arbeiter andererseits. Beide Aufgaben fallen in der Regel, aber keineswegs immer, zusammen. Mit Recht hat man der sachgemäßen Durchführung der zweiten neuerdings eine immer steigende Beachtung geschenkt. Denn entgegen weitverbreiteten Anschauungen ist der Stein- und Kohlenfall die weitaus stärkste Gefahrenquelle auch für den durch die Gefahr der Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen

<i>Entschädigungspflichtige</i>	<i>Unfälle</i>	<i>Tödliche</i>
2,01 %	<i>Schlagwetter &amp; Kohlenstaub</i>	9,44 %
2,25 %	<i>Schiebsarbeit</i>	4,13 %
0,44 %	<i>Erstickung &amp; Vergiftg. dch. Gase</i>	2,39 %
35,59 %	<i>Förderung</i>	20,55 %
41,25 %	<i>Stein- und Kohlenfall</i>	42,32 %
7,56 %	<i>Absturz</i>	18,26 %
10,90 %	<i>Sonstige Ursachen</i>	2,91 %

Fig. 1. Darstellung der Unfallgefahr nach ihren verschiedenen Ursachen im Ruhrkohlenbergbau für die Zeit von 1896—1910.

bedrohten Steinkohlenbergmann. Das ergibt sich deutlich aus der Figur 1, welche die Verletzungen insgesamt sowohl wie auch die tödlichen Unfälle in ihrer Verteilung auf die verschiedenen Unfallmöglichkeiten für den Ruhrkohlenbergbau darstellt. Hiernach wurden im unterirdischen Betrieb im Durchschnitt der Jahre 1896—1910 41,25 pCt. der entschädigungspflichtigen und 42,32 pCt. der tödlichen Unfälle allein durch Stein- und Kohlenfall herbeigeführt. Allerdings kann der Ausbau bei der Bekämpfung dieser Gefahr nicht alles tun; vielmehr hat der Bergmann auch eine Reihe von Vorsichtsmaßregeln bei seiner Arbeit zu beachten, deren wichtigste sind: häufige Prüfung überhängender Massen auf ihre Festigkeit durch Abklopfen, insbesondere nach dem Wiederbetreten der

Arbeitsstätte, sorgfältige Beobachtung der das Gebirge durchsetzenden Klüfte und Ablösungen, sorgsames und vorsichtiges Abreißen der losen Schalen nach dem Wegtun von Sprengschüssen, Beachtung von „Unruhe“ im Gebirge, die sich durch Knistern des Holzes und durch Herabfallen kleiner Steinchen bemerklich macht. Die Prüfung des Hangenden oder der Firste ist um so wichtiger, je höher die Räume sind, weil dann einerseits herabstürzende Massen viel mehr schaden können und andererseits Klüfte und Schnitte dem Auge mehr entzogen sind. (Vgl. im übrigen die Zusammenstellung von Sicherheitsmaßnahmen am Schluß des I. Teils dieses Abschnitts.)

Von den beiden vorhin genannten Hauptaufgaben des Ausbaues schließt die Offenhaltung der Grubenbaue vorzugsweise den Kampf des Bergmanns gegen den Gebirgsdruck mit allen seinen Folgen in sich; hier soll der Ausbau das durch die bergmännische Durchörterung des Gebirges gestörte Gleichgewicht wieder herstellen. Für den Schutz der Arbeiter dagegen handelt es sich weniger um die Bekämpfung des Gebirgsdruckes im ganzen, als vielmehr um das Zurückhalten loser Schalen oder Massen. Es kann daher ein für die Leute wenig gefährliches Gebirge infolge starken Druckes an den Ausbau sehr hohe Anforderungen stellen; umgekehrt kann man sich vielfach in einem Gebirge, welches leicht zu Unfällen Veranlassung gibt, mit einem verhältnismäßig leichten Ausbau begnügen, wenn nur für seine rechtzeitige Einbringung gesorgt wird. Im ersten Falle hat man es mit einem „druckhaften“, im letzteren mit einem „gebrächen“ Gebirge zu tun.

Zur zweiten Gruppe der Ausbauvorrichtungen gehören auch diejenigen, deren Zweck das Tragen des Bergeversatzes oder Abfangen von Schweben bei steilerer Lagerung oder das Zurückhalten der Bruchmassen des alten Mannes in mächtigen Flözen ist.

Von untergeordneter Bedeutung sind einige andere Zwecke, die gelegentlich mit dem Ausbau verfolgt werden. So dient er öfter lediglich zum dichten Abschluß der Stöße, z. B. im Tonschiefergebirge zur Verhütung der das „Quellen“ begünstigenden Aufnahme von Feuchtigkeit aus den Wettern, in brandgefährlicher Kohle zum Abschluß des Luftsaauerstoffes. Manchmal bezweckt er auch die Fernhaltung dünner Schiefer-schalen von der gewonnenen Kohle, um diese reiner erhalten zu können. Für diese Zwecke kommt es also weniger auf die Stärke, als vielmehr auf die Dichtigkeit des Ausbaues an. Auch zur Fernhaltung der Gebirgswasser ist ein dichter Ausbau erforderlich. Ein solcher wasser-dichter Ausbau bildet eine Besonderheit des Schachtausbaues, wogegen er in Strecken<sup>1)</sup> nur vereinzelt Anwendung findet.

### b) Gebirgsdruck.<sup>2)</sup>

**2. — Vorbemerkung.** Der auf den Ausbau einwirkende Gebirgsdruck ist eine Größe, die sich jeder auch nur angenäherten Berechnung

<sup>1)</sup> Unter „Strecken“ sollen im folgenden, soweit sie nicht genauer gekennzeichnet werden, nicht nur söhlige Flözstrecken, sondern auch Querschläge, Richtstrecken, Bremsberge, Überhauen u. dgl. verstanden werden.

<sup>2)</sup> Vgl. hierzu und zum folgenden auch die Erörterungen in Band I über „Gebirgsbewegungen im Gefolge des Abbaues“.

entzieht. Mit Sicherheit kann nur gesagt werden, daß es sich im Tiefbau niemals darum handeln kann, die ganze Last des über den Hohlräumen anstehenden Gebirges durch den Ausbau abzufangen; denn das wäre wegen der gewaltigen Drücke, die sich dann ergeben würden, gänzlich unmöglich. Eine einfache Rechnung für Fichtenholzstempel z. B. von 2 m Länge mit je 1 m Abstand, von denen also jeder eine Fläche von 1 qm zu tragen haben würde, ergibt, daß schon eine Gesteinschale von 30 m Dicke bei einem spezifischen Gewicht des Gesteins von 2,5 jeden Stempel mit 30 cbm Gestein, d. h.  $30000 \cdot 2,5 = 75000$  kg belasten würde, während nach verschiedenen Versuchen ein solcher Stempel bei 150 mm Durchmesser höchstens etwa 50000 kg tragen kann.

Im folgenden möge einiges über die Art und Weise, wie der Gebirgsdruck sich unter verschiedenen Bedingungen verschieden äußert, ausgeführt werden.

**3. — Abhängigkeit des Gebirgsdruckes von der Gebirgsbeschaffenheit.**<sup>1)</sup> Hier ist zunächst zu unterscheiden, ob das Gebirge noch nicht durch Druck oder chemische Kräfte verfestigt oder ob eine solche Verfestigung bereits eingetreten ist. In die erste Gruppe gehören einerseits die Kiese und Sande in ihren verschiedenen Korngrößen, andererseits die Tone.

Die Kiese werden als „rollige“ Massen bezeichnet. Bei ihnen tritt der Druck sofort in seiner ganzen Stärke an der unterhöhlten Stelle auf, und das Nachbrechen der hangenden Massen erfolgt schon nach Herstellung eines verhältnismäßig kleinen Hohlraumes. Auf die Nachbarschaft des letzteren wird also der durch die Unterhöhlung lebendig gemachte Gebirgsdruck nicht übertragen, vielmehr tritt sogar dort eine gewisse Entlastung ein, da das Gebirge trichterartig nachrutscht und dadurch die seitlich vom Hohlraum noch anstehenden Massen verringert werden.

Das Gegenstück zu diesem Gebirgsverhalten beobachten wir beim Ton. Hier tritt wegen seiner zähen Beschaffenheit über kleineren Hohlräumen nur eine Durchbiegung ein, deren Maß mit der Erweiterung des Hohlraumes wächst, bis schließlich Zerreißen an den Stellen der stärksten Beanspruchung erfolgt. Die Wirkung des Gebirgsdruckes ist also keine plötzliche, sondern eine allmähliche. Und da die über dem Hohlraum hängenden Massen mit den in der Nachbarschaft anstehenden in Zusammenhang bleiben, wird die durch das Gewicht der ersteren entstehende Zugspannung auf die letzteren übertragen. Der über dem Hohlraum frei gewordene Gebirgsdruck belastet also auch die Nachbarschaft, bis die Zerreißenungspalten aufgerissen sind.

Die verschiedenen Sandarten bilden Übergänge zwischen Kies und Ton. Je grobkörniger sie sind, um so mehr nähert ihr Verhalten sich dem des Kieses, wogegen mit abnehmender Korngröße auch eine Abnahme der rolligen Beschaffenheit Hand in Hand geht. Feinkörniger Sand wird also nicht sofort bei einer gewissen Vergrößerung des Hohlraumes nachbrechen. Immer aber wird auch dann sein Zubruchegehen plötzlich erfolgen, nach-

<sup>1)</sup> Vgl. auch Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1910, S. 418; Nieß: Gebirgsdruck und Grubenbetrieb usw.

dem der erste Anstoß gegeben ist, und daher sein Verhalten in deutlichem Gegensatz zu demjenigen des Tons bleiben.

Übergänge zwischen Sand und Ton dagegen, die wir also je nach dem Anteilsverhältnis beider Bestandteile als „tonigen Sand“ oder „sandigen Ton“ bezeichnen können, werden Bruch- und Druckwirkungen zeigen, die Mittelstufen zwischen den vorhin unterschiedenen Wirkungen bilden können.

Bei den festen Gebirgsarten sind zunächst nach ihrer Entstehung die massigen und die geschichteten Gesteine zu unterscheiden. Letztere müssen wieder gesondert betrachtet werden, je nachdem sie lediglich durch Verfestigung der vorhin betrachteten Kiese, Sande oder Tone entstanden oder bei ihrer Entstehung chemische Kräfte ausschließlich oder vorherrschend tätig gewesen sind. Hiernach sollen im folgenden die „granitartigen“, die „sandsteinartigen“, die „tonschieferartigen“ und die „steinsalzartigen“ Gesteine unterschieden werden.

Die granitartigen Gesteine (Granit, Porphy, Diabas) sind wegen ihres gleichmäßigen und dichten Gefüges als gleichzeitig „fest und zäh“

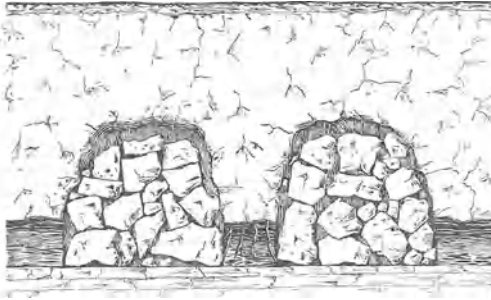


Fig. 2. Glockenbildung in granitartigen Gesteinen.

zu bezeichnen, besitzen aber auch eine gewisse Elastizität. Sie ertragen daher, soweit nicht Absonderungs- und andere Klüfte ihren Zusammenhalt stören, eine weitgehende Bloßlegung durch Herstellung von Hohlräumen, ehe sie in diese nachbrechen. Das Nachbrechen erfolgt dann ruckweise und führt, indem immer wieder große Massen

sich lösen, schließlich zur Bildung großer Hohlräume, sog. „Glocken“, mit gewölbten Begrenzungsflächen (Fig. 2). Denn solche Gesteine zeigen erst bei Drücken von über 1000 Atmosphären, wie sie bei den bisher erreichten Teufen nicht auftreten,<sup>1)</sup> Spuren eines beginnenden plastischen Zustandes, sind dagegen für gewöhnlich zu fest, um stärkere Formänderungen durchmachen zu können. Infolgedessen ist bei ihnen eine Durchbiegung der am meisten belasteten unteren Schichten über dem Hohlraum nur in ganz beschränktem Maße möglich. Diese brechen daher je nach der Größe des Hohlraumes früher oder später herein, bis schließlich die Decke des Glockengewölbes dünn genug geworden ist, um mit einem Male völlig durchzubrechen. Bei dem innigen Zusammenhalt der ganzen Masse wird das Zubruchegehen, von dem Losspringen einzelner Schalen abgesehen, in nur wenigen Stufen oder gar in einem einzigen Vorgange sich abspielen.

<sup>1)</sup> Da die Gesteine im großen und ganzen ein spezifisches Gewicht von 2,5 haben, so entspricht einer Atmosphäre (= 10 m Wassersäule) eine Gesteinsäule von  $\frac{10}{2.5} = 4$  m.

Die sandsteinartigen Gesteine (Konglomerate, Sandstein, Sand-schiefer) können als „fest und spröde“ bezeichnet werden. Die letztere Eigenschaft ist jedoch bei ihnen nicht in voller Schärfe entwickelt, so daß ihnen eine gewisse Elastizität zugesprochen werden kann. Allerdings kann durch das Verhalten des Bindemittels, das die einzelnen Körner verkittet, diese Eigenart abgeschwächt werden, indem sich bei kalkigen oder tonigem Bindemittel eine zähere Beschaffenheit des Gesteins ergibt. Auch diese Gesteine neigen, ähnlich den granitartigen Gesteinen, zur Glockenbildung, doch wird der Bruchvorgang durch die Art der Schichtung beeinflusst (Fig. 3). Er pflegt nämlich in eine um so größere Anzahl von Stufen zerlegt zu werden, je dünnbänkiger die Schichtung ist. Es ergibt sich daraus ein Unterschied, je nachdem unmittelbar über der Lagerstätte eine dicke oder dünne Bank liegt: im ersteren Falle wird sie erst nach längerer Zeit, dann aber mit großer Gewalt hereinbrechen, im letzteren Falle wird ihr Nachbrechen früher, aber mit weniger heftigen Begleiterscheinungen erfolgen.

Entsprechend dem ruckweise eintretenden Nachbrechen sind die Bruchwirkungen bei den granit- und sandsteinartigen Gesteinen gewalt-sam. Das Zerbrechen der aufs äußerste gespannten untersten Schicht oder Schale kann explosions-artig erfolgen, und ebenso können von dem Um-fange der Glocke an ihrem Fuße, also ge-wissermaßen von den Widerlagern des Gewöl-bes, explosionsartig Schalen abgesprengt werden. Diese Erscheinungen werden als „Berg-“ oder „Pfeilerschüsse“ bezeichnet. Sie werden besonders im oberschlesischen Steinkohlenbergbau beobachtet,<sup>1)</sup> treten aber auch beim Auffahren der großen Alpentunnel in massigen Gesteinen auf.<sup>2)</sup>

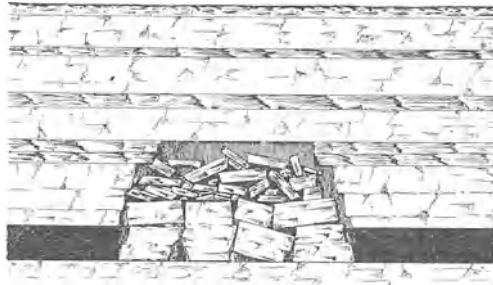


Fig. 3. Glockenbildung in sandsteinartigen Gesteinen.

Dem Nachbrechen dickerer Bänke aber geht das Aufreißen von Bruchspalten unter erdbebenartigen Erschütterungen voraus, die die ganzen umliegenden Baue in Mitleidenschaft ziehen und unter Umständen kilometerweit in der Umgegend an der Erdoberfläche verspürt werden können.<sup>3)</sup>

Ganz anders verhält sich die Klasse der schieferartigen Gesteine (Tonschiefer, Schieferton u. dgl.). Sie sind als „mild und zäh“ zu bezeichnen. Bei ihnen muß der Bergmann sich trotz der anscheinenden Starrheit der Gesteine mit der Vorstellung vertraut machen, daß sie gleich den Tonen, aus denen sie entstanden sind, unter starkem Druck in einen Zustand des

<sup>1)</sup> Zeitschr. d. oberschles. Berg- und Hüttenmänn. Vereins 1901, Januarheft; Bernhardt: Über den Gebirgsdruck in verschiedenen Teufen usw.

<sup>2)</sup> Glückauf 1907, S. 1644 u. a.

<sup>3)</sup> Vgl. z. B. Glückauf 1896, S. 367; Dr. Cremer: Erdbeben und Bergbau.



langsamen „Fließens“, d. h. einer Umformung mit Hilfe zahlloser kleiner Bruchflächen, geraten. Eine bekannte Erscheinung dieser Art ist das „Quellen“ des Liegenden.<sup>1)</sup>

Diese Eigenart der Schiefergesteine kommt gegenüber dem Druck der auf ihnen lastenden Massen dahin zur Geltung, daß (Fig. 4) die untersten Schichten sich durchbiegen und so ohne Bruch die Hohlräume wieder auszufüllen trachten. Da das Quellen des Liegenden in gleichem Sinne von unten wirkt, so können bei nicht sehr großer Höhe der Hohlräume diese ohne Brüche und ohne explosions- und erdbebenartige Erscheinungen bald nach der Entstehung und ganz allmählich wieder zugedrückt werden.

Die steinsalzartigen Gesteine endlich, zu denen auch manche Kalkarten gerechnet werden können, zeigen wegen ihres dichten Gefüges und innigen Zusammenhalts ein Verhalten, das dem der granitartigen Gesteine ähnlich ist. Wie diese können sie als „fest und zäh“ bezeichnet werden; doch ist ihre Elastizität sowohl wie ihre Druckfestigkeit geringer, so daß sie einen Übergang zu den tonschieferartigen Gesteinen bilden. Auch bei ihnen tritt daher

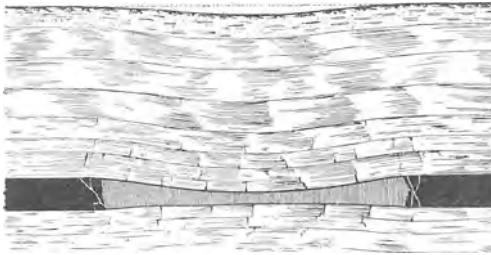


Fig. 4. Zudrücken der Hohlräume in schieferartigen Gesteinen.

Glockenbildung ein. Auf die Größe der in ihnen möglichen Hohlräume ist bereits im Abschnitt „Abbau“ hingewiesen worden.

Im großen und ganzen können also zwei Hauptgruppen von Gesteinen unterschieden werden: solche, die zur Glockenbildung neigen, und solche, die durch starke Durchbiegung die Hohlräume auszufüllen streben.

In der ersten Gruppe bestehen noch Unterschiede hinsichtlich der Begrenzung der Glocken und ihrer Ausfüllung durch das hereinbrechende Gebirge. Je massiger ein Gebirge ist, um so mehr nähert sich die Glocke der Form eines parabolischen Gewölbes (Fig. 2), wogegen in geschichteten Gesteinen (Fig. 3) treppenförmige Begrenzung die Regel bildet. Und je dickbänkiger im letzteren Falle die Schichtung ist, um so weniger tritt eine Auflockerung der hereingebrochenen Massen, um so später also auch eine Stützung des Gewölbes durch diese ein, wie der Gegensatz der beiden hereingebrochenen Bänke in Fig. 3 veranschaulicht.

**4. — Beeinflussung des Gebirgsdruckes durch gebirgsbildende Vorgänge.** Die in Ziff. 3 besprochenen Festigkeitsverhältnisse können durch Einwirkungen, die mit der Gebirgsbildung zusammenhängen, geändert worden sein. Zunächst steigern in allen Fällen Gebirgstörungen den Gebirgsdruck, indem sie einerseits den Gebirgskörper in eine Anzahl selbständig verschiebbarer Schollen zerlegen, andererseits durch die Ge-

<sup>1)</sup> Vgl. Bd. I: „Gebirgsbewegungen beim Abbau“.

waltsamkeit der mit ihnen verknüpften Gebirgsbewegungen das Gebirge in ihrer Umgebung zerdrücken und zerreiben und so seiner Festigkeit berauben. Diese letztere Erscheinung ist besonders in der Nähe von Überschiebungen zu beobachten, die vielfach gefürchtete Druckzonen bilden. Ferner wird durch Spalten aller Art der natürliche Zusammenhang der Gesteine unterbrochen, so daß Stücke aus der Decke des Hohlraumes sowohl wie aus seinen Stößen herausbrechen können. Solche Spalten können sein: Schrumpfrisse bei den granitartigen, Trocken- oder Schwindungsrisse bei den sandstein- und schieferartigen, Auslaugungsklüfte bei den steinsalzartigen Gesteinen.

Der Bergmann bezeichnet sie als „Schnitte“, „Lösen“ oder „Blätter“. Sie können auch, wie die „Drucklagen“ in der Kohle, erst durch den Druck während des Abbaues gebildet sein.

Eine eigenartige, aber erhebliche Gefahrenquelle bilden fremde Einlagerungen im Gestein, die mit diesem nur lose zusammenhängen. Hier sind an erster Stelle zu nennen die dem Steinkohlenbergmann bekannten Wurzelstöcke („Stigmarien“) versteinertes Bäume, die häufig unmittelbar über den Flözen ins Hangende eingebettet, von diesem aber durch einen dünnen, glatten Überzug von kohligter Masse getrennt sind, so daß sie wegen ihrer nach oben sich verjüngenden Gestalt leicht herausfallen können.

Auch die Faltungerscheinungen sind für den Gebirgsdruck von Bedeutung. Ist die Faltung so stark gewesen, daß sie das Gefüge der Gesteine zerstört hat, so zeigen sich diese in den Mulden- und Sattelbiegungen stark zerrüttet und zerklüftet, so daß man hier auch bei sonst gutartigem Gebirge mit starkem Drucke zu kämpfen hat. Bei schwächerer Faltung kann in einigermassen elastische Gesteine, wie Sandstein und Sandschiefer, ein Spannungszustand gekommen sein, in dem sie so lange verharren müssen, wie sie von den benachbarten Schichten fest umschlossen bleiben. Sobald sie aber durch den Bergbau freigelegt werden, kann diese „aufgespeicherte“ Spannung sich auslösen, indem unter heftigen Erschütterungen Brüche eintreten. Besonders heftig können solche Brucherscheinungen dann werden, wenn eine flache Sattelbiegung vorliegt. Hier tritt nämlich zu dieser Biegungsspannung noch diejenige eines natürlichen Gewölbes, das dem von oben nachdrückenden Gesteinsgewicht länger Widerstand leisten kann, schließlich aber mit um so größerer Heftigkeit nachgibt, so daß regelrechte „Einsturzbeben“<sup>1)</sup> entstehen können.

Eine nachträgliche Erhöhung des Gebirgsdruckes während des Bergbaubetriebes kann bei tonschieferartigem Gebirge durch Wasseraufnahme eintreten, indem dadurch die Neigung zum Quellen sehr verstärkt werden kann.

**5. — Wirkungen des Gebirgsdruckes auf Abbau- und Streckenbetriebe.** Aus der vorhin geschilderten Eigenart der verschiedenen Gesteinsklassen ergibt sich ihr verschiedenes Verhalten im Abbau- und im Streckenbetriebe. Da bei Glockenbrüchen der Widerlagerdruck der entstehenden Gewölbe die über den letzteren ruhende Last in letzter Linie zu tragen hat, so tritt hier der Druck im Abbau weniger in die Er-

<sup>1)</sup> Vgl. Bd. I, Abschnitt „Gebirgslehre“.

scheinung als in den Lagerstättenteilen in der Nachbarschaft des Abbaues und in den dort vorhandenen Strecken. Im Gegensatz dazu tritt bei den schieferartigen Gesteinen ein sehr erheblicher Druck im Abbau selbst auf. Dieser Druck wirkt allerdings nach Fig. 4 auch auf die benachbarten Lagerstättenteile, da der sinkende Gebirgskörper auf die Stöße des Hohlraumes drückt. Jedoch haben nur die Teile in unmittelbarer Nähe der Stöße ihn auszuhalten, wogegen er weiter im Innern bald nachläßt. Auch dauert er nur so lange, bis das sich durchbiegende Hangende durchreißt oder sich auf den Bergeversatz oder das Liegende setzt.

**6. — Gebirgsdruck und Abbau.** Naturgemäß ist das Abbaufahren für den Gebirgsdruck von großer Bedeutung, und zwar ist in erster Linie der Unterschied wichtig, ob mit oder ohne Bergeversatz abgebaut wird. Jedoch besteht nach dieser Richtung eine gewisse Verschiedenheit zwischen den Gebirgsarten mit Glockenbildung und denjenigen mit Zudrücken der Hohlräume. Bei den ersteren ist die Durchbiegung des Hangenden nur gering. Der Versatz muß daher sehr sorgfältig und sehr dicht ausgeführt werden, wenn er das Hangende überhaupt stützen soll, sofern nicht der Hohlraum schon eine bedeutende Größe erreicht hat. Man kann sagen, daß nur der Spülversatz dieser Forderung einigermaßen gerecht wird, obwohl auch in zugespülten Abbauräumen noch Biegungsspannungen in das Hangende hineinkommen können, die sich in starkem Druck auf die anstehende Lagerstätte äußern.<sup>1)</sup> Solange das Hangende nicht fest auf dem Versatz aufruht, lastet sein ganzer Druck noch auf dem vorrückenden Abbaustoß. Und da er bei fortschreitendem Abbau von einer immer kleiner werdenden Fläche der Lagerstätte getragen werden muß, so wirkt er immer stärker auf den Stoß, bis die Stützung durch den Versatz eintritt oder eine Bruchspalte aufreißt. Dagegen setzt sich schiefer-tonartiges Gebirge regelmäßig in geringem Abstände vom Abbaustoß auf den Versatz, so daß dieser auch bei mangelhafter Ausführung den Stoß schon erheblich vom Druck entlasten kann. So hat man z. B. auf Zeche Rheinpreußen in einer Entfernung von 1 m vom Kohlenstoß eine Senkung des Hangenden von 2,5 cm in 24 Stunden beobachtet.<sup>2)</sup> Demgemäß hat man es hier auch in der Hand, durch entsprechend rasche Nachführung des Versatzes nicht nur das für die Hauer gefährliche Durchbrechen des Hangenden am Stoß zu verhüten, sondern auch den Druck auf die Kohle so zu regeln, daß er gerade groß genug bleibt, um den Hauern die Arbeit zu erleichtern, aber klein genug, um die Kohle stückreich gewinnen zu lassen. In großem Maßstabe ist diese Kunst in jahrhundertelanger Übung von den Mansfelder Bergleuten im Kupferschieferbergbau ausgebildet worden, die es ebenfalls mit schiefer-tonartigem Gebirge zu tun haben.<sup>3)</sup> Doch hat

<sup>1)</sup> Glückauf 1910, S. 1287; Ackermann: Wirkungen des Abbaues mit Sandspülversatz usw.

<sup>2)</sup> Der Bergbau auf der linken Seite des Niederrheins (Festschrift zum XI. deutschen Bergmannstage), S. 146; Schwemann: Die Grubenbaue.

<sup>3)</sup> Festschrift der Mansfeld'schen Kupferschieferbauenden Gewerkschaft zum X. deutschen Bergmannstage, S. 102 u. f. — Bergbau 1910, S. 87 u. f.; Kegel: Die Einwirkung der mechanischen Abbauförderung auf den Abbau von Steinkohlenflözen.

auch der Steinkohlenbergmann mehr und mehr gelernt, sich diese Druckerscheinungen zunutze zu machen.

**7. — Gebirgsdruck und Abbaustrecken.** Man könnte nach dem Vorigen zunächst annehmen, daß in Lagerstätten mit sandsteinartigem Nebengestein die vom Abbau ausgelösten Druckwirkungen auf das benachbarte Streckennetz wegen ihrer Übertragung nach den Seiten hin durch den Gewölbedruck größer sein müßten, als bei schieferartigem Nebengestein. Das ist aber aus zwei Gründen nicht der Fall. Einmal nämlich bewirkt die geringere Widerstandsfähigkeit des Schiefers, daß die verhältnismäßig geringen Druckkräfte, die vom Abbau aus auf die Nachbarschaft übertragen werden, schon ausreichen, um starke Druckwirkungen in den Strecken hervorzurufen. Und zweitens genügen aus dem gleichen Grunde in schieferartigen Gesteinen schon Hohlräume von geringer Ausdehnung, wie sie beim Streckenbetriebe geschaffen werden, um den Gebirgsdruck rege werden zu lassen. Denn die Gesteinsbänke im Hangenden und Liegenden fangen schon bei mäßiger Bloßlegung an, nachzugeben und sich in die Hohlräume hineinzudrücken. Dagegen reicht bei granit- und sandsteinartigem Gebirge dessen Festigkeit aus, die Last der hangenden Schichten bei solcher geringfügigen Bloßlegung zu tragen. Auf diese Weise erklärt es sich, daß in schieferartigem Gebirge auch kleine Hohlräume nicht nur verhältnismäßig rasch wieder zgedrückt werden, sondern auch auf die Tagesoberfläche einwirken können, wogegen in der anderen Gesteinsklasse letztere Wirkung bei Streckenbetrieben nicht zu befürchten steht und überdies die Strecken jahrzehntelang ohne Ausbau offen bleiben können, solange ihnen der Abbau nicht näher rückt.

Im ganzen ist aber der Streckenbetrieb, falls er nicht gerade in lockerem oder gestörtem Gebirge vor sich geht, bei den meist üblichen Querschnitten von geringerer Bedeutung für die Beunruhigung des Gebirges. Im wesentlichen ist es immer der Abbau, der diese verursacht und dann allerdings durch die von ihm ausgelösten Druckwirkungen auch die ihm benachbarten Teile von Strecken und Querschlägen, vielfach bis auf ziemlich weite Erstreckung hin, in Mitleidenschaft zieht, da diese Baue schwache Stellen im Gebirgskörper darstellen, an denen sich der Druck besonders kräftig äußern kann.

In der Regel kommt die stärkste Druckwirkung von oben. Doch erleidet diese Regel mancherlei Ausnahmen. In weichem und nachgiebigem Gebirge hat eine Strecke auf ihrem ganzen Umfange annähernd gleich starken Druck auszuhalten, so daß man also außer mit Firsten- auch mit Stoß- und Sohlendruck zu rechnen hat.

**8. — Gebirgsdruck und Teufe.** Will man über die Bedeutung der Teufe für den Gebirgsdruck Klarheit gewinnen, so muß man zunächst die Art der Beanspruchung des Gesteins und sodann die Beschaffenheit des Gesteins selbst berücksichtigen.

Die Beanspruchung des Gesteins ist offenbar in der Firste eines größeren Hohlraums eine andere als an seinen Stößen, indem erstere auf Biegung beansprucht wird, letztere dagegen eine Druckbeanspruchung auszuhalten haben.

Die Beschaffenheit und Ablagerung des Gebirges kommt in dem verschiedenen Widerstande zum Ausdruck, den es beiden Arten von

Kräften entgegengesetzt. Denkt man sich die ganze über einem Hohlraume anstehende Gebirgsmasse als ein durchaus einheitliches, granitartiges Gestein, so kann man sich vorstellen, daß mit der wachsenden Tiefe, also der wachsenden Gebirgslast, auch der durch die Biegungskräfte beanspruchte Querschnitt in solchem Maße zunimmt, daß eine zunehmende Durchbiegung der Firste und die damit verbundene Bruchgefahr mit wachsender Teufe nicht zu beobachten ist. Damit darf aber die Beanspruchung auf Druck, wie sie von den Stößen ausgehalten werden muß, nicht verwechselt werden. Diese nimmt vielmehr offenbar in gleichem Maße mit der Tiefe zu, bis schließlich die Grenze der Druckfestigkeit des Gesteins erreicht ist. Liegt diese z. B. bei einer Belastung von 1000 kg je qcm, so wird nach der Fußnote auf S. 4 der Grenzdruck durch die unmittelbar über der Flächeneinheit anstehende Gesteinmasse erst bei 4000 m Teufe erreicht. Infolge des Gewölbedruckes auf die Widerlager wird aber der Stoßdruck um die hinzutretende Gewölbelast erhöht und dadurch diese Teufengrenze weiter hinaufgerückt. Daher kann bei starker Schwächung des Widerlagers durch Vergrößerung des Hohlraumes auch bei granitartigen (und ähnlich auch bei sandsteinartigen) Gesteinen die Druckbeanspruchung der Stöße schon in mäßigen Teufen deren Druckfestigkeit überschreiten. Für die dem Hohlraum unmittelbar benachbarten Stoßteile tritt die Überlastung durch den Widerlagerdruck noch erheblich früher ein, da sie nicht fest zwischen andere Lagerstättenteile eingespannt sind, sondern nach dem Hohlraume hin ausweichen können. Meist wird das in der Weise geschehen, daß eine schwache Durchbiegung des überhängenden Gebirges Druckspalten (vgl. die „Drucklagen“ in der Kohle) in den Stößen erzeugt, an denen entlang das Abrutschen von Schalen erfolgen kann. Doch deutet das vielfach explosionsartige Abschleudern solcher Schalen darauf hin, daß öfter auch eine schwache elastische Zusammenpressung der Stöße eintritt, die dann aus dem Innern heraus durch seitliche Schubkräfte nach außen hin sich Luft macht. Beiden Wirkungen können die Stöße um so weniger widerstehen, je höher der Hohlraum ist, weshalb sich die Erscheinung der überlasteten Stöße besonders beim Abbau mächtiger Lagerstätten bemerklich macht.

Handelt es sich um geschichtetes Gebirge, so kommen für den Widerstand gegen die Durchbiegung, wie sie in der Firste auftritt, immer nur die einzelnen Bänke in Betracht. Diese werden aber bei zunehmender Teufe um so eher an der Grenze ihrer Widerstandsfähigkeit angekommen sein, je dünner sie sind, — ähnlich wie ein Holzbalken als Ganzes eine größere Biegefestigkeit hat als nach Zerschneidung in einzelne Bretter und im letzteren Falle wieder die Widerstandsfähigkeit um so geringer wird, je dünner die Bretter sind. Bei den geschichteten Gesteinen wird sich also in der Firste die Wirkung der größeren Teufe eher bemerklich machen als bei den massigen Gebirgsarten. Insbesondere werden es ferner die dünnbänkigen, tonschieferartigen Gesteine sein, die schon in geringen Teufen der Biegebeanspruchung nicht mehr gewachsen sind, während bei den dickbänkigen, sandsteinartigen Gesteinen diese Grenze entsprechend tiefer liegt.

Für die Widerstandsfähigkeit der Stöße und der ihnen benachbarten Gebirgskörper wird, wie bei den granitartigen Gesteinen, wieder lediglich

die Druckfestigkeit des Gebirges maßgebend sein. Für die Stöße im engeren Sinne wird aber die Überlastung mit zunehmender Teufe eher bei mildem und dünnbänkigem, als bei festem und dickbänkigem Gebirge eintreten. Denn ersteres biegt sich stärker durch und belastet somit die oberen Teile der Stöße stärker als letzteres, bei dem infolge der Glockenbildung der Widerlagerdruck des Gewölbes auf eine größere Fläche verteilt wird.

Hat das abzubauen Mineral, dessen Lagerstätte im Hohlraum angeschnitten ist, geringere Druckfestigkeit als das Nebengestein, wie das in der Regel (im Kohlenbergbau stets) der Fall ist, so ist im Abbau für die Teufengrenze, bei der die Überlastung der Stöße beginnt, nur diese geringere Festigkeit entscheidend. Diese Grenzteufe wird dann also im Abbau früher erreicht als in denjenigen Hohlräumen, in denen die Stöße durch Gestein gebildet werden.

Einen Rückschluß auf die allgemeine Erhöhung des Gebirgsdruckes mit zunehmender Teufe läßt die Tatsache zu, daß der Holzverbrauch des Ruhrkohlenbergbaues schneller wächst als die Förderung. Während letztere in der Zeit von 1881—1908 um 270 pCt. gestiegen ist, wird die Zunahme des Holzverbrauches in dieser Zeit auf mindestens 375 pCt. geschätzt.<sup>1)</sup> Zum Teil erklärt sich diese Erscheinung allerdings auch daraus, daß der Abbau mehr und mehr aus dem vorwiegend sandsteinartigen Gebirge im Süden in das vorwiegend tonschieferartige Gebirge im Norden vorgedrungen ist.

**9. — Gebirgsdruck und Fallwinkel.** Die vorstehenden Betrachtungen bezogen sich auf flaches Einfallen. Naturgemäß ändern sich aber mit dem Fallwinkel die Beanspruchungen. Bei senkrechtem Fallen wird gerade umgekehrt wie vorhin das Nebengestein auf Druck, die Ausfüllung der Lagerstätte auf Biegung beansprucht. In allen dazwischen liegenden Fällen werden sich entsprechende Verschiebungen der beiderseitigen Beanspruchungen ergeben, so daß eine große Anzahl von Möglichkeiten gegeben ist, auf die nicht im einzelnen eingegangen werden kann.

**10. — Beeinflussung des Gebirgsdruckes durch die Art der Herstellung der Hohlräume.** Die Querschnittform der Strecken und Querschläge ist insofern von Bedeutung, als das Gebirge um so besser steht, je mehr der Querschnitt sich der Kreisform nähert, und als auch das Ausspitzen der Ecken mehr Unruhe in das Gebirge hineinbringt, als wenn diese mit etwas Ausrundung belassen werden. Doch kommt diesem Gesichtspunkt nur in massigen Gesteinen größere Bedeutung zu, während in geschichtetem Gebirge, das zu rechteckiger Absonderung neigt, Ecken kaum zu vermeiden sind und wegen der geringeren Gesteinspannung auch weniger schädlich wirken.

Was die Art der Auffahrung betrifft, so ist bekanntlich bei Auffahrung von Querschlägen mittels Bohrmaschinen wegen der dabei sich ergebenden schweren Schüsse mit ihrer Zerklüftung und Zerrüttung der unmittelbar benachbarten Gebirgschichten ein sorgfältigerer Ausbau nötig, als wenn mit Handbetrieb aufgefahren wird.

<sup>1)</sup> Stahl und Eisen 1908, S. 473; Steffen: Holz und Eisen als Ausbaumaterial.

## B. Arten des Grubenausbau.

### 11. — Anpassung des Ausbaues an das Verhalten des Gebirges.

Einer der wichtigsten Unterschiede zwischen den verschiedenen Ausbaumethoden ist derjenige zwischen starrem und nachgiebigem Ausbau. Der letztere kommt neuerdings mit Recht in immer steigendem Maße zur Verwendung und ist in wenigen Jahren wesentlich vervollkommen worden. Sein Anwendungsgebiet umfaßt alle diejenigen Fälle, in denen der Gebirgsdruck zu einer langsamen Verschiebung größerer Gebirgsmassen führt. Den hierbei auftretenden gewaltigen Kräften kann ein starrer Ausbau, und wäre er noch so kräftig ausgeführt, auf die Dauer nicht standhalten; er erfordert also bald sehr kostspielige und zu Betriebsstörungen Veranlassung gebende Ausbesserungsarbeiten. Der nachgiebige Ausbau dagegen macht bis zu einer gewissen Grenze diese Gebirgsbewegungen mit, ohne zerstört zu werden.

Hiernach ist er in erster Linie für schieffertonartiges Gebirge wichtig, das sich fortgesetzt in Bewegung befindet. An zweiter Stelle kommt er für gestörte Gebirgsteile in Betracht, deren einzelne „Schollen“ sich gegeneinander zu verschieben suchen.

Im einzelnen ist das Haupt-Anwendungsgebiet des nachgiebigen Ausbaues der Streckenausbau, da dieser in der Regel längere Zeit stehen muß. Im Abbau ist seine Bedeutung um so größer, je langsamer dieser fortschreitet und je schneller das Gebirge sich setzt, weil dann die Gebirgsbewegungen sich um so schärfer noch während des Abbaues bemerklich machen, während in den gegenteiligen Fällen der jeweils geschaffene Hohlraum beim Einsetzen späterer Gebirgsbewegungen bereits wieder verlassen zu sein pflegt. Außerdem ist er in mächtigen Lagerstätten wichtiger als in solchen von geringerer Mächtigkeit, weil in ersteren eine im Verhältnis gleiche Senkung des Hangenden ganz bedeutend mehr ausmacht: eine Senkung von 20 pCt. z. B. bedeutet für ein Flöz von 60 cm Mächtigkeit nur eine Annäherung des Hangenden an das Liegende um 12 cm, für ein Flöz von 4 m dagegen eine solche von 80 cm. Dazu kommt hier noch die vorhin angestellte Erwägung: in mächtigen Flözen schreitet der Abbau besonders langsam fort, weshalb man hier bereits im Abbau mit stärkeren Bewegungen rechnen muß.

Auch für den Abbau benachbarter Flöze ist der nachgiebige Ausbau vorteilhaft. Starrer Ausbau im liegenden Flöz drückt sich leicht durch ein dünnes Zwischenmittel durch und erschwert dann den etwaigen späteren Abbau des hangenden Flözes beträchtlich.

12. — **Ausbaustoffe.** Nach den für den Ausbau in Betracht kommenden Baustoffen unterscheidet man den Ausbau in Holz, Eisen und Stein, welcher letztere wieder als Mauerung, Beton und Eisenbeton ausgeführt werden kann. Die meiste Verwendung findet der Holzausbau, da er verhältnismäßig billig, leicht in verschiedenen Abmessungen der Einzelteile herzustellen, bequem einzubringen und auszuwechseln und schon ohne besondere Maßnahmen bis zu einem gewissen Grade nachgiebig ist. Auch erfordert er wenig Raum und kann den verschiedenartigen Bedingungen, die zu erfüllen sind, leicht angepaßt werden. Im Abbau kommt als weiterer Vorteil noch hinzu, daß er „warnt“, d. h. gefährliche

Gebirgsbewegungen durch Knistern anzeigt; allerdings besitzen spröde Holzarten diesen Vorzug nur in geringem Maße. Nachteilig ist die geringe Widerstandsfähigkeit des Holzes gegen Fäulnis und Vermoderung in matten Wettern; doch läßt sich dieser Übelstand durch Tränkung mit gewissen Flüssigkeiten größtenteils beseitigen.

Der Eisenausbau teilt mit dem Holzaustrau den Vorzug geringen Raumbedarfs. Als nachgiebiger Ausbau läßt er sich nur mit Schwierigkeiten und größeren Kosten ausführen, eignet sich also nicht für stark druckhaftes Gebirge, zumal er auch nur schwierig und umständlich auszuwechseln ist. Gegen matte Wetter ist er nicht empfindlich, wohl aber gegen Feuchtigkeit und besonders gegen saure und salzige Wasser. Sein Hauptverwendungsgebiet sind Querschläge und Strecken; doch hat er neuerdings als auswechselbarer Ausbau auch im Abbau einige Bedeutung gewonnen.

Die Mauerung und Betonierung wurde früher zweckmäßig nur dort angewendet, wo es sich um einen zwar nicht unbedeutenden, aber auch nicht sehr starken Gebirgsdruck handelte, da bei starkem Druck ein solcher Ausbau nachgibt und dann teure und umständliche Ausbesserungsarbeiten nötig macht. Jedoch ist diese Grenze für die Mauerung weggefallen, nachdem man sie nachgiebig auszuführen gelernt hat, und für den Beton durch Einführung des Eisenbetons wesentlich heraufgerückt worden. Im übrigen kommt der Ausbau in Stein für alle solche Hohlräume in Betracht, die lange stehen sollen, namentlich wenn sie ungünstigen Einwirkungen durch Wasser oder matte Wetter ausgesetzt sind. Demgemäß finden wir ihn in Füllörteru, Pferdeställen, Maschinenräumen, Wetterkanälen, Stollen und Hauptschächten. Nur in solchen Fällen lassen sich die verhältnismäßig hohen Ausgaben rechtfertigen, die nicht nur durch die Herstellung des Steinausbau selbst, sondern auch durch dessen größeren Raumbedarf und die demgemäß größeren Kosten für Hereingewinnung des Gebirges verursacht werden.

**13. — Dauer des Ausbau.** Nach der Zeitdauer, für welche der Ausbau berechnet ist, unterscheidet man den verlorenen und den endgültigen Ausbau. Der erstere findet sein Hauptanwendungsgebiet im Abbau, wo der auszubauende Raum fortwährend wechselt und daher jeder Ausbau nur vorübergehende Bedeutung hat. Er wird aber auch in Strecken, Schächten usw. dort eingebracht, wo vor Herstellung des endgültigen Ausbau die Beruhigung des Gebirges abzuwarten, also der Ausbau erforderlichenfalls mehrere Male zu erneuern ist, oder wo der endgültige Ausbau, wie z. B. bei Mauerung oder Tübbingsaustrau, erst in einiger Entfernung nachrücken kann, bis dahin aber das Gebirge vorläufig gehalten werden muß. Im Gegensatz zum endgültigen Ausbau wird naturgemäß der verlorene so leicht und billig wie möglich ausgeführt und nach Möglichkeit zwecks erneuter Verwendung wiedergewonnen.

**14. — Verschiedene Ausführung des Ausbau im einzelnen.** Je nachdem durch den Ausbau das Gebirge mehr oder weniger vollständig unterstüttzt wird, ergeben sich verschiedene Möglichkeiten in der Ausführung. Der Ausbau in Holz und Eisen kann aus einzelnen Stücken bestehen oder durch Zusammenfügung mehrerer Teile gebildet werden. Im ersteren Falle ergibt sich der einfache (Stempel- oder Bolzen-)



Ausbau, im letzteren Falle der zusammengesetzte (Türstock- und Schalholz-) Ausbau. Der Stempelausbau herrscht im Abbau, der zusammengesetzte Ausbau in Strecken, Querschlägen, Bremsbergen, Schächten usw. vor. Beim Ausbau in Stein kann man von „offenem“ und „geschlossenem“ Ausbau sprechen, je nachdem dieser nur einen Teil des Streckenumfanges (Stöße, Firste oder Sohle) oder den ganzen Umfang schützen soll.

Außerdem sind noch Verbindungen zwischen Holz und Eisen und solche zwischen Holz (oder Eisen) und Mauerung möglich.

**15. — Arten der auszubauenden Hohlräume.** Im vorstehenden ist bereits wiederholt auf die Verschiedenheit des Ausbaues in Abbau-, Strecken- und größeren Hohlräumen hingewiesen worden. Hier sei zusammenfassend folgendes bemerkt: Im Abbau ist ein möglichst billiger Ausbau erforderlich, der nicht besonders widerstandsfähig zu sein braucht, dagegen durch sorgfältige Unterfangung aller einigermaßen verdächtigen Stellen die Leute möglichst gegen Stein- und Kohlenfall zu sichern hat und außerdem möglichst leicht geraubt und wieder verwendet werden kann. In den Strecken handelt es sich um einen je nach dem Gebirgsdruck und der Verwendungsdauer der Strecken als Abbau-, Förder-, Fahr-, Wetterwege usw. verschieden kostspieligen Ausbau, bei dem die Sicherung der Leute eine etwas geringere Rolle spielt, dafür aber mehr Wert auf die Verhütung von Betriebsstörungen und dementsprechend nicht nur auf möglichst haltbaren, sondern auch auf möglichst leicht auszuwechselnden Ausbau gelegt wird. Außerdem ist hier die Rücksicht auf Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einwirkungen durch Gase, Wärme und Feuchtigkeit vielfach von einschneidender Bedeutung. Große Räume verlangen einen in der ersten Anlage zwar teuren, dafür aber wenig Unterhaltungskosten verursachenden, gegen chemische Angriffskräfte unempfindlichen Ausbau. In Schächten muß der Ausbau, da Ausbesserungsarbeiten hier sehr schwierig werden, besonders widerstandsfähig sein. Außerdem werden an den Schachtausbau hinsichtlich der Wasserdichtigkeit und der Belastung durch den Schachteinbau besondere Anforderungen gestellt, die seine Besprechung in einem eigenen Abschnitt rechtfertigen.

**16. — Nachfolgender und voreilender Ausbau.** Endlich hat man noch zu unterscheiden, ob der Ausbau lediglich der Gewinnung nachfolgt und also nur das durch diese gefährdete Gleichgewicht des Gebirges erhalten soll, oder ob er der Gewinnung voreilt, so daß diese schon unter seinem Schutze erfolgt. Letzteres ist der Fall bei der Getriebezimmerung in Strecken aller Art und in Schächten sowie bei der Pfändungs- und Vortreibearbeit im Abbau.

## Besonderer Teil.

### Die verschiedenen Arten der Ausführung des Ausbaues.

#### A. Der Ausbau in Holz.

##### a) Allgemeines.

**17. — Die für den Ausbau verwandten Holzarten.** Der auch heute noch wichtigste Baustoff für den Ausbau ist das Holz. Allerdings

ist seine Verwendung nicht unerheblich zurückgegangen, was in erster Linie auf die stark gestiegenen Holzpreise, in zweiter Linie auf die wachsende Beliebtheit des Betonausbaues und auf die bessere Anpassung des Eisenausbaues an die Schwierigkeiten seiner Verwendung in der Grube zurückzuführen ist, teilweise auch durch die Einführung der nachgiebigen Mauerung sich erklärt.

Von den zahlreichen Holzarten sowie von deren mannigfachen Eigenschaften kommen hier nur die für den Bergmann wichtigen in Betracht. An Grubenhölzer werden wir vor allem die Anforderung stellen müssen, daß sie dauernd in genügend großen Mengen und zu mäßigen Preisen beschafft werden können. Damit entfällt sofort eine ganze Reihe von Holzarten, die an sich unter Tage vorzügliche Dienste tun würden, so daß z. B. auch die Akazie, deren gute Bewährung als Grubenholz durch zahlreiche Versuche erwiesen ist,<sup>1)</sup> nur von untergeordneter Bedeutung sein kann. Auf der anderen Seite hingegen können auch solche Hölzer, die geringe Wertschätzung genießen, wie z. B. die Rotbuche, mit Nutzen in der Grube verwendet werden, sobald sie infolge massenhaften Vorkommens in der Nähe den Vorzug der Billigkeit haben. Für den deutschen Bergmann kommen im wesentlichen nur in Frage: von Laubhölzern die Eiche und untergeordnet die Rot- und die Weißbuche (Hainbuche), stellenweise auch die Akazie, von Nadelhölzern die Fichte oder Rottanne und die Kiefer, untergeordnet die Weiß- oder Edeltanne und die Lärche.

Beim Einkauf des Holzes dient als Einheit das Kubikmeter. Und zwar unterscheidet man dabei noch das Raummeter und das Festmeter und versteht unter ersterem 1 cbm geschichteten Holzes, also einschließlich der Luftzwischenräume, unter letzterem dagegen 1 cbm Holzmasse. Das Raummeter kann also durch unmittelbare Messung, das Festmeter nur durch Berechnung ermittelt werden. Letzteres bildet in der Regel die Preisgrundlage für Stempel und Kappen, soweit nicht Stückpreise für diese vereinbart werden.

Infolge der wachsenden Nachfrage nach Grubenholz sind in den letzten Jahrzehnten die Holzpreise erheblich gestiegen. Für die Aachener Steinkohlengruben ergibt sich z. B. folgendes Bild:

**Holzkosten für 1 Festmeter**

Jahr	1880	1890	1900	1910
	<i>M</i>	<i>M</i>	<i>M</i>	<i>M</i>
Eichenholzstempel . . .	21,—	22,—	33,—	26,70
Fichtenholzstempel . . .	14,50	15,50	18,—	18,70

Infolge dieser Preissteigerung ist man bestrebt gewesen, die wertvollste Holzart, das Eichenholz, mehr und mehr entbehrlich zu machen und durch Nadelhölzer zu verdrängen, deren Schwächen man durch Ver-

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1900, S. 187; Dütting und Quast: Versuche über die Gebrauchsfähigkeit verschiedener Holzarten zu Abbaustempeln.

besserung der Abbaufverfahren, durch Einführung des nachgiebigen Ausbaues und durch Tränkung mit fäulniswidrigen Stoffen größtenteils auszugleichen verstanden hat. Bezeichnend für die schnelle Zunahme der Verwendung des Fichtenholzes ist der Umstand, daß es im Ruhrbezirk erst Mitte der 1850er Jahre<sup>1)</sup> seinen Einzug gehalten hat und daß trotzdem im Jahre 1895 das Eichenholz nur noch mit 35 pCt., 1900 sogar nur noch mit 12,5 pCt. an der Versorgung dieses Gebietes beteiligt gewesen ist.<sup>2)</sup>

**18. — Erforderliche Eigenschaften der Grubenhölzer.** Die an die Grubenhölzer gestellten Anforderungen richten sich zunächst nach dem Verwendungszweck. Der Ausbau im Abbau und in den bald wieder abzuwerfenden Abbaustrecken verlangt ein billiges Holz, das nicht sehr widerstandsfähig gegen den Druck zu sein braucht und chemischen Einwirkungen leicht unterliegen darf, das aber elastisch ist und die Beobachtung der Gebirgsbewegungen gestattet; im Streckenausbau ist ein druckfestes, zähes und langlebiges, wenn auch teureres Holz erwünscht. Nach der mechanischen Seite hin ist für Stempel in erster Linie Knickfestigkeit, für Kappen Biegungs- und Druckfestigkeit, für Holzpfeiler vorzugsweise Druckfestigkeit erforderlich. Die Spaltbarkeit erleichtert zwar die Bearbeitung in der Grube, verringert aber die Knick- und Druckfestigkeit und bringt so mehr Nachteile als Vorteile. Was die chemischen Eigenschaften angeht, so sollen die im Ausziehstrom stehenden Hölzer einen größeren Widerstand gegen Fäulnis haben, als die vom Einziehstrom bestrichenen. Auch ist für sie die Fähigkeit erwünscht, sich leicht mit fäulniswidrigen Stoffen tränken zu lassen.

**19. — Beeinflussung der Eigenschaften der Hölzer durch die besonderen Verhältnisse.**<sup>3)</sup> Die Widerstandskraft einer Holzart wird bedingt:

1. Durch das Gefüge. Ein langfaseriges Holz ist zäher als ein kurzbrüchiges, ein an Poren armes oder von sehr feinen Poren durchsetztes Holz ist fester und schwerer und daher wertvoller als ein Holz mit vielen oder weiten Poren, läßt sich dafür allerdings auch schwieriger mit schützenden Stoffen tränken. Am weichsten und großporigsten ist das unmittelbar unter dem Rindenbast folgende Holz, das man als „Splint“ zu bezeichnen pflegt. Nach dem Innern zu wird das Holz härter und feinporiger, und zwar unterscheidet man hier wohl noch die beiden Stufen „Reifholz“ und „Kernholz“. Diese 3 Holzarten kommen aber keineswegs bei allen Bäumen vor. So zeigt z. B. das festeste Holz bei der Fichte und Buche nur die Beschaffenheit des Reifholzes, weshalb man diese Baumarten als „Reifholzbäume“ bezeichnet. Kernholzbäume dagegen sind z. B. Eiche, Lärche und Akazie.

2. Durch die Wachstumsbedingungen. Hier kann im allgemeinen gesagt werden, daß langsam gewachsenes Holz dichter und daher dem

<sup>1)</sup> Sammelwerk, Bd. II, S. 357.

<sup>2)</sup> Steffen in dem S. 11 angeführten Aufsatz, S. 473.

<sup>3)</sup> Vergl. hierzu Nördlinger: Die technischen Eigenschaften der Hölzer usw., Stuttgart.

schnell gewachsenen vorzuziehen ist. Dieser Unterschied kommt, da ein schnelles Wachstum durch Feuchtigkeit gefördert wird, im großen und ganzen auf denjenigen zwischen Bäumen von trockenem und solchen von feuchtem Standort hinaus. Die Erfahrung lehrt, daß Nadelholz aus dem Norden und aus dem Hochgebirge das beste ist, Eichenholz aus Flußniederungen „schwammig“ ausfällt, beschattete Bäume schlechteres Holz liefern als in der Sonne stehende und daß das Holz einzeln aufgewachsener Bäume dem der in Gruppen gewachsenen vorzuziehen ist.

3. Durch die chemische Zusammensetzung, die den Widerstand gegen Fäulnis beeinflusst. Da der Saft in erster Linie der Zersetzung unterliegt, so hält ein saftreiches Holz ungünstigen Einflüssen weniger Stand als ein saftarmes; ferner kann die Holzmasse besondere Schutzmittel enthalten, als welche die Gerbsäure in der Eiche, Harz und Terpentinöl in den Nadelhölzern anzusehen sind.

4. Durch die Behandlung des Holzes vor der Verwendung. Diese soll in erster Linie die chemische Widerstandskraft des Holzes erhöhen. Man soll daher besonders auf Entfernung des leicht zersetzbaren Saftes durch gründliche Austrocknung Bedacht nehmen, was durch möglichst luftige Lagerung des Holzes zu geschehen hat. Weiter empfiehlt sich, um den Aufbewahrungsort trocken halten zu können, dessen Pflasterung sowie die Beseitigung aller Feuchtigkeit anziehenden und den Anstoß zur Zersetzung gebenden Abfälle, wie Sägespäne u. dgl. Ferner wird aus dem letzteren Grunde beim Nadelholz die für die Verwendung nutzlose Rinde abgeschält, wogegen man sie dem Eichenholz in der Regel ihres nützlichen Gerbstoffgehaltes wegen beläßt. Wie sehr die Austrocknung des Holzes von seiner Behandlung abhängt, ergibt sich daraus, daß in einem Versuch, wenn der Wasserverlust eines entrindeten Stammstückes in einer gewissen Zeit gleich 100 gesetzt wurde, derjenige eines in der Rinde gelassenen nur 21 und derjenige eines außerdem an den Hirnholzseiten verklebten Stückes nur 1—2 betrug.<sup>1)</sup>

**20. — Eigenschaften der bergmännisch wichtigen Holzarten.** Hiernach ergibt sich für die Bewertung der obengenannten wichtigsten Holzarten folgendes. Das beste Holz ist das der Akazie oder Robinie: es ist widerstandsfähig gegen Zerknickung, Zerdrückung und Biegung, dabei zäh wegen seiner welligverschlungenen Faserung und überdies äußerst wenig der Zersetzung unterworfen. In etwas geringerem Maße besitzt diese nämlichen Eigenschaften die Eiche. Von den Buchenarten wächst die wertvolle Weiß- oder Hainbuche zu langsam und ist zu selten, um für den Ausbau Holz zu liefern, wogegen die in größeren Mengen vorkommende Rotbuche wegen der Sprödigkeit und Kurzbrüchigkeit ihres Holzes, das infolgedessen bei Gebirgsbewegungen nicht „warnt“, sondern plötzlich nachgibt, sowie auch wegen ihrer starken Neigung zum Faulen („Stocken“) bei nicht genügender Austrocknung wenig geschätzt ist. — Von den Nadelhölzern, die in ihrer Bewertung für den Bergmann gegen die besseren Laubhölzer zurückstehen, namentlich wegen ihrer geringen chemischen Widerstandskraft, ist die Lärche das schwerste und zähste, auch gegen Zersetzung

<sup>1)</sup> Nördlinger, S. 84.

widerstandsfähigste. Weniger wertvoll, aber infolge ihrer Billigkeit bevorzugt sind Fichte und Kiefer, wogegen die Tanne (Weiß- oder Edeltanne) wegen der Spaltbarkeit, der Weichheit und des geringen Harzgehaltes ihres Holzes wenig beliebt ist, falls sie nicht an Ort und Stelle wächst und daher billig ist.

Im einzelnen gestattet die nachfolgende Zahlentafel, das Ergebnis einer größeren Versuchsreihe,<sup>1)</sup> eine Vergleichung der wichtigsten Holzarten nach Gewicht und Tragfähigkeit. Zu berücksichtigen ist dabei allerdings, daß diese Zahlen nur einen Anhalt geben, dagegen keine unbedingte Geltung beanspruchen können, da die jeweiligen Wachstumsbedingungen die einzelne Baumart so stark beeinflussen, daß manchmal die Unterschiede zwischen den unter gleichen Verhältnissen aufgewachsenen Bäumen verschiedener Gattung geringer sein können als die Unterschiede zwischen verschiedenen aufgewachsenen Bäumen derselben Gattung.

**Vergleich der wichtigsten bergmännischen Holzarten nach Gewicht und Tragfähigkeit,**

durchgeführt an Stempeln von 1,5 m Länge bei 13 cm Dicke bzw.  
2,5 m Länge bei 16 cm Dicke.

Holzart:	Gewicht je Festmeter		Tragfähigkeit des Stempels im Höchst- falle bei einer Länge von		Durchschnitt- liche Tragfähigkeit je Quadratzen- timeter Querschnitt bei einer Länge von	
	frisch	trocken	1,5 m	2,5 m	1,5 m	2,5 m
	kg	kg	kg	kg	kg	kg
Fichte . . . . .	830	490	34 600	55 100	186	175
Kiefer . . . . .	1000	590	33 000	44 900	189	122
Rotbuche . . . . .	1130	740	38 400	67 700	213	190
Weißbuche . . . . .	1060	720	38 400	—	193	—
Eiche . . . . .	1090	780	44 000	49 200	257	143
Akazie . . . . .	1000	770	45 100	—	175	—

**21. — Fäulniserscheinungen beim Holz.** Das Holz ist im Grubenbetriebe außer dem Gebirgsdruck mancherlei zerstörenden Einwirkungen ausgesetzt. Diese Feinde des Holzes greifen nicht, wie man früher glaubte, nur den Saft (den „Holzextrakt“), sondern auch die Holzmasse selbst (den „Zellstoff“) an. Das Steigen der Holzpreise und die Erhöhung der allgemeinen Grubenfeuchtigkeit durch die Berieselung hat die Bergbautreibenden immer stärker dahin gedrängt, Schutzmaßnahmen für das Grubenholz zu suchen, ähnlich solchen, wie sie z. B. über Tage für Eisenbahnschwellen und Telegraphenstangen schon seit Jahrzehnten angewendet werden. Mit dieser Suche nach Abwehrmaßnahmen ist Hand in Hand gegangen eine gründliche Erforschung der Zerstörungsursachen, so daß

<sup>1)</sup> Dütting in dem S. 15 angeführten Aufsatz, S. 181.

man heute sich über dieselben ziemlich klar geworden ist und manche Irrtümer früherer Jahre hat ausscheiden können.

Als Zerstörungsursachen kommen in Betracht: Luft und Wasser, chemische Einwirkungen und Kleinlebewesen (Bakterien und Pilze).

Luft und Wasser schaden dem Holz, wenn sie für sich allein einwirken, wenig, wie durch die lange Standdauer von Holz, das dauernd naß bzw. trocken gestanden hat, dargetan wird. Wasser wird sogar auch heute noch als Erhaltungsmittel benutzt, da es die Säfte aus dem Holz auslaugt und so verschiedenen tierischen und pflanzlichen Kleinlebewesen den Nährboden entzieht, außerdem aber auch die gefährlichsten holzerstörenden Pilze, den Hausschwamm und den sog. „Trockenfäulepilz“, nach einiger Zeit tötet. Zwar wirkt der Wechsel von Nässe und Trockenheit zerstörend auf das Holz ein, wie manche Erfahrungen beweisen. Jedoch sind dann wohl hauptsächlich die Pilze usw. dafür verantwortlich zu machen, da durch solchen Wechsel, namentlich in Verbindung mit Temperaturschwankungen, das Holz rissig wird und so diesen Lebewesen mehr Angriffspunkte bietet.

Die eigentlichen Feinde des Holzes sind verschiedene Kleinlebewesen, von denen einige nur den Holzsaft, andere auch den Zellstoff selbst befallen, einige nur an der Luft, andere auch unter Luftabschluß, also im Innern des Holzes, gedeihen können. Am schädlichsten wirkt der zu den echten Pilzen gehörende Hausschwamm, der sich nicht mit einem oberflächlichen Überzuge begnügt, sondern spinnwebartig feine Fäden in das Innere des Holzkörpers entsendet, dessen einzelne Bestandteile er so mit einem vollständigen Netze durchzieht, sie dabei auslaugend, so daß sie ihren Zusammenhang verlieren. Er entsteht nicht aus faulendem Holzstoff selbst, wie man früher glaubte, sondern aus Samen („Sporen“). Zum Gedeihen bedarf er einer gewissen mittleren Feuchtigkeit (weshalb dauernd nasses sowohl wie auch dauernd trockenes Holz nicht von ihm behelligt bzw. wieder von ihm befreit wird) und einer mittleren Wärme von 15—30°C. Am günstigsten für ihn sind Wärmegrade von 15—20°C, also solche, wie sie unter Tage häufig vorkommen. Aus solchen Lebensbedingungen dieses Pilzes und anderer folgt, daß es eine „Trockenfäule“, die man früher annahm, nicht gibt und daß die schützende Wirkung des Wassers nicht nach der früheren Annahme auf der Fernhaltung der Luft, sondern auf der Zerstörung der schädlichen Lebewesen beruht.

**22. — Bekämpfung der Fäulniserscheinungen.** Früher begnügte man sich bei den Maßnahmen gegen die Zerstörung des Holzes vielfach mit kleineren Mitteln, wie Luftabschluß durch einen Anstrich, Auslaugung des Saftes, „Versteinung“ des Holzes durch mineralische Ausfüllung seiner Poren, Tränkung mit Wasser u. dgl. Alle diese Mittel sind jetzt als unwirksam erkannt worden. Anstrich ist nicht dauernd dicht zu halten und schützt außerdem nicht gegen die der Luft nicht bedürftenden Pilze, welche die „Kernfäule“ bewirken; die Auslaugung des Saftes trifft die gefährlichsten Pilze nicht, da diese vom Holzstoff selbst leben; eine Versteinung macht das Holz sehr schwer, erschwert die Bearbeitung und ist dabei doch nicht völlig durchführbar, und die dauernde Tränkung mit Wasser läßt sich nur in Schächten, nicht in Strecken ausführen. Heute

gehen daher alle Bestrebungen darauf aus, die als Hauptfeinde des Holzes erkannten Pilze durch Tränkung (Imprägnation) des Holzes mit zerstörenden (antiseptischen) Stoffen zu vernichten.

**23. — Allgemeine Beurteilung der Tränkungsverfahren.** Die durch eine sachgemäße Tränkung der Grubenhölzer zu erzielende längere Standdauer derselben bringt außer der Verringerung der Holzkosten noch verschiedene Nebenvorteile mit sich. Zunächst werden die Arbeiten zur Auswechslung der Zimmerung und damit die Zahl der Zimmerhauer verringert. Mit der Abnahme der Reparaturarbeiten aber geht wieder Hand in Hand eine Verringerung der dabei möglichen Unfälle durch die Werkzeuge und durch Stein- und Kohlenfall, sowie eine geringere Störung der Förderung und Wetterführung.

Allerdings haften der Tränkung auch Nachteile an. Stets verursacht sie eine die Fortschaffung und den Ausbau erschwerende Gewichtszunahme der Hölzer. Manche Tränkstoffe bewirken außerdem eine Verschlechterung der Grubenwetter, erhöhen die Brennbarkeit des Holzes oder veranlassen Hautentzündungen bei den Leuten. Auch lassen getränkte Hölzer sich schwieriger mit Beil und Säge bearbeiten. Über eine etwaige Beeinträchtigung der Tragfähigkeit liegen bisher noch wenig Erfahrungen vor. Doch hat sich gezeigt, daß eine solche insbesondere dann in die Erscheinung tritt, wenn der Tränkung ein starkes Kochen („Dämpfen“) des Holzes vorausging.<sup>1)</sup> Immerhin aber werden bei richtiger Handhabung des Tränkens seine Vorteile diese Nachteile erheblich überwiegen.

Es hat längerer Zeit und der obenerwähnten gründlicheren Forschungen bedurft, um den Nutzen der Tränkung klar erkennen zu lassen, da viele Betriebsbeamte durch die mit getränkten Hölzern gemachten Erfahrungen zu der Ansicht kamen, daß die Tränkung eher schade als nütze. Auch bezüglich der Wertschätzung der einzelnen Tränkverfahren im Vergleich miteinander sind verschiedentlich widersprechende Ergebnisse bekannt geworden. Der Grund für eine solche Verschiedenartigkeit der Urteile liegt in der Außerachtlassung der besonderen Umstände, unter denen die Tränkung erfolgt ist. Es ist nämlich nicht gleichgültig, ob das Holz in frischem oder in trockenem Zustande getränkt wurde, ob die Tränkflüssigkeit kalt oder heiß, durch kürzeres oder längeres Eintauchen oder durch Einpressen unter Druck nach erfolgter Entfernung der Säfte bzw. auch nach Behandlung des Holzes mit heißen Dämpfen in das Holz eingeführt wurde, ob sie mehr oder weniger gesättigt war, ob die Holzart Kernholz oder nur Splintholz enthielt. Ebenso ist zu berücksichtigen, ob das Holz nach der Tränkung in der Grube naß oder trocken steht (im ersteren Falle können gewisse Tränkstoffe ausgelautet werden) und ob es nach Ablauf der Beobachtungszeit nur äußerlich oder auch im Kern angegriffen oder nicht angegriffen erscheint, sowie ob es an Festigkeit verloren hat oder nicht.

Zu beachten ist noch bei der Beurteilung des Für und Wider, daß die Frage der Tränkung bei Grubenhölzern anders liegt als bei Hölzern

<sup>1)</sup> Glückauf 1909, S. 319; Stens: Über die Eigenschaften imprägnierter Grubenhölzer.

über Tage. Zunächst kommt hier die Rücksicht auf den Gebirgsdruck hinzu, der die Tränkung für alle Hölzer überflüssig erscheinen läßt, deren Standdauer schon durch den Druck sehr verkürzt wird. Damit entfällt die Tränkung von vornherein für den Ausbau im Abbau und in allen druckhaften Strecken, weshalb z. B. eine westfälische Gaskohlenzeche bedeutend weniger Holz tränken können als eine Magerkohlengrube daselbst. Durch die weiter unten zu behandelnden Mittel zur Erhöhung der Nachgiebigkeit des Holzbaus wird hieran nicht viel geändert, da die Lebensdauer eines Ausbaues dadurch allerdings wesentlich vergrößert wird, dieser aber meist doch nicht so lange stehen bleibt, daß stärkere Fäulniserscheinungen eintreten können. Man kann annehmen, daß bei vollständiger Durchführung der Tränkung auf einer Grube der Anteil der zu tränkenden Hölzer je nach den Druckverhältnissen zwischen 10 und 40 pCt. des Gesamtholzverbrauchs schwankt. Auf der anderen Seite werden bedeutend höhere Ansprüche an die chemische Widerstandsfähigkeit der Hölzer als über Tage gestellt, da die Grubenwetter sehr ungünstig auf das Holz einwirken. Am schädlichsten ist naturgemäß diese Wirkung in den ausziehenden Wetterstrecken, und da diese gleichzeitig in Gebirgstteilen zu stehen pflegen, in denen der Druck einigermaßen zur Ruhe gekommen ist, so ist für den Holzabau in diesen Strecken die Tränkung in erster Linie von Bedeutung, zumal hier auch eine etwaige Verschlechterung der Wetter durch die Ausdünstungen der getränkten Hölzer keine Rolle mehr spielt. Im übrigen kommt auch für den Ausbau in allen wichtigeren, längere Zeit offen zu haltenden Förderstrecken und Querschlägen, die man dem Gebirgsdruck zu entziehen bemüht ist, die Tränkung in Frage.

Der Erfolg der Tränkung hängt einerseits von der Zusammensetzung und Beschaffenheit der Tränkflüssigkeit ab, andererseits von dem Tränkverfahren, d. h. von der Art und Weise, in der diese Flüssigkeit in das Holz hineingebracht wird.

**24. — Tränkflüssigkeiten.** Auf die in Betracht kommenden Flüssigkeiten kann angesichts der großen Zahl der vorgeschlagenen (bis jetzt über 200) nur ganz kurz eingegangen werden. Sie lassen sich in 2 Hauptgruppen einteilen, nämlich in Salzlösungen (anorganische) einerseits und phenolhaltige Lösungen (organische) andererseits.

Die bewährtesten Salzlösungen enthalten entweder Metallsalze oder Alkali- bzw. Kalksalze. Zu den ersteren gehören Zink- und Quecksilberchlorid<sup>1)</sup> ( $ZnCl_2$  bzw.  $HgCl_2$ ), Eisen- und Kupfervitriol ( $SO_4Fe$  bzw.  $SO_4Cu$ ) und Alaun ( $Al_2[SO_4]_3$ ), zu den letzteren Fluorverbindungen ( $NaFl$ ,  $KFl$ ,  $CaFl_2$ , Kieselfluornatrium [ $Na_2SiFl_6$ ]), Kochsalz, Kalisalze und Kalkmilch ( $Ca[OH]_2$ ). Eine besonders stark antiseptische Wirkung scheinen die Fluorsalze zu haben.

Die Phenole oder Teersäuren sind Verbindungen, die bei der Teerdestillation erhalten und daher auch als „Teeröle“ bezeichnet werden. Sie

<sup>1)</sup> Die Anwendung von Quecksilberchlorid liegt dem von dem Engländer Kyan angegebenen Verfahren zugrunde, das nach ihm auch „Kyanisieren“ genannt wird.



werden aus dem Teer ausgetrieben durch Erhitzung auf 180° C und darüber. Zu den Phenolölen gehören: das von der Firma Kruskopf in Dortmund verwendete und von ihr als „Cruscophenol“ bezeichnete Öl, ferner Kreosot, Kreosotnatron, Karbolineum u. dgl., also Öle, die teilweise als Desinfektionsmittel bekannt sind. Die leichter flüchtigen dieser Öle können für Kerntränkungsverfahren benutzt werden, wo ihre Neigung zum Verdunsten wenig schadet; für oberflächliche Tränkung dagegen sind schwerer siedende (erst bei 270° entweichende) Öle anzuwenden.

An ein brauchbares Tränkmittel müssen folgende Anforderungen gestellt werden:

1. Es darf nicht zu teuer sein. Dabei ist jedoch nicht der Preis für 1 kg der Flüssigkeit, sondern derjenige für die zur Tränkung von 1 Festmeter Holz erforderliche Gewichtsmenge in Rechnung zu setzen.
2. Seine Wirkung muß genügend kräftig sein. In dieser Hinsicht ist allerdings die Wirksamkeit des Tränkverfahrens zu beachten. Je kräftiger dieses wirkt, d. h. je tiefer das Holz mit der Flüssigkeit durchtränkt wird, um so schwächer kann die letztere sein; eine oberflächliche Tränkung erfordert also eine kräftiger wirkende Lösung als eine Kerntränkung.
3. Es darf keine erheblichen schädlichen Wirkungen, weder auf die Zimmerhauer noch auf die Holzmasse selbst äußern, d. h. es darf nicht giftig sein, die Holzfaser nicht angreifen, ihre Brennbarkeit nicht zu sehr steigern und die Wetter nicht zu sehr verschlechtern.
4. Es muß eine möglichst lange dauernde Verbindung mit der Holzfaser eingehen, soll also nach Möglichkeit an trockenen Stellen nicht verdunsten, an nassen nicht durch das Wasser ausgewaschen werden.

Prüft man daraufhin die obengenannten wichtigsten Lösungen, so ergibt sich als gemeinsamer Übelstand der anorganischen Salzlösungen, daß sie durch Wasser leicht ausgewaschen werden können, wenn das nicht durch ein kostspieligeres Tränkverfahren verhindert wird. Am geringsten fällt noch dieser Nachteil beim Kochsalz ins Gewicht, da dieses infolge seines äußerst geringen Preises in vollständig gesättigter Lösung in das Holz eingeführt werden kann, so daß eine etwaige Auslaugung durch Wasser sehr langsam vor sich geht. — Der Preis der Salze entspricht im allgemeinen ihrer fäulniswidrigen Kraft: das kräftigste Mittel, Quecksilberchlorid, ist auch das teuerste; die schwächsten Salze, Eisenvitriol und Kochsalz, sind die billigsten. — Schädliche Wirkungen äußern: das Quecksilberchlorid, das sehr giftig ist und bei den Zimmerbauern bei nicht genügender Vorsicht innere Vergiftungen durch Übertragung von den Händen an den Mund zur Folge haben kann, das Eisenvitriol, das nach einiger Zeit durch Zersetzung freie Schwefelsäure abgibt, die die Holzfaser zerstört, und in geringerem Maße auch Zinkchlorid und Kochsalz, die das Holz spröde machen. Kalkmilch wirkt wahrscheinlich überhaupt nicht fäulniswidrig, sondern verstopft nur die Poren und umhüllt die Holzfaser, aber unvollkommen.

Die Phenolverbindungen haben sämtlich den großen Vorzug, in Wasser unlöslich zu sein und daher der Auslaugung durch Wasser zu widerstehen. Dabei ist ihre fäulniswidrige Wirkung recht kräftig. Solche

Vorzüge haben diesen Tränkmitteln große Verbreitung verschafft. Andererseits werden sie von der Holzmasse nur langsam aufgenommen, so daß sie, wenn nicht mit Saug- und Druckverfahren (Ziff. 25) gearbeitet wird, nur oberflächlich eindringen, also keinen Schutz gegen die etwa im Innern des Holzes vorhandenen Pilze gewähren. Nachteilig ist ferner die ätzende, die Haut angreifende Wirkung der Teeröle, ihr scharfer Geruch, der nicht nur die Wetter verschlechtert, sondern auch durch seine Ähnlichkeit mit dem Brandgeruch die rechtzeitige Erkennung eines Grubenbrandes erschwert, und endlich besonders ihre Feuergefährlichkeit. Jedoch sind die letzteren Nachteile in den für getränktes Holz in erster Linie in Frage kommenden ausziehenden Wetterstrecken von geringerer Bedeutung. Heute werden vorzugsweise verwendet: Phenolöle, Kochsalz und Mischungen von Alaun, Eisen- und Kupfervitriol, Fluorsalzen und Kainit. Im Ruhrbezirk haben die Phenolverbindungen die Führung.

**25. — Tränkverfahren.** Hinsichtlich der Art und Weise der Tränkung lassen sich einfachere und sorgfältigere Verfahren nach der Stufenfolge: Anstrich — Tauchverfahren — Druckverfahren (mit und ohne Saugwirkung und mit und ohne Dämpfung) unterscheiden, von denen das erste die oberflächlichste, das letzte die vollkommenste Tränkung bewirkt.

Das Anstrichverfahren ist im allgemeinen zu verwerfen, nicht nur wegen seiner unzulänglichen Wirkung, sondern auch wegen der hohen Lohnausgaben, da bei ihm die Leistung eines Arbeiters naturgemäß nur gering ist im Vergleich zu den anderen Verfahren. Es kommt nur dort in Frage, wo sehr wenig Holz zu imprägnieren ist oder die bei der Bearbeitung von getränktem Holz entstandenen Schnittflächen getränkt werden sollen oder wo bereits gesetztes Holz nachträglich geschützt werden soll. Im letzteren Falle hat man auf Grube Nordstern bei Aachen<sup>1)</sup> das Verfahren dadurch verbilligt, daß man die Lösung mit Hilfe eines fahrbaren Behälters mit Druckluft an die Zimmerungen gespritzt hat.

Das Tauchverfahren besteht in einem Eintauchen der Hölzer in ein mit der Tränkflüssigkeit gefülltes Bad, wobei wegen des höheren spezifischen Gewichts der Flüssigkeit für künstliches Untertauchen der Hölzer gesorgt werden muß. Das Bad kann kalt oder heiß sein. Letzteres ist wegen des schnelleren Eindringens heißer Flüssigkeit vorzuziehen, die nötige Temperatur wird dann am besten durch eine eingelegte Dampfschlangel erzielt. Die Dauer des Eintauchens schwankt von wenigen Minuten bis zu mehreren Stunden; beim Kochsalz z. B. hat man bis zur Dauer von 10 Stunden noch Aufnahme von Lösung durch das Holz festgestellt. Je länger die Tauchdauer, desto gründlicher ist im allgemeinen die Wirkung, desto geringer allerdings auch die Leistung einer Anlage. Der Behälter kann über dem Boden stehen oder in diesen eingelassen sein; er ist zu überdachen. Anfuhr, Eintauchen und Herausnehmen des Holzes erfolgt auf mechanischem Wege. Derartige Anlagen werden besonders von der obengenannten Firma Kruskopf ausgeführt. — Das Maß der erzielten Tränkung ist die Gewichtszunahme des Holzes; man rechnet im

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1910, S. 99; Versuche u. Verbesserungen.

allgemeinen, vorausgesetzt, daß gut ausgetrocknetes Holz verwendet wurde, bei der Phenoltränkung mit einer Gewichtszunahme um 3—6 pCt., bei der Kochsalztränkung mit einer solchen bis zu 30 pCt.

Anstrich und Tauchverfahren erfordern eine sorgfältige Vorbehandlung des Holzes: es soll gut ausgetrocknet und nicht nur von der Rinde, sondern auch vom Bast, der keine Flüssigkeit aufnimmt, befreit sein. Sie eignen sich nur für Splintholz, da bei Kernholz stärkere Mittel anzuwenden sind, um die Aufnahme der Flüssigkeit zu erzwingen.

Die Tränkung ist naturgemäß bei Anstrich nur ganz oberflächlich. Beim Tauchverfahren dringt Kochsalzlösung, die vom Holz gut aufgenommen wird, wesentlich tiefer ein als Phenolverbindungen, deren Tränkwirkung von der Oberfläche aus nur wenige Millimeter ins Innere reicht. Dementsprechend ist, wie erwähnt, die Gewichtszunahme bei der Kochsalztränkung erheblich größer als bei der Phenoltränkung, zumal die Phenole auch ein geringeres spezifisches Gewicht (1,05—1,10) haben.

Das wirksamste Verfahren ist unstrittig das Saug- und Druckverfahren, bei dem in folgender Weise gearbeitet wird: Zunächst wird durch Herstellung einer Luftverdünnung der Saft und die Luft teilweise aus dem Holze ausgetrieben und dieses dadurch im höchsten Maße aufnahmefähig für die danach zugesetzte Flüssigkeit gemacht. Diese wird nach Beendigung der Luftabsaugung, die etwa 1 Stunde dauert, eingelassen und nunmehr 2—5 Stunden lang mit einem Druck von mehreren Atmosphären in das Holz eingepreßt, so daß dieses bis auf den innersten Kern von der Flüssigkeit durchtränkt wird. Der Absaugung kann eine Dämpfung, d. h. eine Behandlung mit Wasserdampf von 105° bis 130° C, entsprechend einem Druck von 2—3 Atm., vorausgehen, um den Saft gründlicher auszutreiben und das Gefüge des Holzes zwecks leichteren Eindringens der Tränkflüssigkeit zu lockern. Doch sieht man neuerdings von einem stärkeren „Kochen“ des Holzes ab und begnügt sich mit Dampftemperaturen von 80—100°, da die Erfahrung gelehrt hat, daß durch stärkere Hitze das Gefüge zerstört und die Tragfähigkeit verringert werden kann.

Nach diesem Verfahren arbeiten die Rütgerswerke in Westfalen, Hasselmann und Wolmann in Oberschlesien und nach dem Wolmannschen Patent die „Grubenholz-Imprägnierung“, G. m. b. H. in Berlin. Bei einer derartigen Anlage (Fig. 5) nimmt ein langgestreckter zylindrischer Behälter  $K_1$ , der auch ein abgeworfener Dampfkessel sein kann, das Holz auf. Die zum Absaugen der Luft und zum Zuführen von Dampf und Flüssigkeit dienenden Rohrleitungen sind an den Dampfdom  $K_2$  angeschlossen. Das Tränksalz wird in Stücken angeliefert und im Bottich  $B_1$ , in den aus der Leitung  $w$  Wasser einströmt, unter Einleitung von Dampf durch das Rohr  $d_2$  und die Rührarme  $r$  aufgelöst. Die Lauge wird durch das Rohr  $l_1$  in den darunter befindlichen Sammelraum abgelassen. Aus diesem saugt der Kessel  $B_2$ , nachdem er durch die zu einer Luftpumpe führende Leitung  $p_1$  luftleer gemacht ist, die Lauge an und drückt sie nach Anschluß des Rohres  $p_1$  an die Druckseite der Luftpumpe durch die Leitung  $l_3$  in den Dom. Letzterer war vorher durch die Leitung  $s$  luftleer gemacht worden, so daß der Saft aus dem Holze herausgesaugt werden

konnte. Dieser wird nunmehr durch die unter Druck eindringende Lauge ersetzt. Gleichzeitig wird durch die Leitung  $d_1$  der Dampf zur Erhitzung der Lauge in den Kessel eingeführt. Die überschüssige Lauge läuft nachher durch  $l_4$  in den Sammelbehälter zurück. Das Holz wird samt dem Wagen, auf dem es sich befindet, nach Öffnung der Verschlusstür in den Kessel eingefahren und auf demselben Wege nachher wieder herausgeholt. Je mehr Holz im Kessel untergebracht werden kann, um so besser ist es, weil dann nicht nur die Leistung gesteigert, sondern auch der Dampfverbrauch für das Evakuieren und Pressen verringert wird, da weniger Luftraum vorhanden ist.

Bei der Wolmannschen Salzmischung ist besonderer Wert auf die Fernhaltung freier Säure gelegt worden, die das Holz und die damit in Berührung kommenden Eisenteile angreifen würde.

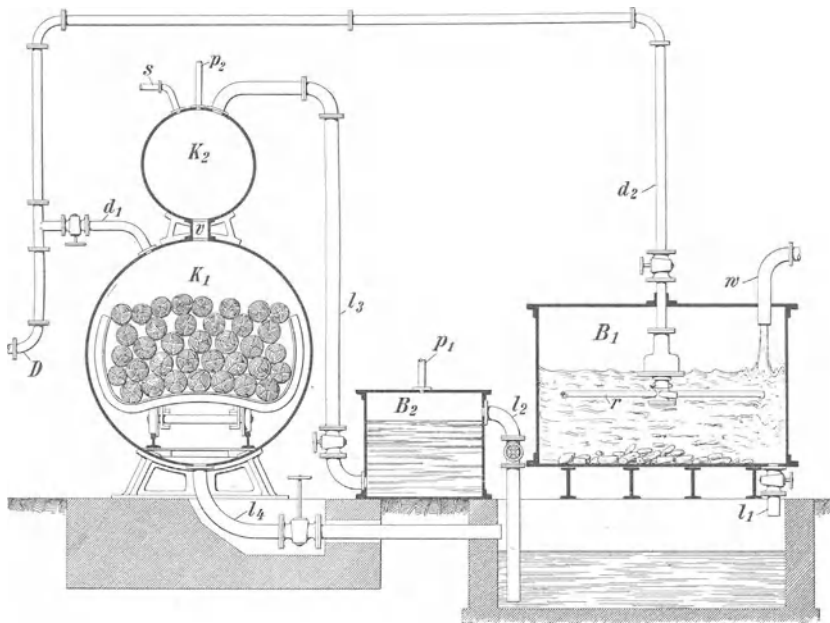


Fig. 5. Holztränkanlage nach dem Verfahren der „Grubenholz-Imprägnierung“, G. m. b. H.

Eine Mittelstellung nehmen solche Verfahren ein, bei denen (wie z. B. bei demjenigen von Rüping) nicht mit Luftverdünnung, sondern nur mit Druck gearbeitet wird. Es soll dadurch eine unnötig weitgehende Tränkung mit Lauge verhindert und so an Lauge gespart und die Gewichtszunahme des Holzes verringert werden. Dementsprechend wird beim Rüplingschen Verfahren das Gewicht nur um etwa 25—30 pCt. gesteigert, wogegen es beim Saug- und Druckverfahren um 50—60 pCt., unter Umständen sogar um 80—90 pCt. zunimmt.<sup>1)</sup>

Die Saug- und Druckverfahren ermöglichen eine vollständige Durchtränkung des Holzes. Sie sind die einzigen, die die gründliche Tränkung

<sup>1)</sup> Glückauf 1909, S. 322; Stens: Über die Eigenschaften imprägnierter Grubenhölzer.

von Kernholz bewirken; sogar eine chemische Verbindung des Holzstoffes mit den Salzen soll dabei erreicht werden.

Einen Überblick über die durchschnittlichen Kosten der verschiedenen Tränkverfahren je Festmeter Holz in Mark gibt folgende Zusammenstellung:

	Anstrich mit Teeröl <i>M</i>	Tauchverfahren mit		Saug- und Druck- verfahren nach Hasselmann u. a. <i>M</i>
		Teeröl <i>M</i>	Kochsalz <i>M</i>	
Material . . . . .	1,80	2,00	0,30	3,50
Löhne, Dampf usw. . . . .	4,00	1,10	1,50	1,10
Tilgung und Verzinsung . . . . .	—	0,15	0,30	0,30
Summa:	5,80	3,25	2,10	4,90

Hiernach ergibt sich z. B. folgende Ersparnisrechnung: eine Grube, die jährlich 20000 Festmeter, d. h. für rund 500000 *M*, Holz verbraucht, von ihrem Holz 20 pCt., also für 100000 *M*, tränkt mit einem Kostenaufwand von 3,50 *M* je Festmeter und eine Verlängerung der Standdauer dieses Holzes auf das Doppelte gegenüber dem nicht getränkten Holz erzielt, erspart jährlich  $\frac{100000}{2} = 50000$  *M* an Einkaufskosten für Holz und etwa 30000 *M* an Löhnen für das Auswechseln schadhafter Zimmerungen, insgesamt also rund 80000 *M*. Dieser Ersparnis stehen gegenüber 4000 · 3,5 = 14000 *M* Kosten für die Tränkung, so daß sich ein jährlicher Überschuß von 66000 *M* zugunsten der Tränkung ergibt.

**26. — Beschaffung und Bearbeitung des Holzes.** Einzelne Bergwerksgesellschaften haben besondere Waldungen, aus denen sie ihr Grubenholz beziehen. Im allgemeinen jedoch bedient man sich stets der Vermittelung der Holzhändler. Diese liefern in der Regel die verschiedenen Sorten gleich nach Maß zugeschnitten. Vereinzelt bezieht aber die Grube auch ganze Stämme, die dann nach Bedarf zerschnitten werden, wozu man sich am besten einer fahrbaren Kreissäge bedient, um möglichst wenig Transportkosten auf dem Zechenplatz zu haben (vgl. auch S. 27).

Der deutsche Bergbau hat zur Deckung seines gewaltigen Bedarfs an Grubenholz ausländische Waldbestände, namentlich diejenigen Schwedens und Rußlands, schon stark heranziehen müssen. Bezeichnend für die Schwierigkeit der Holzbeschaffung für den deutschen Bergbau ist der Umstand, daß im Jahre 1907 etwa 70 pCt. des im Ruhrkohlenbezirk verbrauchten Holzes aus Entfernungen von mehr als 300 km herbeigeschafft werden mußte.<sup>1)</sup>

Von Interesse ist auch folgende Rechnung:<sup>1)</sup> der Ruhrbezirk hat 1907 schätzungsweise 2650000 Festmeter Holz verbraucht, was auf den Arbeitstag rund 8800 Festmeter ergibt. Nun liefert 1 ha des gewöhnlichen

<sup>1)</sup> Stahl u. Eisen 1908, S. 471; Steffen: Holz und Eisen als Ausbaumaterial usw.

Waldbestandes etwa 120 Festmeter; es mußten also täglich 73,6 ha = rund 300 Morgen zur Deckung des Bedarfs dieses Bezirkes abgeholzt werden.

Die Höhe der Holzkosten einer Grube hängt naturgemäß in erster Linie von dem Gebirgsdruck und der Mächtigkeit der Lagerstätten sowie von den Holzpreisen ab, läßt sich aber durch zweckentsprechende Tränkung des Holzes, durch nachgiebigen Ausbau, durch weitgehende Wiederverwendung der alten Hölzer und zweckmäßige Abbaufverfahren erheblich herabdrücken. Im Steinkohlenbergbau schwanken die Kosten im allgemeinen zwischen 0,30 *M* und 1,40 *M* für die Tonne Kohlen.

Die Bearbeitung der zusammenzupassenden Hölzer erfolgt in der Regel von Hand. Als Gezähe dienen dem Zimmerhauer dabei Beil und Säge, welche letztere meist eine Bügelsäge ist. Ferner benutzt er beim Stempelausbau das aus 2 gegeneinander verschiebbaren Latten bestehende Sperrmaß, das die bequeme Messung des Abstandes zweier gegenüberliegenden Gesteinsflächen ermöglicht. Beim Türstockausbau wird das Lot zu Hilfe genommen, um die Schrägstellung der Beine gleichmäßig bemessen zu können.

Neuerdings ist man im Kohlenbergbau vielfach dazu übergegangen, maschinelle Kraft für die Holzbearbeitung zu Hilfe zu nehmen. Die Veranlassung dazu war zunächst das Bestreben, an Löhnen zu sparen und die sorgfältige Ausführung der Zimmerung möglichst von der Geschicklichkeit und Sorgsamkeit der Zimmerhauer unabhängig zu machen, zumal in Bezirken, die viel ungeschulte Arbeiter heranziehen müssen und daher nur wenige tüchtige Zimmerhauer haben. Andererseits ergibt sich bei der maschinellen Bearbeitung eine Verringerung der Unfallgefahr, die gerade bei der Zimmerhauerarbeit ziemlich groß ist, wenn es sich auch dabei gewöhnlich nur um leichtere Unfälle handelt. Auch erzielt man noch den Nebenvorteil, daß die Abfälle nicht verloren gehen, sondern gesammelt und benutzt werden können. In der Regel gibt man sie zu billigem Preise — z. B. 1 *M* für den Wagen — an die Bergleute ab. Da die Kosten für den Verbrauch an Sägen gering sind, ein Mann, der 4,50 *M* Schichtlohn erhält, in einer Schicht 500 Stempel mit der Kreissäge anscharfen kann und sich dabei 8 Wagen Abfall ergeben,<sup>1)</sup> die 8 *M* einbringen, so entstehen auf diese Weise durch das Anschärfen überhaupt keine Ausgaben. Bei Verwendung von getränktem Holz in der Grube ist außerdem die maschinelle Bearbeitung über Tage deshalb erwünscht, weil sie vor dem Tränken erfolgen kann, so daß nicht durch nachträgliche Bearbeitung wieder frische Flächen gebildet werden können, die den schädlichen Wirkungen doch wieder Angriffspunkte liefern oder besonders anzustreichen sind. Besonders bedient man sich kleiner Kreissägen zum Anschneiden der Verblattungen, zum Anschärfen der Stempel beim nachgiebigen Ausbau (Ziff. 31) usw. Auch bewirkt man das Anschärfen mit Fräsern, die den Bleistiftschärfnern ähnlich sind;<sup>2)</sup> jedoch ergibt sich dabei

<sup>1)</sup> „Der Bergbau auf der linken Seite des Niederrheins“ (Festschrift zum XI. Deutschen Bergmannstage), Teil III, S. 179 u. f.; Schwemann: Der Grubenausbau.

<sup>2)</sup> Glückauf 1909, S. 261, und Schwemann an der eben angeführten Stelle.

der Übelstand, daß sehr feine, fast wertlose Späne als Abfall geliefert werden und außerdem der Winkel, unter dem die Anschärfung erfolgt, nur durch Auswechslung des Fräasers geändert werden kann. Letzterer Nachteil wird vermieden bei einem dritten Verfahren, nämlich der Anschärfung mittels Hobelscheibe.<sup>1)</sup> Auch die Auskehlung der Stempel am Kopfe für die polnische Türstock- und die Schalholzzimmerung wird jetzt verschiedentlich maschinell mit Hilfe einer Fräsmaschine bewerkstelligt.

27. — **Gewinnung und Verwertung von Abfallholz.** Die im Streckenausbau gebrochenen Hölzer können beim Einbau neuer Zimmerungen ohne weiteres zurückgewonnen werden. Im Abbau hängt die Möglichkeit der Wiedergewinnung des Ausbaues von dem Verhalten des Gebirges und von dem Abbaufahren ab. Erfolgt der Abbau mit Bergeversatz und wird stets auf rasche Nachführung des letzteren, dem Vorrücken des Abbaustoßes entsprechend, gehalten, so läßt sich besonders bei flacher Lagerung ein großer Teil der Hölzer gefahrlos wiedergewinnen („rauben“). Namentlich der Spülversatz erleichtert natur-

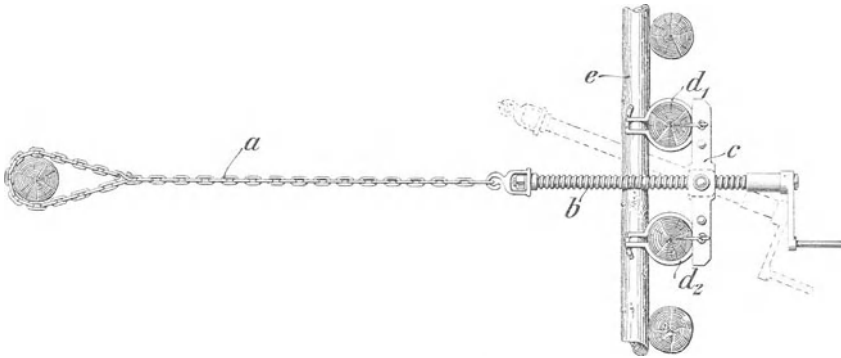


Fig. 6. Holzrauben mit Raubspindel.

gemäß das Rauben sehr. Die Belassung der Stempel im Versatz bringt sogar, wenn sie dicht von den Versatzbergen eingeschlossen sind, den Nachteil, daß sie nicht genügend nachgeben können und so unter Umständen das gleichmäßige Setzen des Hangenden auf den Versatz hindern.

Von besonderer Bedeutung ist das Rauben des Holzes im ober-schlesischen Pfeilerbau, wo es regelrecht durchgebildet ist. Es erfolgt hier nicht nur zur Wiedergewinnung des Holzes, sondern auch zur Beschleunigung des Zubruchegehens der ausgekohlten Pfeiler, um die benachbarten Bauabschnitte von dem starken Drucke der hangenden Schichten zu entlasten. Wegen der Gefährlichkeit der Arbeit beschränkt man sie auf die am leichtesten gewinnbaren Stempel und sorgt außerdem dafür, daß die Leute nicht unmittelbar an die zu raubenden Stempel heranzugehen brauchen, sondern sie aus einiger Entfernung herausreißen können. Dazu dient z. B. die Kirschnicksche Raubspindel (Fig. 6), eine Schraubenspindel *b*, deren Mutter in einem gegen zwei Stempel abgestützten Quer-

<sup>1)</sup> Glückauf 1911, S. 652; Stens: Über nachgiebigen Grubenausbau.

stück *c* verlagert ist und die durch eine Kurbel zurückgeschraubt wird und dadurch den von ihr mittels der Kette *a* gefaßten Stempel langsam umreißt. Eine Drehung der Spindel (z. B. in die punktiert angedeutete Lage) und damit ein Erfassen anderer Stempel wird dadurch ermöglicht, daß die Spindelmutter in dem Querstück *c* nicht starr, sondern um einen Mittelbolzen drehbar gelagert ist.

Das Abfallholz kann, da es meist noch frisch und tragkräftig ist, noch zum Ausbau in wenig mächtigen Lagerstätten verwendet werden. Außerdem wird es für Holzpfiler, Holzeinlagen in Mauerung, Holzhinterfüllung im Streckenausbau, insbesondere wenn er aus Mauerung oder Beton besteht, zur Herstellung von nachgiebigen Gewölben u. dgl. benutzt. Die rasche Aufnahme des nachgiebigen Ausbaues, der viel Abfallholz verlangt, andererseits aber die Standdauer des Ausbaues verlängert, also wenig Altholz liefert, hat es mit sich gebracht, daß der Bedarf an Abfallholz vielfach die durch Wiedergewinnung erhaltenen Holz mengen übersteigt, so daß z. B. Holzpfiler häufig schon aus frischen Hölzern hergestellt werden.

Wird die Wiedergewinnung und Wiederverwendung von Ausbauhölzern in größerem Umfange betrieben, so empfiehlt sich für das Zurechtschneiden der Hölzer unter Tage, da das eine mechanisch sehr einfach auszuführende Arbeit ist, die Benutzung fahrbarer Kreissägen mit Preßluftantrieb, wie sie z. B. auf der Zeche Bonifacius bei Kray in Gebrauch sind.<sup>1)</sup> Sie machen sich durch die Ersparnis an Löhnen und Holzförderungskosten bald bezahlt, da sie 1000 Stempel in der Schicht zerschneiden können.

## b) Die Ausführung des Holz ausbaues im einzelnen.

### 1. Einfacher Holz ausbau (Stempelausbau).

**28. — Allgemeines.** Beim Stempelausbau finden lediglich Einzelhölzer Verwendung, die zwischen 2 Gebirgsflächen fest eingespannt werden. Angewandt wird dieser Ausbau in Strecken sowohl wie auch besonders in Abbauräumen. Dabei ist eine dreifache Art der Beanspruchung möglich, nämlich auf Zerdrückung, auf Zerknickung und auf Biegung. Auf Zerdrückung bezw. Zerknickung werden die Stempel dann beansprucht, wenn sie nur eine über ihnen befindliche Last, z. B. das Hangende im Abbau, tragen sollen. Unter Zerknickung versteht man das Brechen eines Stempels, nachdem dieser durch den Druck durchgebogen ist. Sie tritt im allgemeinen bei Holzsäulen erst ein, wenn deren Länge gleich dem 24fachen des Durchmessers ist. Doch lassen sich Stempel nicht mit solchen unverrückbar aufgestellten Säulen über Tage vergleichen, da das Gebirge meist in einer gewissen Bewegung ist und dadurch die Beanspruchung der Stempel bedeutend ungünstiger wird. Man muß daher annehmen, daß bei Holz Zerknickung schon bei einem Verhältnis der Länge zum Durchmesser wie 10 : 1 (nach Versuchen von Stens)<sup>2)</sup> möglich wird, so daß also z. B. ein Stempel von 10 cm Durchmesser bereits bei 100 cm Länge zerknickt werden kann. — Eine Inanspruchnahme auf Biegung ist zu verzeichnen bei allen quer zur Längsrichtung beanspruchten

<sup>1)</sup> Glückauf 1912, S. 442.

<sup>2)</sup> Glückauf 1911, S. 653; Stens: Über nachgiebigen Grubenausbau.



Stempeln, z. B. solchen, die zur Zurückhaltung lockerer Stöße oder herein brechender rolliger Massen oder zum Abfangen von Schweben, von Bergeversatz u. dgl. verwandt werden, sei es nun, daß sie diesen Druck unmittelbar aufnehmen oder daß er durch „Verzug“ auf sie übertragen wird.

**29. — Anwendung und Ausführung des einfachen Stempelausbaues.** Die größte Wichtigkeit hat der reine Stempelausbau für die Abbaubetriebe in flözartigen Lagerstätten, und zwar bei gutartigem Gebirge. Die Stempel werden möglichst in regelmäßigen Abständen (etwa je 1 m) gesetzt. Ein gewisser Unterschied besteht bei flacher und steiler Lagerung. Im ersteren Falle kann der Stempel rechtwinklig zur Schichtung gestellt werden. Im letzteren Falle läßt man ihn mit etwa  $5^{\circ}$  von der rechtwinkligen Lage gegen das Einfallen hin abweichen („gibt ihm  $5^{\circ}$  Strebe“, Fig. 25<sup>4</sup> auf S. 40), weil er hier nicht nur den gegen das Liegende wirkenden Druck des Hangenden, sondern auch noch einen gewissen Schub desselben nach unten hin aufzunehmen hat, der ihn bei rechtwinkliger Stellung umwerfen würde, bei genügender „Strebe“ aber nur um so fester drückt.

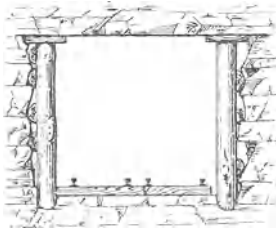


Fig. 7. Stempelausbau in Strecken.

In Strecken kann man nur unter besonders günstigen Verhältnissen mit einfachem Stempelausbau auskommen (Fig. 7), so daß er hier keine große Rolle spielt.

Im Abbau zu verwendende Stempel dürfen, da sie nur vorübergehend Verwendung finden und in großen Mengen gebraucht werden, nicht teuer sein, besonders wenn sie nicht wieder gewonnen werden können. Sie müssen ferner vor dem Brechen bis zu einem gewissen Grade durch Zusammenstauchung

nachgeben. Endlich dürfen sie nicht unvermutet brechen (sie müssen „warnen“), damit die Hauer hören können, ob das Gebirge „arbeitet“. Diesen Erfordernissen entspricht im deutschen Bergbau in der Regel am besten das Fichtenholz; Eichen-, Weißtannen- und Weißbuchenholz ist zu teuer, und Rotbuchenholz bricht wegen seiner Sprödigkeit plötzlich.

Kurze Stempel, die nur zur vorübergehenden Abstützung einer unterschrägten Kohlenbank oder einer nach Gewinnung der Unterbank noch anstehenden Oberbank dienen, werden als „Bolzen“ bezeichnet.

Ist das Liegende genügend fest, so wird der Stempel unten etwas behauen und „barfuß“ in ein Bühnloch gestellt. Bei sehr weicher Beschaffenheit des Liegenden (z. B. bei Ton, weicher Braunkohle u. dgl.), muß er ein Stück Rundholz, einen „Fußpfahl“, als Unterlage erhalten. Gegen das Hangende bezw. die Firste wird der Stempel unter Zwischenfügung eines „Anpfahls“, d. h. eines Halb- oder Rundholzes, getrieben. Ein solcher Anpfahl dient verschiedenen Zwecken. Zunächst werden durch seine mehr oder weniger starke Zusammenpressung kleine Fehler bei der richtigen Bemessung der Stempellänge ausgeglichen. Ferner wird durch diese polsterartige Zwischenlage das Hangende beim „Antreiben“ des Stempels weniger beansprucht. Auch erhöht der Anpfahl die Nachgiebigkeit des Ausbaues, und zwar in um so höherem Maße, je dicker er

ist. In vielen Fällen wird außerdem der Anpfahl länger genommen und dann dazu benutzt, die stützende Wirkung des Stempels auf die nähere Umgebung zu übertragen. Insbesondere können dann kleine „Schnitte“ im Gebirge durch den Anpfahl überdeckt und so Schalen von nicht zu großer Dicke festgehalten werden. Freilich darf die Länge der Anpfähle ein gewisses Maß nicht übersteigen, da ihre Enden sonst nur noch sehr geringe Tragfähigkeit haben und die Arbeiter dann leicht in falsche Sicherheit gewiegt werden. Am weitesten geht der deutsche Braunkohlenbruchbau bei dieser Ausnutzung der Anpfähle: diese (*a* in Fig. 8) werden hier nicht nur sehr lang genommen, sondern auch noch mit Brettern oder Pfählen (*b*) verzogen, so daß eine Fläche von etwa 1 qm von einem Stempel gestützt wird. Man trägt dabei Sorge, durch abwechselnde Längs- und Querstellung der Anpfähle und Verzugpfähle dieselben möglichst gleichmäßig zu beanspruchen. Eine derartige Zimmerung bildet schon den Übergang zur Kappenzimmerung, und in der Tat werden diese Anpfähle vom Braunkohlenbergmann auch als „Kappen“ bezeichnet. Doch sollen hier und im folgenden unter dieser letzteren Bezeichnung nur Hölzer verstanden werden, die von mindestens 2 Stempeln getragen werden.

Nicht zu verwechseln mit „Anpfahl“ ist das Wort „Anfall“ (auch „Kopfgeschick“), das die Stelle des Hangenden bezeichnet, gegen die der Kopf des Stempels getrieben wird.

Da die Preise für starke Stempel mit deren Länge unverhältnismäßig wachsen, so hat man verschiedentlich, z. B. auf Zeche Consolidation, Versuche mit sog. „Palisadenstempeln“, d. h. 3 dünnen, durch Drahtumwicklung und unter diese getriebene Holzkeile zu einem ganzen verbundenen Stempeln (Fig. 9) gemacht. Jedoch haben diese sich nicht bewährt, da sie nicht dauernd fest zusammenhielten.

**30. — Nachgiebiger Stempelausbau.** Das Bedürfnis nach einem nachgiebigen Ausbau ist zwar, wie bereits oben hervorgehoben wurde, am größten in Strecken, wogegen es im Abbau, wo die Stempel nicht lange als Stützen zu dienen brauchen, um so geringer wird, je schneller der



Fig. 8. Stempelausbau im deutschen Braunkohlenbruchbau.



Fig. 9.<sup>1)</sup> Palisadenstempel.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1905, S. 86: Versuche und Verbesserungen.

Abbau fortschreitet und je langsamer das Hangende sich setzt. Jedoch machen sich immerhin schon beim einfachen Abbau mit Bergeversatz Stempel mit nicht ausreichender Nachgiebigkeit unvorteilhaft bemerklich: entweder knicken sie und schieben dabei den Versatz zur Seite, so daß Hohlräume in ihm entstehen, oder sie stehen zu fest eingekellt, um knicken zu können, stören dann aber das gleichmäßige Setzen des Hangenden. Besonders aber ergibt sich bei Verwendung maschineller Hilfsmittel beim Abbau, wie z. B. bei der Abbauförderung mit Schüttelrutschen u. dgl. (vergl. dazu den Abschnitt „Förderung“) und bei Benutzung von Rad-schrämmaschinen (vergl. Bd. I, Abschnitt „Gewinnungsarbeiten“) die Notwendigkeit, einen bruchfreien Stempelausbau zu haben, da diese Vorrichtungen Bewegungsfreiheit und dazu einen gewissen freizuhaltenden Querschnitt vor dem Abbaustoß erfordern, der nicht durch gebrochene Stempel beeinträchtigt werden darf.

Was die Mittel zur Erzielung einer genügenden Nachgiebigkeit betrifft, so ist zunächst zu berücksichtigen, daß jeder Holzausbau schon infolge der verhältnismäßig weichen Beschaffenheit des Holzes an sich etwas nachgeben kann. Die Stempel lassen sich in sich etwas zusammendrücken, und zwar nach verschiedenen Versuchen um etwa 3 bis 5 pCt.; ein Stempel von 1,5 m Länge kann also eine Senkung des Hangenden von 5—7 cm aushalten, ohne zu brechen. Auch die Beschaffenheit des Gebirges kann das Nachgeben des Ausbaues erleichtern, da bei quellendem Liegenden die Erscheinung des Quellens selbst, die größtenteils auf der Nachgiebigkeit des Liegenden beruht, den Ausbau entlastet. Die Stempel können sich dann, ohne zu brechen, tief in das Liegende hineindrücken, indem dieses sich um sie herum in die Höhe schiebt. Außerdem ist von jeher schon durch die Einschaltung der Zwischenstücke (Anpfahl und Fußpfahl) für eine gewisse Nachgiebigkeit gesorgt worden, da diese sich nicht unbeträchtlich zusammendrücken lassen. Sie werden daher aus weichem Holze geschnitten und um so dicker genommen, je stärker das Hangende sich zu setzen pflegt, weshalb man bei stärkerer Bewegung des Gebirges nicht Halb-, sondern Rundholz für diese Stücke verwendet.

**31. — Angespitzte Stempel.** Das wichtigste Mittel aber zur Erhöhung der Nachgiebigkeit ist das zuerst auf der Steinkohlenzeche Rheinpreußen bei Homberg in größerem Umfange eingeführte Anspitzen der Stempel am unteren Ende.<sup>1)</sup> Man schafft dadurch künstlich eine schwache Stelle, die dem Drucke zuerst nachgibt, so daß der Stempel am Fuße, unter entsprechender Verkürzung, quastartig auseinandergestaucht wird. Je länger der Stempel ist, um so mehr muß er nachgeben können, um so länger muß also das angespitzte Ende werden. Fig. 10 zeigt die auf Rheinpreußen im Betriebe als die besten erprobten Längen der Spitzen. Dem Fuße läßt man einen Durchmesser von 5—6 cm. Das Anschärfen erfolgt am besten durch 4 Schnitte mit der Kreissäge, die eine abgestumpfte Pyramide herstellen, weniger zweckmäßig durch fräserartige Werkzeuge (vgl. Ziff. 26).

<sup>1)</sup> Der Bergbau auf der linken Seite des Niederrheins, Teil III; Schwemann: Der Grubenausbau, S. 162.

Da durch das quastartige Auftreiben des Stempelfußes die Nachgiebigkeit des Stempels nach und nach verringert wird, so muß bei längerer Standdauer der Hölzer ein Nachspitzen mit dem Beile an Ort und Stelle erfolgen. Man hat auf diese Weise schon Verkürzungen der Stempel auf 50 pCt. ohne Bruch herbeiführen können. Allerdings erfordert dieses Nachschärfen geschickte und geübte Zimmerhauer, damit es in der richtigen Weise und weder zu früh noch zu spät geschieht.

Belastungsversuche<sup>1)</sup> mit angespitzten Stempeln mittels einer hydraulischen Presse haben folgendes Ergebnis gehabt:

Stempel- Länge cm	Durchmesser cm	Maß der Verkürzung in Zentimetern bei einem Drucke von				
		5300	7500	10600	15200	18000 kg
110	10	5 <sup>2)</sup>	11	—	—	—
210	15	—	7 <sup>2)</sup>	12	15	19

Die Stempel gaben also bei einmaliger Anspitzung um rund 10 pCt. nach. Bei einer Belastung von 32000 kg erfolgte bei den stärkeren Stempeln noch kein Bruch, — ein Beweis für die günstige Wirkung der Anspitzung.

Ist das Liegende von milder Beschaffenheit, so drückt sich ein angespitzter Stempel zu rasch in dasselbe hinein. Man muß ihn daher dann auf einen Fußpfahl setzen. Da der ganze Druck, unter dem der Stempel steht, auf die kleine Fußfläche wirkt, so wird der Fußpfahl bedeutend kräftiger als durch nicht angespitzte Stempel zusammengequetscht. Man gibt ihm daher eine genügende Länge, so daß trotz der Quetschung in der Mitte die Enden noch zusammenhalten und ein Aufspalten vermieden wird. Naturgemäß muß aus dem gleichen Grunde seine Faser senkrecht zu der des Stempels liegen. Um das Eindringen des Stempels in den Fußpfahl zu erleichtern, kerbt man diesen auch wohl ein. Auch schärft man aus dem gleichen Grunde wohl das Kopfende des Stempels, mit dem er in den Anpfahl eindringen soll, schwach an (vgl. z. B. Fig. 30 auf S. 43).

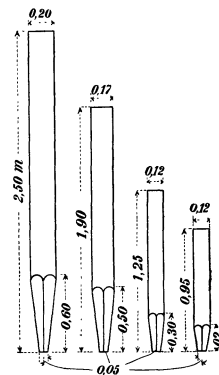


Fig. 10. Ungespitzte Stempel verschiedener Länge.

**32. — Ausbau mit Spreizen oder Streben.** Zum Stempelausbau sind auch diejenigen Fälle zu rechnen, in denen Hölzer in söhlicher oder schräger Lage zwischen 2 Flächen eingetrieben werden. Man nennt solche Stempel im ersteren Falle „Spreizen“, im letzteren „Streben“. Die Abspreizung wird im deutschen Braunkohlenbergbau verschiedentlich in größerem Maßstabe regelrecht durchgeführt, wenn der einzelne Bruch (vgl. Bd. I, „Pfeilerbruchbau“) weiter herausgearbeitet und die Kohle nicht von besonders fester Beschaffenheit ist. Man kann dann nach Fig. 11

<sup>1)</sup> Glückauf 1908, Nr. 16, S. 560; Hecker: Neuerungen im Grubenausbau.

<sup>2)</sup> Beginn der Quastenbildung.

teils die Stöße durch Abspreizen gegen die nächsten Stempel mit Hilfe der Spreizen *b b* sichern, teils auch die Spreizen von einem Stoß durch den ganzen Abschnitt hindurch bis zum gegenüberliegenden Stoß gehen lassen (*t*). Im ersteren Falle müssen bei stärkerem Druck auch die

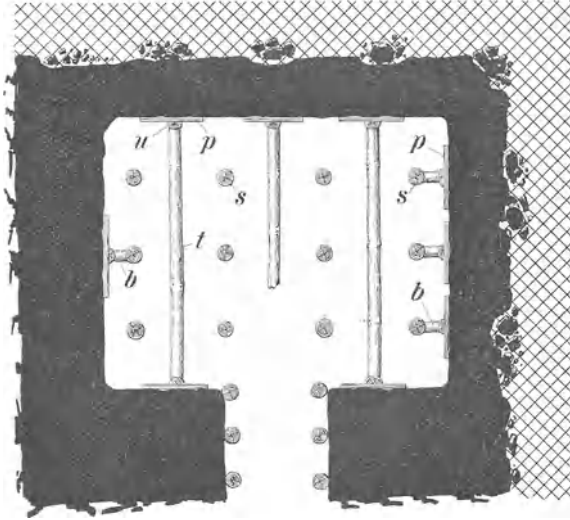


Fig. 11. Verspreizung beim Braunkohlenbruchbau.

Stempel unter sich noch wieder verspreizt werden. Eine Abstützung durch Streben wird durch Fig. 12 veranschaulicht.

**33. — Stempelausbau mit Biegungsbeanspruchung.** Ein Stempelausbau, der außer der Druck- oder Knickbeanspruchung auch eine mehr

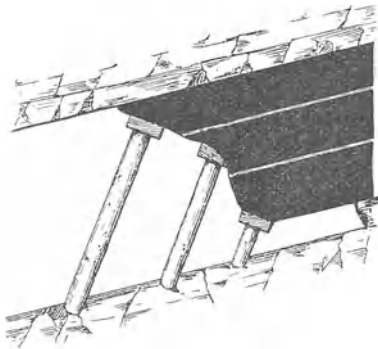


Fig. 12. Abstützung eines überhängenden Kohlenstoßes durch Strebestempel.

oder weniger starke Biegungsbeanspruchung (also Seitendruck) auszuhalten hat, ist der zum Abfangen von Schweben oder Firsten oder von Versatzbergen oder zum Schutz der Abbauräume gegen den alten Mann dienende. Wegen der verhältnismäßig geringen Widerstandsfähigkeit des einfachen Stempels gegen Seitendruck muß ein solcher Ausbau in mächtigeren Lagerstätten durch Hilfstempel oder Streben verstärkt werden.

Beim Abfangen von Schweben (Fig. 13—15) kann der Stempel ent-

weder beiderseits eingebühnt (Fig. 13 *a*) oder an dem einen Ende durch einen Keil gestützt werden (Fig. 13 *b*). Im ersteren Falle muß das eine Bühnloch mit einer seitlich sich anschließenden „Bahn“ hergestellt werden, um das Einschieben des Stempels von der Seite her zu ermöglichen.

Verstärkte Zimmerungen dieser Art für größere Mächtigkeit oder gebräuchere Kohle zeigen die Figuren 14 und 15.<sup>1)</sup> In Fig. 14 sind die Schwebestempel am Hangenden durch Holzkeile gestützt, die durch besondere Stempel festgehalten werden. In Fig. 15 ist unter dem ersten Stempelschlag *aa* noch ein zweiter *cc* eingebracht, dessen Stempel unter den Mitten der Zwischenräume der oberen Stempel liegen und diese durch Vermittelung der längsgelegten Rundhölzer *b* tragen.

Schwebestempel dürfen nicht stärker nachgiebig sein, da sie während der kurzen Zeit ihrer Wirksamkeit ein Zerdrücken der Schweben verhüten sollen.

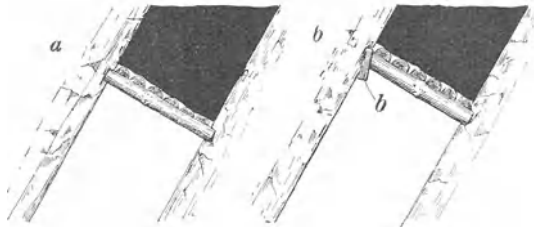


Fig. 13 *a* und *b*. Abfangen von Schweben in Flözen.

Einen ähnlichen Zweck haben die Firnenstempel, mit denen man bei steiler Lagerung an Stelle der Türstock- oder Schalholzzimmerung auskommen kann, wenn das Nebengestein fest ist. Eine Versteifung bei

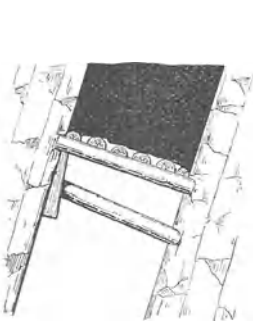


Fig. 14. Schwebestempel mit Sicherung.

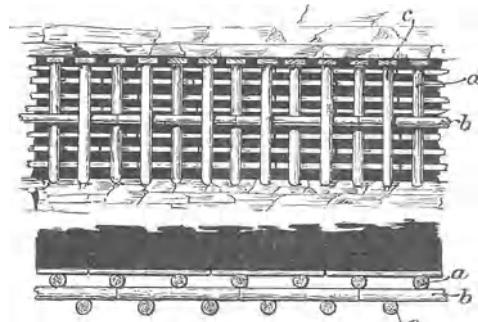


Fig. 15. Doppelter Stempelschlag zum Abfangen von Schweben.

größerer Mächtigkeit kann hier am einfachsten durch Mittelstempel (in Westfalen auch „Bockstempel“ genannt) erfolgen, da die Sohle als Stützfläche nahe ist. Fig. 16 zeigt eine solche Zimmerung und läßt gleichzeitig erkennen, wie der durch die Mittelstempel abgeschlagene Raum zur Unterbringung der aus dem Bergemittel fallenden Berge mit ausgenützt ist.

Soll Bergeversatz bei steiler Lagerung durch Stempelschlag abgefangen werden, so muß dieser einen kräftigen Verzug erhalten, mit dem

<sup>1)</sup> Sammelwerk Bd. II, Fig. 39 *b* (S. 141) und 43 (S. 142).

er dann einen „Bergekasten“ bildet. Ein Beispiel gibt Fig. 17. Durch die Kopf- und Fußhölzer wird eine gewisse Nachgiebigkeit erzielt, so daß ein Zusammenpressen des Versatzes noch nicht zu Stempelbrüchen führt. (Über das Tragen des Versatzes durch die Streckenzimmerung selbst vgl. die Ausführungen Ziff. 48 und die Fig. 49, 50 u. 52 daselbst.)

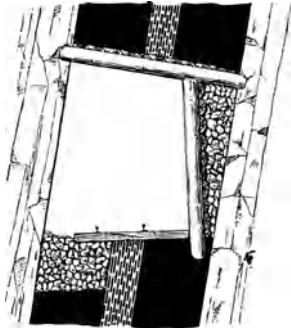


Fig. 16. Firnenstempel mit Abstützung durch Mittelstempel.

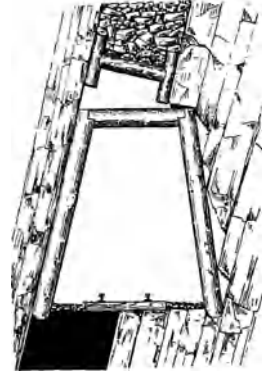


Fig. 17. Abfangen von Bergeversatz durch Stempel mit Fußpfahl und Anpfahl und Halbhölzer (Bergekasten).

Die zum Abfangen des Versatzes dienenden Stempel werden neuerdings wohl bei größerer Flözmächtigkeit noch besonders nachgiebig ge-

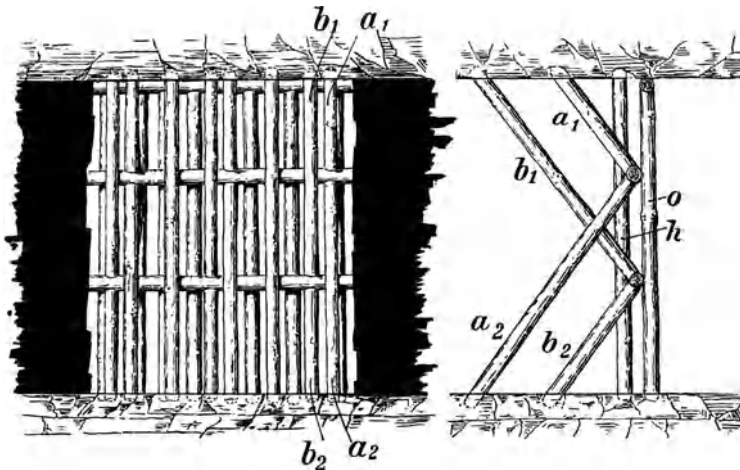


Fig. 18. Streckensicherung durch eine Orgel mit Versatzung im ober-schlesischen Pfeilerbau.

macht, indem man sich nicht mit dicken Kopf- und Fußhölzern begnügt, sondern außerdem die Stempel anspitzt. Da sie aber in diesem Zustande wenig Seitendruck aushalten können, dieser aber gerade hier stark auftritt, so darf eine solche Zuschärfung nur messerartig, mit Richtung der Schneide senkrecht gegen den Versatz, erfolgen (vgl. die Ausführungen weiter unten, Ziff. 41); auch muß außerdem dann der Stempelschlag durch Mittelstempel oder dgl. verstärkt werden.

Eine dem oberschlesischen Pfeilerbruchbau eigene Stempelzimmerung ist der Ausbau mit sogen. Orgelstempeln, die dicht nebeneinander gestellt werden und eine „Orgel“ bilden. Sie sollen das Hereinrollen der im alten Mann aus dem Hangenden niedergebrochenen Blöcke in den Abbaubereich und die zugehörige Strecke verhüten und werden deshalb bei dem schwebenden Vorgehen nach oben von vornherein auf der nach dem Bremsberge hin gelegenen Seite des Abschnitts eingebaut (vgl. Bd. I: „Pfeilerbruchbau“). Die Orgelstempel sind von besonderer Wichtigkeit, wenn ohne „Bein“ gearbeitet wird; sie müssen dann entsprechend dichter gestellt werden. Die Abbaustrecken sowie der Kopf der Bremsberge müssen in derselben Weise gesichert werden. Man verstärkt hier vielfach die Orgel noch durch eine sog. „Versatzung“, die in besonders kräftiger Ausführung durch Fig 18<sup>1)</sup> veranschaulicht wird. Hier werden die Orgelstempel  $o$  zunächst durch 2 Lagen quergelegter Rundhölzer gestützt und diese ihrerseits nicht nur durch eine zweite Stempelreihe  $h$  gehalten, sondern auch noch durch die Streben  $a_1 b_1$  und  $a_2 b_2$  gegen das Hangende und Liegende abgesteift.

## 2. Zusammengesetzter Holzabau.

**34. — Vorbemerkung.** Während beim Stempelausbau das Gebirge nur in jedesmal einem Punkte gestützt wird, haben wir es beim zusammengesetzten Ausbau mit Verbindungen von längs und quer gelegten Hölzern zu tun, die längs mehrerer Linien das Gebirge unterstützen. Das Hauptgebiet dieser Zimmerung ist der Streckenausbau; doch finden wir auch im Abbau Ausbaufahren, die hierher zu rechnen sind. Der zusammengesetzte Ausbau ist teils schon an sich nachgiebig, teils kann er durch besondere Mittel nachgiebig gemacht werden.

**35. — Holzpfeiler.** Eine Mittelstellung zwischen dem Stempel- und dem zusammengesetzten Ausbau im engeren Sinne nehmen die Holzpfeiler (auch „Holzschränke“, „Scheiterhaufen“ oder „Kreuzlager“ genannt) ein, die aus einer ganzen Anzahl von kreuzweise gelegten Holzstücken gebildet sind. In der Regel werden sie als hohe Säulen aufgebaut, deren Inneres mit klaren Bergen angefüllt wird. Die letzteren haben den Zweck, die einzelnen Rahmen gegen Verschiebungen aus ihrer gegenseitigen Lage zu sichern, ohne ihre Zusammenpressung durch den Gebirgsdruck zu verhindern. Das Holz ist meist altes, wiedergewonnenes Rundholz. Doch wird bei großem Bedarf an Holzpfeilern auch frisches Holz für diese zurecht geschnitten; man kann dazu mit Vorteil rotbuchen Scheitholz, das billig ist, verwerten. Holzpfeiler, die nur aus dicht aneinandergelegten Hölzern bestehen, also keine Bergefüllung erhalten, erfordern sehr viel Holz und werden daher nur ausnahmsweise hergestellt. Jedenfalls sollte aber auch dann immer genügend Platz zwischen den einzelnen Hölzern gelassen werden, um ihr allmähliches Zusammendrücken zu gestatten.

Die Holzpfeiler lassen sich am bequemsten bei flacher Lagerung herstellen. Jedoch verwendet man sie auch bei größeren Fallwinkeln;

<sup>1)</sup> Verhandlg. d. Stein- u. Kohlenfall-Kommiss., Texttaf. V, Fig. 4 u. 5.



sie müssen dann durch vorgeschlagene Stempel ( $s_1$ — $s_3$  in Fig. 19) vor dem Abrutschen gesichert werden.

Ihr Hauptverwendungsgebiet finden die Holzpfeiler beim Ausbau wichtigerer, d. h. längere Zeit offen zu haltender Strecken und beim Ausbau von Bremsbergen. Sie stellen hier ein vorzügliches Hilfsmittel dar zur Durchführung des im Abschnitt Vorrichtung (Bd. I, „Auffahren der Grundstrecken“) behandelten Grundsatzes, derartige Baue mit breitem Blick aufzufahren und von vornherein in Versatz zu setzen. Man sichert die Stöße der Strecken und Bremsberge gegen den Versatz zweckmäßig durch solche Kreuzlager, läßt diese auch zur Verringerung des Holzverbrauchs vielfach mit Bergemauern abwechseln, da die Holzpfeiler große Holz-mengen verbrauchen (vgl. Fig. 33 und 56 auf S. 44 und 55).

In den Abbauräumen spielen Holzpfeiler eine geringere Rolle, da sie hier bei regelrechter Durchführung zu große Holz-mengen verschlingen würden. Sie eignen sich dann am besten für den Abbau mit Bergeversatz, wogegen sie beim Abbau ohne Versatz nach erfolgter Zusammenpressung feste Säulen bilden, die das erwünschte gleichmäßige Niedergehen des Hangenden hindern und sich so besonders beim etwaigen späteren Abbau höher liegender Flöze ungünstig bemerklich machen. Wie groß ihre Abmessungen mitunter werden können, zeigen Beispiele aus dem oberschlesischen Steinkohlenbergbau und australischen Erzbergbau, wo Holzpfeiler von 4 qm Fläche und 6—10 m Höhe vorkommen.

Es liegt auf der Hand, daß die Holzpfeiler, da sie aus einer ganzen Anzahl einzelner Holzlagen bestehen, deren jede um ein ziemlich beträchtliches Maß zusammengedrückt werden kann, in ganz besonderem Maße auf die Bezeichnung „nachgiebiger Ausbau“ Anspruch machen können. Man sieht daher häufig Pfeiler, die bis auf weniger als die Hälfte ihrer ursprünglichen Höhe zusammengepreßt sind. Gerade hierauf beruht zum großen Teile ihre besondere Bedeutung.

**36. — Türstockzimmerung.** Die seit alters gebräuchliche zusammengesetzte Zimmerung im eigentlichen Sinne ist die „Türstockzimmerung“. Jeder einzelne „Türstock“ besteht aus der „Kappe“ und den beiden Stempeln oder „Beinen“. Die Kappe kommt söhlig oder annähernd söhlig zu liegen und hält den Druck von oben her ab. Die Beine haben zunächst die Aufgabe, die Kappe zu tragen, sollen aber nach Bedarf auch Druck von den Stößen her abhalten und werden daher dann mit etwas Schräglage („Strebe“) aufgestellt (Fig. 20 u. a.).

Die häufigste Art der Türstockzimmerung ist diejenige mit Verblattung, die als deutsche Türstockzimmerung bezeichnet wird. Durch die Verblattung wird der Türstockrahmen in den Stand gesetzt, sowohl

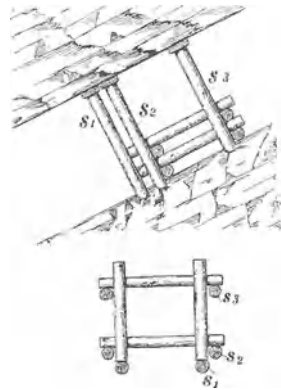


Fig. 19. Sicherung von Holzpfeilern in geneigten Lagerstätten.

dem Firsten- als auch dem Seitendruck zu widerstehen. Und zwar kann man ihr je nach Bedarf eine größere Widerstandskraft nach der einen oder anderen Richtung verleihen: so zeigt Fig. 21<sub>1</sub> eine Verblattung für vorwiegenden Seiten-, Fig. 21<sub>2</sub> eine solche für vorwiegenden Firstendruck. Überwiegt der Druck von der einen oder der anderen dieser Richtungen bedeutend, so braucht nur der Stempel bezw. die Kappe mit Blatt versehen zu werden (Fig. 21<sub>3</sub> u. 21<sub>4</sub>).

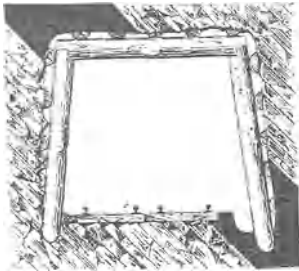


Fig. 20. Deutscher Türstock mit schrägen Beinen.

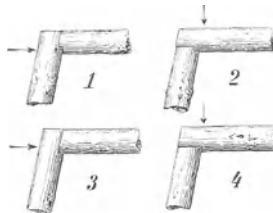


Fig. 21. Verschiedene Verblattungen bei deutschen Türstöcken.



Fig. 22. Ausführung der Türstockverblattung.

durch Einschnitt mittels der Säge geschaffene Fläche *e* das „Eingeschneide“; die in der Faser liegende Fläche, die durch das Beil freigelegt ist, wird beim Stempel „Gesicht“ (*g*), bei der Kappe „Blatt“ oder „Platte“ (*b*) genannt. Damit die Unterseite der Kappe mit einer ebenen Fläche am

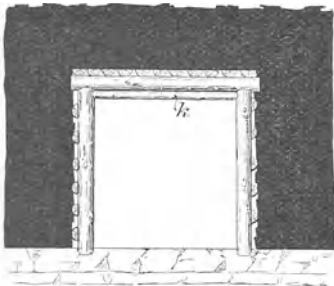


Fig. 23. Polnischer Türstock mit Kopfspreize.

Eingeschneide des Stempels anliegt, muß sie mit dem Beil dort etwas schräg abgeschlichtet werden. Türstöcke mit einem langen und einem kurzen Bein heißen „verkürzte“ oder „Stutztürstöcke“.



Fig. 24 a und b. Gute und schlechte Ausführung der Schar bei der polnischen Türstockzimmerung.

Da die Stempel oben durch die Einblattung geschwächt werden, so stellt man

sie zweckmäßig mit dem dickeren Ende nach oben. Man erzielt dadurch außerdem den Vorteil, daß die in der Sohle herzustellenden Bühnlöcher enger ausfallen können und überdies bei zu starkem Drucke der Stempel am unteren Ende nachgibt, wo dieses Nachgeben am wenigsten stört.

Beim sog. „polnischen“ Türstock (Fig. 23), wie er im oberschlesischen Bergbau die Regel bildet, werden die Beine oben nur ausgekehlt (mit einer „Schar“ versehen), um der Kappe eine günstige Auflagefläche zu bieten. Je vollständiger diese Ausrundung sich der Kappe anschließt, um

so besser ist es für die Beine. Wird dagegen an Stelle der sorgfältigeren Ausrundung mit der Axt die Schar nur durch einen doppelten Sägeschnitt (Fig. 24 *b*) hergestellt, so laufen die Beine Gefahr, gespalten zu werden. Auch ist wichtig, daß die Kappe der ganzen Länge des Ausschnitts nach aufliegt (vgl. die richtige und die falsche Ausführung nach Fig. 25<sub>2</sub>). Die Verwahrung gegen Seitendruck wird bei der polnischen Türstockzimmerung durch Eintreiben der sog. „Kopfspreize“ (*k* in Fig. 23) zwischen beide Beine erreicht, da hier die Schrägstellung der Beine deren Widerstand gegen Seitendruck noch mehr verringern würde. Weniger zweckmäßig, aber billiger ist die Anwendung eines „Vorschlags“, d. h. eines in die Kappe eingetriebenen Pflockes oder starken Nagels, gegen den das Bein sich stützt (vgl. auch unten, Fig. 86 auf S. 72).

Von untergeordneter Bedeutung ist die „schwedische“ Türstockzimme-

ringung, bei der an die Stelle der Verblattungen schräge Schnittflächen, mit der Säge hergestellt, treten. Bei vollständiger Durchführung geht sie in die Polygonzimmerung (Fig. 26) über, wie sie in sehr druckhaften Strecken zur Anwendung gelangt.

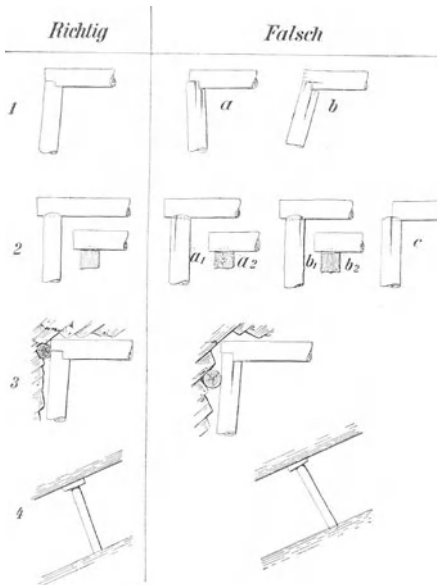


Fig. 25. Fehler bei Türstock- und Stempelzimmerung.

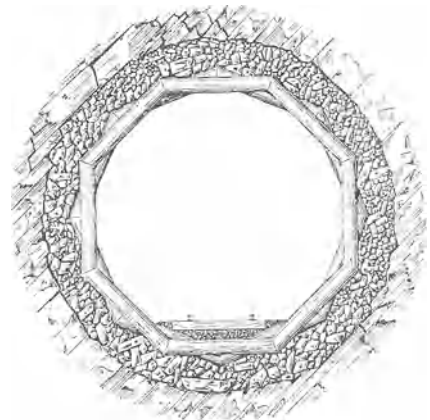


Fig. 26. Polygonzimmerung.

Die Türstockzimmerung verlangt eine gewisse Sorgfalt in der Herstellung. Die bei ihr am häufigsten gemachten Fehler werden durch die Gegenüberstellung der richtigen und falschen Ausführung in Fig. 25, 1—3, gekennzeichnet. Sie laufen am letzten Ende immer darauf hinaus, daß das Holz zum Spalten veranlaßt wird, und jede Zimmerung muß demgemäß so ausgeführt werden, daß das Holz möglichst wenig auf Zug quer zur Faser beansprucht wird, weil in dieser Richtung seine Widerstandsfähigkeit äußerst gering ist. Eine solche ungünstige Beanspruchung kann z. B. herbeigeführt werden durch zu kleine Auflageflächen

Die Türstockzimmerung verlangt eine gewisse Sorgfalt in der Herstellung. Die bei ihr am häufigsten gemachten Fehler werden durch die Gegenüberstellung der richtigen und falschen Ausführung in Fig. 25, 1—3, gekennzeichnet. Sie laufen am letzten Ende immer darauf hinaus, daß das Holz zum Spalten veranlaßt wird, und jede Zimmerung muß demgemäß so ausgeführt werden, daß das Holz möglichst wenig auf Zug quer zur Faser beansprucht wird, weil in dieser Richtung seine Widerstandsfähigkeit äußerst gering ist. Eine solche ungünstige Beanspruchung kann z. B. herbeigeführt werden durch zu kleine Auflageflächen

infolge mangelhafter Bearbeitung (Fig. 25<sub>1</sub> u. 25<sub>2</sub>) oder durch unrichtige Anbringung eines zur Festspannung dienenden Kopfholzes (Fig. 25<sub>3</sub>).

**37. — Vergleich der verschiedenen Türstockarten.** Die deutsche Türstockzimmerung hat den Vorzug, sich den verschiedenartigsten Druck- und Lagerungsverhältnissen anpassen zu lassen. Je nach diesen kann gerade oder schiefe, ein- oder zweiseitige, Firsten- oder Stoßdruckverblattung zur Anwendung kommen und die Länge und Neigung beider Beine gleich oder verschieden sein. Nachteilig ist das Erfordernis einer gewissen Geschicklichkeit des Arbeiters, auf die nur in Bezirken mit alteingesessener Belegschaft voll gerechnet werden kann. Auch wird durch das Einschneiden der Hölzer ihre Widerstandsfähigkeit gegen Druck sowohl wie gegen chemische Einwirkungen beeinträchtigt. — Die polnische Zimmerung ist, weil sie keine Schwächung des Querschnitts durch Herstellung der Verblattung erfordert, gegen reinen Firstendruck sehr widerstandsfähig und zeichnet sich in diesem Falle außerdem durch ihre einfache und bequeme Ausführung aus. Bei Abwehr von Seitendruck hingegen wird sie umständlicher, und bei dem besten Verfahren, der Sicherung durch Kopfspreize, der Holzverbrauch größer. — Die schwedische Zimmerung verlangt eine gewisse Sorgfalt, da die schrägen Flächen genau zusammenpassen müssen. Sie ist widerstandsfähig und eignet sich besonders für die Abwehr eines von allen Seiten gleichmäßig wirkenden Druckes, soweit überhaupt für diesen noch Holzausbau ausreicht.

**38. — Abarten der Türstockzimmerung.** Der Türstockausbau soll sich den gegebenen Verhältnissen in jedem Falle möglichst anpassen. Man wird also nicht nur bei Bedarf von der einen zur anderen Zimmerung übergehen, sondern auch in einem und demselben Türstock verschiedenartige Vorteile zu vereinigen suchen.

Auch begnügt man sich in streichenden Strecken bei steilerer Lagerung, wenn der Druck vom Hangenden her die Hauptrolle spielt, vielfach mit halben Türstöcken (Fig. 27), die im Ruhrbezirk „Handweiser“ genannt werden. Man spart dabei nicht nur das zweite Bein, sondern auch den dafür erforderlichen Raum und kann so häufig noch ohne Nachreißen des Liegenden auskommen. Ist das Liegende gutartig, so braucht die Kappe dort nur eingebüht zu werden. Andernfalls sichert man es durch einen mehr oder weniger langen Fußpfahl (Fig. 27; hier haben Türstock und Bergekasten diesen gemeinsam).

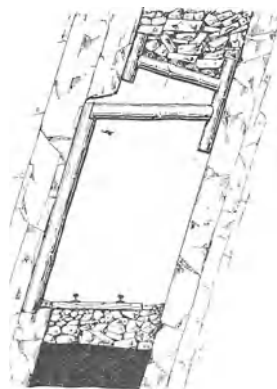


Fig. 27. Halber Türstock mit Fußpfahl am Liegenden.

**39. — Nebenaufgaben der Türstockzimmerung.** Fig. 28 veranschaulicht die Abdeckung einer Wasserseige: die Deckbohlen sind auf

Spreizen genagelt, die in das Türstockbein etwas eingelassen sind und diesem gleichzeitig noch festeren Halt gegen Druck vom Hangenden her geben. In Bremsbergen mit mittlerer Neigung können die Türstöcke auch zum Festhalten des Gestänges herangezogen werden. So veranschaulicht Fig. 29 eine Zimmerung, bei der hinter jeden dritten Türstock Traghölzer  $t_1$   $t_2$  fassen, gegen welche die Schwellen  $s$  durch die zwischen sie getriebenen Bolzen  $b$  abgestützt werden.



Fig. 28. Türstock mit abgedeckter Wasserseige.

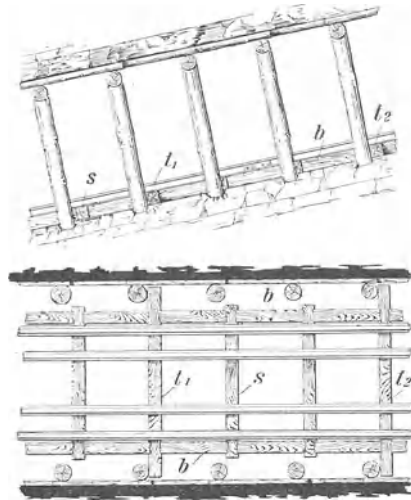


Fig. 29. Türstockzimmerung in Bremsbergen mit Tragwerk für das Gestänge.

**40. — Verbindung zwischen den einzelnen Türstöcken.** Eine Verbindung der einzelnen Türstöcke miteinander kann einerseits den Zweck haben, das Gebirge auch in den einzelnen „Feldern“ zwischen den Türstöcken zu sichern, anderseits eine gegenseitige Versteifung der letzteren bezwecken. Dem ersteren Zweck dient die Einbringung von „Verzug“ (auch „Verpfählung“ genannt) hinter den Stempeln und Kappen. Man benutzt dazu meist dünneres Holz („Schwarten“, im Ruhrkohlenbergbau auch „Scheiden“ genannt, oder „Pfähle“, im Ruhrbezirk „Spitzen“); für die Firste werden in wichtigeren Strecken vielfach alte Grubenschienen verwendet.

Der Verzug ist in erster Linie für die Firste wichtig, da die in den Strecken sich bewegenden Leute vor Stein- und Kohlenfall aus dieser geschützt werden müssen. Die Verzugpfähle sind daher über den Kappen genügend dicht zu legen, und die Zwischenräume zwischen ihnen und dem Gebirge sind durch Berge oder altes Holz möglichst auszufüllen, damit keine Stücke aus den anstehenden Massen herunterstürzen und den Verzug durchschlagen können. Wird die Firste durch Kohle gebildet, so ist diese Ausfüllung auch zur Verhütung der Brandgefahr erforderlich. Eine ganze Reihe von Bränden ist nämlich schon dadurch entstanden, daß bei mangelhafter Ausfüllung Kohlenschalen aus der Firste sich auf den Verzug setzten, dort mehr und mehr zerfielen und schließlich sich entzündeten.

Anders steht es mit dem Verzuge der Stöße. Dessen Ausführung ist vom Gebirgsdruck abhängig. Ist dieser gering, so sucht man durch

zweckentsprechend ausgeführten und gut hinterpackten Verzug die sich etwa loslösenden Gebirgsschalen zurückzuhalten. Bei starkem Druck dagegen ist der Verzug zwecklos, da die Türstockbeine einem solchen Drucke nicht gewachsen sind, sondern durch ihn gebrochen oder nach innen geschoben werden. Man hält daher neuerdings in druckhaftem Gebirge den Türstockausbau an den Stößen ganz frei, so daß der Ausbau nur den

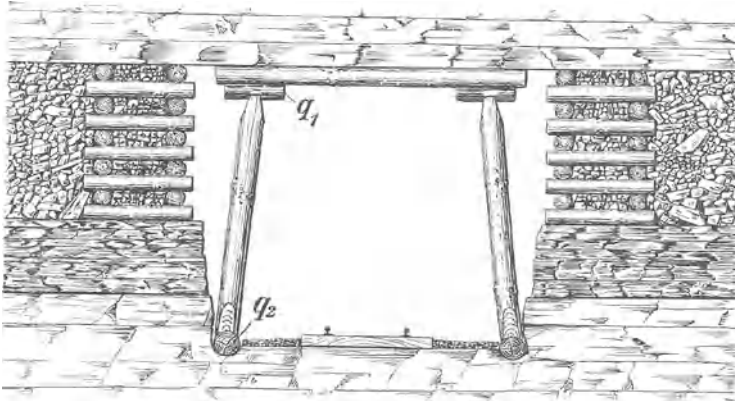


Fig. 30. Nachgiebiger Türstockausbau mit freistehenden Türstöcken und Quetschhölzern auf Zeche Rheinpreußen.

Firstendruck aufzunehmen hat, der durch die Kappe auf die Türstockbeine übertragen wird (Fig. 30). Durch rechtzeitiges Bereißen der Stöße, nachdem dieselben durch den Druck wieder an die Zimmerung herangepreßt sind, wird dieser Abstand dauernd erhalten.

Will man auch bei Seitendruck noch die Zurückhaltung von Gesteinsschalen erreichen, so wendet man den „Zaunverzug“ (Fig. 31) an. Bei diesem legen die Verzugpfähle  $a_1$   $a_2$  sich nicht unmittelbar gegen den Stoß, sondern halten diesen durch Vermittelung der Bretter  $b$  zurück, die bei zu starkem Hereindrücken der Stöße bequem vorübergehend herausgenommen

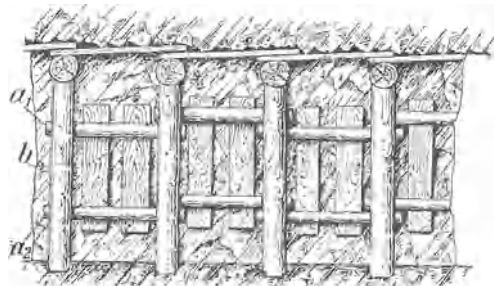


Fig. 31. Türstockausbau mit Zaunverzug.

werden können, um hinter ihnen durch Beseitigung der losgedrückten Schalen zu „lüften“ und sie dann wieder einzutreiben. Diese Art des Verzuges bietet außerdem den Vorteil einer gleichmäßigen Verteilung des Druckes auf die ganze Länge der Stempel.

Die gegenseitige Absteifung der Türstöcke erfolgt durch Zwischentreiben von „Bolzen“. Sie ist besonders für unruhiges und schiebendes

Gebirge von Bedeutung. Die Verbolzung kann sowohl bei den Stempeln als auch bei den Kappen erfolgen. Es muß darauf geachtet werden, daß die Bolzen alle in eine Richtung zu liegen kommen, damit der durch sie ausgeübte Druck die Stempel nicht zu verdrehen sucht.

**41. — Nachgiebige Türstockzimmerung.** Für die Nachgiebigkeit bei der Türstockzimmerung gilt z. T. das bereits beim nachgiebigen Stempelausbau (Ziff. 31) Gesagte. Denn auch ein Türstock zeigt schon in sich eine gewisse Nachgiebigkeit infolge der Zusammendrückbarkeit des Holzes. Und auch hier kann durch eine besondere Ausführung der Zimmerung selbst und durch Einschaltung von Zwischenstücken die Nachgiebigkeit erhöht werden.

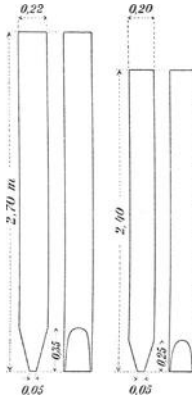


Fig. 32. Zweiseitig angeschärfte Türstockbeine.

Die besondere Ausgestaltung der Zimmerung läuft dann meist darauf hinaus, die Kappe möglichst widerstandsfähig zu machen, die Stempel dagegen durch Anschärfung am unteren Ende zu schwächen, so daß die so lästige Erscheinung der gebrochenen Kappen ausgeschaltet wird. Haben die Stempel etwas Seitendruck auszuhalten, so gibt man ihnen nicht eine Spitze wie in Fig. 10, sondern (durch nur 2 Schnitte mit der Kreissäge) eine Schneide, die rechtwinklig zum Stoß gerichtet wird. Auch läßt man die Anschärfung nicht so hoch hinauf reichen wie die Zuspitzung, sondern begnügt sich mit Höhen von 25—35 cm (Fig. 32).

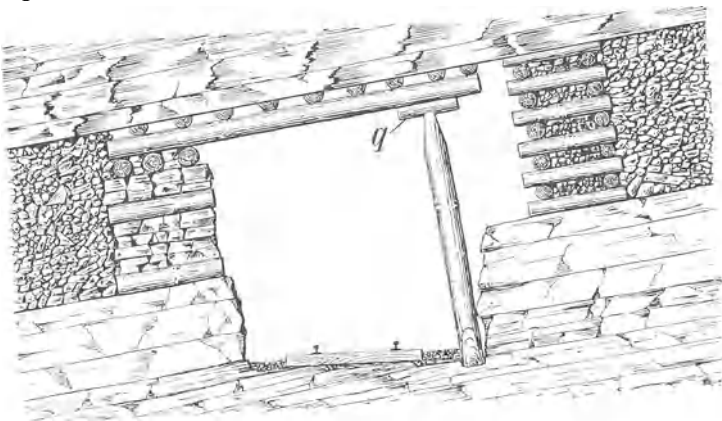


Fig. 33. Nachgiebiger Türstockausbau in halben, freistehenden Türstöcken mit Quetschhölzern.

Zwischenstücke zur Erhöhung der Nachgiebigkeit sind auch beim Türstockausbau weiche Holzstücke („Quetschhölzer“), meist Rundhölzer. Diese können sowohl unter die Beine (Fig. 30), als auch zwischen Beine und Kappe (Fig. 30 u. 33) gelegt werden. Wie die Figuren zeigen, kann man durch schwaches Anschärfen des Stempelkopfes dessen Eindringen in das Kopfholz erleichtern.

Hat ein Stempel Seitendruck abzuwehren, so kann man ihn nach Fig. 34 als „gebrochenen“ Stempel aus 2 Stücken zusammensetzen und zwischen diese das Quetschholz legen. Unter der Kappe ist hier zur weiteren Aufnahme des Seitendruckes noch eine Kopfspreize eingezogen.

Die Verstärkung der Kappe kann man dadurch bewirken, daß man für sie einen Eisenträger oder eine Stahlschiene wählt (vgl. unten Fig. 85 u. 86). Eine andere Möglichkeit ist ihre Unterstützung durch Stücke von abgeworfenen Drahtseilen oder von Litzen solcher Seile. Diese werden entweder einfach zwischen Kappe und Türstock eingelegt und dann nur durch die Klemmwirkung festgehalten oder an beiden Enden umgeschlagen und an die obere Fläche der Kappe genagelt (Fig. 35); nach einiger Zeit drückt sie dann den Gebirgsdruck fest. Es empfiehlt sich, an der Unterfläche der Kappe eine Kerbe herzustellen, in die das Seil sich hineinlegt und die sein seitliches Ausweichen verhindert. Das Seil soll möglichst straff gespannt sein, damit es gleich von Anfang an der Kappe tragen hilft und nicht erst nach einem gewissen Durchbiegen oder gar einem Bruch der Kappe beansprucht wird. Damit die Stempelköpfe bei stärkerem Druck nicht aufgespalten werden, kann man sie durch eine Umflechtung mit Seillitzen verstärken.

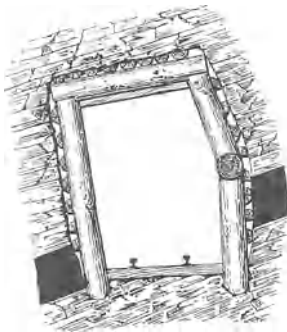


Fig. 34. Türstock mit gebrochenem Stempel und Quetschholz.

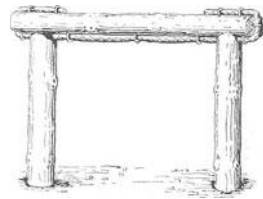


Fig. 35. Polnischer Türstock mit Verstärkung der Kappe durch ein Drahtseil.

Da nachgiebiger Türstockausbau nur dort verwendbar ist, wo der Seitendruck nur eine geringe Rolle spielt, so kommt für solchen Ausbau nur der einfachere polnische Türstock zur Verwendung.

**42. — Geviertzimmerung.** In den bisher behandelten Beispielen hatte die Türstockzimmerung den Druck von 3 Seiten, nämlich von der Firste und den beiden Stößen, abzuwehren. Soll sie auch gegen Sohlendruck widerstandsfähig sein, so muß sie durch ein viertes Holz, die „Grundschwelle“ oder das „Sohlenholz“, vervollständigt werden. Wird diese gleichfalls durch Verblattung mit den Beinen verbunden, so entsteht ein geschlossener Türstock, (ein „Viergespann“, Fig. 36).

Eine besonders kräftige Ausführung der Türstockzimmerung gegen allseitigen Druck ist in Fig. 37 dargestellt. Hier sind auf die teils zwischen die Türstockbeine getriebenen, teils zwischen den Türstöcken auf die Sohle gelegten Grundschwellen *s* beiderseits Langhölzer („Grundsohlen“) *l* gelegt, gegen die sich die Hilfstürstöcke *h k* stützen, und zwar so, daß in die Mitte und an jedes Ende einer Grundsohle ein solcher Hilfstürstock zu stehen kommt.



Die höheren Kosten von Türstockzimmerungen nach Fig. 36 u. 37 rechtfertigen sich dort, wo das Gebirge druckhaft ist, der Druck aber wegen geringer Teufe der Grubenbaue noch in solchen Grenzen bleibt, daß er sich durch die Sohlenhölzer abwehren läßt. Solche Verhältnisse liegen im deutschen Braunkohlenbergbau vielfach vor, wo es sich außerdem auch darum handeln kann, Schwimmsanddurchbrüche aus dem Liegenden abzuhalten. In größeren Tiefen dagegen, wie sie im Steinkohlenbergbau durchweg vorhanden sind, ist die Fernhaltung eines wirklich starken Druckes aus dem Liegenden auf die Dauer überhaupt unmöglich. In Ziff. 3 ist auf das „Quellen“ der Sohle oder des Liegenden als auf eine Druckercheinung hingewiesen worden. Dieses Quellen entlastet bis zu einem gewissen Grade die Zimmerung, indem es für den Gebirgsdruck eine Art Sicherheitsventil schafft, so daß er nicht mit voller Kraft auf die Zimmerung wirkt. Es belästigt allerdings den Betrieb sehr durch die Notwendigkeit des häufigen Nachsenkens des Gestänges. Wollte man es aber durch Sohlenschwellen ganz zu verhüten suchen, so würden diese dem gewaltigen Druck auf die Dauer doch

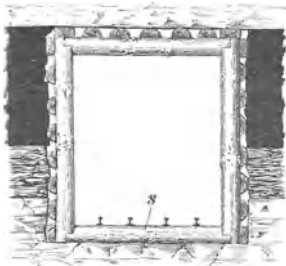


Fig. 36. Viergespann.

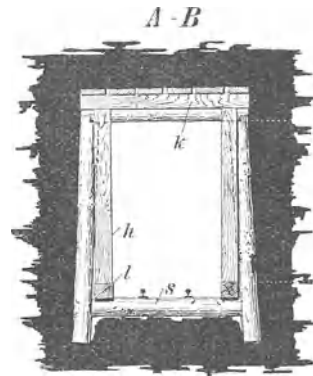


Fig. 37. Verstärkte Türstockzimmerung mit Grundschwellen.

nicht standhalten und dann um so schwierigere Ausbesserungsarbeiten notwendig machen.

**43. — Schalholzzimmerung.** Ein für den Ruhrkohlenbergbau bezeichnender Ausbau ist die Schalholzzimmerung (Fig. 38 u. f.). Sie ist dadurch gekennzeichnet, daß sie in erster Linie den Druck vom Hangenden her in steiler gelagerten Flözen abfangen soll, und erfüllt diese Aufgabe dadurch, daß ein am Hangenden liegendes Holz durch einen oder mehrere Stempel, die senkrecht gegen das Einfallen eingetrieben werden, gestützt wird. Während also bei der Türstockzimmerung die Kappe durchweg sölilig oder annähernd sölilig liegt und die Beine mit dieser meist einen stumpfen Winkel bilden, wird bei der Schalholzzimmerung der Kappe die Richtung des Einfallens und den Stempeln in der Regel eine zur Kappe rechtwinkelige Stellung gegeben. Und während die Türstockzimmerung ein ausgeprägter Querschlag- und Grundstrecken-ausbau ist, kommt die Schalholzzimmerung nur für Abbaue und für Flözstrecken in Betracht. Der Name bezog sich ursprünglich auf eine

Zimmerung mit Halbhölzern („Schalhölzern“) als Kappen, gilt aber jetzt auch für Rundholzkappen. Bei flacher Lagerung nähert sich diese Zimmerung in Strecken der Türstockzimmerung, während man sie dann im Abbau als „Kappenzimmerung“ zu bezeichnen pflegt.

**44. — Schalholzzimmerung im Abbau.** Die Schalholz- bzw. Kappenzimmerung im Abbau bietet wenig Besonderheiten. Bei steilerem Einfallen müssen die Schalhölzer in schwebender Richtung eingebaut werden. Ist in steiler stehenden Flözen das Liegende zum Abrutschen geneigt, so muß es gleichfalls durch Langhölzer, hier „Schwellen“ oder (im Ruhrkohlenbezirk) auch „Klemmen“ genannt, verwahrt werden. Ein Beispiel gibt Fig. 38, die außerdem noch folgende Besonderheiten zeigt: Stützung des Ausbaues am Hangenden und Liegenden durch den Streckenausbau, dichter Anschluß der Schalhölzer und Klemmen aneinander, Abfangen der Schweben durch die Abbauzimmerung selbst, indem die sie stützenden Stempel mit den Schalhölzern am Hangenden und Liegenden durch Verblattung verbunden werden. — In flacher gelagerten Flözen können die Kappen nach Wahl schwebend oder streichend, auch diagonal eingebaut werden. Man richtet sich dann nach dem Verlauf der am meisten vorkommenden Gebirgsklüfte und legt die Kappen so, daß eine jede möglichst viele dieser Klüfte überspannt und so den größtmöglichen Schutz gibt.

Fig. 39 veranschaulicht den besonderen Fall eines Schalholzausbaues bei abfallendem Verhieb eines Flözes in 2 Bänken. Die Kappen *s* werden während der Gewinnung der Oberbank durch verlorene Bolzen *b* getragen, in deren Zwischenräume nach Gewinnung der Unterbank die endgültigen Stempel *h* gesetzt werden.

Ein Mittel zur Ersparung von Stempeln bei nicht zu starkem Gebirgsdruck zeigt Fig. 40. Hier bleibt nur jede zweite Stempelreihe stehen, während die dazwischen liegenden Stempel *s* nachher wieder gewonnen werden, nachdem die Kappe *k* durch einen „Unterzug“ in Gestalt eines alten Drahtseils gestützt worden ist, das durch Haken *h* oder dgl. an den stehen bleibenden Stempeln befestigt wird. Da nach rechts und links zu den weiter sich anschließenden Stempeln in gleicher Weise Drahtseile ge-



Fig. 38. Schalholzzimmerung mit Fußklemmen beim Pfeilerbau.

spannt werden, so gleichen die entgegengesetzten Zugkräfte sich aus, und einseitige Belastungen der Stempel werden vermieden. Auf der Zeche

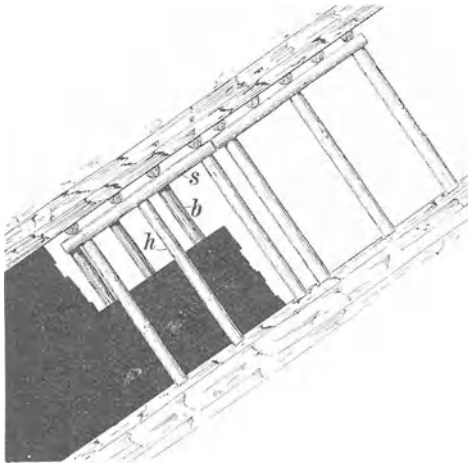


Fig. 39. Kappenzimmerung mit verlorenen Stempeln bei abfallendem Verhieb.

Consolidation bei Gelenkirchen hat man sogar die Schalhölzer vollständig durch Drahtseile ersetzt, die in gleicher Weise wie die Schalhölzer auf Stempel zu liegen kommen.

#### 45. — Schalholz-zimmerung in Strecken.

Bei der Streckenzimmerung wird der obere Tragstempel des Schalholzes gleichzeitig zum Abfangen der Firste ausgenutzt und deshalb durch Verblattung mit dem Schalholz verbunden. Das Fußende des Schalholzes kann bei nicht zu

großer Länge desselben und bei mäßigem Druck, wenn anstehende Kohle von genügender Festigkeit vorhanden ist, einfach in diese eingebüht werden (Fig. 41). Meist aber muß es durch einen zweiten Stempel abgestützt werden (Fig. 42 u. 43).

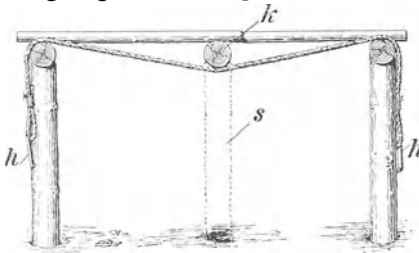


Fig. 40. Schalholz-zimmerung mit Drahtseilen.

Der Firststempel kann ins Liegende eingebüht sein (Fig. 42) oder sich dort gegen einen „Fußpfahl“ stützen; er kann auch nach Fig. 41 durch ein Türstockbein am Liegenden noch besonders abgesteift werden.

Der untere Stempel kann ebenfalls angeblattet werden, so daß sich ein „liegender Türstock“ ergibt. Meist wird er aber durch einen einfach untergeschlagenen Stempel (Fig. 42) oder durch eine Sohlenspreize (Fig. 43) gebildet. Bei solchen und ähnlichen Zimmerungen dient der untere Stempel gleichzeitig mit zum Tragen der Schienenstege und wird daher auch „Bahnstempel“ genannt. Bei steilerer Lagerung kann auch eine Verwahrung des Liegenden erforderlich werden. Sie erfolgt durch ein zweites Schalholz am Liegenden (Fig. 43), das man dann als „Liegendholz“ im Gegensatz zu dem „Hangendholz“ zu bezeichnen pflegt.

Während im Abbau bei uns vorzugsweise Fichtenholz für den Schalholzausbau benutzt wird, finden wir in den Strecken auch Eichenholzausbau dieser Art, wenn es sich um Strecken von längerer Standdauer

(Grund- und Teilsohlenstrecken, Wetterstrecken u. dgl.) handelt. Wird nicht die ganze Zimmerung aus dem teuren Eichenholz hergestellt, so bevorzugt man es wenigstens für das Schalholz selbst, da dieses infolge

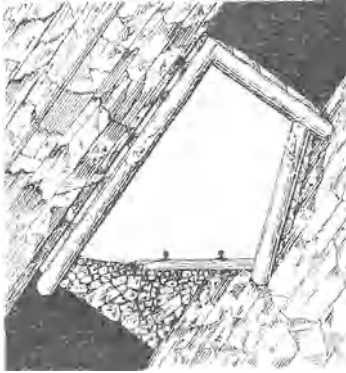


Fig. 41. Schalholzzimmerung mit Stempel am Liegenden.

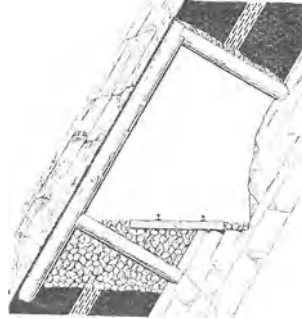


Fig. 42. Schalholzzimmerung mit untergeschlagenem Bahnstempel.

der Durchbiegung auf Zug beansprucht wird, dem das zähe Eichenholz erfolgreicher widerstehen kann.

**46. — Schalholzzimmerung über offenen Räumen.** Besonders hohe Ansprüche werden an Streckenzimmerungen über offenen Räumen gestellt, wie solche für die Bergezufuhrstrecken beim Stoßbau oder für die Abbaustrecken beim Strebbau mit Voranstellung der oberen Stöße (vgl. Bd. 1, Abschnitt „Abbau mit Bergeversatz“) erforderlich werden. Beispiele geben die Figuren 44 u. 45. In Fig. 44 sind die Stege in den Bahnstempel *s* und das Liegendholz *l* eingebüht. Letzteres wird hier zwar nicht durch den Bahnstempel selbst abgestützt, weil dieser dann seinerseits nicht genug Halt haben würde; seinem Hereinschieben durch den Druck vom Liegenden her wird aber durch den Schienesteg und besonders durch die Neigung von Firsten- und Bahnstempel gegeneinander nach dem Hangenden hin Widerstand geleistet. Fig. 45 veranschaulicht die Verstärkung einer solchen Zimmerung durch ein „Sprengwerk“, durch das der Firstentempel abgestützt wird und dessen eine Strebe ins Liegende eingebüht ist, während die andere auf dem Bahnstempel ruht, in den sie etwas eingekerbt ist.

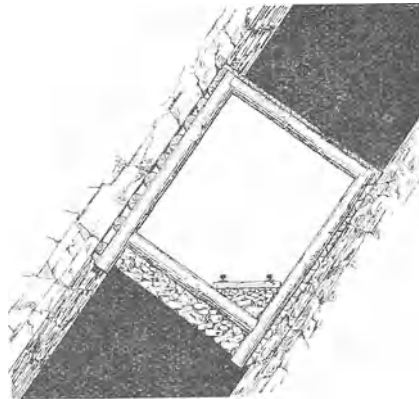


Fig. 43. Schalholzzimmerung mit Liegendholz und Bahnstempel.

**47. — Verzug bei der Schalholzzimmerung.** Der Verzug bietet gegenüber dem bei der Türstockzimmerung Gesagten im allgemeinen keine Besonderheiten. Nur ein eigenartiges Verfahren, dünne Gebirgsschalen durch Anwendung von Versatzleinen zurückzuhalten, wie es auf der Zeche Consolidation angewandt wird, verdient hier Erwähnung. Das Leinen wird in den Rollen, in denen es geliefert wird, in die Abbaue gebracht, hier mit einem Ende über der letzten eingebauten Kappe oder (bei schwebenden Kappen) über einem auf den Kappen liegenden Querholz festgenagelt und nun dem Fortschreiten des Verhiebes entsprechend unmittelbar unter dem Hangenden entlang abgerollt. Sobald für eine neue Kappe Platz geschaffen ist, wird diese unterhalb der Leinwand eingebaut usf.

Diese Art des Verzuges zeichnet sich durch die bequeme Einbringung aus. Sie wird insbesondere angewandt, um eine Verunreinigung der Kohlen durch dünne Schalen, die sich vom Hangenden lösen, zu verhüten. Daher eignet sich der Leinenverzug vorzugsweise für solche Flöze, auf denen

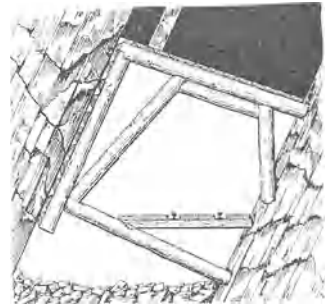
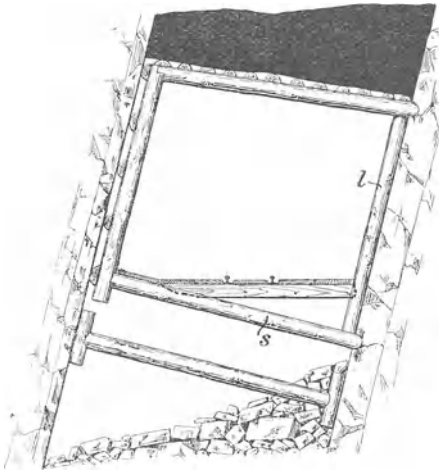


Fig. 44 und 45. Schalholzzimmerung über offenen Abbauräumen.

Fig. 44. Zimmerung mit Liegendholz.

Fig. 45. Zimmerung mit Sprengwerk.

ein Brandschieferpacken oder ein sonstiger dünnschieferiger Nachfall ruht, der im Abbau gehalten werden kann und soll. Dagegen empfiehlt er sich nicht für kurzklüftiges oder unruhiges Gebirge, weil er gegen schwere hereinbrechende Blöcke keine Sicherheit gewährt und außerdem die Beobachtung des Gebirges und dessen Abklopfen zur Prüfung der Festigkeit unmöglich macht.

Bei steilerer Lagerung und einem Liegenden von der vorhin erwähnten Beschaffenheit, das also unter der Einwirkung des Gebirgsschubes zur Ablösung dünner Schalen neigt, kann auch auf dem Liegenden ein solcher Leinenverzug angebracht werden.

**48. — Nachgiebige Schalholzzimmerung.** Auch bei der Schalholzzimmerung kann durch die früher erwähnten Mittel eine größere Nachgiebigkeit erzielt werden. So zeigt Fig. 46 einen Schalholzausbau im Abbau mit angespitzten Stempeln. Die schwebend eingebauten Schalhölzer (Kappen) liegen hier an den Enden übereinander, wodurch einerseits eine feste wechselseitige Verbindung der Kappen, andererseits eine

größere Nachgiebigkeit erreicht wird, indem die jedesmal untenliegende Kappe als Quetschholz wirkt, in das der Stempel sich mit seinem schwach zugeschärften Kopfende hineindrücken kann. In Fig. 47 sind dagegen die

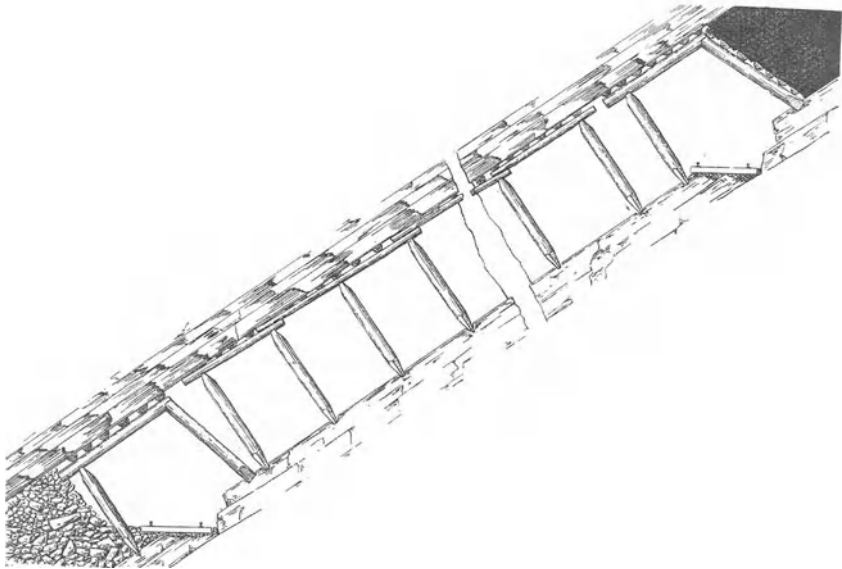


Fig. 46. Nachgiebige Schalholzzimmerung im Abbau.

Kappen unter sich durch Verblattung verbunden. Solche Zimmerungen verbieten sich allerdings bei steiler Lagerung, da dann das Hangende zu

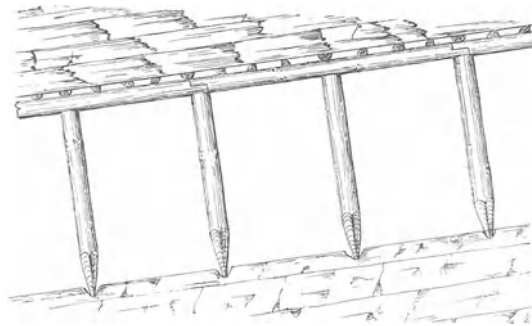


Fig. 47. Nachgiebige Schalholzzimmerung mit verblatteten Kappen im Abbau.

sehr in der Fallrichtung nach unten schiebt und die Zuspitzung der Stempel diesem Schube gegenüber nutzlos ist.

Beispiele für nachgiebigen Schalholzausbau in Strecken geben die Figuren 48 u. f. In Fig. 48 ist das Schalholz mit dem Stempel verblattet und ebenso wie dieser messerartig angeschärft. Die Anschärfung des Stempels ermöglicht das Nachgeben gegenüber dem Druck vom Hangenden,

diejenige der Kappe das Nachgeben gegenüber der in der Fallrichtung wirkenden Schubwirkung des Hangenden und des Oberstoßes. Bei den beiden anderen Figuren handelt es sich um steilere Lagerung, die gleich-

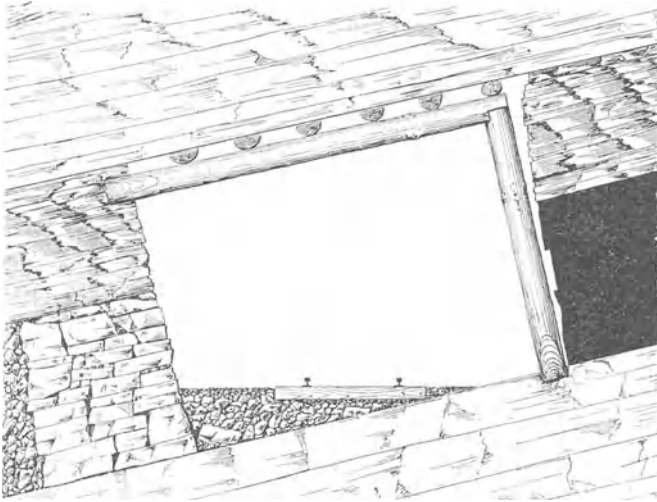


Fig. 48. Nachgiebiger Schalholzausbau in Strecken.

zeitig das Abfangen des Bergeversatzes notwendig macht. In Fig. 49 ist der Firnenstempel  $k$  sowohl wie auch der Bahnstempel  $s_1$  angespitzt, damit der Versatz zusammengedrückt werden kann. Die dadurch bewirkte

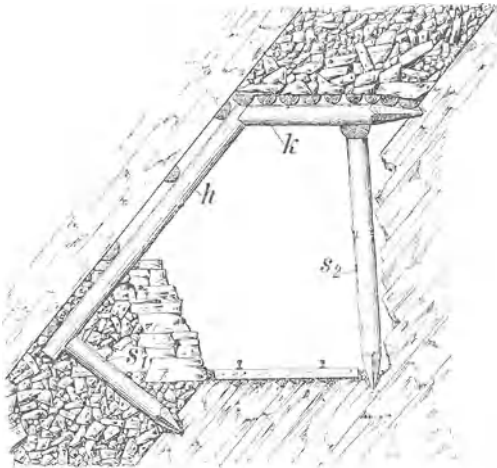


Fig. 49. Nachgiebiger Schalholzausbau mit Mittelstempel in Strecken.

Schwächung des Stempels  $k$  gegen den Firnenstempel  $k$  gegen den Firnenstempel  $k$  hat seine Abstützung durch den Hilfstempel  $s_2$  nötig gemacht. In Fig. 50 hat man wegen der größeren Flözmächtigkeit den Firnenstempel  $k$  durch das Sprengwerk  $s_2$  mit eingelegtem Rundholz unterfangen. Der Firnenstempel ist mit der Kappe verblattet, und zwar zeigt die Hauptfigur die Verblattung bei gutartigem, die Nebenfigur die Verblattung bei druckhaftem Hangenden.

Derartige nachgiebige Zimmerungen ermöglichen es, ohne einen besonderen Stempelschlag zum Abfangen des Versatzes nach Ziff. 33 auszukommen, sofern von vornherein für einen genügenden Querschnitt der Strecke gesorgt wird.

Bei der Zimmerung nach Fig. 51, bei der der Firstenstempel wegen gebräucher Beschaffenheit der Kohle einen stärkeren Druck auszuhalten

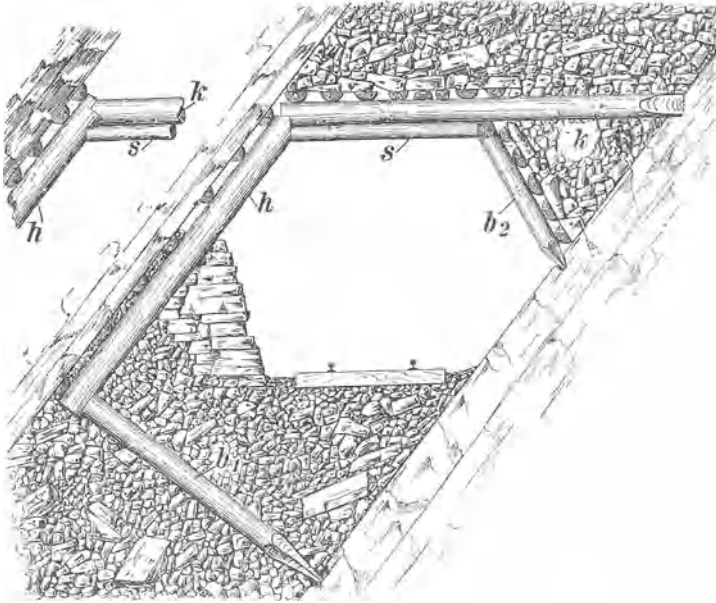


Fig. 50. Nachgiebiger Schalholzausbau mit Sprengwerk in Strecken.

hat, ist dieser als gebrochener Stempel ausgeführt und zwischen seine beiden Stücke ein Quetschholz gelegt.

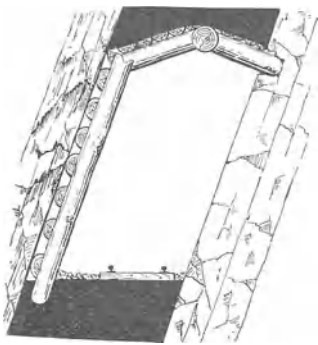


Fig. 51. Verbindungen zwischen Türstock- und Schalholzzimmerung.

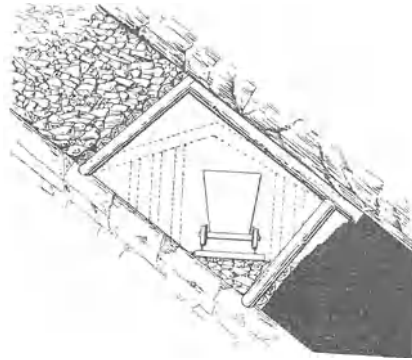


Fig. 52. Nachgiebige Schalholzzimmerung in Abbaustrecken.

Auch durch Verschiebbarkeit der ganzen Zimmerung in sich kann diese nachgiebig gestaltet werden. So hat man in mächtigeren Flözen, in denen trotz einer gewissen Verdrückung der Zimmerung der zur Förderung



nötige Querschnitt noch gewahrt bleibt, mit einer nachgiebigen Schalholzzimmerung nach Fig. 52<sup>1)</sup> gute Erfahrungen gemacht. Der Ausbau kommt durch die Zusammenpressung des Versatzes allmählich in die punktiert angedeutete Lage, worauf durch beiderseits nach Bedarf untergeschlagene Mittelstempel ein weiteres Nachgeben verhindert wird.

#### 49. — Übergänge und Verbindungen zwischen Türstock- und Schalholzzimmerung.

Werden Flözstrecken, deren Hangendes nicht angegriffen wird, mit Türstöcken ausgebaut, so kommt die Kappe oder ein Bein jedes Türstockes unter das Hangende zu

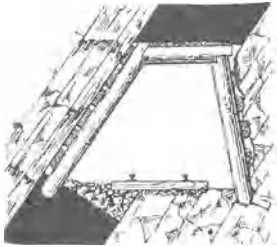


Fig. 53. Schalholz eingebüht.

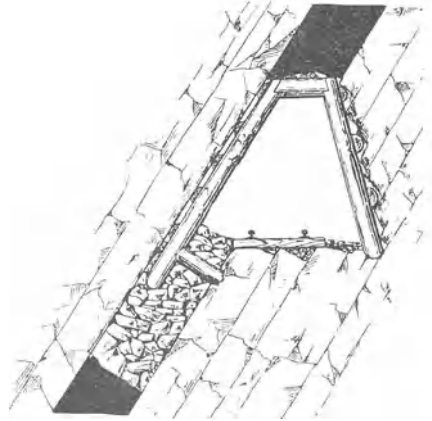


Fig. 54. Schalholz durch Bahnstempel abgefangen.

liegen, und es ergeben sich Zimmerungen, die halb Türstock-, halb Schalholzzimmerungen sind. Dahin gehören Ausbauarten nach Fig. 53—55.

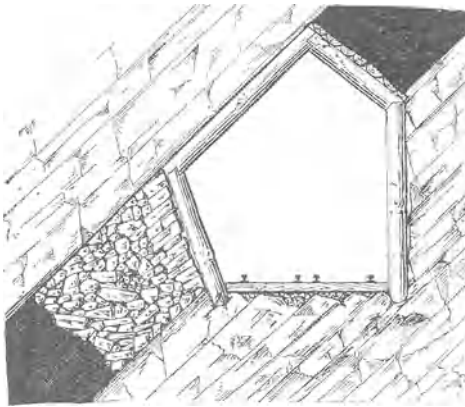


Fig. 55. Firstenstempel durch Liegendstempel gestützt.

In Fig. 53 ist das gleichzeitig als Schalholz anzusehende Türstockbein in die Kohle eingebüht und die Kappe des Türstockes links mit Verblattung gegen Seitendruck, rechts mit einer solchen gegen Firstendruck versehen. In Fig. 54 ist das Fußende des Schalholzes durch einen Bahnstempel unterfangen und wegen stärkeren Druckes vom Hangenden und geringerer Flözmächtigkeit die Verblattung der Kappe nur für Seitendruck berechnet. In Fig. 55 bildet das Schalholz mit seinen beiden Stempeln einen liegenden Türstock. Der Oberstempel aber stützt sich hier nicht unmittelbar gegen das Liegende, sondern ist dort an einen Liegendstempel angeblattet, den er auf diese Weise gleichzeitig seinerseits abstützt.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1898, S. 111; Versuche und Verbesserungen.

**50. — Der Ausbau mit Firstenbänken.** Beim nachgiebigen Schalholzausbau mit angespitzten Stempeln können diese nur noch sehr wenig Seitendruck aufnehmen, so daß sie fast nur noch die Aufgabe haben, die Kappe zu tragen. Ist die Lagerung flach, so kann man noch einen Schritt weiter gehen, indem man die Stempel ganz fortläßt und die Kappen beiderseits in das Gebirge einbühnt (Fig. 56) oder auf Holzpfeilern (Fig. 57) oder Bergemauern (Fig. 58) ruhen läßt. Bei einem Ausbau der letzteren

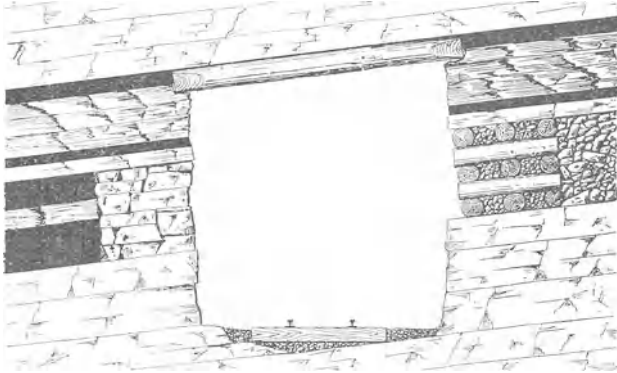


Fig. 56. Nachgiebiger Schalholzausbau ohne Stempel.

Art legt man am besten Unterzüge unter die Kappendenen, damit diese nicht die Bergemauern zerdrücken. Nach einem Saarbrücker Bergmanns-ausdruck werden solche beiderseits aufliegenden Kappen als „Firsten-

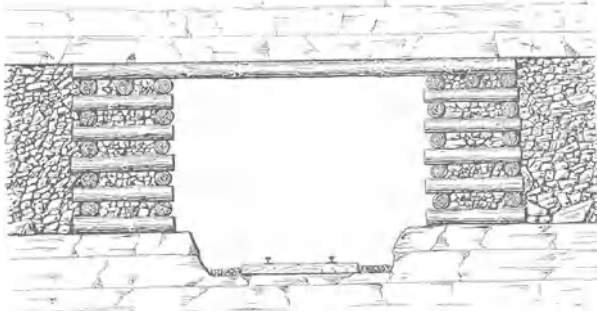


Fig. 57. Firstenbänke auf Holzpfeilern.

bänke“ bezeichnet. Ein derartiger Ausbau ist sehr vorteilhaft, da er sich durch große Nachgiebigkeit auszeichnet. Denn Holzpfeiler, Unterzüge und Kappen lassen sich alle mehr oder weniger stark zusammendrücken, und bei Bergemauern, die gleichfalls an sich schon etwas zusammendrückbar sind, läßt sich die Nachgiebigkeit durch Holzeinlagen (*h* in Fig. 58) noch wesentlich steigern. Ferner fallen nicht nur die Stempel und damit die durch sie verursachten Kosten und Belästigungen (im Falle des Bruches) ganz weg, sondern es werden auch die Kappen wirksam vor Bruch ge-

schützt, da sie gewissermaßen zu Teilen des Gebirges selbst werden und dessen Bewegungen ohne starke Biegungsbeanspruchungen mitmachen können.

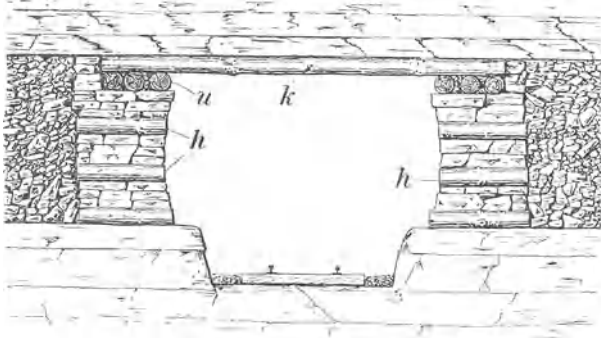


Fig. 58. Firstenbänke auf Bergemauern.

**51. — Die Schwalbenschwanzzimmerung.** Der Ausbau mit Türstöcken, der für die Querschlag- und Streckenzimmerung das Gegebene ist, findet auch bei der Verzimmerung flacher Bremsberge und Abhauen durchgehends Anwendung. Wird jedoch das Einfallen stärker, so ist die Türstockzimmerung für solche Baue wenig geeignet, weil die einzelnen Gevierte in sich zu wenig Halt gegen die Wirkung der Schwerkraft in

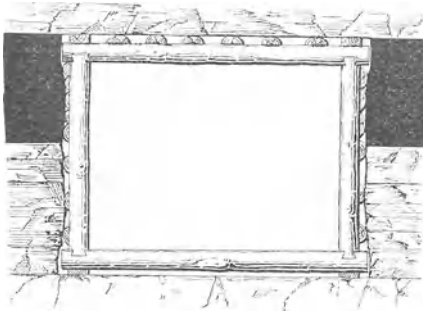


Fig. 59. Schwalbenschwanzzimmerung.

der Fallrichtung besitzen. Gerade hier aber werden in dieser Hinsicht besonders große Ansprüche gestellt, da der Ausbau meist auch noch das Gestänge zu tragen hat. Da tritt dann ergänzend die Schwalbenschwanzzimmerung (Fig. 59—61) ein, die im Ruhrkohlenbergbau seit altersher gebräuchlich ist. Sie besteht aus der „Kappe“ am Hangenden, den „Stoßhölzern“ an den Seiten und dem „Grundholz“

am Liegenden und ist dadurch gekennzeichnet, daß in der Kappe und dem Grundholz Einschnitte hergestellt werden, die sich nach außen hin keilförmig erweitern und in die sich die Stoßhölzler mit entsprechend angeschnittenen Zapfen hineinlegen. Diese Verbindung wird „Verschwalbung“ genannt; sie bewirkt einen festeren Verband als die Türstockzimmerung und ermöglicht außerdem eine größere Genauigkeit als diese.

Je nachdem, ob der Druck stärker vom Hangenden her (bei flachem Fallen) oder in der Fallrichtung (bei steiler Lagerung) wirkt, kann die Verschwalbung passend abgeändert werden. Bei stärkerem Druck vom Hangenden darf die Kappe nicht zu sehr geschwächt werden; der Einschnitt wird daher nur oberflächlich ausgestemmt (Fig. 60). Ist dagegen

infolge steilen Einfallens die in der Fallrichtung aufzunehmende Last groß, so läßt man diesen Einschnitt *c* (Fig. 61) von oben nach unten durch

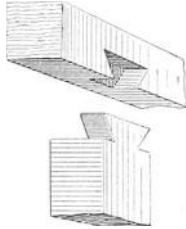


Fig. 60. Verschwalbung für Druck vom Hangenden.

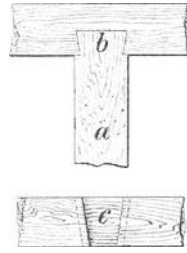


Fig. 61. Verschwalbung für Druck in der Fallrichtung.

die Kappe hindurchgehen; er wird dann in dieser Richtung ebenfalls keilförmig, und zwar mit Verjüngung nach unten hin, hergestellt.

### 3. Voreilender Ausbau (Getriebe- und Abtreibezimmerung).

**52. — Wesen des voreilenden Ausbaues.** Während die vorstehenden Erörterungen sich stets auf einen Ausbau bezogen, der der Gewinnung nachfolgt, bezwecken verschiedene hierher gehörende Ausbaufverfahren die Sicherung der Firste oder auch der Stöße und der Sohle vor der Gewinnung der Gebirgsmassen, so daß diese in vielen Fällen durch den Ausbau überhaupt erst ermöglicht wird. Wo es sich um den Ausbau von Strecken handelt, wird dieses Verfahren durch die verschiedenartigen Getriebezimmernngen vertreten, während ihm in den Abbaubetrieben der Ausbau mit Vortreibepfählen entspricht.

**53. — Getriebe- oder Abtreibezimmerung; Allgemeines.** Bei dieser Streckenzimmerung sind nach 2 Richtungen hin verschiedene Möglichkeiten gegeben. Einerseits kommt in Frage, ob es sich um den Streckenvortrieb durch hereingebrochene Massen oder durch anstehendes, rolliges Gebirge handelt, und andererseits kann das Abtreiben in verschiedenem Umfange stattfinden, je nachdem nur die Firste durch Abtreiben zu sichern ist (Firstengetriebe) oder auch die Stöße (vielfach auch die Sohle) eine solche Sicherung erfordern (Strecken- oder Stollengetriebe).

Für den Steinkohlenbergmann, der es durchweg mit festem Gebirge zu tun hat, spielt die Getriebezimmerung eine bedeutend geringere Rolle als für den Braunkohlenbergmann, der lose und rollige Massen stets in dichter Nähe hat. Immerhin hat z. B. der oberschlesische Steinkohlenbergbau auch ziemlich oft von diesem Ausbaufverfahren Gebrauch zu machen, da das Steinkohlengebirge häufig von Schwimmsand überlagert wird, der zum Hereinbrechen in die Baue neigt und dann die Anwendung der Getriebearbeit erforderlich macht. Ganz untergeordnet ist die Bedeutung der Getriebezimmerung in Strecken für den westlichen Steinkohlenbergbau, wo sie nur aushilfsweise bei Aufwältigungsarbeiten zur Geltung kommt und deshalb nicht kunstgerecht ausgebildet worden ist. Eine hervor-

ragende Rolle spielt allerdings das Getriebeverfahren auch hier wie anderwärts beim Schachtabteufen im schwimmenden Gebirge; doch wird darüber im Abschnitt „Abteufen der Schächte“ das Erforderliche gesagt werden.

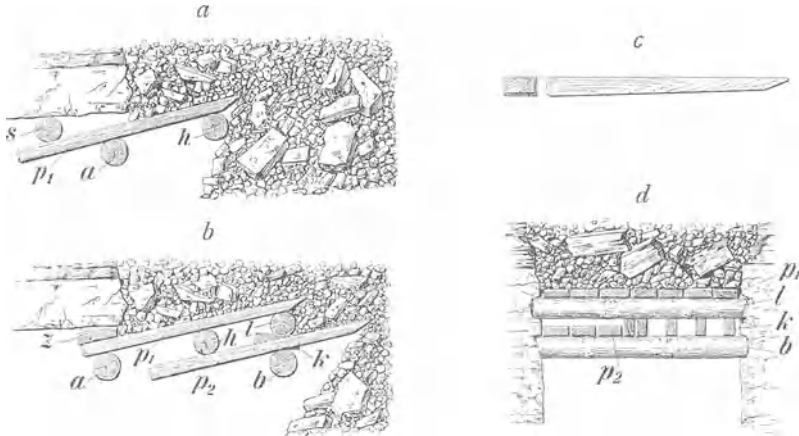


Fig. 62 a—d. Firstengetriebe mit Anstecken von einem Firstenstempel aus.

Das Wesen der Getriebezimmerung (Fig. 62 und 63) besteht darin, daß von einer fest eingebauten Zimmerung aus die sog. „Getriebepfähle“

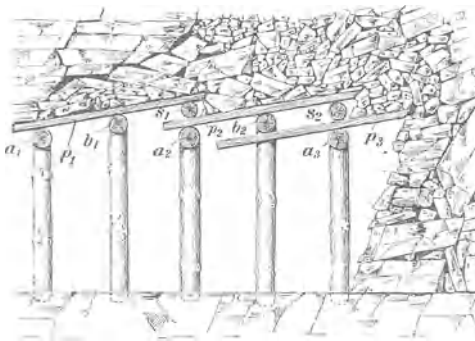


Fig. 63. Firstengetriebe mit Anstecken von einem Türstock aus.

$p_1 p_2$  nach vorn getrieben werden, und zwar in solchem Maße schräg nach oben, daß unter ihrem vorderen Ende wieder Platz für eine neue Zimmerung geschaffen wird. Diese Pfähle (Fig. 62 c) bestehen aus hartem Holz. Ihr vorderes Ende (das „Schwanzende“) wird einseitig zugeshärft, um leicht in die losen Massen eindringen zu können, und zwar kommt die schräge Fläche nach innen zu liegen, damit die Pfähle durch die

Widerstände, auf die sie stoßen, eher nach außen als nach innen gedrängt werden. Zur Verhütung des Absplitters beim Antreiben sind die vorderen und hinteren scharfen Kanten abgeschrägt („die Ohren verschnitten“). Die Pfähle liegen „dicht an dicht“, so daß jeder durch die beiden Nachbarpfähle geführt wird.

**54. — Firstengetriebe.** Das einfachste Getriebe, das „Firstengetriebe“, wird durch Fig. 62 und 63 veranschaulicht; nur die Firste braucht abgefangen zu werden. Sind die Stöße genügend zuverlässig für die Herstellung von Bühnlöchern, so genügt (Fig. 62) ein Firstenstempel *a*

als Grundlage des ersten Getriebes, der dann als „Anstecker“ bezeichnet wird. In Fig. 63 ist eine weniger gute Beschaffenheit der Stöße angenommen, weshalb hier von einem Türstock  $a_1$  aus angesteckt wird. Zwischen dem Anstecker (bezw. der Kappe des Ansteck-Türstocks) und der Firste muß genügend Raum verbleiben; die dazu erforderlichen Vorrichtungen faßt man unter dem Begriff der „Pfändung“ zusammen.

Zur Festlegung der schrägen Richtung der Pfähle dient zunächst ein zweites, etwas weiter rückwärts verlagertes Holz, die „Spannpfändung“  $s$  (Fig. 62 *a*). Ist etwas Platz geschaffen, so werden die Pfähle durch Einbringung eines Hilfstempels  $h$  (Fig. 62 *a/b*) oder durch die Kappe eines Hilfstürstocks ( $b_1 b_2$  in Fig. 63) gestützt. Stempel und Kappe dienen gleichzeitig zur Festlegung der Pfahlrichtung für das nächste Getriebe. Sind die Pfähle um eine Feldbreite vorgetrieben, so werden sie durch die „Pfändlatte“  $l$  (Fig. 62) bezw.  $s_1 s_2$  (Fig. 63) unterfangen, ein Stück Rund- oder auch Halbholz, unterhalb dessen dann der neue Firstenstempel  $b$  bezw. Türstock  $a_3$  eingebaut wird. Zwischen dessen Kappe und Stempel bezw. Pfändung wird durch die „Pfändkeile“  $k$  (Fig. 62 *b* u. *d*) ein genügend hoher Raum festgelegt, der das reibungsfreie Eintreiben der nächsten Pfahlreihe gestattet. Sind diese nächsten Pfähle vollständig vorgetrieben, so wird der Spielraum über ihrem Hinterende durch Eintreiben von „Zwickkeilen“  $z$  (Fig. 62 *b*) ausgefüllt, falls nicht schon die Dicke der Pfähle nach dem hinteren Ende hin in einem für diese Ausfüllung ausreichenden Maße zunimmt.

Die Pfähle werden mit dem Treibebüffel angetrieben, und zwar immer in kleinen Absätzen. Es muß vor allen Dingen verhütet werden, daß über den Pfählen Hohlräume entstehen, weil durch deren Zubruchgehen die Zimmerung zerstört werden kann. Daher sind die Schwanzenden der Pfähle nie völlig frei zu legen und außerdem Erschütterungen der lockeren Massen, die ein plötzliches Nachrollen größerer Mengen veranlassen könnten, nach Möglichkeit zu vermeiden.

### 55. — Streckengetriebe und Vertäfelung.

Beim Streckengetriebe (Fig. 64) müssen auf allen Seiten Pfähle vorgetrieben werden, unter Umständen auch auf der Sohle. Als „Anstecker“ dienen also Kappe und Beine des Türstocks, nötigenfalls auch das Sohlenholz. Ebenso wird der Hilfstürstock hier auch an den Seiten beansprucht.

Beim Streckentreiben im Schwimmsand kommt noch eine weitere Vorsichtsmaßregel hinzu, nämlich das Zurückhalten des Ortstoßes selbst durch die „Ortsbretter“ oder „Zumachebretter“  $b$  (Fig. 64), die zusammen die „Vertäfelung“ bilden. Diese stützen sich zunächst (Fig. 64 unten) gegen die Beine des letzten Türstocks, der hart an ihnen eingebaut wird;

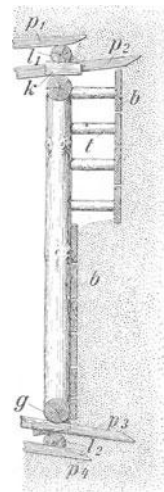


Fig. 64. <sup>1)</sup> Streckengetriebe mit Ortsvertäfelung.  
 $p_1$ – $p_4$  = Getriebepfähle,  
 $l, l_2$  = Pfändlatten,  
 $g$  = Sohlenholz,  
 $k$  = Pfändkeil.

<sup>1)</sup> Nach Dittmarsch: Grubenausbau, Hannover (Jänicke) 1908, S. 58.

sie werden dann mit dem Vortreiben der Abtreibepfähle absatzweise, und zwar in der Reihenfolge von oben nach unten, vorgeschoben und durch Spreizen  $t$  gegen die Beine des Türstocks abgesteift, bis wieder Platz für einen neuen Türstock geschaffen ist, usf. Dabei muß einerseits das Abfließen von Wasser ermöglicht werden, weil dadurch die Zimmerung entlastet wird; andererseits aber ist der Sand sorgfältig zurückzuhalten. Das geschieht durch Verstopfen der Fugen mit Stroh, Heu u. dgl. — Bei besonders starkem Druck müssen die Zumachebretter ihrerseits noch wieder aus einzelnen Stücken zusammengesetzt werden, die dann jedes für sich wieder abzuspitzen sind, so daß der tägliche Fortschritt sich in solchen Fällen vielfach nur nach Zentimetern bemißt.

**56. — Vortreibezimmerung im Abbau.** Die vorstehend beschriebene, für die Überwindung großen Druckes bestimmte Getriebezimmerung kann für den Abbau nicht in Frage kommen, da bei derartig ungünstigen Gebirgsverhältnissen nur ein Streckenvortrieb, nicht aber ein Abbaubetrieb mit größerer Fläche möglich ist. Jedoch gibt es beim Abbau in Steinkohlenflözen ein Ausbauverfahren, das wenigstens einigermaßen an die

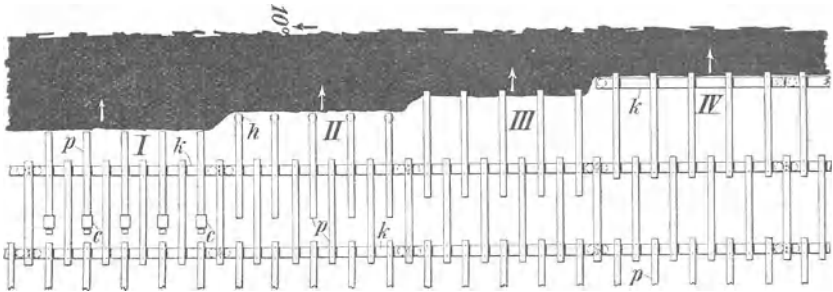


Fig. 65. Vortreibezimmerung im Abbau, Verhieb rechtwinklig zum Stoß.

Getriebezimmerung erinnert, indem auch hier ein Abfangen des Gebirges mittels vorgetriebener Pfähle stattfindet und dieses Abfangen zwar nicht der Gewinnung überhaupt, wohl aber einem großen Teil derselben und der mit ihr verbundenen Nebenarbeiten vor dem Abbaustoß vorausgeht. Diese Art der Zimmerung kommt bei gebrächem Hangenden oder beim Vorhandensein eines „Nachfallpackens“ über dem Flöze, der gehalten werden soll, zur Anwendung und eignet sich besonders für Flöze von etwas größerer Mächtigkeit, in denen die Gewinnung in einzelnen Bänken von oben nach unten erfolgt. In solchen Flözen schreitet der Abbau langsamer vorwärts, so daß unter einer und derselben Stelle des Hangenden längere Zeit gearbeitet werden muß und die Gewinnung der unteren Bänke unter dem Schutz der Vortreibepfähle erfolgen kann.

Ein solcher Ausbau ist nicht, wie die Getriebezimmerung, für die Gewinnung unbedingt erforderlich, trägt aber wesentlich zur Verringerung der Unfälle durch Steinfall bei. Diese seine Bedeutung ist in den letzten Jahren in immer weiteren Kreisen anerkannt worden, so daß man ihm jetzt große Aufmerksamkeit zuwendet und ihn nach verschiedenen Richtungen hin verbessert und weiter ausgebildet hat.

57. — **Vortreiben der Pfähle.** Da die Vortreibepfähle auch hier wieder von besonderen Ansteckhölzern aus getrieben werden müssen, so wird bei diesem Verfahren der Einbau von Kappen (in Westfalen „Schalhölzer“, in Niederschlesien „Zimmer“ genannt), unter dem Hangenden erforderlich, die durch die nötige Anzahl von Stempeln gestützt werden. Diese Kappen werden, um Raum für die Verzugpfähle zu lassen, nicht dicht unter das Hangende gelegt, sondern durch Pfändkeile festgehalten.

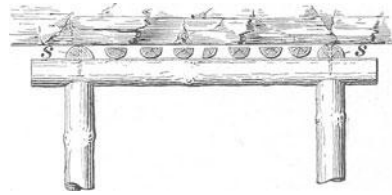
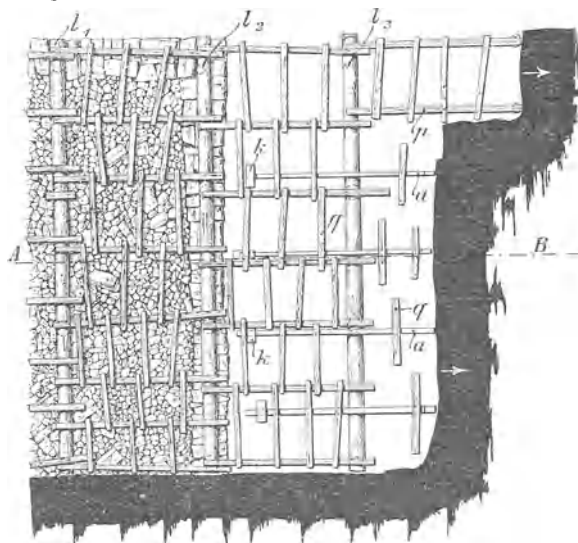


Fig. 66. Kappe mit aufgenagelten Pfändhölzern für die Vortreibezimmerung.

Zwischen diesen hindurch werden die Pfähle vorge- trieben, und zwar solange, bis für eine neue Kappe Platz geschaffen ist und diese durch Stempel gestützt werden kann, worauf von ihr aus eine neue Pfahlreihe vorge- trieben wird. Auf Zeche Rheinpreußen werden die Pfändhölzer (s in Fig. 66) gleich über Tage an den Stellen, unter die die Stempel geschlagen werden sollen, auf die Kappen genagelt, um gleichmäßige Stempelabstände zu erzwingen. Beim Vortreiben der Pfähle wird (vgl. die Figuren) in der Weise gearbeitet, daß, sobald die Kohलगewinnung genügend Platz geschaffen hat, die Pfähle nachgetrieben werden, so daß nicht nur der Aufenthalt unter der fertigen Zimmerung, sondern auch derjenige zwischen dieser und dem Kohlenstoß und die Gewinnung der unteren



Schnitt A-B.

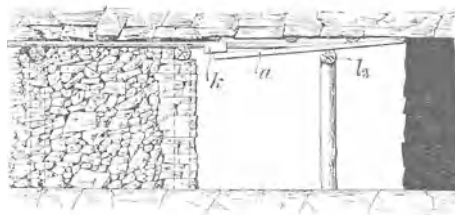


Fig. 67 u. 68.<sup>1)</sup> Vortreibezimmerung im Abbau. Erhöhung der Sicherheit durch Querverzugpfähle *g*.

Aufenthalt unter der fertigen Zimmerung, sondern auch derjenige zwischen dieser und dem Kohlenstoß und die Gewinnung der unteren

<sup>1)</sup> Verhandl. d. Stein- u. Kohlenfall-Kommission, S. 443, Fig. 29.



Flözbänke soweit wie nur eben möglich sicher gestellt wird. In jeder ihrer verschiedenen Stellungen müssen die Pfähle fest gegen das Hangende gepreßt werden, was durch Keile geschieht, die meist vom hinteren Ende aus (d. h. zwischen Pfahl und Hangendes,  $k$  in Fig. 67 u. 68, vgl. auch die übrigen Figuren), selten von der Seite des Abbaustoßes (d. h. zwischen Kappe und Pfahl), eingetrieben werden.

**58. — Unterstützung der Pfähle.** Sind die Pfähle ein Stück weit vorgetrieben, so tritt an die Stelle dieser Unterstützung die vorläufige Stützung ihres vorderen Endes, die auf folgende Art geschaffen werden kann:

1. Bei hinreichend fester Kohle durch Einbünnen der Pfahlenden in den Kohlenstoß selbst (Fig. 65 bei III und Fig. 75).

2. Bei unzuverlässiger Beschaffenheit der Kohle durch Unterfangen mit Not- oder Hilfstempeln (Fig. 65 bei II).

3. Durch die endgültig neu einzubauenden Kappen selbst nach den in den Figuren 69 u. 70 veranschaulichten Verfahren. Die Kappen ruhen dabei nach der in Fig. 69 veranschaulichten Ausführung von Würfel &

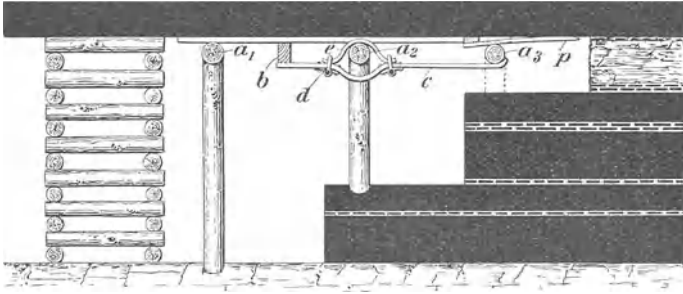


Fig. 69.<sup>1)</sup> Unterstützung der neuen Kappe durch Unterhänge-Eisen.

Neuhaus in Bochum (nach Schwaak, D. R.-P. 147 544) auf Flacheisen  $c$ , die mit Bügeln  $e$  an der letzten fest eingebauten Kappe  $a_2$  aufgehängt sind und am hinteren Ende durch Keile  $b$  in ihrer Lage festgehalten werden; die Bügel werden zwischen der Kappe und dem Hangenden durchgesteckt und sodann durch die Schäckel  $d$  mit dem Flacheisen  $c$  verbunden. In Fig. 70 liegt die neue Kappe  $k_3$  auf Unterzügen aus Rundholz, die in doppelt gekröpften Bügeln ruhen und am hinteren Ende durch ein Keilwiderlager in ihrer Lage festgehalten werden. Derartige Unterzüge können auch durch Grubenschienen gebildet werden.

Bemerkenswert ist die Verwendung je zweier doppeltgebogener Bügel nach Fig. 73, die ebenso wie Fig. 69 und 70 die bankweise vorschreitende Gewinnung eines mächtigen Flözes zum Gegenstande hat. Hier wird in folgender Weise verfahren: zunächst wird über den einzelnen Strossen das Hangende durch verlorene Stempel  $s_1$ — $s_3$  von entsprechender, absatzweise zunehmender Länge getragen. Sind die Strossen weit genug vorgerückt, so wird der Stempel  $s_3$  durch einen endgültigen Stempel

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1905, S. 84; Versuche und Verbesserungen.

ersetzt, der hintere Bügel  $h$  über dessen Kappe gehängt und der Rundholz-Unterzug bis zur vordersten Kappe weiter getrieben, worauf der vordere Bügel über diese gehängt, der Stempel  $s_2$  gegen einen solchen von der Länge  $s_3$  vertauscht wird usw. Der Unterzug trägt also hier jedesmal die Kappe, deren Stempel ausgewechselt werden sollen.

4. Durch Hilfskappen, die gleich nach Einbau der letzten Kappe vor dieser aufgehängt und nun der Gewinnung entsprechend samt den Vortreibepfählen ständig nachgeschoben werden. Dieses Verfahren wird durch Fig. 71 u. 72 veranschaulicht. Als Hilfskappe dient hier eine Grubenschiene  $b$ ; sie ruht in den vorderen, hakenförmig umgeschmiedeten Enden der Vierkanteisen  $a$ , die in ähnlicher Weise wie die Vortreibepfähle am hinteren Ende durch Keile  $c$  gegen das Hangende abgestützt werden. Dem Vorrücken des Abbaustoßes entsprechend wird diese Schiene nebst den auf ihr ruhenden Pfählen  $p$  solange vorgetrieben, bis eine neue Kappe eingebaut werden kann.

Die unter 3. und 4. beschriebenen Anordnungen bieten den Vorteil, daß sie ohne Hilfstempel am Kohlenstoß, die dort hinderlich sind und den Ausbau umständlicher und teurer machen, auszukommen gestatten. Ausserdem wird durch die Hilfskappe in Verbindung mit den Pfählen das Hangende wirksamer abgefangen als durch die Pfähle allein. Die neue Kappe kann schon unter das Hangende geschoben werden, wenn erst ein Teil des Kohlenstoßes hereingewonnen ist; denn sie kann dem weiteren Vortreiben der Pfähle entsprechend ständig nachgetrieben werden, bis schließlich Raum für ihre Unterfangung durch endgültige Stempel geschaffen ist.

Die im vorstehenden erwähnten Vortreibepfähle können aus Holz oder Eisen bestehen. Eiserne Pfähle ( $a$  in Fig. 67 u. 68) sind besonders auf

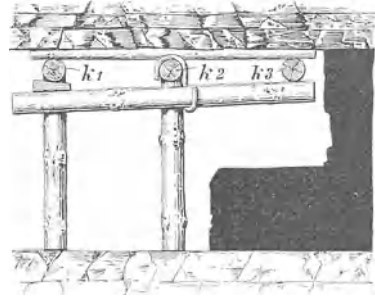


Fig. 70. Unterstützung der neuen Kappe durch Rundholz-Unterzüge.

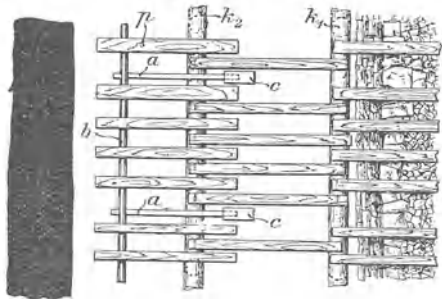
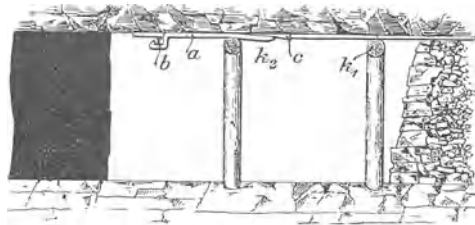


Fig. 71 u. 72.) Vortreibezimmerung mit Grubenschiene als Hilfskappe.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1905, S. 95; Versuche und Verbesserungen.

nordfranzösischen Gruben zur Anwendung gekommen, und zwar in Gestalt von Flacheisen oder I-Eisen, im Gewicht von ca. 5 kg bei 1,2 m Länge. Solche Pfähle werden vorn einseitig abgeschrägt, und zwar kommt die schräge Fläche hier nicht, wie bei der Getriebezimmerng, nach unten, sondern nach oben, also gegen das Hangende zu liegen, damit die Pfähle hier mit breiter Fläche anliegen. Derartige Vortreibepfähle müssen naturgemäß ihres höheren Preises wegen fortgesetzt wiedergewonnen und von neuem benutzt werden. Sie haben sich im deutschen Bergbau weniger eingeführt, da sie wegen ihrer geringen Breite das Hangende nur auf kleine Flächen unterfangen, auch bei einigem Druck sich in das Hangende oder die Kappen „einfressen“ und das häufige Lösen und Wiederfestkeilen zur Wiederverwendung das Gebirge stark beunruhigt. Man verwendet hier deshalb lieber Holzpfähle, die entweder besonders zu diesem Zwecke hergestellt sind ( $p$  in Fig. 69) oder gleich den endgültigen Verzug darstellen (Fig. 65 und 71/72). Im ersteren Falle ist zwar auch eine Wiedergewinnung erwünscht, doch kann diese, da eine größere Anzahl von

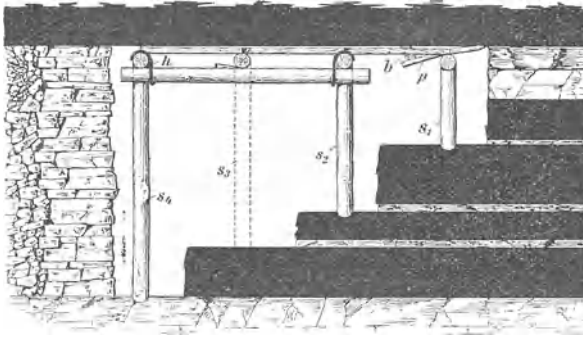


Fig. 73.<sup>1)</sup> Auswechseln verlorener Stempel mit Hilfe eines Unterzugs.

Vortreibepfählen gleichzeitig benutzt werden kann, bis nach dem Einbringen der endgültigen Zimmerung mit ihren besonderen Verzugpfählen hinausgeschoben werden. Auch kann man ohne großen Schaden die schwer zu lösenden Pfähle stecken lassen. Als Beispiel für die Abmessungen hölzerner Vortreibepfähle sei genannt: Länge 1,2 m, Breite 0,12—0,15 m, Dicke vorn 1,5 cm, hinten 6 cm.

Wie Fig. 67 zeigt, können bei kurzklüftigem Hangenden bereits die Vortreibepfähle  $p$  selbst zum Tragen verlorener Querpfähle  $q$  ausgenutzt werden, wodurch auch die zwischen den Pfählen liegende Fläche des Hangenden schon nach Möglichkeit gesichert wird.

**59. — Abtreiben in 2 Abschnitten.** Eine Gewinnung mit doppelter Anwendung des Vortreibeverfahrens in einem Abbaubetriebe der französischen Grube Courrières zeigt Fig. 74.<sup>2)</sup> Es handelt sich hier um ein Flöz mit einem gebrächen Schieferpacken am Liegenden und am Hangenden.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1905, S. 256; Versuche und Verbesserungen.

<sup>2)</sup> Verhandl. d. Stein- u. Kohlenfall-Kommiss., S. 442, Fig. 28.

Zunächst wird nur die Kohle gewonnen und der Nachfall durch Kappen getragen, die sich auf verlorene Stempel stützen; letztere ruhen mit breitem Fußpfahl auf der liegenden Schicht. Von diesen verlorenen Kappen aus wird der Nachfall durch Vortreibepfähle  $p$  abgefangen, unter deren Schutz die Kohलगewinnung vor sich geht. Entsprechend rückt dann die Her-

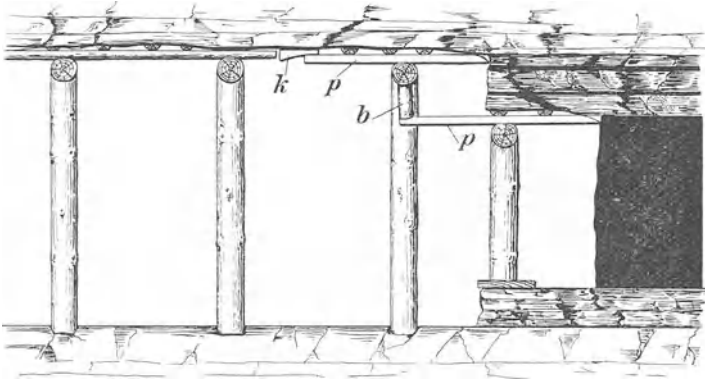


Fig. 74. Doppelte Anwendung der Vortreibbezimderung der Grube Courrières.

stellung der vollen Öffnung durch Abdeckung des liegenden und Hereingewinnung des hangenden Packens nach, wobei gegen das Hangende wiederum Vortreibepfähle  $p$  verwendet werden. Die Pfähle unter dem

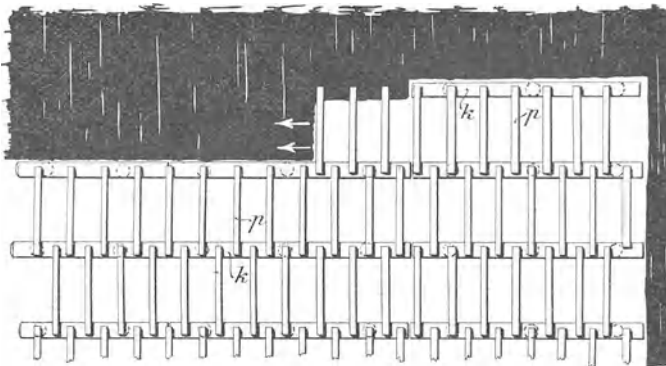


Fig. 75.<sup>1)</sup> Vortreibbezimderung im Abbau, Verhieb parallel zum Stoß (Pfändungsbau).

Nachfall werden durch Spreizen  $b$  gegen die letzte Kappe, diejenigen unter dem Hangenden durch Keile  $k$  hinten abgestützt.

**60. — Vortreibbezimderung und Verhieb.** Das Abbau- und Ausbaufahren nach Fig. 65 auf S. 60, bei dem die Gewinnung in der durch die Pfeile bezeichneten Richtung, d. h. senkrecht zum Stoß, vorschreitet, ermöglicht das Angreifen des Kohlenstoßes in breiter Fläche, also mit

<sup>1)</sup> Verhandl. der Stein- u. Kohlenfall-Kommission, S. 613, Fig. 1.

günstiger Hauerleistung und hohem Stückkohlenfall. Bei gebrächem Hangenden und steilerem Einfallen als etwa  $15^{\circ}$  ist es jedoch weniger geeignet, weil es dann wegen der gleichzeitigen Bloßlegung größerer Flächen gefährlicher wird. Es verdient dann der alte westfälische „Pfändungsbau“ (Fig. 75) den Vorzug. Bei diesem wird, allerdings unter Verringerung der Hauerleistung und des Stückkohlenfalles, der Kohlenstoß in einzelnen parallelen Streifen (in Westfalen „Kröpfe“ genannt) von je 1 Feld Breite in abfallender Richtung (s. die Pfeile) gewonnen. Die Gewinnung erfolgt hier also in der Richtung der schwebenden Kappen statt senkrecht zu derselben. Daher werden hier Vortreibepfähle überhaupt nicht verwendet, sondern die Verzugpfähle Stück für Stück nebeneinander eingelegt, sobald durch die Kohलगewinnung hinreichend Platz geschaffen ist. Dagegen gelten für die vorläufige Unterfangung der Verzugpfähle an ihrem vorderen Ende bis zum Einbau der neuen Kappe die oben erwähnten Gesichtspunkte. Ein solcher Abbau ist bei jedem Einfallen anwendbar und bietet die größtmögliche Sicherheit, da das Hangende in ganz kleiner Fläche bloßgelegt wird.

## B. Der Ausbau in Eisen.

**61. — Vorbemerkung.** Beim Eisenausbau wird sowohl Schmiedeeisen als auch Stahl verwendet. Ersteres findet in der Form von Walzprofilen aus Schweiß- oder Flußeisen Verwendung. Stahl (Schweiß- oder Flußstahl) dient in der Form von Rohren und Walzprofilen für Abbau-stempel; als Kappen werden auch Schienen eingebaut. Diese letzteren können abgelegte Eisenbahnschienen sein; doch sind diesen schmiedeeiserne Schienen vorzuziehen, da die Stahlschienen nicht zäh genug sind und daher bei stärkerem Druck plötzlich brechen, statt gebogen zu werden.

Gußeisen kommt wegen seiner Sprödigkeit und des großen Gewichts gußeiserner Stücke infolge größerer Wandstärken nicht in Betracht.

### 1. Einfacher Eisenausbau.

**62. — Anwendungsgebiet und Erfordernisse.** Der einfache oder Stempelausbau in Eisen<sup>1)</sup> kommt nur für den Abbau in Frage, da er in Strecken, die so wenig druckhaft sind, daß der Stempelausbau für sie ausreicht, wegen seines höheren Preises nicht mit dem Holzstempel in Wettbewerb treten kann. Im Abbau aber können eben dieses höheren Preises wegen nur solche eiserne Stempel verwendet werden, die sich wiedergewinnen lassen. Daraus ergibt sich ohne weiteres die Forderung, daß jeder eiserne Stempel sich zum Zwecke der Wiedergewinnung zusammenschieben lassen muß.

Zu demselben Ergebnis führt das Erfordernis, daß ein eiserner Stempel sich den verschiedenen Flözmächtigkeiten anpassen muß, da diese Anpassung nicht wie bei Holzstempeln durch Bearbeitung erfolgen kann.

**63. — Beispiele von eisernen Stempeln.** Der erste Vertreter der eisernen Stempel war derjenige von Sommer, der von den „Deutsch-

<sup>1)</sup> Der Einfachheit halber sind hier und im folgenden unter den Begriffen „Eisen“ und „eisern“ die verschiedenen Eisen- und Stahlsorten zusammengefaßt worden.

Österreichischen Mannesmannwerken“ hergestellt wird. Er besteht (Fig. 76) aus 2 ineinander verschiebbaren Stahlrohren  $r_1 r_2$ . Das obere Rohr  $r_2$  stützt sich mittels eines fest angezogenen Schellenbandes  $k$ , das nach oben hin durch einen angenieteten Haken  $h$  gehalten wird, gegen den verstärkten Kopf des unteren Rohres  $r_1$ . Der Zusammenschiebung des Stempels infolge der Durchbiegung des Hangenden wirkt also die Reibung des Schellenbandes entgegen, die nach Versuchen durch einen Druck von 10 000—12 000 kg überwunden wird. Zum Zwecke der Wiedergewinnung des Stempels muß die Mutter des Bandes gelöst werden, was im Falle der Gefahr aus größerer Entfernung mittels eines längeren Schraubenschlüssels erfolgen kann, der an dem Vierkant  $s$  angreift.

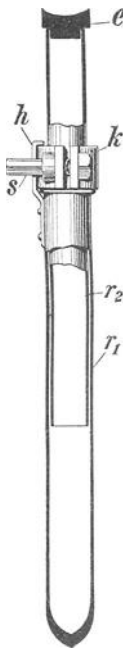


Fig. 76. Stahlstempel von Sommer.

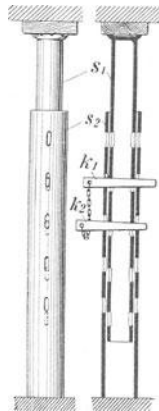


Fig. 77. Stahlstempel „Nonius“ von Hinselmann.

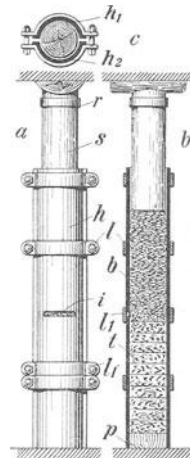


Fig. 78. Nellenischer Rohrstempel mit Einlagen.

entsprechenden Keillöcher sind in beiden Rohren in der Weise angebracht, daß ihre Abstände im äußeren Rohr etwas kleiner sind als im inneren. Dadurch kann immer einer der Keile angetrieben werden, worauf der andere wieder in einer höheren oder tieferen Öffnung Platz findet. Ein solcher Stempel ist einfach und widerstandsfähig und kann in einfachster Weise durch Lösen der Keile wieder ausgebaut werden, ist aber in sich starr, so daß er nicht selbsttätig dem Gebirgsdruck nachgeben kann. Wird daher Nachgiebigkeit erfordert, so muß diese durch die früher erwähnten Quetschhölzer erreicht werden.

Andere Stempel sind zur Erzielung einer möglichst großen Nachgiebigkeit mit zusammendrückbaren Zwischenlagen ausgetüftet. Hierhin gehört der mehrteilige Stempel von Nellen (Fig. 78). Er besteht aus

einem Stahlrohr  $h$  und einem Holzstempel  $s$ . Der letztere ist oben durch einen Eisenring  $r$  gegen Spaltung geschützt und ruht auf einer Schicht feinkörniger Berge, unterhalb deren eine Anzahl Polsterstücke  $t$  aus Preßtorf oder einer ähnlichen, nachgiebigen Masse eingelegt sind; der Verschuß am unteren Ende wird durch eine Holzscheibe  $p$  gebildet. Der Stahlteil des Stempels besteht aus 2 durch Schellenbänder  $l$  zusammengehaltenen Halbrohren  $h_1 h_2$ . Das eine Rohr hat am Fuße der Bergeschicht einen Schlitz  $i$ , der für gewöhnlich durch das Schellenband  $l_1$  verschlossen gehalten wird, nach Zusammenpressung der Torfpolster aber vorübergehend freigegeben werden kann (Fig. 78 a), um einige Berge zu entfernen und so weiteres Nachgeben zu ermöglichen.

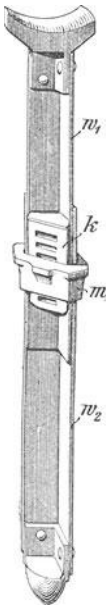


Fig. 79. Profil-eisenstempel von Mommertz.

Einfacher ist der gleichfalls nachgiebige Stempel von Reinhard (Fig. 89 auf S. 73). Seine Nachgiebigkeit wird durch den zugeschärften Holzfuß, seine Verstellbarkeit und Wiedergewinnung durch ein Schraubengewinde — mit kräftiger Mutter — ermöglicht.

Eine andere Gruppe der eisernen Stempel bilden die aus Profileisen hergestellten. Ein solcher Stempel einfachster Bauart für geringe Beanspruchungen ist der in Fig. 79 dargestellte von Mommertz. Bei diesem werden die beiden gegeneinander verschiebbaren Winkeleisen  $w_1$  und  $w_2$ , von denen ersteres mit einem angenieteten Kopfstück, letzteres mit einer Spitze versehen ist, in ihrer jeweiligen Stellung festgehalten durch die Muffe  $m$  und den Keil  $k$ . Der letztere wird entweder aus unmittelbarer Nähe durch einfache Schläge von unten oder (bei Unruhe im Gebirge) aus einiger Entfernung durch eine in die Schlitz des Keils fassende Brechstange gelöst. Die Profileisenstempel haben bei gleicher Tragkraft ein größeres Gewicht als die Stahlrohrstempel, sind aber dafür billiger.

**64. — Beurteilung der eisernen Stempel.** Die eisernen Stempel haben die in sie gesetzten Erwartungen bisher nur in beschränktem Maße erfüllt.

Da sie wesentlich teurer als die Holzstempel sind, so müssen sie mehrmals wiedergewonnen werden können. Ein Vergleich der Gewichte und Preise von Eisen- und Holz-Abbaustempeln ergibt nun etwa folgendes Bild:

	Gewicht		Preis	
	kg	kg	$M$	$M$
	Größte Länge:			
	1,0 m	2,0 m	1,0 m	2,0 m
Profileisenstempel . .	15—20	25—30	8—10	12—15
Stahlrohrstempel . .	8—15	18—26	10—12	15—20
Fichtenholzstempel . .	9—16 <sup>1)</sup>	18—32 <sup>1)</sup>	0,3—0,4	0,7—0,9

<sup>1)</sup> Das Gewicht von Holzstempeln schwankt stark je nach ihrem Feuchtigkeitsgehalt (vgl. die Zahlentafel auf S. 18).

Die Zusammenstellung zeigt, daß der Gewichtsunterschied zwischen Eisen- und Holzstempeln geringfügig ist. Dagegen ergibt sich ein bedeutender Preisunterschied, da der eiserne Stempel mindestens 25 mal soviel kostet wie der hölzerne.

Nun ist allerdings zu berücksichtigen, daß bei Verwendung eiserner Stempel die Holzförder- und Bearbeitungskosten sich entsprechend verringern. Andererseits aber können unter günstigen Gebirgsverhältnissen auch Holzstempel mehrmals benutzt werden. Man wird daher sagen können, daß die eisernen Stempel etwa 30 mal wieder verwendbar sein müssen, wenn ihre Verwendung lohnend sein soll. Dieses Ziel wird aber in vielen Fällen nicht erreicht, indem durch Rost, durch Einbeulung oder durch Verklemmung infolge von Verbiegung die Zusammenschiebung der einzelnen Stücke und damit die Wiedergewinnung der Stempel unmöglich gemacht wird. Außerdem wird durch das Arbeiten am Stempel zum Zwecke der Wiedergewinnung leicht das Gebirge in gefährliche Bewegung gebracht, namentlich bei den mit Keilschloß versehenen Stempeln.

Im allgemeinen eignen sich also die eisernen Stempel nur für den Abbau mit Bergeversatz und für ein gutartiges Hangendes, das nicht kurzklüftig ist und sich regelmäßig und im ganzen auf den Versatz setzt. Sie bieten dann den Vorteil der Holzersparnis und des gleichmäßigen Zusammendrückens des Versatzes, da dieses nicht durch stehengebliebene Stempel beeinträchtigt wird. Nachteilig ist aber wieder, daß die eisernen Stempel nicht die Herstellung von Verschlügen für Hand- oder Spülversatz gestatten.

Weitere Erfordernisse sind: nicht zu große Flözmächtigkeit und mäßiges Einfallen, da sonst die Handhabung der eisernen Stempel zu schwierig wird.

Naturgemäß wachsen die Aussichten der eisernen Stempel mit den steigenden Holzpreisen.

Zu erwähnen ist noch die Verwendung eiserner Stempel als Hilfstempel bei Erneuerungsarbeiten an der Streckenzimmerung. Namentlich Stempel mit Schraubenverbindung nach Art des Reinhardtschen hat man schon früher<sup>1)</sup> wegen ihrer leichten Einstellbarkeit und der mit ihnen auszubühenden Hebekraft benutzt, um Kappen über gebrochenen Stempeln abzustützen und etwas anzuheben oder hereingebrochene Gesteinsmassen vorübergehend abzufangen und dadurch das Einwechseln neuer Stempel zu ermöglichen.

## 2. Zusammengesetzter Eisenausbau.

**65. — Türstockausbau in Eisen.** Der eiserne Türstockausbau zeichnet sich ganz allgemein durch große Gleichmäßigkeit aus. Denn da eine Bearbeitung der einzelnen Stücke an Ort und Stelle unter Tage undurchführbar sein würde, müssen diese sämtlich von vornherein fertig zusammengepaßt angeliefert werden.

Eine Verbindung durch Verblattung nach Art der deutschen Türstockzimmerung ist möglich, aber ihrer Kostspieligkeit wegen nicht

---

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt- u. Sal.-Wes. 1896, S. 176; Versuche und Verbesserungen, sowie Dittmarsch: Grubenausbau, S. 68.



zu empfehlen. Meist erfolgt die Verbindung durch besondere Winkel (Fig. 80 und 81), die der verlangten „Strebe“ entsprechend gebogen sind und mit Schrauben befestigt werden. Da der Gebirgsdruck die Fest-

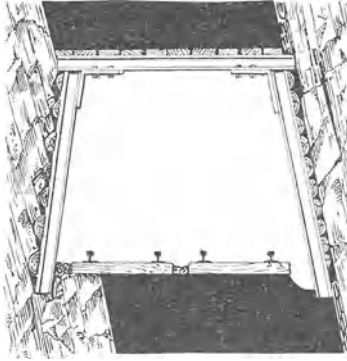


Fig. 80.  
Eiserne Türstöcke mit Winkelverbindung.

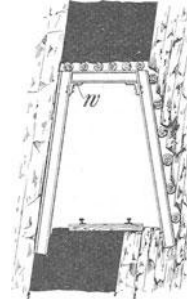


Fig. 81.

pressung der Türstockbeine und -Kappen ohnehin bewirkt, die einzelnen Türstöcke gegeneinander verbolzt werden (Ziff. 40) und genügend breite Auflageflächen vorhanden sind, so erfolgt die Befestigung der Winkel in der Regel nur entweder an der Kappe (Fig. 80) oder an den Beinen (Fig. 81), zumal auch bei beiderseitiger Befestigung schon geringe Ungenauigkeiten bei der Bohrung der Löcher sich lästig bemerkbar machen würden. Im ersteren Falle greift die Kappe über die Beine hinweg, im letzteren liegt sie zwischen ihnen. Bei dem Ausbau nach Fig. 80 wird der Seitendruck, bei demjenigen nach Fig. 81 der Firstendruck von den Schrauben aufgenommen.

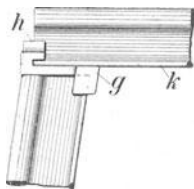


Fig. 82. Streckengerüstschuh aus Stahlguß von Winterberg & Jüres, Bochum.

Eine vollkommenere Verbindung bilden die aus Stahlguß hergestellten „Streckengerüstschuhe“, von denen Fig. 82 ein Beispiel zeigt. Derartige Verbindungstücke bieten vorn durch hakenartige Angüsse *g* dem Türstockbein eine Stützfläche, während die Kappschiene mit ihrem Fuß in eine Tasche *h* am hinteren Ende des Gerüstschuhes sich legt, die außerdem einen Schlitz zur Aufnahme des Steges hat.

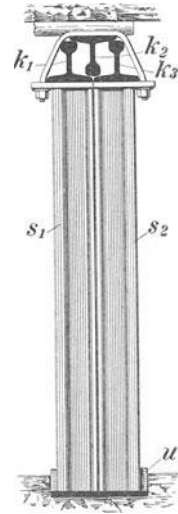


Fig. 83.<sup>1)</sup> Verstärkter eiserner Türstockausbau.

Die Gerüstschuhe ermöglichen einen sehr gleichmäßigen und festen Ausbau, bei dem auch einem Verschieben der Beine oder Kippen der Kappen vorgebeugt wird. Doch sind sie andererseits teuer und erschweren

<sup>1)</sup> Nach Dittmarsch: Grubenausbau, S. 69 und 71.

die Auswechselung gebrochener Teile, weshalb sie jetzt nur noch selten angewandt werden.

Als Profile kommen Eisenbahnschienen und **I**-Eisen in Betracht; doch eignen sich die letzteren mehr für den Gestellausbau in Eisen (Ziff. 67), während beim Türstockausbau Schienen bevorzugt werden.

Ein besonders schwerer Eisenausbau kann, außer durch Verstärkung der Profile, auch durch Verwendung doppelter oder 3facher Lagen nach Art des auf S. 31 erwähnten Palisadenausbaues erzielt werden. So zeigt Fig. 83 die Zusammenfügung von 3 Schienen  $k_1-k_3$  mit Hilfe von Schraubbügeln zu einer Kappe und gleichzeitig die Verbindung von je 2 Schienen  $s_1 s_2$  zu einem Türstockbein. Für die letzteren müssen entsprechende Grundswellen  $u$  gelegt werden.

Da man aber für sehr starken Druck heute kaum noch Eisenausbau verwendet, so hat ein solcher Ausbau nur noch geringe Bedeutung.

Es liegt auf der Hand, daß die vorbeschriebenen, ganz in Eisen ausgeführten Türstöcke dem Gebirgsdruck nur ganz unvollkommen nach-

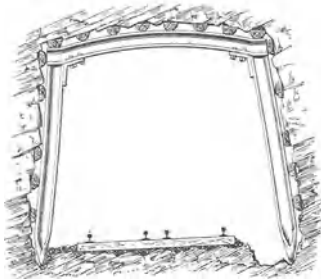


Fig. 84.<sup>1)</sup> Eiserner Türstock mit gewölbter Kappe und angespitzten Beinen.

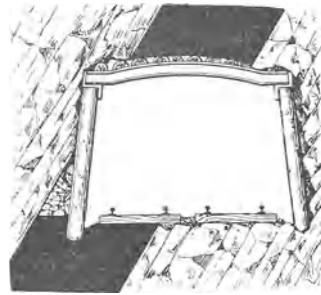


Fig. 85. Türstock aus Holz und Eisen mit Z-Eisen als Zwischenlagen.

geben können, und zwar einmal durch eine gewisse Durchbiegung der einzelnen Teile — vorausgesetzt, daß kein Stahl für die Schienen verwendet wird, der zu spröde ist — und ferner durch Eindrücken der Beine in das Liegende, falls dieses nicht zu fest ist. Dieses Eindrücken kann dadurch erleichtert werden, daß die Türstockbeine, ähnlich wie beim Holzausbau, angespitzt werden (Fig. 84). Sollen stärkere Gebirgsbewegungen ausgeglichen werden, so empfiehlt sich eine Vereinigung des Eisenausbaues mit der Holzzimmerung, indem die für das Nachgeben bestimmten Teile aus Holz, die anderen aus Eisen hergestellt werden. Da in der Regel die Kappe stärker als die Beine des Türstockes sein soll, so führt dieser Grundsatz zum Ausbau mit Türstöcken, bei denen eiserne Kappen auf Beinen von weichem Holz ruhen, welche letzteren dann wieder unten angeschärft werden können. Bei diesem gemischten Ausbau müssen die Türstockbeine gegen das Eindrücken der Kappe in sie geschützt werden, falls die Grundfläche der letzteren, wie das meistens der Fall sein wird, schmaler ist als die obere Fläche des Beinstampels. Das geschieht entweder durch Verstärkung des letzteren durch einen darumgelegten Eisen-

<sup>1)</sup> Glückauf 1911, S. 656; Stens: Über nachgiebigen Grubenausbau (Fig. 16).

ring oder anderseits durch Zwischenlegen von Eisenplatten. Diese werden dann zweckmäßig zur Verhütung von seitlichen Verschiebungen an beiden Enden Z-förmig umgebogen (Fig. 85). Besonders zweckmäßig sind diese Z-Platten, wenn nach Fig. 85 die Kappe in der Mitte etwas Durchwölbung nach oben („Schmiege“) erhält, um ihren Biegungswiderstand zu erhöhen. Der Firstendruck sucht dann die Wölbung durchzudrücken und setzt sich so in Schubkräfte nach beiden Seiten um, die von den hinteren Schenkeln der Platten aufgenommen werden. Ein anderes Mittel gegen Seitenschub sind kräftige Vorsteckeile  $v$  nach Fig. 86, die in dazu gebohrte Löcher der eisernen Kappe  $k$  hineingetrieben werden. Außerdem finden auch für den gemischten Ausbau die vorhin erwähnten Streckengerüstschuhe aus Stahl Verwendung.

Benutzt man als Türstockbeine die oben (Ziff. 63) beschriebenen, zusammendrückbaren Stahlstempel, so kann man dieselbe Nachgiebigkeit wie beim entsprechend ausgeführten Holzausbau erzielen. Die Stempel erhalten dann oben entsprechend gestaltete Kopfstücke, um nach Art der polnischen Türstockzimmerung die Kappe in der Hohlkehle aufzunehmen. Erfahrungen in größerem Umfange und für längere Zeiträume liegen mit diesem Aus-

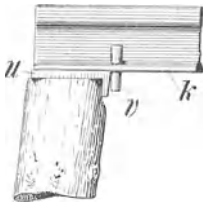


Fig. 86. Verbindung von Stempel und Kappschiene durch Vorstecker.

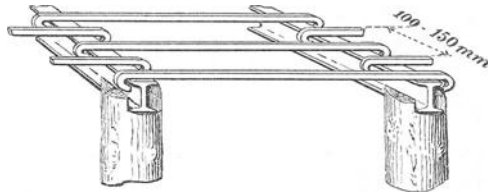


Fig. 87. Verzug mit Flacheisen bei gemischtem Ausbau.

bau noch nicht vor. Jedoch hat der einfache Holzstempel wegen seines geringen Preises und der Leichtigkeit, mit der er nachgiebig gemacht und erhalten werden kann, von vornherein einen großen Vorsprung.

Der Verzug bietet bei dem aus Eisen oder aus Eisen mit Holz bestehenden Türstockausbau im allgemeinen keine Besonderheiten gegenüber den Holzstützen. Bemerkenswert ist nur ein Verzug mit beiderseits hakenförmig umgebogenen Flacheisenpfählen nach Fig. 87, der zugleich die als Kappen dienenden I-Träger in richtigem Abstand hält und gegen das Kippen sichert.

**66. — Schalholzausbau in Eisen.** Für einen der Schalholzzimmerung entsprechenden Ausbau sind Walzeisen und -Stahl an sich wegen ihrer großen Zähigkeit und Biegefestigkeit nicht ungeeignet. Jedoch ist bei steilerer Lagerung die Verwendung von Eisen in Strecken oberhalb der Grundstrecke wegen der Transportschwierigkeiten nicht zweckmäßig. Gerade diese Abbaustrecken in steil gelagerten Flözen aber kommen hauptsächlich für die Schalholzzimmerung in Betracht. Infolgedessen tritt hier das Eisen ganz zurück. Ein Beispiel für den Ausbau einer Grundstrecke liefert Fig. 88. Der Bahnstempel  $c$  ist wie gewöhnlich nur gegen das Schalholz  $s$  getrieben; die sonst übliche Verblattung des

Firstenstempels *b* ist hier durch die Winkelverbindung *w* ersetzt. Die Wasserseige wird gegen die Berge in der Sohle durch einen Verschlag aus Grubenschienen *h* mit Verzug verwahrt. Nachgiebig kann ein solcher Ausbau in seinem hölzernen Teile durch die oben beschriebenen Mittel gemacht werden.

Im Abbau kommen im Gegensatz zum Streckenausbau für das Eisen zunächst die Stempel in Frage, die dann hölzerne Kappen zu tragen haben und den oben (Ziff. 63) beschriebenen Formen für nachgiebigen Stempelausbau entsprechen. Da die früher geschilderten Übelstände solcher Stempel sich auch hier bemerklich machen, so hat man neuerdings auf Zeche Rheinpreußen u. a. mit Vorteil neben den Eisenstempeln auch Holzstempel eingebaut.<sup>1)</sup> Die Eisenstempel werden dann immer nur für die vorderste Reihe benutzt, wo ihre Vorteile — leichter Ein- und Ausbau — voll zur Geltung kommen, ihre Nachteile dagegen sich noch nicht bemerklich machen, da die Gebirgsverhältnisse in der Nähe des Abbaustoßes am günstigsten sind. Ist der Stoß genügend weit vorgeschritten,

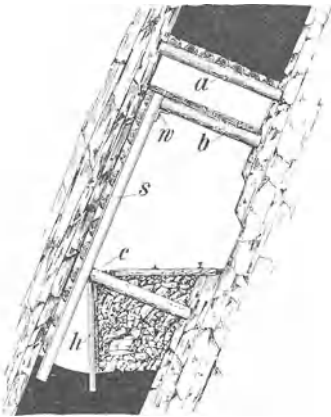


Fig. 88.  
Schalholzausbau aus Eisen und Holz.

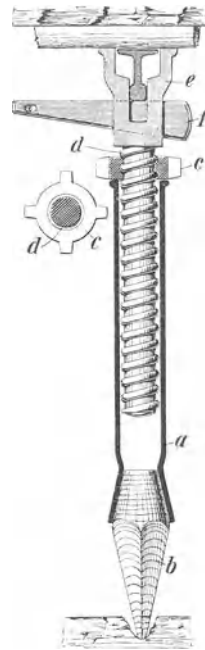


Fig. 89. Nachgiebiger  
eiserner Abbaustempel  
von Reinhard.

so werden sie wieder in dessen nächster Nähe aufgestellt, während an ihre Stelle nachgiebige Holzstempel treten usw.

Neuerdings hat man aber auch die Kappen bei der Abbauzimmerung aus Eisen hergestellt, so daß sich dann ein vollständiger Eisenausbau ergibt. Ein solcher Ausbau ist der sog. „wandernde Grubenausbau“ von Reinhard<sup>2)</sup> (Fig. 89 und 90), bei dem gleichzeitig nach Art der oben (S. 60 u. f.) beschriebenen Vortreibezimmerung ein möglichst weitgehender

<sup>1)</sup> Der Bergbau auf der linken Seite des Niederrheins; Schwemann: Der Grubenausbau, S. 175.

<sup>2)</sup> Bergbau 1910, Nr. 24, S. 297; Reinhard: Wandernder Grubenausbau.

Schutz gegen Steinfall angestrebt wird. Die Reinhard'schen Stempel bestehen aus einem Stahlrohr *a*, das unten konisch aufgestaut ist und infolgedessen einen die Nachgiebigkeit bewirkenden angespitzten Holzfuß *b* aufnehmen kann, während auf seinem Kopfe eine kräftige Schraubmutter *c* ruht. Durch Drehung derselben kann das als Schraubenspindel *d* ausgebildete obere Stempelstück auf- und abbewegt werden. Dieses Spindelstück trägt einen entsprechend ausgestalteten Kopf *e*, in den sich die Kappe legt. Diese ist eine mit dem Kopf nach unten liegende Grubenschiene, die durch Antreiben des Keiles *f* fest gegen den Verzug unter dem Hangenden gedrückt wird, nach Lösung des Keiles aber frei liegt und quer zum Kohlenstoß (Fig. 90) vorgeschoben werden kann. Je nach den Gebirgsverhältnissen wird ein stärkeres oder schwächeres Schienenprofil benutzt. Da die Tragfähigkeit einer Förderschiene durch ihren Verschleiß bei der Förderung nur wenig beeinträchtigt wird, so können abgelegte Schienen Verwendung finden. Ihre Länge beträgt 3—4 m, so daß die ganze Fläche des Hangenden zwischen Kohlenstoß und Versatz durch den Ausbau ge-

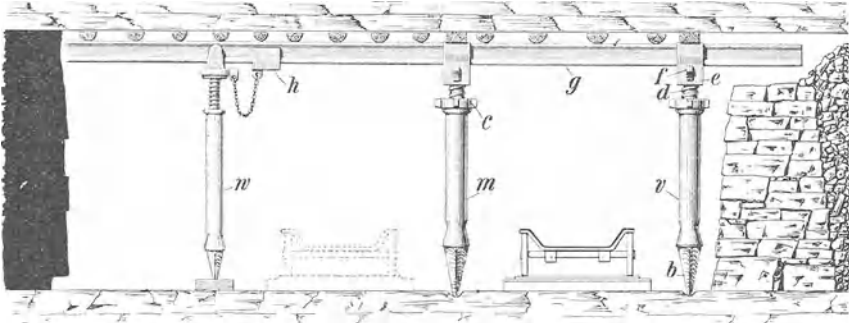


Fig. 90. Wandernder eiserner Ausbau nach Reinhard.

sichert wird. Ist der Kohlenstoß genügend weit vorgerückt, so wird der hinterste Stempel fortgenommen und nach dem Stoß zu von neuem eingebaut. Sodann wird nach Lösung der Keile die Kappe um ein Feld weiter vorgetrieben, worauf die Keile wieder angezogen werden. Da während des Vorsetzens des hintersten Stempels die anderen Stempel und während des Vortreibens einer Kappe die benachbarten Kappen noch tragen, so ist eine weitgehende Sicherheit gewährleistet. In der Nähe des Stoßes genügt wegen des dort geringeren Gebirgsdruckes ein dünnerer und daher leichter zu handhabender Stempel (*w* in Fig. 90), der mittels eines auf dem Kopf der Schiene gleitenden Schlittenstückes *h* an dieser verschiebbar befestigt ist und als „Schleppbolzen“ bezeichnet wird. Die Figur läßt gleichzeitig die Verwendbarkeit dieses Ausbaues für den Schüttelrutschen-Abbau erkennen. Ist nämlich der Abbaustoß so weit vorgerückt, daß die Rutsche nachgeschoben werden muß, so wird zunächst der Schleppbolzen *w* in etwa  $\frac{1}{2}$  m Abstand vom Kohlenstoß oder (bei druckhafterem Hangenden) ein Wechselstempel von gleicher Stärke wie die anderen Stempel gesetzt, worauf der Ausbau des Stempels *m* und das Vorrücken der Rutsche in die punktierte Lage unbedenklich erfolgen kann, falls das Gebirge nicht be-

sonders druckhaft ist. Sodann wird die Kappe vorgetrieben, der Versatz nachgeführt und der hinterste Stempel *v* wiedergewonnen, um demnächst weiter vorn wieder eingebaut zu werden.

Da die Schienen eine große Biegefestigkeit haben, so können sie mit ihrem freien Ende auf ca. 1 m Entfernung vom Stempel das Hangende noch tragen. Die vorderste Stempelreihe kann also weiter vom Stoß abstehen als beim Holzausbau, so daß die Hauer in ihrer Arbeit weniger behindert werden.

Dieser wandernde Ausbau zeichnet sich durch Einfachheit und weitgehenden Schutz der Leute aus und hat außerdem den Vorteil, daß diese zu einem regelmäßigen Ausbau gezwungen werden. Jedoch darf das Hangende nicht zu gebräch sein, weil sonst das Lüften und Vortreiben der Kappen gefährlich wird, sowohl wegen der vorübergehenden Freilegung des Hangenden als auch wegen der mit dem Vortreiben verbundenen Erschütterung.

Die Ausführung hat die Firma Heinr. Grono in Oberhausen übernommen.

**67. — Ausbau mit Gestellen.** Der Ausbau mit Streckengestellen ist eine Besonderheit des Eisenausbauens. Er unterscheidet sich vom Türstockausbau dadurch, daß die Verbindung mehrerer verschiedenartiger Teile beim Türstock durch einen Profileisenrahmen ersetzt wird, der allerdings des bequemeren Einbaues halber wieder aus einzelnen gleichartigen Stücken mit gegenseitiger Verlaschung zusammengesetzt werden kann. Auch hier können verschiedene Profile benutzt werden. Jedoch überwiegen **I**- und **U**-Eisen; für kleinere Querschnitte finden auch Grubenschienen Verwendung. Der Form nach kommen für ringsum geschlossene Gestelle kreisrunde und elliptische Bögen, für halbe oder offene Gestelle meist Korbbögen in Betracht.

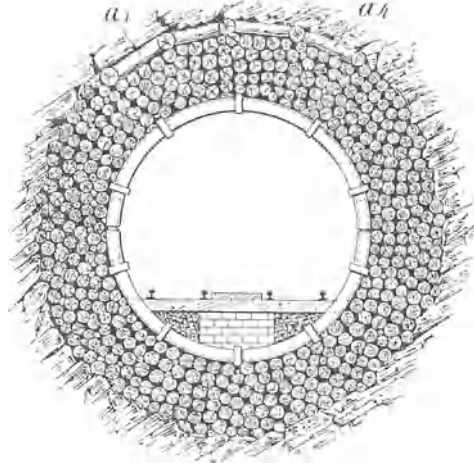


Fig. 91.<sup>1)</sup> Geschlossener Ringausbau in U-Eisen auf Zeche Neumühl.

Die geschlossenen, kreis- oder ellipsenförmigen Gestelle (Fig. 91 bis 93) können naturgemäß am besten Druck aushalten, am widerstandsfähigsten sind die Kreisringgestelle. Im übrigen eignen diese sich besser für zweigleisige, die Ellipsengestelle für eingleisige Strecken mit Rücksicht auf die Anpassung an den Streckenquerschnitt. Die Schienenstege werden

<sup>1)</sup> Glückauf 1902, S. 879; Jakob: Streckenausbau in sehr druckhaftem Gebirge.

nach Fig. 91 seitlich mit entsprechender Abschrägung in die Bögen hineingelegt und in der Mitte von einem Mauerklotz getragen, während die an beiden Seiten verbleibenden Zwischenräume mit feinkörnigen Bergen ausgefüllt werden.

Nachteilig ist bei den reinen Kreis- und Ellipsenbögen, daß sie ein tiefes Ausheben der Sohle verlangen, also mehr Gesteinsarbeit erfordern. Dieser Nachteil wird vermieden bei dem in Fig. 92 dargestellten starken Ausbau aus 3 flachen Schienenbögen. Ganz ohne Nacharbeiten der Sohle kann der in Fig. 93 veranschaulichte Ausbau eingebaut werden, bei dem in der Sohle eine gerade Grundschwelle  $g$  desselben Profils eingebracht und durch Verlaschung  $w_1 w_2$  mit den Bögen  $s_1 s_2$  verbunden wird. Die Befestigung der Gestängeschienen auf den Grundschwellen erfolgt dann durch Klammern.

Da für Gestellbögen keine Bühlöcher hergestellt werden können, so gilt für sie ganz besonders die Regel, daß sie sorgfältig miteinander verbunden werden müssen. Bei Anwendung von Bolzen können diese hier

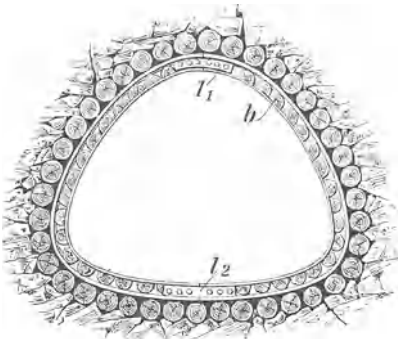


Fig. 92.1) Ausbau mit 3 flachen Bögen.  
 $l_1, l_2$  = Laschen,  $b$  = Bolzen.

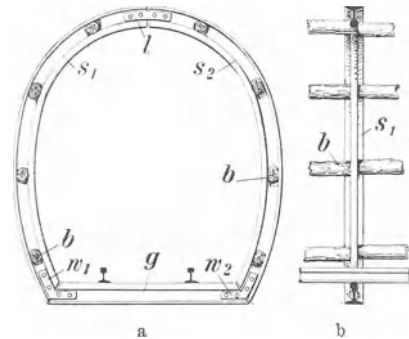


Fig. 93. Elliptisches Streckengestell aus Eisenbahnschienen mit söhligem Boden.

leicht eingebracht werden, weil sie sich gut in das Profil einfügen lassen (Fig. 92 u. 93). Ein anderes Verfahren ist dasjenige der Verankerung mit beiderseits hakenförmig gebogenen Flacheisen, wie sie Fig. 87 darstellt.

Die geschlossenen Gestelle sind in sich vollständig starr. Dieser Ausbau kann also nur dadurch nachgiebig gemacht werden, daß die Bögen mit einem mehr oder weniger dicken Polster aus Altholz umgeben werden, wie die Figuren 91 u. 92 erkennen lassen. Auch können hinter der Rundholzpackung noch Faschinen („Schanzen“) eingebracht werden. Nachteilig ist allerdings bei solchen Holzpackungen die Neigung zum Faulen, namentlich in ausziehenden Strecken.

Die offenen Streckengestelle bestehen in der Regel (Fig. 94) aus flachen Bögen mit schrägen, bei geringerem Seitendruck auch senkrechten Beinen. Sie werden meist aus 2 in der Mitte oben durch Verlaschung verbundenen Teilen zusammengesetzt, von denen bei seitlicher Lage der Wasserseige der auf ihrer Seite stehende länger ist. Für ihre Aufstellung

<sup>1)</sup> Sammelwerk Bd. II, S. 365.

und gegenseitige Verbolzung gilt dasselbe wie für die geschlossenen Gestelle. In der Sohle sind keine besonderen Arbeiten erforderlich; die Schienenverlagerung kann in der gewöhnlichen Weise erfolgen.

Da bei den Eisengestellen der Querschnitt nur gering ist, so üben sie auf die Flächeneinheit einen größeren Druck aus als Holzstempel. Man muß daher bei unzuverlässiger Sohle „Schuhe“, z. B. nach Fig. 83 auf S. 70, unterlegen. Ist jedoch die Sohle einigermaßen tragfähig, so gewährt das allmähliche Eindringen der Gestellbeine in diese unter der Einwirkung des Gebirgsdruckes den Vorteil einer gewissen Nachgiebigkeit, die hier sonst, wie bei den geschlossenen Gestellen, nur durch Einbringung einer Holzpolsterung hinter den Bögen zu erreichen sein würde. Man kann daher bei druckharterem Gebirge von solchen Unterlagen absehen.

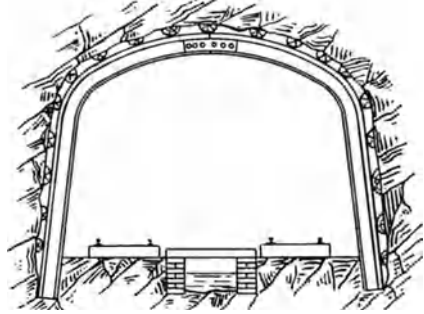


Fig. 94. Offenes Streckengestell (Korbbogen) aus Eisenbahnschienen.

Im Ruhrkohlenbergbau haben die eisernen Streckengestelle sich nicht sonderlich bewährt. Die leichteren Profile erwiesen sich als zu wenig widerstandsfähig, die kräftigen dagegen als zu unhandlich beim Einbau, zu teuer und dabei doch noch zu schwach für starken Druck. Nur die für die Abhaltung des höchsten Druckes bestimmten kreis- oder nahezu kreisförmigen Gestelle haben sich einigermaßen bewährt, abgesehen von dem großen Sohlensauhob, den sie notwendig machen. Jedoch soll man auch solche starken Gestelle noch durch Holzpolsterung, wie in den Figuren dargestellt, gegen die stärksten Gebirgsbewegungen schützen.

#### 68. — Vollständig geschlossener (rohrartiger) Ausbau in Eisen.

Ein völlig geschlossener Eisenausbau hat verschiedentlich zur Abwehr eines außergewöhnlichen Gebirgsdruckes, der die Aufwendung großer Anschaffungs- und Einbaukosten rechtfertigte, Verwendung gefunden. Die eine Form eines solchen Ausbaues ist der auf der Grube Nordstern<sup>1)</sup> im Aachener Bezirk angewandte Ausbau aus schweren U-Ringen von 55 mm Steghöhe, 320 mm Flanschbreite und 7 mm Dicke, die dicht nebeneinander eingebaut und durch Schrauben und einfache Bolzen miteinander verbunden wurden, dergestalt, daß auf je 1 Schraube 2 Bolzen kamen und jeder Ring mit 14 Schrauben und 28 Bolzen ausgerüstet wurde. Der Ausbau kostete etwa 180 M für das laufende Meter.

Die Erfahrungen mit diesem Ausbau in den letzten Jahren haben gezeigt, daß er gegenüber sehr hohem Gebirgsdruck trotz seiner außerordentlichen Widerstandsfähigkeit ebenfalls versagt. Die Betriebsleitung ist daher für sehr druckhafte Stellen zum nachgiebigen Ausbau übergegangen, indem sie entweder den geschilderten Ausbau mit einer starken Altholzpackung umhüllt oder Mauerung mit Holzeinlagen verwendet.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1905, S. 79; Versuche und Verbesserungen.



Eine andere Möglichkeit besteht im Einbau gußeiserner Tübbings,<sup>1)</sup> wie sie beim wasserdichten Schachtausbau (s. u.) Verwendung finden. Diese werden von der Sohle zur Firste hin fortschreitend eingebaut und durch Schrauben miteinander verbunden. Im übrigen kommt es für die Ausführung darauf an, ob gleichzeitig wasserdichter Ausbau erstrebt wird oder nicht. Im ersteren Falle müssen wie beim Schachtausbau die Fugen durch Einlegen von Bleistreifen gedichtet und außerdem in passenden Abständen Keilkränze zur Verhütung des Wasseraustritts in der Längsrichtung der Strecke eingebaut werden, was im letzteren Falle nicht erforderlich ist.

Die Kosten eines solchen Ausbaues sind naturgemäß sehr hoch; sie beliefen sich z. B. für eine durch eine große Störungszone im Aachener Bezirk getriebene Strecke auf 920 *M* für das laufende Meter bei einer lichten Weite von 2,3 m.

### C. Der Ausbau in Stein.

**69. — Bedeutung des Ausbaues in Stein.** Beim Ausbau in Stein wird das Gebirge vollständig durch den Ausbau abgeschlossen, so daß bei vollständiger Durchführung des Ausbaues nichts mehr vom Gebirge zu sehen ist. Ein solcher Ausbau wird dort angewendet, wo besonders starker Druck fernzuhalten ist oder große Räume auszubauen sind. Er findet aber auch, wie bereits früher gesagt wurde, unter Verhältnissen Anwendung, die mit Druck nichts zu tun haben, z. B. wenn es sich um luftdichten Abschluß von Kohlenstößen zur Verhütung der Brandgefahr, von Schiefer-schichten zur Verhütung des Quellens durch Wasseraufnahme, um die Schaffung möglichst glatter Wandungen zur Verringerung der Reibung (in Rollöchern) oder der Bewitterungswiderstände in großen Betrieben oder endlich um wasserdichten Ausbau handelt.

Das älteste und wichtigste hierher gehörige Verfahren ist die Mauerung in Ziegel- oder Bruchsteinen. In neuerer Zeit sind hinzugekommen der Ausbau in (einfachem) Beton und in Eisenbeton. Außerdem sind hier noch verschiedene gemischte Ausbaufverfahren zu besprechen.

Während früher der geschlossene Ausbau als vollständig starr galt, hat der Bergbau unserer Tage Mittel gefunden, auch ihn nachgiebig auszugestalten, wie unten im einzelnen besprochen werden soll.

#### a) Mauerung.

##### 1. Allgemeines über Baustoffe und Ausführung der Mauerung.

**70. — Steine.** In Betracht kommen natürliche oder Bruchsteine und künstliche Steine, welche letzteren wieder Ziegel- (Back-) oder Zementsteine sein können. Bruchsteinmauerwerk stellt sich teuer, da die Steine durch Behauen zugerichtet werden müssen. Jedoch kommt man für manche Zwecke mit nur teilweise behauenen Steinen aus, indem nur die in den Fugen zusammenstoßenden Flächen geglättet, die Vorder- und Hinterflächen dagegen rauh gelassen werden. Auch erfordern Steine, die in

<sup>1)</sup> Glückauf 1900, S. 577; Stegemann: Die Durchörterung der Sandgewand usw.

genügend dünnplattigen Schichten vorkommen und daher schon mindestens 2 glatte Flächen haben, weniger Zurichtungsarbeit. Beim Basalt, der z. B. im Siegerlande vielfach zur Ausmauerung von Stürzrollen verwendet wird, wird das Behauen durch die natürliche, säulenförmige Absonderung dieses Gesteins entbehrlich.

Im ganzen finden für regelrechte Mörtelmauerung unter Tage Bruchsteine selten Verwendung. Dagegen spielen sie eine sehr große Rolle für die Herstellung von Bergemauern mit „trockener“ Mauerung, d. h. ohne Mörtel. Eine Bearbeitung der Steine fällt bei dieser trockenen Mauerung fort.

Die weitaus wichtigsten Kunststeine sind die Ziegel- oder Backsteine, die ihre Festigkeit durch mehr oder minder scharfes Brennen erhalten. Die zahlreichen Erdarten, die für die Herstellung solcher Steine verwendet werden, sind sehr verschieden zu bewerten. Von einem guten Stein muß bei genügend festem Zusammenhalt und großer Druckfestigkeit auch eine raue Oberfläche gefordert werden. Die ersteren beiden Eigenschaften sollen eine genügende Widerstandsfähigkeit gegen die raue Behandlung bei der Fortschaffung und gegen den Gebirgsdruck gewährleisten, die raue Oberfläche die innige Verbindung zwischen Stein und Mörtel ermöglichen. Am besten vereinigt diese Vorzüge in sich der Ton, eine wasserhaltige Verbindung von Tonerde und Kieselsäure, die ein sehr scharfes Brennen verträgt und dadurch eine hohe Festigkeit erlangen kann, ohne an der Oberfläche zu schmelzen (zu „sintern“), also glasartig zu werden. Die daraus durch scharfes Brennen hergestellten Steine heißen „Klinker“; sie werden, da sie teurer sind, nur für besonders sorgfältig auszuführendes Mauerwerk verwendet. Für gewöhnlich kommt der Bergmann mit den durch Beimengungen verschiedener Art verunreinigten Tonsorten aus, von denen die wichtigsten der Lehm und der Schieferton sind. Diese beiden Stoffe enthalten besonders Eisenverbindungen als Verunreinigungen, wie ihre Rot- oder Braunfärbung durch das Brennen beweist. Da der Eisengehalt die Schmelztemperatur herabdrückt, können solche Steine kein zu scharfes Brennen ertragen und daher nicht die Festigkeit von Klinkern erlangen, doch genügt ihre Festigkeit für die meisten Arbeiten vollständig. Zu verwerfen sind nur Lehmsorten mit größerem Kalkgehalt. Der Kalk wird nämlich durch das Brennen in Ätzkalk ( $CaO$ ) umgewandelt, der sich nachher durch Aufnahme von Feuchtigkeit aus der Luft aufbläht und so den Stein zersprengt.

Die Form des gewöhnlichen Ziegelsteins, des sog. „Normalsteins“, ist so gewählt, daß in möglichst einfacher Weise ein regelmäßiges Mauerwerk aus solchen Steinen hergestellt werden kann. Für diesen Zweck eignen sich am besten Steine, deren Abmessungen sich wie 1 : 2 : 4 verhalten. Der deutsche Normalstein hat die Kantenlängen  $6,5 \times 12 \times 25$  cm. Die Stärke des Mauerwerks wird nach der Zahl der Steine (in ihrer Längsrichtung gemessen) angegeben. Unter Berücksichtigung der Mörtelfugen, von denen die wagerechten mit 12 mm, die senkrechten mit 10 mm gerechnet zu werden pflegen, ergeben sich hiernach folgende Zahlen:

Dicke des Mauerwerks	. . .	12	25	38	51	64	77 cm,
bei einer Stärke von	. . .	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$	2	$2\frac{1}{2}$	3 Steinen.

Auf 1 m Höhe rechnet man 13 Steinlagen, auf 1 cbm Mauerwerk 400 Steine und 0,3 cbm Mörtel.

Die Steine haben ein Gewicht von 3,3 kg; 1 cbm Mauerwerk wiegt frisch 1615, trocken 1420 kg.

Die Druckfestigkeit eines Steines beträgt für gewöhnlich 80—100, bei den besten Klinkern bis 200 kg/qcm. Da guter Mörtel mit der Zeit die Festigkeit der Steine erlangt, so kann man für bestes Mauerwerk als Ganzes Druckfestigkeiten von 150—200 kg rechnen.

Die zulässigen Druckbeanspruchungen für Mauerwerk in verschiedener Ausführung sind folgende:<sup>1)</sup>

einfaches Ziegelmauerwerk in Kalkmörtel . . . . .	7 kg/qcm
desgl. in Zementmörtel . . . . .	12 „
bestes Klinkermauerwerk in reinem Zementmörtel	14—20 „

**71. — Mörtel.** Unter den Mörtelarten sind die beiden Hauptgruppen der an der Luft und der im Wasser hart werdenden Mörtel zu unterscheiden, die kurz als „Luftmörtel“ und „hydraulischer Mörtel“ bezeichnet zu werden pflegen. Beim Luftmörtel ist der Hauptbestandteil der gebrannte und sodann mit Wasser abgelöschte Kalk, nach dessen größerem oder geringerem Anteilverhältnis im Mörtel man diesen als „fett“ oder „mager“ zu bezeichnen pflegt. Dem Kalk wird Sand zugesetzt, nicht nur der Ersparnis halber, sondern auch zur Verringerung des „Schwindens“ des Mörtels an der Luft und zur Vermehrung der Angriffsfläche für die Kohlensäure der Luft. Das Hartwerden des Mörtels beruht nämlich darauf, daß der gelöschte Kalk ( $Ca[OH]_2$ ), der durch die Verbindung des gebrannten Kalkes ( $CaO$ ) mit dem Wasser entstanden ist, aus der Luft ganz allmählich wieder Kohlensäure aufnimmt, dabei das Wasser wieder abgibt und so wieder zu kohlenurem Kalk, wie er als Ausgangstoff benutzt wurde, wird. In der Regel wird ein Mischungsverhältnis von 1 Teil Kalk und 2 Teilen Sand gewählt.

Da die Grubenmauerung in den meisten Fällen mit der Gebirgsfeuchtigkeit zu rechnen hat, so findet für sie der reine Luftmörtel nur untergeordnet Verwendung. Wenn man auch wegen des höheren Preises des hydraulischen Mörtels meist von reinem derartigen Mörtel absieht, so wird doch ein gewisser Prozentsatz von ihm zugesetzt. Die hydraulischen Mörtel zeichnen sich dadurch aus, daß sie Kalk, Kieselsäure und Tonerde enthalten, die durch Wasseraufnahme in wechselseitige Verbindungen (Kalk-Tonerde-Hydrosilikate) eintreten, welche nach Vollendung des Prozesses, d. h. nach der Erhärtung, sehr hohe Festigkeiten erlangen. Derartige Mörtel sind: der Traßmörtel, der Wasserkalk, der natürliche oder Romanzement und der künstliche oder Portlandzement. Der letztere wird neuerdings vielfach durch den Schlackenzement<sup>2)</sup> ersetzt, da auch die Hochofenschlacke infolge ihrer Zusammensetzung aus Kalk- und Kieselsäureverbindungen einen sehr geeigneten Bestandteil für Zement bildet. Ein gut bewährter Hochofenschlackenzement ist die Marke „Thuringia“, hergestellt von der gleichnamigen Fabrik in Unterwellenborn

<sup>1)</sup> Roch: Baukunde für Berg- und Hüttenleute, Freiberg 1901, S. 12.

<sup>2)</sup> Vgl. auch Berg- u. Hüttenmänn. Rundschau 1908/09, S. 251; K. Müller: Portland-, Magnesia- und Hochofenzement im Salzbergbau.

(Thüringen). Bedingung ist bei allen diesen Mischungen, daß die Kieselsäure „aufgeschlossen“, d. h. in einem Zustande ist, der sie befähigt, mit den anderen Elementen die genannten Verbindungen einzugehen. Dieser Zustand der Kieselsäure ist von vornherein vorhanden beim Traß, einem in Deutschland in großen Mengen und guter Beschaffenheit im Rheintal (bei Brohl, Andernach, Neuwied usw.) vorkommenden, aus der Erhärtung kalkhaltiger vulkanischer Auswurfstoffe entstandenen Gestein („Tuff“). Bei den anderen hydraulischen Mörteln wird die Aufschließung durch Brennen erzielt, wodurch gleichzeitig der Kalk von seiner Kohlensäure befreit und in Ätzkalk übergeführt wird. Und zwar wird der Wasserkalk erhalten durch Brennen eines Kalksteins, der 10—30% Ton (also wasserhaltiges Tonerdesilikat) enthält, der Romanzement aus Kalk mit mehr als 30% Tongehalt und der Portland- und Schlackenzement im Gegensatz zu den vorigen aus künstlichen Mischungen von Kalk und Ton in verschiedenen Verhältnissen.

Traßmörtel und Wasserkalk bedürfen eines Zeitraumes von 4 bis 6 Monaten zum Hartwerden. Das Festwerden des Zements geschieht in zwei Vorgängen. Zunächst nämlich tritt das „Abbinden“, d. h. der Übergang aus dem breiigen in den festen Zustand ein; sodann erfolgt das Erhärten, d. h. die endgültige Verfestigung. Je nach der Zeitdauer, die der Vorgang des Abbindens erfordert, unterscheidet man „Schnellbinder“ (Abbindung in 15—20 Min.) und „Langsambinder“ (Abbindung in 1—2 Stunden). Die endgültige Verfestigung dauert einige Tage, Wochen oder auch Monate. Eine besondere Stellung nimmt der Magnesiacement<sup>1)</sup> (Sorelscher Zement) ein, dessen Hauptbestandteil gebrannte Magnesia ( $MgO$ ) ist. Er wird durch Brennen von Magnesit oder Dolomit (einer Doppelverbindung von  $CaCO_3$  und  $MgCO_3$ ) erhalten; im letzteren Falle darf die Erhitzung nur schwach sein, damit nur das Magnesium-, nicht auch das Calcium-Karbonat zersetzt wird. Die Anmischung erfolgt mit Chlormagnesiumlauge. Daher ist dieser Zement besonders für das Mauern im Salzgebirge geeignet, weil sich mit ihm ein sehr dichter Anschluß an das Gebirge erzielen läßt. Das Abbinden beruht wahrscheinlich auf der Bildung von Magnesiumoxychlorid.

Ob Schnell- oder Langsambinder verwandt werden, hängt meist vom Feuchtigkeitsgrade des Gebirges ab. Je nasser dieses ist, um so schneller abbindenden Mörtel wird man in der Regel benutzen, da sonst die Gefahr besteht, daß er durch das Wasser ausgewaschen wird, ehe er abgebunden hat.

Als Zusatz zum hydraulischen Mörtel zum Zwecke der Verbilligung kommt in erster Linie Sand (am besten scharfkörniger) zur Anwendung; auch wird Ziegelmehl oder Asche benutzt. Stets ist auf die Fernhaltung schlammiger Stoffe zu achten, sei es nun, daß diese in den Beimischungen zum Mörtel vorhanden waren oder daß sie von den Gebirgswässern zugeführt werden. Denn während Sand u. dgl. ein durch den hydraulischen Mörtel verkittetes, festes Gerippe bildet, wird durch Schlamm-Beimengungen der Mörtel gewissermaßen „verdünnt“, indem seine Bindekraft in mehr

<sup>1)</sup> Berg- u. Hüttenmänn. Rundschau 1908/09, S. 251; K. Müller: Portland-, Magnesia- und Hochofenzement im Salzbergbau.

oder weniger großem Maße beeinträchtigt wird. Daher muß schlammhaltiger Sand zunächst durch Schlämmen gereinigt und bei wichtigeren Arbeiten auch die Vorsicht gebraucht werden, die Steine vor dem Legen durch Abspülen von etwa anhaftenden Schlammteilchen zu befreien. — Das Mischungsverhältnis richtet sich nach der Zweckbestimmung des Mauerwerks. Je größer die Ansprüche an dasselbe, sei es in bezug auf Festigkeit oder in bezug auf Abhaltung von Wasser, sind, um so mehr wird der hydraulische Mörtel vorherrschen müssen, so daß unter Umständen von jeder Beimischung abgesehen werden muß. Einige der im Ruhrkohlenbergbau gebräuchlichsten Mischungen sind in der nachstehenden Übersicht zusammengestellt.

**Verschiedene Mörtelmischungen für Grubenmauerung nach Raumteilen.**

	Kalk Teile	Wasser- kalk Teile	Traß Teile	Zement Teile	Sand	
					Fluß- sand Teile	Schlacken- sand Teile
I. Gewöhnliches Mauerwerk (Scheibenmauern) . . . .	1	1	1	—	4	—
Desgl. . . . .	—	1	—	—	1	2
Desgl. für trockene Räume	1	—	—	—	2	3
II. Höher beanspruchtes Mauerwerk (Gewölbe, Fundamente u. dgl.), sehr fest . . . .	—	1	1	1	3	—
Desgl., mäßig fest . . . .	1	—	—	1	2	3

In den meisten Fällen kommt man mit den Mischungen unter I. aus.

Was die Abhaltung von Wasserzuzflüssen anlangt, so ist diese durch Mauerung von gewöhnlicher Ausführung nur bei mäßigen Drücken möglich; doch kann immerhin ein Teil des Wassers durch sie abgefangen werden.

**72. — Ausführung der Mauerung im allgemeinen.** Beim Mauern ist darauf zu achten, daß jeder Stein auf allen Seiten von Mörtel eingehüllt ist und daß bei nicht genügend feuchtem Gebirge die Steine durch vorheriges Eintauchen in Wasser gesättigt werden und infolgedessen dem Mörtel nicht mehr infolge ihrer porösen Beschaffenheit Wasser entziehen können. Ferner müssen die Steine in einem gewissen Verband zusammengefügt werden, dessen Zweck ist, die verschiedenen Fugen möglichst gleichmäßig zu verteilen, damit keine durchlaufenden Linien geringeren Widerstandes entstehen und alle Teile des Mauerwerks gleichmäßig beansprucht werden.

Man unterscheidet dabei die in der Richtung der Mauerwand und die quer zu dieser Richtung gelegten Steine und bezeichnet die ersteren als „Läufer“, die letzteren als „Binder“. So stellt Fig. 95a eine nur aus Läufern („Schornsteinverband“), Fig. 95b eine nur aus Bindern aufgemauerte Wand dar. Der Binderverband wird gewöhnlich beim Ausmauern von Schächten angewendet, da sich durch ihn eine gute Rundung erzielen läßt. Ebene Mauern aber (Scheibenmauern), die mit solchen einfachen Verbänden hergestellt sind, haben naturgemäß eine nur ge-

ringe Widerstandskraft und kommen daher in Strecken nur für weniger wichtige Zwecke (z. B. Wetterscheider) zur Verwendung. Dagegen erzielt man sehr innige und feste Verbände durch den Wechsel von Läufern in der einen Schicht und Bindern in der anderen. Solche Verbände unterscheiden sich voneinander durch die Art, wie die Fugen gegeneinander verspringen. Als wichtigste Ausführungen seien hier angeführt der „Blockverband“ (Fig. 95c) und der „Kreuzverband“ (Fig. 95d). Die Abbildungen lassen erkennen, wie bei beiden die senkrecht übereinander liegenden Steine kreuzartige Figuren bilden, und zwar haben, wie die umrandeten Vertikalreihen deutlich machen, beim Blockverband je 2 dieser Kreuze einen Balken gemeinsam, während sie beim Kreuzverband durch eine Läuferreihe voneinander getrennt sind. Der Unterschied beruht darauf, daß beim Kreuzverband in jede zweite Läuferreihe vorn ein halber Stein eingelegt ist. Die verschiedene Art der Abtreppung am freien Ende

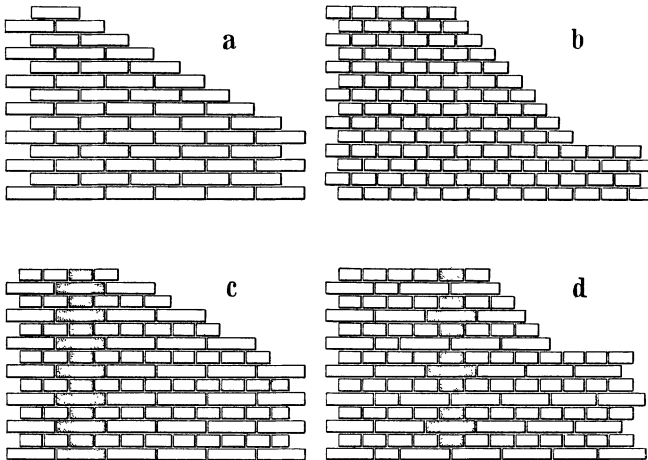


Fig. 95. Beispiele für Mauerverbände.

a Läuferverband, b Binderverband, c Blockverband, d Kreuzverband.

(beim Kreuzverband regelmäßig, beim Blockverband unregelmäßig) ist ebenfalls aus den Figuren zu entnehmen. Weiterhin lassen die unteren Hälften der Abbildungen in der Figur den Verlauf der gebrochenen Linie erkennen, nach welcher das neu anzuschließende Mauerwerk in das bereits fertiggestellte eingreift; diese Verbindung wird „Verzahnung“ genannt. Die Figuren zeigen, daß im Gegensatz zur Abtreppung, die beim Kreuzverband einfacher ist, die Verzahnung beim Blockverband ein einfacheres Bild gibt.

Bei der trockenen Bergmauerung mit ihren unregelmäßig geformten Steinen lassen sich solche Verbände natürlich nur ganz unvollkommen herstellen. Immerhin sollten sie aber auch hier nicht ganz außer acht gelassen werden. Am besten kann mit den regelmäßiger gestalteten Schiefer- oder Sandschieferstücken im Verband gemauert werden.

Ferner ist beim Mauern darauf zu achten, daß Hohlräume hinter dem Mauerwerk vermieden oder sorgfältig ausgemauert werden, weil sonst

der Gebirgsdruck nicht gleichmäßig vom Mauerwerk getragen wird, sondern die Stellen, an denen das Gebirge dicht anliegt, für die anderen Teile mit tragen müssen. Aus demselben Grunde vermeidet man auch, wenn das Gebirge nicht von vornherein druckhaft ist, die Ausfüllung von Hohlräumen hinter dem Mauerwerk durch altes Holz, da dieses mit der Zeit fault und so nicht mehr ausfüllend wirkt. Handelt es sich jedoch um druckhaftes Gebirge, so ist derartiges nicht zu befürchten; vielmehr kann dann eine mehr oder weniger starke Holzzwischenlage zwischen Mauerung und Gebirge als nachgiebiges Polster das Mauerwerk entlasten (s. u.).

## 2. Ausführung der Mauerung im einzelnen.

**73. — Formen der Mauerung.** Was die Gestalt der Mauern betrifft, so unterscheidet man Scheibenmauern und Gewölbe. Die ersteren sollen in erster Linie den in ihrer Ebene wirkenden Druck aufnehmen. Sind sie nur für diesen Zweck berechnet, so werden sie als einfache vertikale Mauern gebaut und heißen dann „geradstirnige“ Scheibenmauern (Fig. 96), wogegen eine „krummstirnige“ Scheibenmauer (Fig. 97) ein allmähliches Nachgeben durch Hereinschieben des Mittelteils ermöglichen soll, ohne den Streckenquerschnitt zu sehr zu verengen. Größere Festigkeit von Scheibenmauern gegen Firstendruck und einen gewissen Seitendruck erzielt man durch Verstärkung der Mauerfüße

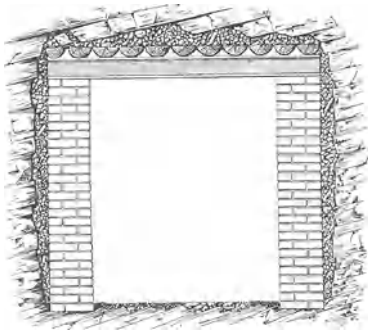


Fig. 96. Geradstirnige Scheibenmauern mit I-Trägern als Kappen.

nach Fig. 98; solche Mauern heißen „geböschte Scheibenmauern“.

Stärkerer Druck in der Richtung senkrecht gegen die Mauerebene kann nur durch Gewölbe aufgenommen werden, bei denen die Steine radial gestellt und deren beide Enden durch radial verlaufende Auflageflächen, „Kämpfer“ genannt, getragen werden. Die Gewölbeformen sind verschieden, einerseits nach der Größe des Radius, nach dem das Gewölbe geschlagen wird, und andererseits nach dem Umfange der durch sie geschützten Fläche des Querschnitts. In ersterer

nach Fig. 98; solche Mauern heißen „geböschte Scheibenmauern“.

Stärkerer Druck in der Richtung senkrecht gegen die Mauerebene kann nur durch Gewölbe aufgenommen werden, bei denen die Steine radial gestellt und deren beide

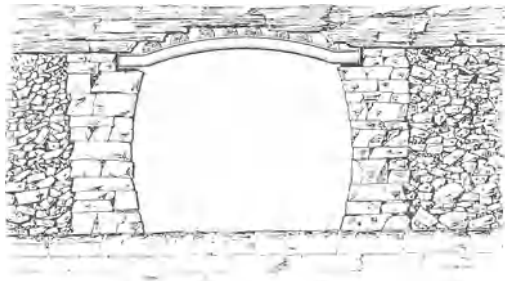


Fig. 97. Krummstirnige Scheibenmauern mit gewölbten I-Trägern auf Winkelplatten als Kappen.

Enden durch radial verlaufende Auflageflächen, „Kämpfer“ genannt, getragen werden. Die Gewölbeformen sind verschieden, einerseits nach der Größe des Radius, nach dem das Gewölbe geschlagen wird, und andererseits nach dem Umfange der durch sie geschützten Fläche des Querschnitts. In ersterer

Hinsicht unterscheidet man zunächst die Kreisbogengewölbe von den Korbbogengewölben. Die ersteren sind nach nur einem Krümmungsradius, die letzteren nach mehreren verschieden großen

Radien gewölbt, so daß sie aus mehreren ellipsenartigen Bögen zusammengesetzt erscheinen. Jedoch kommen im allgemeinen für die



Fig. 98. Geböschte Scheibenmauern aus Bruchsteinen mit Ziegel-Gewölbekappen.



Fig. 99. Scheibenmauern (1 1/2 Stein stark) mit Halbkreisgewölbe.

Grubenmauerung nur Kreisbögen in Betracht. Diese haben im Gegensatz zu den Korbbögen die Eigenschaft, daß sie den ganzen auf ihnen lastenden Gebirgsdruck auf die Kämpfer übertragen. Ihre Widerlager können in einer Ebene liegen (Fig. 99) oder 2 gegeneinander geneigte Ebenen bilden (Fig. 98, 100 und 101), oder anders ausgedrückt, der Radius, nach dem sie geschlagen sind, kann gleich der Hälfte der Streckenbreite oder größer als dieses Maß sein. Gewölbe der ersteren Art heißen „volle Tonnengewölbe“, solche der letzteren Art nennt man „flache Tonnengewölbe“, auch „Stutzgewölbe“ oder „Stutzbögen“. Wo es die Druckverhältnisse zulassen, bevorzugt man sie, da sie mit einem geringeren Nachbrechen des Gebirges in der Firste auszukommen gestatten. Das trifft namentlich für schmale Räume zu, weil man bei diesen nicht, wie das in größeren Räumen möglich ist, mit der Wölbung schon in verhältnismäßig geringer Entfernung von der Sohle beginnen kann.

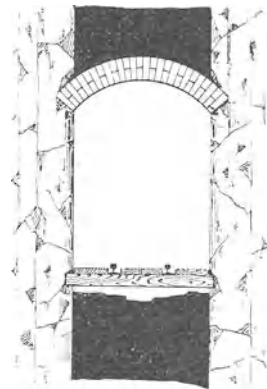


Fig. 100. Stutzbogen (Firstengewölbe).

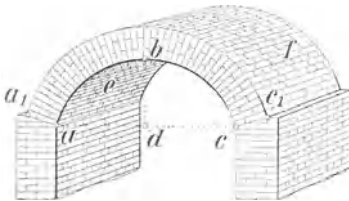


Fig. 101. Stutzgewölbe auf Scheibenmauern.



Fig. 102. Stutzgewölbe mit Radialsteinen.



Fig. 103. Stutzgewölbe mit keilförmigen Mörtelfugen.

Die innere Wölbungsfläche  $e$  eines Gewölbebogens (Fig. 101) heißt „Leibungsfläche“, ihr höchster Punkt  $b$  der „Scheitel“; die äußere



Wölbung  $f$  nennt man „Rückenfläche“. Der zwischen beiden bestehende Längenunterschied wird entweder durch Zunahme der Steindicken oder durch Zunahme der Mörtelfugen (Fig. 102 und 103) von innen nach außen ausgeglichen. Ersteres Verfahren erfordert besondere Steine, sog. „Radialsteine“, und wird wegen des höheren Preises derselben nur ausnahmsweise angewandt, nämlich wenn es sich entweder um besonders wichtige Arbeiten oder um Gewölbe von besonders kleinem Radius handelt, bei denen der Längenunterschied zwischen Leibungs- und Rückenfläche verhältnismäßig groß ist und daher seine Ausgleichung durch stärkere Fugen das Mauerwerk zu sehr schwächen würde.

Wichtige Maße sind die Linien  $ac$  und  $bd$  in Fig. 101: die erstere heißt die „Sehne“, die letztere die „Pfeilhöhe“ des Gewölbes. Je größer das Verhältnis von Pfeilhöhe zur Sehne, die sog. „Spannung“ des Gewölbes ist, um so größer ist dessen Tragfähigkeit. Bei Halbkreisgewölben ist die Spannung offenbar 1 : 2. Bei Stutzbögen wählt man sie zwischen 1 : 12 für schwache und 1 : 5 für starke Beanspruchung. Werden die Kämpfer durch gesundes Gebirge oder durch verstärkte Scheibenmauern gebildet, so kann man mit der Spannung bis 1 : 20 heruntergehen.

Der mittelste Stein des Gewölbes, der „Schlußstein“, wird zuletzt eingesetzt, und zwar von oben, wenn genügend Platz vorhanden ist, sonst von vorn.

**74. — Einfache Anwendungen der Grubenmauerung.** Der einfachste Fall des Ausbaues mit Kreisgewölben in der Grube ist das Firstengewölbe (Fig. 100 auf S. 85), ein in der Firste der Strecke oder des Querschlags geschlagener Stutzbogen. Es erfordert ein hinreichend standfestes

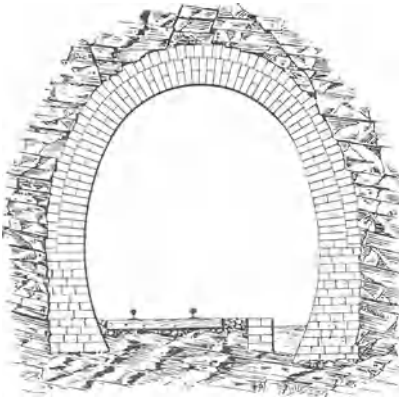


Fig. 104. Elliptisches Gewölbe auf geböschten Scheibenmauern.

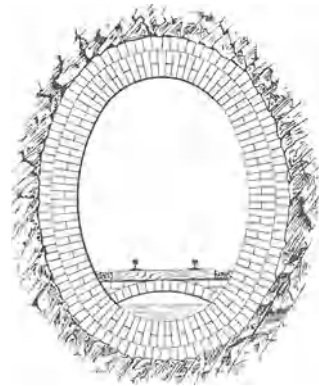


Fig. 105. Elliptische Mauerauswölbung in Strecken, mit Gegengewölbe für das Tragwerk.

und nicht schnell verwitterndes Gebirge an den Stößen, da dieses den ganzen Kämpferdruck auszuhalten hat. Anwendung findet das Firstengewölbe besonders zum Abhalten rolliger Massen in der Firste, also zum Abfangen von Bergeversatz bei steiler Lagerung und größerer Mächtigkeit der Lagerstätte.

Der im Steinkohlenbergbau am häufigsten vorkommende Fall der Gewölbemauerung ist das Halbkreisgewölbe auf Scheibenmauern (Fig. 99 auf S. 85), das wegen seiner einfachen Ausführung bevorzugt wird, wenngleich hier die Scheibenmauern den vollen, auf dem Gewölbe lastenden Gebirgsdruck abzufangen haben. Diese Art der Mauerung kommt aber auch überall dort zur Anwendung, wo es sich nicht sowohl um die Abhaltung eines großen Firstendruckes durch das Gewölbe, sondern lediglich um den Schutz von Firste und Stößen gegen Verwitterung oder um Abhaltung von Wasserzuflüssen oder Verringerung der Widerstände gegen die Wetterbewegung usw. handelt. Ist größerer Firstendruck zu erwarten, so läßt man nach Fig. 98 die Scheibenmauern nach unten hin zunehmen. Die Scheibenmauern werden zweckmäßig in die Sohle „eingeschlitzt“ (Fig. 96, 98, 99). Ist diese unzuverlässig, so muß der Mauerfuß auf eine Betonsohle oder auf Grundswellen gestützt werden.

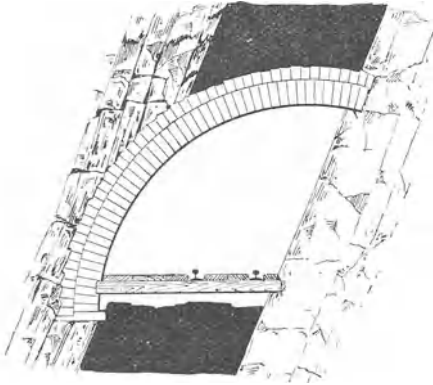


Fig. 106. Halbelliptisches Firstengewölbe.

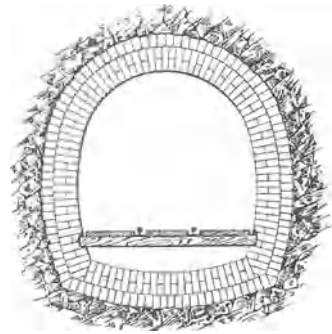


Fig. 107. Geschlossenes Gewölbe mit flacherem Sohlenbogen.

Soll größerer Seitendruck abgewehrt werden, so müssen auch die Seitenmauern als Gewölbe hergestellt werden; man erhält dann einen elliptischen Querschnitt des Mauerwerks (Fig. 104 und 105). Eine ähnliche Form wird bei nicht ganz steilem Einfallen durch den vorhin erwähnten Firstenbogen gebildet, nämlich eine halbe Ellipse (Fig. 106). Wirkt der Druck (wie z. B. im Braunkohlenbergbau) annähernd gleichmäßig von allen Seiten, so ergibt sich ein vollständig geschlossenes Gewölbe, und zwar je nach dem Verhältnis zwischen Streckenbreite und -höhe von Kreis- oder Ellipsenform. Jedoch vermeidet man nach Möglichkeit das zu diesem Zwecke erforderliche kostspielige, tiefe Ausheben der Sohle und begnügt sich hier bei nicht zu starkem Sohlendruck mit Bögen von geringerer Spannung (Fig. 107).

#### 75. — Schwierigere Ausführungen der Grubenmauerung.

Schwieriger auszuführen sind die Gewölbe mit doppelter Krümmung (Kreuzgewölbe), als deren wichtigste Anwendungsfälle in der Grube die Kreuzungen von auszumauernden Strecken unter sich oder mit der Schachtmauerung zu nennen sind. Man erhält dann im einfachsten Falle Gewölbeformen, wie sie sich aus der Durchdringung zweier Zylinder ergeben, indem

die Scheitellinien der beiderseitigen Gewölbe in derselben Horizontalebene (bei Strecken unter sich) oder in der gleichen Vertikalebene (bei Einmündung von Strecken in Schächte von kreisförmigem Querschnitt) liegen. Bei Streckenkreuzungen kann man die beiderseitigen Wölbungen stumpf oder mit kurzer Verzahnung zusammenstoßen lassen. Da sich aber dann an der Kreuzungstelle eine geringere Tragfähigkeit ergibt, so ist bei größerem Drucke eine Unterstützung des einen Gewölbes durch das andere vorzuziehen. Beim Füllortausbau ist auf eine genügend große Höhe des Raumes Bedacht zu nehmen. Daraus folgt in dem einfachsten Falle, d. h. bei horizontaler Einführung des Strecken- bzw. Querschlaggewölbes in den Schacht, die Notwendigkeit eines plötzlichen Absetzens des Füllortgewölbes gegen das Gewölbe des vorhergehenden Streckenteils. Infolgedessen entsteht hier eine schwache Stelle, weshalb man vielfach eine allmähliche

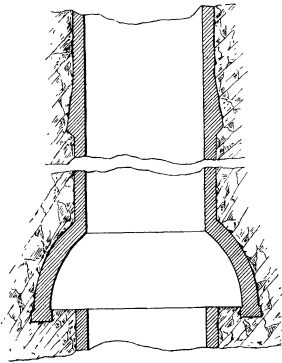


Fig. 108 a und b. Füllortausbau mit freistehendem Schacht.

Überführung des Füllortgewölbes von der Streckenhöhe bis zur höchsten Stelle am Schacht vorzieht, wobei sich übrigens auch eine wesentliche Ersparnis an Firstenausbau ergibt. In diesem Falle erfolgt also die Verbindung zwischen Schacht- und Streckenmauerung durch ein schräg ansteigendes, sog. „Kellerhals“-Gewölbe. Im übrigen ergeben sich beim Anschluß an die Schachtmauerung günstigere Festigkeitsverhältnisse als bei Streckenkreuzen. Denn da die Berührungsfläche zwischen beiden Wölbungen eine schräg liegende Halbringfläche ist, so stellt sie ihrerseits eine gute Kämpferfläche dar, durch die der Druck dieses Teiles des Schachtmauerwerks auf das Füllortgewölbe abgeladen wird, während andererseits der am weitesten nach dem Schachte hin vorspringende Teil des Füllortbogens nicht der Scheitel, sondern der untere Teil desselben ist und so dem Scheitel keine Unterstützung entzogen wird.

In einzelnen Fällen hat man nach Fig. 108 den Schachtstuhl ganz frei in das Füllort hineingestellt und dieses dann als Kuppelgewölbe (ebenfalls ein Gewölbe doppelter Krümmung) ausgeführt, die Last der Schachtmauer also durch die Kuppelwölbung abgefangen. Obwohl man hierbei den großen Vorteil eines nach allen Seiten hin freien Anschlags erzielt, ist ein solcher Füllortausbau wegen der großen freizuliegenden Gebirgsfläche doch nur bei zuverlässigem Gebirge zu empfehlen, da sonst der Zustand vor der endgültigen Fertigstellung gefahrdrohend ist.

**76. — Tragewerk.** Der Einbau des Gestänges bietet keine Besonderheiten, wenn die Sohle nicht abgewölbt ist und nur ein Teil der Sohle, sei es in der Mitte oder an einer Seite, für die Wasserseige in Anspruch genommen zu werden braucht (Fig. 99, 104 u. a.). Es wird dann höchstens erforderlich, die Stege an der Seite, wo die Wasserseige liegt, in die Mauer einzulassen. Ist aber die Wasserseige in der ganzen Breite der Sohle zu führen oder ist ein Sohlengewölbe vorhanden, so muß ein

„Tragwerk“ vorgesehen werden. Zu diesem Zwecke können bei genügend widerstandsfähiger, z. B. elliptischer Gewölbemauerung die Stege beiderseits in das Mauerwerk eingelegt werden, indem man auf der einen Seite einen halben Stein neben dem Bühnloch fehlen läßt, so daß die Stege in der Längsrichtung der Strecke eingeschwenkt werden können. Außerdem kann bei geschlossener Ausmauerung die Verlagerung auch nach Fig. 109 oder mit Hilfe eines Gegengewölbes (Fig. 105 auf S. 86) erfolgen, in welchem letzteren dann von Zeit zu Zeit Mannlöcher zur Befahrung der Wasserseige auszusparen sind. Da hierbei aber die Stege in feste Verbindung mit dem Mauerwerk gebracht und deshalb durch geringfügige Verschiebungen desselben infolge des Gebirgsdruckes auch ihrerseits verschoben oder gebrochen werden, so zieht man für schwächeres Mauerwerk

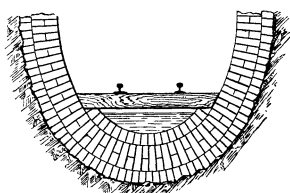


Fig. 109. Elliptische Mauerung mit Tragwerk.

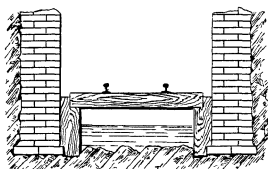


Fig. 110. Scheibenmauern mit Tragwerk.

oder unruhigeres Gebirge eine unabhängige Verlagerung nach Art der in Fig. 110 dargestellten, also auf besonderen Tragbolzen vor.

Eine besondere Art der Einbringung des Tragwerks ergibt sich beim Ausmauern hoher und breiter, für mehrere Abzugsbühnen übereinander einzurichtender Füllörter, die in mäßig festes Gebirge zu liegen kommen und daher nicht mit Vollausschub, sondern unter einseitiger Belastung eines Gesteinkernes in der Mitte (vgl. Bd. I: „Herstellung großer Räume“) ausgeschossen werden müssen. Da in diesem Falle die schweren Holz- oder Eisenträger für die Zwischenbühnen nicht gleich mit eingemauert, sondern erst nach Beseitigung des Gesteinkernes eingebracht werden können, so hilft man sich dann durch Einbettung verllorener Balkenenden in das Mauerwerk, die nach Fertigstellung des Hohlraumes wieder herausgerissen werden, so daß eine Rinne entsteht, in welche die Träger eingeschoben werden können.

**77. — Verfahren bei der Herstellung der Mauerung.** Soll ein unterirdischer Hohlraum in Gewölbemauerung gesetzt werden, so ist in der Regel zunächst eine verlorene Zimmerung einzubringen, der die Mauerung in einem gewissen Abstände folgt. Bei hinreichend zuverlässigem Gebirge kann man, sobald die Mauerung bis dicht an einen weiteren Türstock herangeführt ist, diesen ausbauen und dann weiter mauern. Anderenfalls muß man so viel Raum ausbrechen, daß die Mauerung noch innerhalb des verlorenen Ausbaues Platz findet. Man mauert dann über den letzten Türstock hinaus fertig, raubt ihn hinter der Mauer weg und stampft nun den so entstandenen Hohlraum zwischen Mauerwerk und Gebirge mit klaren Bergen oder besser mit Beton aus, wobei die Arbeiter durch den noch stehenden verlorenen Ausbau geschützt sind. — Dem Schlagen des

Gewölbes geht die Aufstellung der Lehrgerüste oder Lehrbögen voraus, die der Leibungsfläche des Gewölbes entsprechend geschnitten sind. Diese Bögen werden durch Brettverschalung mit einem Mantel umgeben, auf den das Mauerwerk zu liegen kommt. Auf ihre richtige gegenseitige Stellung ist natürlich durch Einvisierung und Lotung sorgfältig Bedacht zu nehmen. Die hintersten Bögen werden nach genügender Erhärtung des Mauerwerks fortgenommen, um vorn wieder verwandt zu werden; man kommt also mit einer kleinen Anzahl von Lehrbögen aus. Sind nur Stützgewölbe zu schlagen, so ruhen die Lehrbögen am besten auf Firstenspreizen.

Größere Gewölbe, wie sie für Maschinenkammern u. dgl. hergestellt werden, erfordern umständlicher zusammengebaute Lehrgerüste (vgl. auch Bd. I: „Herstellung großer Räume“).

**78. — Verbindungen zwischen Mauerung und Eisen- oder Holzausbau.** Ein Ausbau, der sowohl aus Mauerung wie auch aus Eisen oder Holz zusammengesetzt ist (vgl. oben Fig. 96 und 97 auf S. 84, sowie unten Fig. 112 und 113 auf f. S.), kann zunächst den Zweck haben, an Kosten gegenüber der reinen Mauerung zu sparen. In erster Linie handelt es sich dabei um den Wegfall der Wölbungen, die mühsamer und kostspieliger herzustellen sind, die Schaffung eines größeren Hohlraumes bedingen und einigermaßen geschulte Leute verlangen. Auch erfüllen Gewölbe ihren Zweck nur dann, wenn sie von allen Seiten gleichmäßig belastet sind, was sich unter Tage schwer erreichen läßt. Man beschränkt dann also die Mauerung auf die Verwahrung der Stöße durch Scheibemauern und legt auf diese eiserne oder hölzerne Kappen.



Fig. 111. Kappengewölbe.

Ein solcher Ausbau eignet sich naturgemäß nur für Firsten, nicht aber für stärkeren Seitendruck, wenn auch ein gewisser Seitendruck durch Verstärkung der Mauerfüße aufgenommen werden kann.

Er kommt im übrigen in der Ausführung mit Mörtelmauerwerk für solche Fälle in Betracht, in denen Luftzutritt zu den Stößen möglichst vermieden, die Reparaturarbeiten nach Möglichkeit eingeschränkt und dem Wetterstrom möglichst wenig Widerstand entgegengesetzt werden soll. Eine besondere Bedeutung kommt ihm für den nachgiebigen Ausbau zu, auf den unten noch näher eingegangen werden soll.

Eine andere Art der Verbindung zwischen Mauerung und Eisen- oder Holzausbau ist das „Kappengewölbe“ (Fig. 111). Es wird für die Sicherung der Firste von größeren Hohlräumen, namentlich von Pferdeställen, benutzt und soll bei großer Festigkeit einen größeren Firstenausbruch entbehrlich machen, wie er bei Gewölben von der vollen Spannweite des Raumes notwendig werden würde. Ein solches Gewölbe besteht aus einer Anzahl kleiner, mit ihrer Achse quer zur Längsachse des Raumes gelegter Stützbögen, die sich beiderseits gegen I-Träger oder Schienen stützen.

**79. — Nachgiebige Mauerung.** Die im vorstehenden beschriebene, starre Mauerung eignet sich nur für solche Fälle, in denen entweder die Mauerung überhaupt keinen erheblichen Druck auszuhalten hat, sondern

nur den luft- und wasserdichten Abschluß bewirken soll, — oder der zu erwartende Druck mit Sicherheit die Festigkeit des Mauerwerks nicht übersteigen wird. Andernfalls wird nach einiger Zeit das Mauerwerk in Bewegung geraten, Steine werden zerdrückt, größere Keile herausgequetscht werden, und der Betriebsleiter sieht sich vor die Notwendigkeit gestellt, umfangreiche, den Betrieb störende und kostspielige, vielfach auch gefährliche Ausbesserungsarbeiten vornehmen zu lassen. Zur

Vermeidung dieser Übelstände ist man neuerdings mit Erfolg bemüht gewesen, auch die Mauerung in druckhaftem Gebirge nachgiebig auszugestalten.

Eine gewisse Nachgiebigkeit wird bereits dadurch erzielt, daß man auf das Gewölbe verzichtet und statt der Mörtelmauerung

trockene Bergemauerung verwendet, auf die Eisenschienen oder Rundhölzer (Fig. 112) als Kappen gelegt werden. Man erhält so den oben (S. 55) erwähnten Ausbau mit „Firstenbänken“, auf dessen Nachgiebigkeit bereits aufmerksam gemacht worden ist. Ein weiteres Nachgeben kann bei Scheibemauern durch die Beschaffenheit des Liegenden gegeben sein. Wenn dieses nämlich zum Quellen neigt, so findet hierin der Gebirgsdruck seinen Ausgleich, und die Mauerfüße drücken sich in das Liegende hinein. Jedoch wird dieses Eindringen, das beim Ausbau in Holz oder Eisen sehr leicht erfolgt, naturgemäß durch die größere Dicke der Mauern erheblich erschwert.

Eine größere Nachgiebigkeit wird dadurch ermöglicht; daß nicht nur auf die Mauern, sondern auch in diese hinein Quetschhölzer gelegt werden, wie das bereits in Fig. 58 auf S. 56 veranschaulicht ist. Man kann dann auch Ziegelsteinmauerwerk anwenden, da dessen Starrheit durch die Holzeinlagen vermindert wird, und sogar auch mit Gewölbemauerung einen nachgiebigen Ausbau herstellen. Und zwar kann man die Holzeinlagen in größeren oder geringeren senkrechten Abständen einbringen, indem man im ersteren Falle stärkere Pfostenstücke, im letzteren dünnere Bretter (Fig. 113)

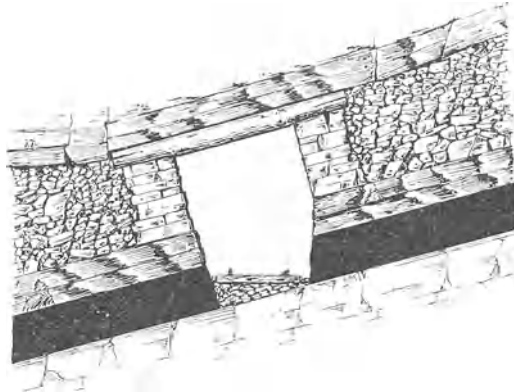


Fig. 112. Bergemauern mit Firstenbänken.

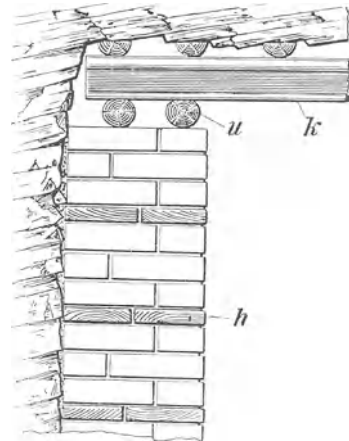


Fig. 113. Mauerung mit Holzeinlagen.

einlegt. Gut bewährt hat sich z. B. eine Mauerung, bei der auf jede fünfte Steinlage eine Bretterlage von 3 cm Stärke gelegt wurde. Notwendig ist nur die Belassung von Luftzwischenräumen zwischen den Pfosten und Brettern, damit das gequetschte Holz seitlich ausweichen kann.

Auch Holzgewölbe auf Scheibenmauern oder vollständig geschlossene Holzgewölbe hat man für den Ausbau größerer Räume in druckhaftem Gebirge erfolgreich angewandt, indem man die Holzstücke mit Verband, also ähnlich wie bei der Steinmauerung, zusammengesetzt hat.

### b) Betonausbau.

**80. — Überblick.** Der wirksame Bestandteil des Betons ist ein hydraulischer Mörtel, und zwar kommt in den weitaus meisten Fällen künstlicher Zement zur Verwendung, der zur Erniedrigung der Kosten mit Sand, Steinbrocken u. dgl. vermengt wird. Beschränkt sich die Mischung auf diese Bestandteile, so erhält man den einfachen oder gewöhnlichen Beton. Verstärkt man diesen dagegen durch Eiseneinlagen, so ergibt sich der Eisenbeton oder eisenbewehrte (armierte) Beton.

#### 1. Einfacher Betonausbau.

**81. — Betonmischungen.**<sup>1)</sup> Da reiner Zement 40—50 *M* je Kubikmeter kostet, so kommt er nur in besonderen Ausnahmefällen (z. B. beim Schachtbteufen) zur Anwendung. Im übrigen wird er stets in Mischungen verwendet, die je nach ihrem größeren oder geringeren Zementgehalte als „fette“ oder „magere“ bezeichnet werden. Als Zuschlag kommt zunächst Sand in Betracht, der mit dem Zement den „Mörtel“ bildet. Die anderen Zuschläge sind grobkörnig und bestehen aus Kies, Schlacke, Kleinschlag von harten Steinen, wie Sandstein, Granit, Basalt u. dgl. Der Billigkeit halber wird auch Ziegelschrot verwendet; doch ist der damit hergestellte Beton nicht für hohe Beanspruchungen geeignet, da die Druckfestigkeit der Ziegelsteine, die dann für die Beanspruchung maßgebend ist, diejenige des Zements nicht erreicht. Im übrigen verdienen grundsätzlich raue und scharfkantige Brocken (Kleinschlag) vor rundlichen Steinen (Kies) den Vorzug, da sie einerseits ihrer rauheren Oberfläche wegen fester mit dem Mörtel abbinden und andererseits infolge ihrer scharfen Kanten einer Herauslösung aus der Masse stärkeren Widerstand entgegensetzen, also mit dem Mörtel ein festere Steingerippe bilden. Zuschlagstoffe aus dem eigenen Betriebe kann man mit 3—4 *M* je Kubikmeter berechnen, während für Kleinschlag von auswärts bis zu 10 *M* bezahlt werden müssen.

Da die Hohlräume zwischen den größeren Zuschlägen unbedingt ausgefüllt werden müssen, ihre Ausfüllung durch reinen Zement aber sehr teuer werden würde, so muß offenbar zwischen den beiden Bestandteilen Mörtel (Zement + Sand) und Zuschlag ein bestimmtes Verhältnis herrschen. Die Betonmischung hängt daher nicht nur von der angestrebten Festigkeit, sondern auch von der Korngröße und Porosität der Zuschläge ab.

<sup>1)</sup> Vgl. hierzu auch Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1910, S. 249 u. f.; Staudinger: Beton und Eisenbeton im oberschlesischen Steinkohlenbergbau.

Eine Zusammenstellung verschiedener, dieser Forderung entsprechender Mischungen gibt folgende Zahlentafel:

Lfde. Nummer	Verwendungszweck	Mischungsverhältnis				Preis je Kubikmeter	
		Zement	Sand	Kies	Klein-schlag	Zuschläge aus eigenem Betriebe	Zuschläge von auswärts bezogen
		Raumteile				<i>M</i>	<i>M</i>
1 } 2 }	Maschinenfundamente {	1 1	2 2	4 —	— 3,0	10,20 11,20	14,90 15,80
3 } 4 }	Stampfbeton in Strecken und Schächten bei stärkerem Druck . . {	1 1	3 3	6 —	— 4,5	8,20 9,00	13,10 13,80
5 } 6 }	Desgl. bei geringerem Druck . . . . . {	1 1	5 5	10 —	— 7,5	6,40 6,90	11,50 12,00

**82. — Ausführung des Betonausbaues.** Die Formen des Betonausbaues sind ähnlich wie die der Mauerung. Doch hat man naturgemäß beim Beton wegen des Wegfalls eines regelrechten Verbandes viel größere Freiheit und kann durch Verwendung entsprechender Lehrgerüste beliebige Ausbauprofile herstellen. Insbesondere kommt infolgedessen der nur geringe Firstenausbrüche verlangende Korbbogen hier voll zur Geltung. Im allgemeinen kommt Beton nur zur Herstellung von Gewölben, nicht zur Aufführung einfacher Scheibenmauern zur Verwendung. Die Herstellung erfolgt meist durch „Stampfen“ hinter ein dicht verschaltes Lehrgerüst. Doch wird neuerdings auch das Einpressen flüssigen Zements vorgeschlagen.<sup>1)</sup> In beiden Fällen muß zunächst eine Verschalung („Einrüstung“, „Lehrgerüst“) eingebracht werden, damit zwischen diese und die Streckenstöße der Beton eingebracht werden kann.

**83. — Lehrgerüste.** Die Lehrgerüste bestehen aus einem hölzernen oder eisernen Gerippe mit einer Verschalung, die meist durch Holzbretter gebildet wird, aber auch aus Eisenblechen zusammengesetzt werden kann. Die Verwendung von Eisen (vgl. Fig. 157 auf S. 128) empfiehlt sich besonders in solchen Fällen, in denen der Streckenquerschnitt auf größere Erstreckungen hin gleichmäßig bleibt, da dann eine möglichst dauerhafte und bequem abzunehmende und wiederaufzubauende Verschalung erwünscht ist. Zum Ausbau unregelmäßiger Hohlräume dagegen, wie sie bei Aufwältigung von Brüchen sich ergeben, eignet sich Holzverschalung besser, die sich den wechselnden Querschnitten besser anpassen läßt. Außerdem bevorzugt man Holz für die Herstellung größerer Gewölbe, für die Eisengerüste zu schwer und unhandlich werden.

Nach Erhärtung des Betons kann das Lehrgerüst wieder entfernt werden, um weiter vorn von neuem Verwendung zu finden. Je rascher also die Erhärtung eintritt, um so kürzer braucht die Lehrverschalung zu sein, und um so häufiger kann sie wieder benutzt werden.

<sup>1)</sup> Glückauf 1909, S. 433; Scharf: Einige neuere Betonierungsverfahren usw.



Auf den vorhandenen Streckenausbau braucht bei der Betonierung nicht Rücksicht genommen zu werden, da man die Zimmerungen erst im letzten Augenblick, wenn die Betonwand ganz nahe an sie herangerückt ist, zu entfernen braucht. Ist die Strecke stark druckhaft, so kann man den Ausbau auch einfach mit einstampfen.

**84. — Stampf- und Preßverfahren.** Beim Stampfverfahren mengt man die Betonmasse mit genügend Wasser an, füllt sie hinter die Lehrverschalung und stampft zunächst die unteren Teile der Stöße, nachher die oberen und schließlich das Gewölbe aus. Die Leute bedienen sich dabei eiserner Platten, die an hölzernen Stielen befestigt sind. Hin und wieder hat man auch Stampfhämmer nach Art der Bohrhämmer verwendet. Das Stampfen wird solange fortgesetzt, bis die Masse gründlich festgeschlagen ist, was an dem Austreten von Feuchtigkeit (dem „Schwitzen“) an der Oberfläche erkannt wird.

Das Preßverfahren besteht darin, daß zunächst die Kleinschlag- usw. Beimengungen trocken eingebracht werden und sodann durch eine Rohrleitung flüssiger, reiner Zement unter Druck in sie eingepreßt wird. Der Beton wird also hierbei gewissermaßen erst an Ort und Stelle hergestellt.

Bei einem solchen Vorgehen ist naturgemäß die Abdichtung nach dem Streckeninnern und nach der Seite, nach welcher der Ausbau weiter fortgeführt werden soll, wegen der flüssigen Beschaffenheit der Zementmilch und des anzuwendenden Druckes schwierig. Die Lehrverschalung und ihre Aussteifung wird daher umständlich und teuer. Außerdem geht die Erhärtung wegen dieses dichten Abschlusses nur langsam vor sich. Größere Erfahrungen mit dieser Art der Betonierung liegen noch nicht vor. Dagegen hat das Verfahren sich in Verbindung mit Mauerung zur Ausfüllung der hinter dieser verbleibenden Hohlräume bewährt, sei es nun, daß es sich um nachträgliche Einspülung von Zementmilch in diese von der Strecke aus oder um neue Herstellung eines Mauergewölbes mit Betonanschluß an das Gebirge handelt. Im ersteren Falle ergibt sich ein ganz ähnliches Vorgehen wie bei der Portierschen Zementierung (s. u.), indem die Mauer an passenden Stellen angebohrt und durch Rohre, die hier dicht angeschlossen werden, Zement bis zur Sättigung des Gebirges eingepreßt wird (s. S. 118 u. 264). Im letzteren Falle werden vom Gewölbebogen aus in Abständen von 1—2 m Quermauern bis zum Anschluß an das Gebirge hochgezogen und dadurch Kammern gebildet, die mit Kleinschlag oder Bergen ausgefüllt und dann in der eben geschilderten Weise mit Zement zugespült werden.

## 2. Eisenbetonausbau.

**85. — Bedeutung des Eisenbetons.** Der Eisenbeton beruht auf der Fähigkeit des Zements, mit Eisenteilen, die in ihn eingelegt sind, eine sehr feste Verbindung einzugehen, so daß die Masse dann bis zu einem gewissen Grade mit den Eigenschaften des Zements (Härte und Druckfestigkeit) diejenigen des Eisens (Biegsamkeit und Zugfestigkeit) vereinigt. Infolgedessen kann der so verstärkte Beton auch stärkere ungleichmäßige Drücke aufnehmen, die auf eine Veränderung der Querschnittform und damit auf eine Biegungsbeanspruchung des Ausbaues hinwirken, wogegen der einfache Betonausbau wie die Mauerung im wesentlichen nur gleich-

mäßigen Drücken, also reinen Druckbeanspruchungen gewachsen ist. Fig. 114 veranschaulicht schematisch einen Belastungsfall, für den Beton oder Mauerung wenig geeignet sind, Eisenbeton dagegen vorteilhaft ist. Da der Bergeversatz etwas nachgeben kann, so sucht hier der Druck vom Hangenden her das Kreisgewölbe zu beiden Seiten in den Versatz hinein-

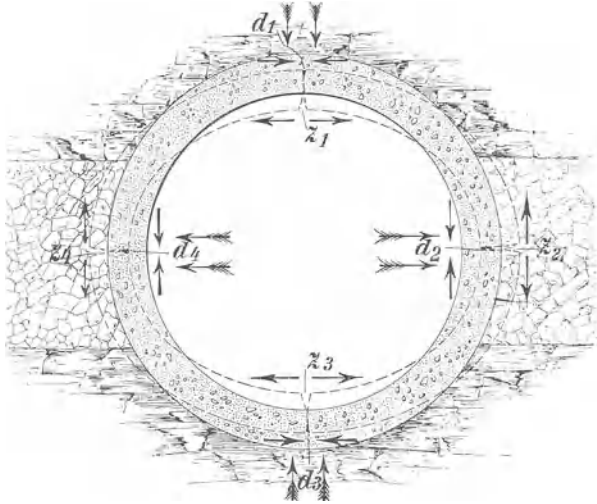


Fig. 114. Schematische Darstellung eines Betongewölbes mit Biegebeanspruchung.

zudrücken und dadurch in eine elliptische Form zu bringen. Infolgedessen entstehen außer den Druckkräften bei  $d_1$  bis  $d_4$  Zugbeanspruchungen bei  $z_1$  bis  $z_4$ , denen der Eisenbeton im Gegensatz zu den beiden anderen Ausbauförmungen widerstehen kann. Steht dagegen das Gewölbe unter allseitig gleichmäßigem Druck (z. B. im Schwimmsand), so treten diese Zugkräfte nicht auf, es handelt sich vielmehr um eine reine Druckbeanspruchung, die durch Mauerung oder einfachen Beton zur Genüge aufgenommen werden kann.

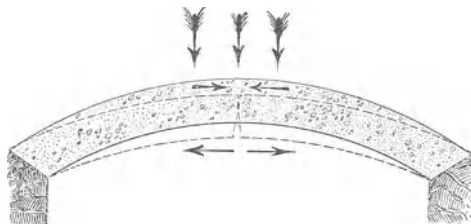


Fig. 115. Schematische Darstellung eines Firstengewölbes mit Biegebeanspruchung.

Ein anderer Belastungsfall, der diesen Unterschied zwischen Eisenbeton und den anderen Ausbauförmungen zur Geltung kommen läßt, ist der in Fig. 115 dargestellte eines Firstengewölbes mit geringer Pfeilhöhe. Hier wird der Ausbau gleichfalls auf Biegung beansprucht, so daß an der Rückenfläche Druck-, an der Leibungsfläche dagegen Zugkräfte auftreten.

**86. — Ausführung des Eisenbetonausbaues im einzelnen.** Die Betonmischung ist insofern eine andere wie beim einfachen Stampfbeton, als zur Erzielung einer dichten und gleichmäßigen Umhüllung der Eiseninlagen größere Feinkörnigkeit erforderlich ist. Infolgedessen herrschen

Sand und Schlackensand als Beimengungen vor. Außerdem werden durchweg fettere Mischungen als beim gewöhnlichen Beton verwendet (1 : 5 bis 1 : 7), weil der Eisenbeton einerseits mit bedeutend kleineren Mengen Beton auszukommen gestattet, so daß Ersparnisse durch Herabdrückung des Zementanteils keine große Rolle spielen, und andererseits nur für besonders stark beanspruchte Grubenräume in Frage kommt, die einen hochwertigen Baustoff erfordern.

Die Eiseneinlagen können von der verschiedensten Art und Stärke sein (von der Eisenbahnschiene bis herab zum Drahtgewebe). Vorzugsweise wird Rundeisen, seltener Flach- und Profileisen benutzt. Da zu geringe Querschnitte zu wenig Zugfestigkeit ergeben, bei zu großen Querschnitten aber die Widerstandskräfte des Eisens zu wenig verteilt und daher nicht voll ausgenutzt werden, so verwendet man in der Regel für den Ausbau von Querschlägen und Strecken Einlagen von 5—10 mm, für den Ausbau von Maschinenkammern, Füllörtern u. dgl. solche von 12—20 mm Stärke. Der Billigkeit halber werden auch Litzen von abgelegten Drahtseilen benutzt; doch muß dann sorgfältig auf die Entfernung des Rostes und der anhaftenden Schmiere geachtet werden, weil sonst keine innige Verbindung zwischen Eisen und Beton erzielt werden kann.

Stets müssen die Einlagen durch Haken, Drahtschlingen u. dgl. zu einem festen Netzwerk verbunden werden, das die Betonwand gleichmäßig durchweht. Es genügt also nicht, planlos Eisenmassen in den Beton zu betten.

Diese Eisenbewehrung muß nach Ziff. 85 in die Nähe der Stellen der Betonmasse gebracht werden, die am meisten auf Zug beansprucht werden. Beim einfachen Gewölbe tritt diese Beanspruchung gemäß Fig. 115 nur an der Innenseite auf, so daß die Eiseneinlage in deren Nähe einzubetonieren ist. Handelt es sich dagegen um geschlossene Gewölbe nach Fig. 114, so ergeben sich sowohl innen als auch außen Zugkräfte; es muß dann also, wenn diese sämtlich aufgenommen werden sollen, eine doppelte Eisenbewehrung (innen und außen) vorgesehen werden (vgl. Fig. 117). Solche 2 Eisennetze werden für größere Beanspruchungen noch durch Diagonaldrähte miteinander verbunden.

In keinem Falle freilich kann das Eisennetz genau an die theoretisch richtigste Stelle, nämlich an die äußerste Oberfläche, gebracht werden, da es immer vollständig von Betonmasse eingeschlossen sein muß, damit einerseits die notwendige feste Verbindung beider Bestandteile erreicht, andererseits das Eisen vor Rost geschützt wird. Dieser Rostschutz ist, wie die Erfahrung gezeigt hat, ein sehr wirksamer, so daß auch in nassen und ausziehenden Strecken der Eisenbetonausbau sich gut bewährt hat. Voraussetzung ist allerdings eine sachgemäße und sorgfältige Ausführung.

**87. — Ausführung des Eisenbetonausbaues im ganzen.** Wie beim einfachen Betonausbau ist auch hier vor der Einbringung des Betons eine Verschalung einzubauen, für die im allgemeinen das in Ziff. 83 gesagte gilt. Bemerkt sei nur noch, daß man in ähnlicher Weise wie beim Schachtausbau (vgl. weiter unten Ziff. 117) auch für die Ausbetonierung von Strecken ohne Verschalung auszukommen gesucht hat, indem man entweder statt des ganzen, an Ort und Stelle erst fertiggestellten Ausbaues

einen bereits über Tage hergestellten in Gestalt von Formsteinen eingebracht oder solche Formsteine als dauernd eingebaute Verschalung verwendet und mit Beton hinterstampft hat. Ein endgültiges Urteil kann über diese Versuche noch nicht gefällt werden. Gegen den Ausbau lediglich in Formsteinen spricht einstweilen der schwächere Längsverband, den man dabei erhält, und die Schwierigkeit, Rohrleitungen oder dgl. einzubauen. Bei der Verwendung von Formsteinen zu Verschalungszwecken andererseits ergibt sich ein höherer Preis und ein ungenügender Verband mit dem dahinter eingebrachten Stampfbeton.

Die Einbringung des Betons erfolgt durch Stampfen. Das Preßverfahren, das schon bei gewöhnlichem Betonausbau (Ziff. 84) auf Schwierigkeiten stößt, ist für den Eisenbetonausbau nicht geeignet. Denn einerseits ist hier auf einen sehr innigen Verband zwischen Eisen und Beton Wert zu legen, wie man ihn durch das nicht von außen zu überwachende Einpressen von Zementmilch nicht erzielen kann. Andererseits kommen beim Eisenbeton, wie vorhin erwähnt, keine grobstückigen Zuschläge in Betracht, sondern feinkörnigeres Gut, das sich für nachträgliches Einpressen von Zement nicht eignet.

Um an Zement zu sparen, stellt man vielfach den Anschluß an das Gebirge nicht durch die Eisenbetonmischung selbst, sondern durch einen mageren und grobstückigen gewöhnlichen Beton („Füllbeton“) her. Das empfiehlt sich besonders bei großen Querschnitten, wo wegen größerer Druckkräfte größere Betonmassen eingebracht werden müssen.

Das Verhältnis zur vorhandenen Streckenzimmerung ist beim Eisenbetonausbau anders wie beim gewöhnlichen Betonausbau, da der Holzausbau wegen der durchgehenden Eiseneinlagen nicht in die Eisenbetonwand mit eingestampft werden kann. Nun darf aber eine Belastung der letzteren durch den Gebirgsdruck naturgemäß erst nach der Erhärtung des Betons erfolgen. Man kann freilich die Eisenbewehrung so ausgestalten und verstärken, daß sie außer ihrer Zugfestigkeit auch die erforderliche Druckfestigkeit erhält, um den Gebirgsdruck in sich aufnehmen zu können. Doch werden dadurch die Kosten wesentlich erhöht. Daher verfährt man besser so, daß man jedesmal nur ganz kurze Bauabschnitte ausstampft, so daß man jede Zimmerung einzeln ausbauen und daher möglichst lange an Ort und Stelle belassen kann. Erscheint auch dafür das Gebirge noch zu unruhig, so entfernt man die Zimmerung überhaupt nicht, sondern stellt die Eisenbetonwand innerhalb derselben her und stampft die Türstöcke in den vorhin erwähnten Füllbeton ein, der den Anschluß an das Gebirge vermittelt. Da die Eisenbetonwand sehr wenig Raum beansprucht, so kann man auch bei solcher Arbeitsweise meist noch genügend freien Querschnitt behalten oder, anders ausgedrückt, bei gegebenem lichten Querschnitt mit mäßigem Gebirgsausbruch auskommen.

Da der Eisenbetonausbau dort angewandt wird, wo Biegungsbeanspruchungen zu erwarten sind, so wird er vorzugsweise als Gewölbe ausgeführt. Nach Möglichkeit sucht man mit dem offenen Gewölbe (Fig. 116, 118 und 119) auszukommen. Hier wird namentlich der Korbbojen bevorzugt (vgl. Fig. 118 und 119). Bei geringerem Seitendruck

kann man sich nach Fig. 116 für die Stöße auch mit einfachen Betonwänden nach Art der Scheibenmauern begnügen, während der Gewölbedruck

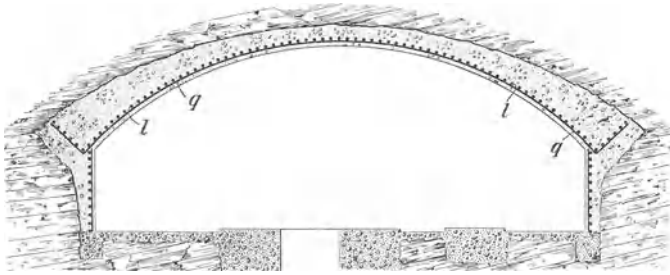


Fig. 116.1) Ausbau einer Pumpenkammer in Eisenbeton.  
(Ausführung der Firma F. Schlüter in Dortmund.)

auf das Gebirge selbst abgeladen wird. Ein Beispiel für das geschlossene, bei starken Drücken anzuwendende Gewölbe gibt Fig. 117.

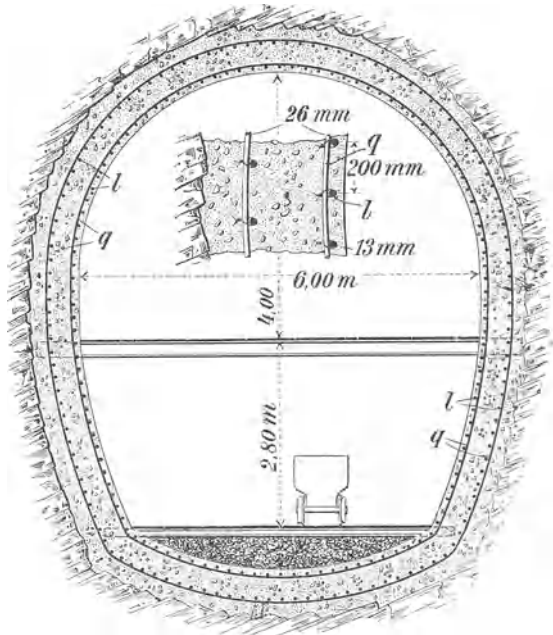


Fig. 117. Großes Füllort in Eisenbetonausbau.

Für die Verlagerung von Rohrleitungen, Lutten, Kabeln u. dgl. werden die nötigen Haken, Konsolen, Ösen usw. am besten gleich mit einbetoniert, da ihre nachträgliche Einbringung in den schon erhärteten Zement große

<sup>1)</sup> Die Figuren 116—119 sind nach den Figuren 20, 24, 26 und 33 des Aufsatzes von Viebig: Die Verwendung von Eisenbeton beim Grubenausbau (Glückauf 1910, S. 872) gezeichnet worden.

Umstände und Kosten verursacht. In Maschinenräumen pflegt man in gleicher Weise die Konsolen für die Krahnbahn mit einzubauen, und zwar werden diese wegen ihrer besonders starken Beanspruchung noch durch

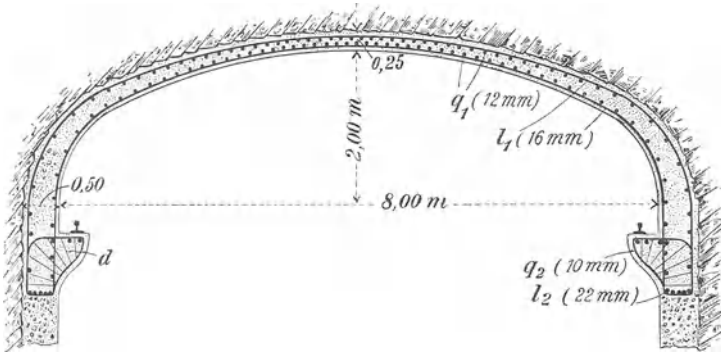


Fig. 118. Eisenbeton-Korbbogengewölbe mit Krahnbahn für eine Maschinenkammer. (Ausführung der Eisenbetonbau-Gesellschaft m. b. H. O. Flügell in Mülheim-Ruhr.)

diagonale Zugdrähte mit den Eiseneinlagen des Betons verankert (Fig. 118). Die Wasserseige kann, wie Fig. 119 erkennen läßt, gleichfalls sofort als Teil des Ausbaues mit hergestellt werden.

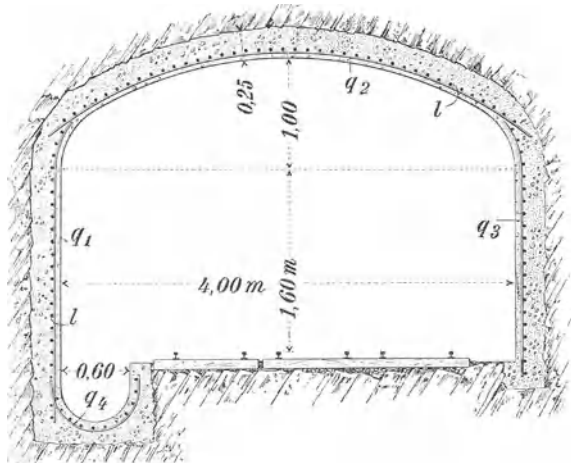


Fig. 119. Eisenbetonausbau eines Hauptquerschlags.

Außer den bei den Figuren genannten Firmen kommen für die Ausführung von Grubenausbau in Eisenbeton noch die „Lolat“-Eisenbeton-A.-G. in Düsseldorf und die Firma Fr. Vollrath in Wesel in Betracht.

### c) Allgemeines über die Ausbauarten in Stein.

88. — **Nachgiebigkeit beim Beton- und Eisenbetonausbau.** Der Betonausbau ist in jeder seiner Ausführungsformen dadurch gekennzeichnet, daß alle vorhandenen Hohlräume durch Zement geschlossen werden. Ein nachgiebiger Ausbau verlangt aber Hohlräume, in die sich die zusammen-

gequetschten Ausbaustoffe hineindrücken können. Hiernach kann der Ausbau in Beton- und Eisenbeton an sich nicht nachgiebig gestaltet werden. Allerdings hat man im sächsischen Bergbau mancherlei Verbindungen von Beton- und Holzausbau angewandt, deren eine Fig. 120<sup>1)</sup> veranschaulicht. Hier kann sich aber das Holz nur an der Innenseite des Querschnitts zusammendrücken. Weiter im

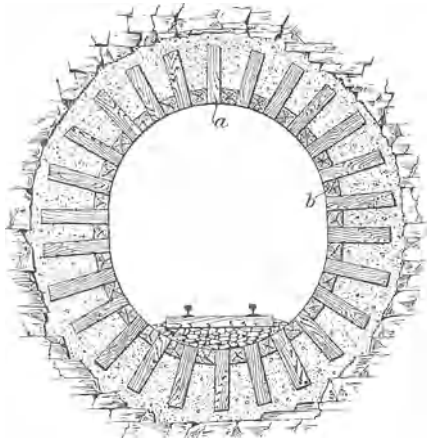


Fig. 120. Gemischter Holz- und Betonausbau.

Innern ist eine Zusammenpressung nur in ganz unvollkommenem Maße möglich, da die Holzeinlagen dicht vom Beton umschlossen sind und die Betonmasse hinter diesen eine starre Wand bildet.

Dagegen ist es möglich, durch Einbringung eines „Polsters“ von Altholz hinter der Betonwand eine gewisse Nachgiebigkeit zu erzielen, besonders beim Eisenbetonausbau, der für sich selbst weniger Raum beansprucht, so daß für Ausbau und Hinterfüllung zusammen kein zu großer Hohlraum er-

forderlich ist. Es ist dann beim Stampfen durch Abkledning der Hinterseite der Betonwand mittels Brettverschalung dafür zu sorgen, daß der Beton nicht in die Hohlräume der Holzpackung dringt, damit diese Raum behält, um sich zusammenzudrücken. Da der Beton die Luft gut abschließt, ist in trockenem Gebirge ein Faulen des Holzes, das sonst einem solchen Ausbau entgegengehalten werden kann, für längere Zeit nicht zu befürchten.

### 89. — Vergleichender Rückblick auf die Ausbaumethoden in Stein.

Der Vorteil des einfachen Betonausbaues gegenüber der Mauerung beruht hauptsächlich in dem dichten Anschluß an das Gebirge, der gleichzeitig auch einen luftdichten Abschluß des letzteren ermöglicht, und in der bequemen Herstellung des Ausbaues, die keine geschulten Arbeitskräfte verlangt. Der Betonausbau eignet sich daher besonders für solche Strecken, in denen man eine Zersetzung der Stöße durch die Einwirkung von Wasser und Luft verhindern und einen günstigen Durchgangsquerschnitt für den Wetterstrom erzielen will. Er kann in solchen Fällen mit geringerer Wandstärke als die Mauerung ausgeführt werden und dadurch billiger ausfallen, da nicht nur an Material, sondern auch an Hereingewinnung des Gebirges gespart wird (vgl. die Figuren 149—151 auf S. 123). Bei starkem Druck ist der Beton dem Mauerwerk entschieden überlegen. Zunächst ist bei ihm infolge des dichteren Anschlusses an das Gebirge die Forderung

<sup>1)</sup> Jahrbuch f. d. Berg- u. Hütt.-Wes. im Königr. Sachsen 1901, S. 17; J. Treptow: Verwahrung der Grubenbaue gegen Gebirgsdruck und Brandgefahr usw. (Taf. III, Fig. 14).

einer gleichmäßigen Verteilung des Druckes auf den ganzen Umfang besser als bei Mauerwerk erfüllt. Ferner besitzt Stampfbeton durchweg höhere Druckfestigkeiten als Ziegelmauerwerk, da man für guten Stampfbeton mit einer zulässigen Beanspruchung von 20 kg je qcm rechnen kann, also einer Zahl, die nur bei bestem Klinkermauerwerk erreicht wird (vgl. S. 80).

Allerdings ist hier der Zementzusatz sehr wesentlich, und ein größerer Zusatz verteuert den Ausbau beträchtlich. Im übrigen leidet der Betonausbau ebenso wie die Mauerung an der geringen Biegezugfestigkeit, die wieder auf der geringen Zugfestigkeit beruht. Sobald also eine stärkere Beanspruchung in dieser Hinsicht (bei ebenflächigen oder schwach gewölbten Stellen des Ausbaues) eintritt, wird er leicht zerstört. Bei sehr druckhaftem Gebirge ist der Beton ebensowenig, vielleicht noch weniger zu verwenden als Mauerung: auch er kann großen Drücken nicht standhalten. Ausbesserungsarbeiten aber sind dann wegen der großen Härte des Betons<sup>1)</sup> und wegen der Schwierigkeit, ein gutes Abbinden der neu eingefügten Teile mit den alten zu erreichen, noch schwieriger als bei Mauerwerk vorzunehmen.

Anders dagegen stellt sich der Vergleich zwischen Mauerwerk und Eisenbeton. Hier tritt die große Biegezugfestigkeit des letzteren neben seiner hohen Druckfestigkeit vorteilhaft hervor. Man vermag also bei Verwendung von Eisenbeton mit wesentlich geringeren Wandstärken als bei Mauerwerk auszukommen, weshalb er sich in vielen Fällen billiger als letzteres stellt. Außerdem aber kann er wesentlich höheren Drücken widerstehen als Mauerung, so daß für ihn eine Belastung mit 30 kg je qcm noch als zulässig erachtet wird und man, wenn auch gegenüber größeren, in Bewegung geratenen Gebirgskörpern auch dieser Ausbau schließlich versagt, doch auch in ziemlich druckhaftem Gebirge auf Haltbarkeit des Eisenbetons rechnen kann. Allerdings hängt seine Widerstandsfähigkeit außer vom Zementzusatz noch sehr von der Zahl und Stärke der Eiseneinlagen und von der sachgemäßen Ausführung ab.

Einen Vergleich zwischen den Kosten von Mauerwerk und annähernd gleich starkem Betonausbau mit und ohne Eiseneinlagen ermöglicht nachfolgende Zahlentafel, die einzelne Beispiele herausgreift.

(Siehe die Zahlentafel auf Seite 102.)

In den Gesamtkosten ist jedoch der Aufwand für den zu schaffenden Hohlraum nicht einbegriffen, welcher letztere sich aus der zweiten Spalte ergibt und eine entsprechende Verringerung der Kosten bei Beton- und besonders bei Eisenbetonausbau zur Folge hat.<sup>2)</sup>

---

<sup>1)</sup> Allerdings hat man neuerdings mit der Beseitigung zu entfernender Mauermassen durch Abbauhämmer gute Erfahrungen gemacht (vgl. Zeitschr. d. Oberschles. berg- u. hüttenmänn. Vereins 1910, S. 87).

<sup>2)</sup> S. auch den entsprechenden Vergleich beim Schachtausbau, Fig. 149 bis 151 auf S. 123.



**Zusammenstellung der Kosten je lfd. Meter 2gleisiger Strecke für  
Ziegelmauerwerk, Beton und Eisenbeton.**

Ausführung (I = schwächer, II = stärker)	Rauminhalt der Ausbaue- wandung cbm	Baustoffe					Löhne und Neben- aus- gaben <i>M</i>	Insgesamt <i>M</i>
		Steine <i>M</i>	Mörtel <i>M</i>	Zement <i>M</i>	Sand, Klein- schlag usw. <i>M</i>	Eisen <i>M</i>		
Ziegelmauerwerk I . . .	3,8	32,—	9,1	—	—	—	22,—	63,1
„ II . . .	3,8	44,—	18,7	—	—	—	22,—	84,7
Stampfbeton I (1:12)	2,3	—	—	11,5	11,8	—	7,5	30,8
„ II (1:6)	2,3	—	—	23,6	14,8	—	9,—	47,4
Eisenbeton . . . . .	1,4	—	—	13,—	9,4	9,5	48,1	80,—

Dazu kommen noch die Ersparnisse, die sich schon beim einfachen Beton, ganz besonders aber beim Eisenbeton dadurch erzielen lassen, daß flachere Korbbögen an Stelle der hoch in die Firste reichenden Tonnengewölbe beim Ziegelmauerwerk hergestellt werden.

Der Eisenbetonausbau erscheint als besonders geeignet für den Ausbau größerer Hohlräume, wie Füllörter, Maschinenräume, Pferdeställe, Streckenkreuzungen u. dgl.

**D. Allgemeine Gesichtspunkte für die Verringerung der Stein- und Kohlenfallgefahr.**

**90. — Einige Ratschläge der Stein- und Kohlenfall-Kommission.**

Die große Bedeutung, welche den durch Stein- und Kohlenfälle verursachten Unfällen zukommt (vgl. Fig. 1), hat in Preußen zur Einsetzung einer Kommission zur Untersuchung der Ursachen dieser Unfälle und der zu ihrer Verringerung vorzuschlagenden Mittel geführt, die ihre Arbeiten im Jahre 1905 abgeschlossen hat. Diese Kommission hat als Schlußergebnis ihrer Untersuchungen eine Anzahl von Regeln<sup>1)</sup> aufgestellt, deren Befolgung teilweise durch bergpolizeiliche Vorschriften erzwungen ist, die aber auch, soweit das nicht geschehen ist, ernste Berücksichtigung verdienen.

Im großen und ganzen lassen sich diese Vorschriften unter vier Gesichtspunkten zusammenfassen, nämlich

1. Verhütung oder Verringerung gefährlicher Druckerscheinungen.
2. Besondere Maßregeln bei der Ausführung des Ausbaues.
3. Verhalten der Leute gegenüber überhängenden Massen im allgemeinen.
4. Allgemeine Maßnahmen.

**91. — Verhütung oder Verringerung gefährlicher Druckerscheinungen.** Es handelt sich hier darum, das Gebirge nicht unnötig, nicht zu früh und nicht in zu großem Umfange in Druck zu bringen. In dieser Hinsicht werden folgende Hauptratschläge gegeben:

1. In druckhaftem Gebirge sollen die Baufelder nicht zu groß gewählt werden. Man wird hier unter Umständen bis auf 40—50 m streichende Länge und flache Höhe heruntergehen müssen.

<sup>1)</sup> Verhandlungen und Untersuchungen der preußischen Stein- und Kohlenfallkommission, Berlin 1906, S. 265: Grundsätze zur Vermeidung von Stein- und Kohlenfall.

2. Die vorgerichteten Bauabteilungen sollen möglichst bald in Verhieb genommen werden, damit der Abbau in der Hauptsache durchgeführt sein kann, ehe sich gefährliche Druckerscheinungen zeigen. Demgemäß soll auch der einmal begonnene Verhieb rasch betrieben werden. Es wird sich unter Umständen empfehlen, in drei Schichten zu arbeiten, z. B. wenn es sich um die Gewinnung von Restpfeilern handelt.
3. Die Zahl der Abbaustrecken soll möglichst verringert werden. Ferner sollen die Abmessungen der Strecken in druckhaftem Gebirge nicht größer sein, als unbedingt erforderlich erscheint. Empfohlen wird auch die gemeinsame Vorrichtung benachbarter Flöze, um auch hierdurch die Zahl der Vorrichtungstrecken beschränken zu können.
4. Die Einteilung des Baufeldes durch die Strecken soll so erfolgen, daß die Bildung von spitzwinkligen Pfeilern verhütet wird, weil deren Ecken gefährliche Stellen bilden.
5. Besondere Rücksicht ist auf diejenigen Stellen zu nehmen, an denen der Zusammenhang des Gebirges unterbrochen ist. Solche Gebiete sind einmal Verwerfungen und ferner die Grenzen alter Abbaugebiete, an denen entlang das Hangende durchgebrochen ist. Es soll nach Möglichkeit vermieden werden, in der Nähe solcher Stellen Strecken aufzufahren. Auch sollen in der Regel Verwerfungen als Abbaugrenze gewählt werden, damit sie mit dem Abbau nicht durchörtert zu werden brauchen.
6. Was den Abbau selbst betrifft, so wird naturgemäß in erster Linie der Abbau mit Versatz empfohlen, und hier für gefährliche Verhältnisse dem Spülversatz der Vorzug gegeben. Der Versatz soll sorgfältig ausgeführt und — was häufig vernachlässigt wird — so rasch wie möglich nachgeführt werden, so daß der Abstand zwischen Versatz und Kohlenstoß im allgemeinen nicht 4 m überschreitet, bei besonders ungünstigem Gebirge aber auch bis auf etwa 3 m heruntergedrückt wird. Auch hier empfiehlt sich unter Umständen die Benutzung der Nachschicht, indem diese für die Versatzarbeit mit herangezogen wird.
7. Bei der Gewinnung soll die Schießarbeit wegen ihrer schädlichen Einwirkung auf Gebirgsfestigkeit und Zimmerung um so mehr zurückgedrängt werden, je ungünstiger die Gebirgsverhältnisse sind.
8. Besondere Gefahr kann das Vorhandensein eines Nachfalles über der Lagerstätte bringen, wenn dieser zu mächtig ist, um gewonnen werden zu können. Bei genügend zäher Beschaffenheit und deutlicher Abgrenzung der obersten Kohlenbank und bei nicht zu geringer Flözmächtigkeit wird Anbau der obersten Bank zum Tragen des Nachfalls empfohlen.
9. Besondere Vorsichtsmaßregeln erfordert der Abbau der mächtigen oberschlesischen Flöze. Hier wird grundsätzlich dem Scheibenbau mit Versatz (vorzugsweise mit Spülversatz) der Vorzug gegeben. Soweit dieser nicht anwendbar ist, sollen nicht zu viele Pfeiler gleichzeitig in Angriff genommen werden, damit das Gebirge über dem geschaffenen Hohlraum nach Möglichkeit vor der Inangriffnahme des

nächsten Pfeilers zu Bruch gehen und dieser dadurch vom Druck entlastet werden kann. Das Zubruchgehen ist in der schon von Alters her üblichen Weise durch Rauben der Zimmerung zu beschleunigen. Besondere Vorsicht ist beim Abbau von Rest- und Sicherheitspfeilern anzuwenden.

**92. — Vorsichtsmaßregeln beim Ausbau selbst.** Hier sind als wichtigste Vorschläge folgende zu erwähnen:

1. die Zimmerung soll nicht dem Ermessen des Arbeiters überlassen, sondern unter Berücksichtigung der Gebirgs- und Lagerungsverhältnisse genau vorgeschrieben werden, d. h. es soll mit „planmäßiger Zimmerung“ („systematischem Ausbau“) gearbeitet werden.
2. Nach Bedarf sind überhängende Massen durch verlorenen Ausbau abzufangen. Insbesondere soll beim Vorhandensein von Nachfall, Schnitten, Klüften, Sargdeckeln und in der Nähe von Bruchlinien (Störungen, Grenzen alter Abbaue) mit Vortreibezimmerung (vgl. Ziff. 56 u. f) und sorgfältigem Verzug gearbeitet werden.
3. Eines besonders sorgsam Ausbaues bedürfen Streckenkreuzungen aller Art und die unteren Ecken von Pfeilerstößen, da an solchen Stellen zwei zueinander senkrechte Druckkanten im Gebirge auftreten.
4. Naturgemäß ist von der Betriebsleitung dafür zu sorgen, daß Ausbauholz in genügender Menge zur Verfügung gestellt wird.
5. Auskesselungen in der Firste sind besonders zu berücksichtigen, da einerseits aus der Firste herabfallende Klötze Unfälle herbeiführen und auch die Zimmerung umwerfen können und andererseits Auskesselungen ein Zeichen einer gewissen Unruhe im Gebirge sein können. Sie sollen entweder verfüllt oder doch sehr kräftig verbaut werden.
6. Für den Abbau der mächtigen Flöze in Oberschlesien werden Orgeln besonders empfohlen, falls nicht das Hangende von sehr guter Beschaffenheit ist oder das Bein ganz stehen bleibt.
7. Auch des Schachtabteufens wird gedacht, indem für das Abteufen in gebrächem und druckhaftem Gebirge eine besonders vorsichtige Verpfählung der Stöße und eine sorgfältige Verspreizung des verlorenen Ausbaues verlangt wird.

**93. — Besondere Maßregeln gegenüber überhängenden Massen.** Überhängende Massen im Hangenden sowohl wie auch in der Lagerstätte selbst stellen eine besondere Gefahr dar. Zur Verringerung derselben werden folgende Maßregeln empfohlen:

1. Die Gewinnungsarbeiten sollen in gesicherter Stellung, d. h. nach Möglichkeit von der Seite aus, erfolgen, damit keine Unfälle durch herabstürzende Teile der Lagerstätte herbeigeführt werden können. Besonders bei steilem Einfallen ist Vorsicht geboten. Es wird hier grundsätzlich der Verhieb von oben nach unten empfohlen. Wird die Lagerstätte bankweise gewonnen, so wird die Gewinnung der Oberbank vor der Unterbank im allgemeinen ratsam sein; doch muß hier auf die Gewinnbarkeit beider Bänke überhaupt Rücksicht genommen werden.

2. Bei steiler Lagerung sind Schutzbühnen unter überhängenden Teilen der Lagerstätte einzubauen.
3. Mit besonderer Sorgfalt müssen die Arbeiten beim Auswechseln und beim Rauben der Zimmerung ausgeführt werden. Beim Auswechseln sollen die losen Massen vor Einbringen der neuen Zimmerung durch verlorene Stempel u. dgl. abgefangen werden. Das Rauben soll nur unter Aufsicht erfahrener Hauer und bei großer Ruhe in der Nachbarschaft, d. h. nicht in der Förderschicht, vorgenommen werden.
4. Bei der Schießarbeit ist das Bereißen nach dem Schuß mit besonderer Vorsicht auszuführen. Da die Nachschwaden die Beobachtung des Gebirges erschweren, so soll vor dem Bereißen ihr Abziehen abgewartet werden. Nach Möglichkeit soll jede Kameradschaft das Bereißen der von ihr abgetanen Schüsse selbst vornehmen.

**94. — Maßnahmen allgemeiner Natur.** Außer den vorstehend behandelten Einzelmaßregeln kommen noch gewisse allgemeine Grundsätze in Betracht, deren wichtigste folgende sind:

1. In großen Räumen (beim Schachtabteufen, beim Ausbau mächtiger Flöze, beim Ausschließen von Füllörter und anderen großen Hohlräumen) ist für gute Beleuchtung zu sorgen.
2. Ferner ist die Überwachung der Leute durch die Beamten wesentlich. Diese wird erleichtert durch die Bildung kleiner Steigerabteilungen und bei besonders gefährdeten Betriebspunkten durch zweimalige Befahrung derselben während einer Schicht.
3. Endlich sollen die Beamten fortgesetzt durch Belehrung die Arbeiter auf die verschiedenen Möglichkeiten von Unfällen durch Stein- und Kohlenfall und auf die Wichtigkeit der dagegen zu treffenden Maßregeln aufmerksam machen. Das gilt besonders für Gruben mit einer größeren Anzahl fremd zugezogener Arbeiter, wie sie im Ruhrbezirk eine große Rolle spielen.

**95. — Verbauregeln.** Der in Ziff. 92 unter 1. erwähnte planmäßige Ausbau ist bereits früher verschiedentlich in Anwendung gewesen und seit dem Schlußbericht der Stein- und Kohlenfallkommission in größerem Umfange eingeführt worden. Gegenwärtig müssen auf den preußischen Steinkohlengruben Verbauregeln von den Verwaltungen erlassen werden. Diese werden zweckmäßig je nach der Beschaffenheit des Nebengesteins, der Mächtigkeit des Flözes, dem Fallwinkel, dem Vorhandensein oder Fehlen von Nachfall und je nach dem Abbauverfahren verschieden ausgearbeitet; außerdem wird in ihnen der Ausbau in Strecken und im Abbau gesondert behandelt. Sie betreffen die Art des Ausbaues, die Abstände der Türstöcke in der Strecken-, der Stempel und Kappen in der Abbauzimmerung, Art und Dichtigkeit des Verzuges u. dgl. Hierhin gehören auch andere Vorschriften, wie z. B. die, daß Strecken in festem Sandstein mit ausgerundetem Querschnitt aufgeföhren werden sollen, daß im Abbau der Bergeversatz nicht weiter als 4 m vom Kohlenstoß entfernt bleiben soll usw.

## II. Der Schachtausbau.

**96. — Vorbemerkungen.** Auf dem Gebiete des Grubenausbauens nimmt der Schachtausbau eine besondere Stellung ein. Zunächst kommt für ihn, wenn man von Ausnahmefällen absieht, die Stempel-, Türstock- und Schalholzzimmerung überhaupt nicht in Frage. Ferner ist in Schächten das mit dem Ausbau zu verbindende „Tragewerk“ für die Leitbäume, Fahrten, Rohrleitungen usw., das hier als „Einbau“ bezeichnet zu werden pflegt, von weit größerer Bedeutung als beim Strecken- oder Bremsbergausbau, da es durch Zugkräfte, die rechtwinklig zum Ausbau wirken, beansprucht wird. Allerdings greift der Schachteinbau auch in andere Gebiete über: im Abschnitt „Aus- und Vorrichtung“ (s. Bd. I) ist er bei der Einteilung der Schachtscheibe gestreift worden und auch im Abschnitt „Schachtförderung“ muß von ihm gesprochen werden. Für Hauptschächte kommt außerdem hinzu, daß der Ausbau, um die Sicherheit der Förderung nicht zu beeinträchtigen, starr sein muß.

Der Schachtausbau ist für die Kosten des Schachtabteufens von erheblicher Bedeutung, da er gewöhnlich die Höhe der Gesamtaufwendungen stark beeinflusst und unter Umständen mehrfach soviel als die Herstellung des Schachtes selbst kostet. Von der Wahl des Ausbaues hängt ferner die Querschnittform des Schachtes ab, da man z. B. hölzernen Ausbau nur für rechteckige, die Mauerung nur für runde oder viereckig-gewölbte und den Ausbau mit Tübbings nur für runde Schächte verwenden kann. Schließlich ist für das Gelingen des Wasserabschlusses die Wahl des Ausbaues entscheidend. Bei mächtigerem Deckgebirge und erheblichem Drucke der darin stehenden Wassersäule wird man z. B. stets auf den Tübbingausbau zurückgreifen müssen, da dies der einzige Ausbau ist, der bei höheren Wasserdrücken tatsächliche Wasserdichtigkeit des Schachtes gewährleistet.

Bei blinden Schächten brauchen nicht so hohe Anforderungen an den Ausbau gestellt zu werden, da es sich bei ihnen um geringe Fördergeschwindigkeiten und -Leistungen handelt. Der Ausbau kann daher hier unter Beobachtung gewisser Vorsichtsmaßregeln nachgiebig ausgestaltet werden.

Allerdings ist anzunehmen, daß dieser Unterschied zwischen Haupt- und blinden Schächten im Laufe der Zeit mehr verschwinden wird. Denn mit der wachsenden Tiefe der ersteren nehmen die zur völligen Schonung des Schachtes erforderlichen Sicherheitspfeiler infolge der zu berücksichtigenden Bruchwinkel (vgl. Bd. I, „Sicherheitspfeiler beim Steinkohlenbergbau“) einen so außerordentlichen Umfang an, daß die dadurch erwachsenden Abbauverluste nicht mehr getragen werden können. In der Tat unterliegen bereits zahlreiche Schächte wegen zu geringer Bemessung des Sicherheitspfeilers in ihren oberen Teilen mehr oder weniger starken Bewegungen, ohne daß sich in erheblichem Maße gefährliche Folgen aus diesem Zustande ergeben hätten. Diese Bewegungen lassen sich aber um so leichter ausgleichen, je nachgiebiger der Ausbau gestaltet wird.

Im folgenden soll zunächst der Ausbau mit Gevierten oder Ringen und Verzug und sodann der geschlossene Ausbau besprochen und dabei wieder nach den Ausbaustoffen der Ausbau in Holz, Eisen und Mauerung gesondert behandelt werden.

## A. Der Geviert- und Ringausbau mit Verzug.

### 1. Der Geviertausbau in Holz.

97. — **Allgemeines.** Bei dem Holzausbau von Schächten bildet ein aus 4 Hölzern zusammengesetzter, rechteckiger Rahmen, das Geviert, den Hauptbestandteil der Zimmerung. Die langen Hölzer des Rahmens heißen Jöcher, die kurzen werden Kappen (auch kurze Jöcher oder Heithölzer) genannt. Die Verbindung der einzelnen Hölzer zu Gevierten muß sowohl den Seitendruck, als auch die nach oben oder unten gerichteten Schubkräfte aufzunehmen gestatten. Das wird durch Verblattungen ermöglicht, für welche die Figuren 121 u. 122 Beispiele geben. Die einfachste Verblattung ist diejenige nach Fig. 121, bei der jedes Holz sich mit einem Zapfen in einen Einschnitt des anderen legt (vgl. auch Fig. 123). Die

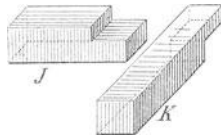


Fig. 121.  
Einfache Verblattung.

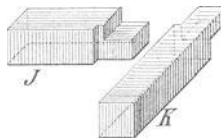


Fig. 122.  
Zusammengesetzte  
Verblattung.

Stärkeverhältnisse zwischen den beiderseitigen Zapfen sind nach der Richtung des stärksten Seitendruckes zu bemessen. Größere Sicherheit gegen Schiefstellung der Hölzer gegeneinander gewährt die zusammengesetzte Verblattung nach Fig. 122, bei der zu der wagerechten noch eine senkrechte Verblattung hinzutritt. Die Hölzer werden scharfkantig zugeschnitten oder auch rund benutzt und um so stärker gewählt, je größer der Querschnitt des Schachtes und der zu erwartende Druck ist. Als Material bevorzugt man für wichtigere Schächte Eichenholz; man findet aber auch häufig Tannen- oder Fichtenholz. Bei stärkerem Einfallen der Schichten pflegt man den kurzen Stoß in das Gebirgstreichen zu legen, weil dann der größere Druck auf die kürzeren Hölzer entfällt.

98. — **Ganze Schrotzimmerung und Bolzenschrotzimmerung.** Der Ausbau ist entweder ganze Schrotzimmerung oder Bolzenschrotzimmerung (Fig. 123 und 124). Die ganze Schrotzimmerung besteht darin, daß ein Geviert unmittelbar auf dem anderen liegt, wobei ein Verzug der Stöße sich erübrigt. Diese Zimmerung wird namentlich dann angewandt, wenn ein besonders hoher Gebirgsdruck zu erwarten ist, z. B. in Störungen oder, wenn Brüche bereits den Zusammenhang des Gebirges gestört haben.

In früheren Jahren hat man wohl versucht, die ganze Schrotzimmerung aus rechteckig geschnittenen, sorgfältig behobelten Hölzern wasserdicht herzustellen, indem man die Fugen durch Eintreiben von Moos

und geteerten Hanffäden verdichtete. Man nannte einen solchen Ausbau „hölzerne Küvelage“. Naturgemäß ist es außerordentlich schwierig und für größere Teufen unmöglich, auf derartige Weise tatsächliche Wasserdichtigkeit zu erzielen. Am häufigsten ist diese Art des Schachtausbaues in Belgien angewandt worden (s. hierüber auch 7. Abschnitt: Schacht-abteufen, Ziff. 131).

Bei der Bolzenschrotzimmerung (Fig. 124) liegen die einzelnen Gevierte in einem gewissen Abstände voneinander und sind durch Bolzen *b* verstrebt. Der Abstand der einzelnen Gevierte beträgt meistens 1 m, geht aber bei druckhaftem Gebirge auch bis auf etwa 30 cm herunter.

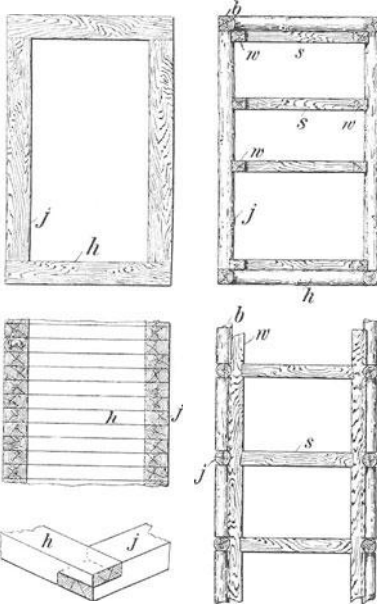


Fig. 123.  
Ganze Schrot-  
zimmerung.

Fig. 124.  
Bolzenschrot-  
zimmerung.

Ungefähr in Abständen von 5—10 m werden Tragehölzer in das Gebirge eingebüht, so daß die Gevierte einen Halt finden und ihr Gewicht sich nicht auf die nach unten folgenden Gevierte überträgt. Die Gebirgstöße werden durch einen Verzug aus eichenen oder tannenen Brettern gehalten.

In festem Gebirge erfolgt das Abteufen und Ausbauen des Schachtes absatzweise, d. h. der Schacht wird zunächst ein Stück abgeteuft und sodann der Ausbau von unten nach oben eingebracht. Ist das Gebirge nicht widerstandsfähig, so wendet man die Unterhängezimmerung an. Es wird hierbei die Schachtsohle jedesmal nur so weit niedergebracht, daß ein neues Ge-

viert eingebaut werden kann. Zum Schutze gegen Abrutschen werden die Jöcher und Kappen durch eiserne Klammern am nächst höheren Geviert befestigt.

Zur Verstärkung der langen Jöcher kann man sowohl bei der Bolzen- wie bei der ganzen Schrotzimmerung senkrechte Wandruten *w* (Fig. 124) einbauen, die durch Stempel oder Spreizen *s* gegen die Jöcher *j* angeedrückt werden. Gewöhnlich dienen diese Verstärkungen gleichzeitig zur Einteilung des Schachtes in einzelne Trumme.

**99. — Anwendbarkeit, Kosten.** Im allgemeinen wendet man bei wichtigeren Förderschächten, die für eine längere Zeitdauer bestimmt sind, den Holzabau nicht mehr an. Im Oberbergamtsbezirk Dortmund ist er für zutage ausgehende neue und auch für weiter abzuteufende alte Schächte gänzlich verboten. Nur für tonnlägige Schächte, die auf der Lagerstätte niedergebracht werden und deshalb in der Regel rechteckigen Querschnitt besitzen, wird der Holzabau auch heute noch vorteilhaft sein können.

Häufiger findet man den Holzausbau im Braunkohlenbergbau, wo vielfach flache und enge Schächte von kurzer Lebensdauer vorkommen.

In großem Umfange dagegen bedient man sich des Holzausbaues in blinden Schächten, da diese in der Regel rechteckigen Querschnitt erhalten, nicht sehr lange zu stehen brauchen und in ihnen wasserdichter Ausbau nicht in Frage kommt.

Die eingangs erwähnte Nachgiebigkeit des Ausbaues bei blinden Schächten ist wichtig, weil sie mit ganz geringer oder ohne jede Beschränkung des Abbaues in der Umgebung derselben auszukommen gestattet, vorausgesetzt, daß mit möglichst vollständigem Bergeversatz abgebaut wird. Man nimmt dann eine vorübergehende Beunruhigung des Schachtes durch die Abbauwirkungen in den Kauf. Am schärfsten läßt sich dieser für den heutigen deutschen Steinkohlenbergbau überhaupt kennzeich-

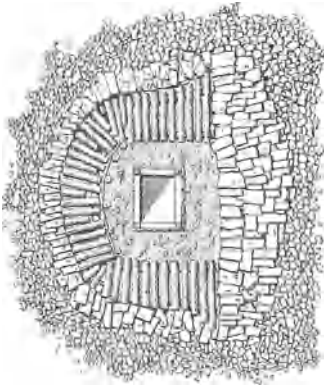


Fig. 125.  
Blinder Schacht im alten Mann eines steilgelagerten Flözes.

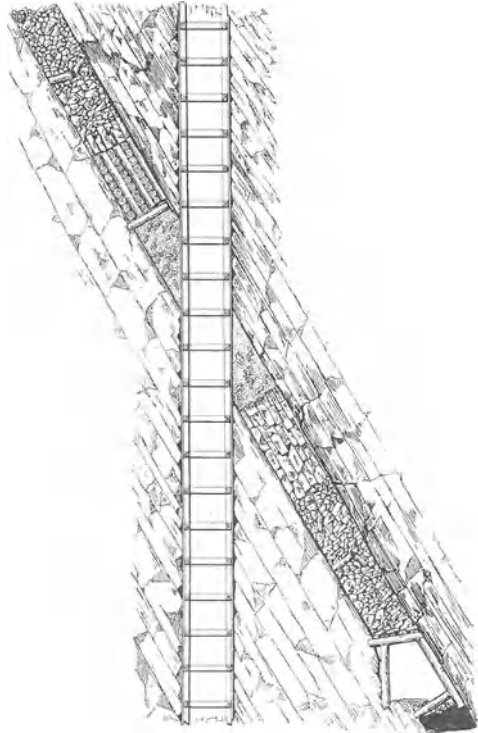


Fig. 126.

nende Grundsatz (vgl. Bd. I, Abschnitt „Abbau mit Bergeversatz“) für Blindschächte bei flacher Lagerung durchführen, und in der Tat hat man bereits bei einer großen Anzahl solcher Schächte bis dicht an sie heran abgebaut. Naturgemäß kann hier nicht die Zimmerung selbst nachgiebig ausgestaltet werden, vielmehr ist die erstrebte Wirkung durch Einbringung einer Altholz- oder Faschinenpackung zwischen Ausbau und Gebirge zu erreichen. Im übrigen kann durch öfteres Abreißen abgedrückter Gesteinschalen („Lüften“) einer gefährlichen Beanspruchung des Ausbaues vorgebeugt werden.

Bei steiler Lagerung ist der Abbau in der Nähe der blinden Schächte bedenklicher, weil hier die Abbauwirkungen sich teilweise in Schubbe-



wegungen parallel zur Fallrichtung umsetzen (vgl. Bd. I, Gebirgsbewegungen im Gefolge des Abbaues“). Jedoch zeigt die Darstellung eines Blindschachtausbaues auf Zeche Consolidation nach Fig. 125 u. 126, daß sich auch bei steilem Einfallen eines den Schacht durchsetzenden Flözes ein genügender Schutz des Ausbaues erzielen läßt; derselbe ist hier dadurch erreicht worden, daß der Ausbau zunächst mit einer Sandpackung umgeben und dann in weiterem Umkreise am Oberstoß und den beiden Seitenstößen durch einen geschlossenen Halbring von Holzpfeilern gestützt ist, worauf dann noch eine am Unterstoß stärker ausgeführte trockene Bergemauer folgt.

Die Kosten des Holzausbaues schwanken je nach dem Querschnitte der Schächte, dem Abstände der Gevierte voneinander und der Stärke des Holzes in weiten Grenzen. Für einen Schacht von 3 : 5 m mit starken, in Abständen von 1 m eingebauten Eichenholzgevierten und gutem, eichenem Bretterverzug sind z. B. die Kosten auf 180 *M* je Meter zu schätzen, wobei etwa 120 *M* auf das Material und 60 *M* auf Löhne entfallen. Enge Schächte mit nur wenigen Quadratmetern Querschnitt sind natürlich entsprechend billiger. Einen einfachen Bremsschacht von 1,9 : 3,0 m in Holz auszubauen, kostet etwa 120 *M*.

**100. — Schachteinbau in Holz.** Der „Einbau“, der zum Tragen der Schachtleitungen, Fahrten usw. und zur Abtrennung der einzelnen Trumme gegeneinander dient, wird bei rechteckigen Schächten in Holzzimmerung durch Einstriche gebildet, die gleichzeitig eine erwünschte Versteifung für längere Jöcher bedeuten. Die Entfernung der Einstriche voneinander ist durch den Abstand der Gevierte gegeben, da man zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit der Zimmerung jedes Geviert durch Einbau eines Einstriches gleichzeitig zu versteifen suchen wird. Nur bei ganzer Schrotzimmerung nimmt man natürlich von einer ununterbrochenen Aufeinanderfolge der Einstriche Abstand, sondern bringt Wandruten an, zwischen denen in Entfernungen von etwa 1 m Einstriche eingebaut werden.

Die Verbindung der Einstriche mit den Jöchern erfolgt in der Regel durch Verschwalbung (vgl. Fig. 60 und 61, S. 57), oder durch Verblattung (Fig. 123). An den Wandruten werden die Einstriche meistens durch Einkerben der letzteren in einer Weise befestigt, wie dies Fig. 124 darstellt.

## 2. Der Profileisenausbau.

**101. — Ausbau rechteckiger Schächte.** Man kann einen Ausbau mit schmiedeeisernen Gevierten und einen solchen mit Ringen unterscheiden, je nachdem es sich um rechteckige oder runde Schächte handelt. Der eiserne Ausbau mit Gevierten wird für rechteckige Schächte namentlich dann gern benutzt, wenn die Auswechselung eines alten Holzausbaues in Frage kommt. Die Gevierte werden aus I-Eisen (Fig. 127), aus L-Eisen oder auch aus zwei mit dem Rücken aneinander genieteten L-Eisen (Fig. 128) zusammengesetzt. Die Teile stoßen in den Ecken mit schrägem Schnitt gegeneinander und werden verlascht (Fig. 127), oder sie werden ähnlich wie Hölzer miteinander verblattet. Es läßt sich dies, wie Fig. 128 zeigt, besonders gut machen, wenn 2 L-Eisen in der er-

wählten Weise miteinander vernietet sind. Der Abstand der Gevierte voneinander richtet sich nach der Gebirgsbeschaffenheit und beträgt etwa 1 m. Um das Gewicht des Ausbaues auf das Gebirge zu übertragen, baut man von Zeit zu Zeit entweder Trageisen *t* (Fig. 127) ein und verbindet die einzelnen Gevierte durch Bolzen *b* miteinander, oder man schiebt in gewissen Abständen ein Geviert mit verlängerten Eisen in der aus Fig. 128 mit punktierten Linien kenntlich gemachten Art ein, dessen überragende Enden *t* in das Gebirge eingebüht werden. Im übrigen entspricht der Ausbau dem Holzausbau.

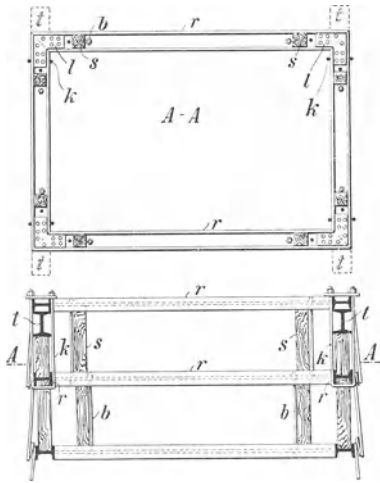


Fig. 127. Schachtgeviert aus I-Eisen.

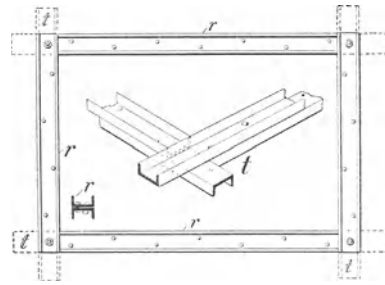


Fig. 128. Schachtgeviert aus doppeltem U-Eisen.

Die Einstriche lassen sich an Winkeleisen, die mit dem Eisen des Geviertes verschraubt werden, leicht und sicher befestigen.

Die Kosten des eisernen Ausbaues von viereckigen Schächten sind erheblich größer als die des Holzausbaues. Man kann etwa annehmen, daß bei einem Schachte von 4 : 4 m und bei einer Entfernung der Gevierte von 1 m der eiserne Ausbau 300 *M* je 1 m kostet, wovon 210 *M* auf Material und 90 *M* auf Löhne zu rechnen sind.

**102. — Ausbau runder Schächte.** Der Ausbau mit eisernen Ringen ist entweder ein endgültiger oder ein vorläufiger (verlorener). Als endgültigen Ausbau wendet man ihn in standhaftem Gebirge an, bei dem ein Druckhaftwerden nicht zu befürchten ist. Man setzt die Ringe aus einzelnen Segmenten zusammen, die etwa je 3—4 m lang sind, so daß auf einen Schacht von 5 m lichtigem Durchmesser 4 Segmente entfallen. Bei größeren Schachtdurchmessern steigt die Zahl der Segmente auf 6. Der Querschnitt der Ringe ist gewöhnlich  $\perp$ -förmig. Die Enden der Segmente stoßen stumpf voreinander und werden, wie dies Fig. 129 zeigt, durch eingelegte Laschen und vorläufig hindurchgesteckte Bolzen mit-

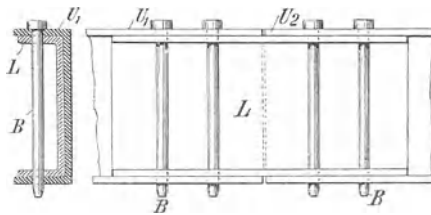


Fig. 129. Verbindung der Segmente bei Schachtringen.

einander verbunden. Die Bolzen werden später durch Schrauben ersetzt. Die Verbindung der einzelnen Ringe miteinander erfolgt durch eiserne  $\perp$ -förmige Streben  $s$  (Fig. 130 und 131), deren Füße  $f$  mit den Ringen verschraubt werden, oder durch angeschraubte Flacheisen  $e$  (Fig. 134). Die Stöße werden in gewöhnlicher Weise mit eichenen Brettern verzogen (Fig. 132).

Statt der Ringe aus  $\perp$ -Eisen hat man gelegentlich auch solche aus anderen Profileisen, insbesondere aus Schienen oder  $\perp$ -Trägern benutzt. Doch eignen sich diese Formen wegen der schwierigeren Herstellung der Verbindungen weniger.

Beginnt der Ausbau mit Ringen unmittelbar an der Tagesoberfläche, so muß der erste Ring an besonderen Trägern aufgehängt werden. Fig. 133 zeigt hierfür eine Ausführung, welche die Schachtscheibe freiläßt. Auf den Schachtrahmen  $aa$  sind als Träger die Balken  $bb$  und darüber als Hilfsträger die kürzeren Balken  $cc$  gelegt. An Trägern und Hilfsträgern hängt mittels Schraubenbolzen  $ee$  der Ring  $r$ . Zum

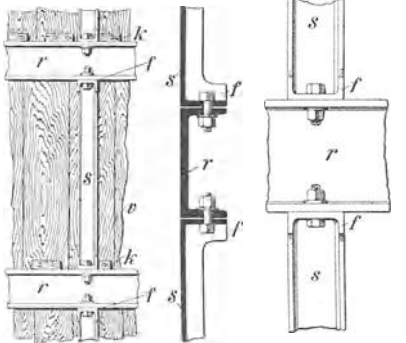


Fig. 130.  
Verbindung der Schachtringe durch eiserne  
Streben.

Fig. 131.



Fig. 132.  
Gewöhnlicher  
Verzug der  
Stöße.

Teil ist die Last durch die Bolzen  $ff$  auch auf das Geviert  $d$  und damit auf die Rüstbäume übertragen.

Im Schachte selbst werden in Abständen von etwa 6—8 m Träger aus Holz oder Eisen in das Gebirge eingebüht, die da, wo die Einteilung des Schachtes es gestattet, gleichzeitig als Einstriche dienen können. Soll die Schachtscheibe frei bleiben, so begnügt man sich mit Bolzen, die in das Gebirge getrieben werden oder eingemauert sind (Fig. 134), oder man stützt die Ringe durch eingeschlitze hölzerne Streben (Fig. 135).

Die Ringe können sowohl fortschreitend mit dem Abteufen von oben nach unten als Unterhängeringe als auch absatzweise von unten nach oben eingebaut werden. Selbstverständlich ist stets auf sorgfältiges Einloten der Ringe zu achten, wobei diese durch hinter ihnen eingetriebene Keile genau in die richtige Lage zu bringen sind.

Der Ausbau mit eisernen Ringen ist wegen des geringen Materialverbrauches und des einfachen Zusammenbaues verhältnismäßig billig und

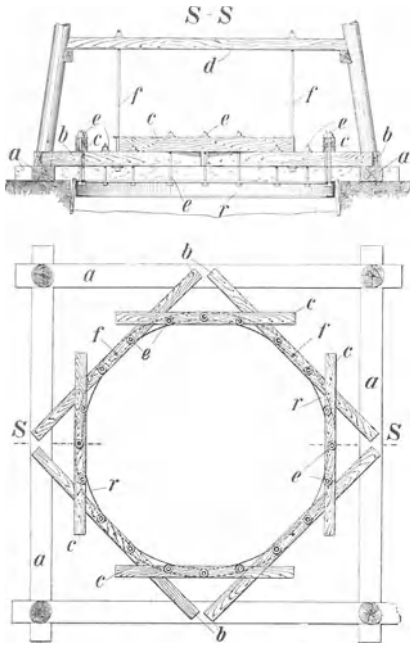


Fig. 133. Aufhängung des ersten Ringes unmittelbar unter der Tagesoberfläche.

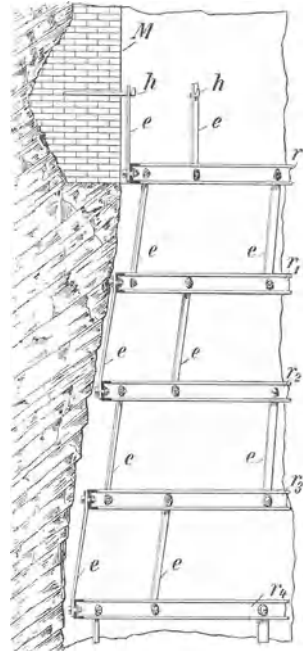


Fig. 134. Verbindung der Schachtringe untereinander durch angeschraubte Flacheisen.

ist bei einem Schachte von 5 m lichtigem Durchmesser auf etwa 220 *M* je Meter, und zwar auf 170 *M* für Material und 50 *M* für Löhne zu schätzen.

**103. — Der Ringausbau in seiner Anwendung für den vorläufigen Ausbau.** Der vorläufige oder verlorene Ausbau zur Sicherung der Stöße und zum Schutze der im Schachte arbeitenden Mannschaft kommt zur Anwendung, wenn der Schacht später durch Mauerung oder Tübbings endgültig ausgekleidet werden soll. Er erfolgt am vorteilhaftesten durch den Ausbau mit eisernen Ringen, die in der Regel von oben nach unten eingebaut werden.

Benutzt werden die gleichen Ringe wie beim endgültigen Ausbau; auch das Zusammensetzen erfolgt ebenso. Zweckmäßig wird die Verbindungs-lasche mit dem einen Segment bereits vorher vernietet, so daß nur die Verbindung mit dem anderen Segment durch Bolzen oder Schrauben nachzuholen bleibt. Auch sonst nimmt man auf die Möglichkeit schnellen Ein- und Ausbauens tunlichst Bedacht. Zu diesem Zwecke werden die Ringe nicht durch fest verschraubte, senkrechte, eiserne Streben miteinander

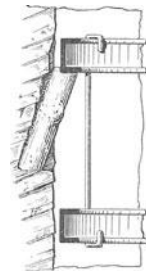


Fig. 135. Abstützen der Schachtringe durch hölzerne Streben.

verbunden, sondern es wird durch einfache, lose Haken (vgl. die Figuren 135 und 141) ein Ring am andern aufgehängt. Der Verzug der Stöße erfolgt in der schon durch Fig. 132 dargestellten Art oder noch einfacher nach Fig. 136 durch Eichenholzbretter *v*, die mit den aufgenagelten Klötzchen *k* auf den unteren Ring *r* aufgesetzt werden. Häufig verwendet man auch die in Fig. 137 dargestellten Eisenbleche *b*, die eine Stärke von 3—5 mm besitzen und durch ein oben zu einem Haken umgebogenes Flacheisen *v* verstärkt sind. Die Bleche werden mit dem Haken einfach am oberen Ringe aufgehängt, so daß das Anbringen und auch das Fortnehmen dieses Verzuges besonders leicht und bequem vor sich geht. Ein Nachteil ist der geringe Biegungswiderstand der Bleche, falls das Gebirge drückt.

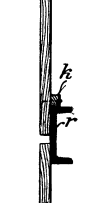


Fig. 136.  
Verzugs-  
bretter mit  
Aufsatz  
klötzchen.

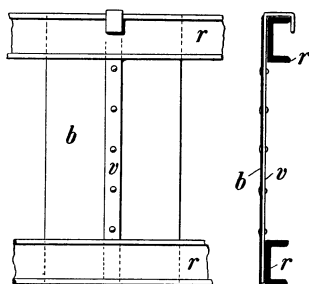


Fig. 137. Verzugsblech.

Tübbingsabsatzes für die Wiederverwendung frei werden. Dementsprechend sind die Kosten, ganz abgesehen von den einfacheren Verbindungen, geringer als beim endgültigen Ausbau.

## B. Geschlossener Ausbau von Schächten.

### 1. Die Mauerung.

104. — **Einleitende Bemerkungen.** Vierböigige und elliptische Schachtmauerungen (vgl. Bd. I, Abschnitt „Schachtscheibe“) stellen eine Anpassung der Mauerung an den rechteckigen Querschnitt dar und werden jetzt für neue Schächte nicht mehr ausgeführt. Nur dort, wo es darauf ankommt, einen alten, rechteckigen Holzschacht nachträglich in Mauerung zu setzen, wird man diese Schachtform bei der Mauerung noch beibehalten. Die neuen ausgemauerten Schächte besitzen sämtlich eine kreisrunde Schachtscheibe, die mit Rücksicht auf das zwischen dem freien Schachtquerschnitt und dem Mauerinhalt bestehende, günstige Verhältnis und auf die gleichmäßige und sehr hohe Widerstandsfähigkeit gegen äußeren Druck zweifellos am empfehlenswertesten ist.

105. — **Steine und Mörtel.** Was die Baustoffe betrifft, so wird hier auf den Abschnitt „Grubenausbau“ dieses Bandes, S. 78 u. f., Ziff. 70 und 71 verwiesen. Jedoch sind für Schachtmauerung noch einige zusätzliche Bemerkungen zu machen. Von den Ziegeln sind bei trockenem Gebirge solche, die aus Tonschiefer hergestellt sind, wegen ihrer größeren Festigkeit den Lehmziegeln vorzuziehen. Diese aber sind bei Wasserzuflüssen

geeigneter, weil infolge ihrer Rauheit der Mörtel sich besser mit ihnen verbindet und das ganze Mauerwerk dichter wird.

Reiner Luftmörtel (1 Teil Kalk, 2—3 Teile Sand) wird nur da angewandt, wo das Gebirge vollkommen trocken ist. Bei mäßigen Wasserzuflüssen ersetzt man den Sand teilweise durch Traß, bei stärkeren wählt man Zementmörtel, der aus 1 Teil Zement und 2—3 Teilen Sand besteht. In manchen Fällen hat man auch Kalk- und Zementmörtel vermischt angewandt. Für größeren Wasserdruck eignet sich am besten Zementmörtel, der freilich auch am teuersten ist. Es kostet 1 t Zement ungefähr 40—50 *M*, 1 t Kalk ungefähr 13—14 *M*.

Sind Salzwasser abzuschließen oder soll der Mörtel an Salz abbinden, so wählt man am besten, trotz der etwa dreifach höheren Kosten, Magnesia-zement (s. Ziff. 71, S. 81). Auch gewöhnlicher Zement bindet an Salz und in Salzwasser ab, wenn man die Vorsicht gebraucht, ihn mit einer 20—25 prozentigen Sole anzurühren.

**106. — Mauerungs-Absätze.** In Schächten von geringer Teufe (bis etwa 100 m) erfolgt das Ausmauern in einem Satze, nachdem der Schacht fertig abgeteuft ist. Sind Wasserzuflüsse vorhanden, so kann man den Wasserspiegel mit dem Hochziehen der Mauerung aufsteigen lassen, damit der Mörtel unter Wasser abbinden und erhärten kann. Auf diese Weise wird die Schachtwandung fester und wasserdichter.

Bei allen tieferen Schächten erfolgt die Ausmauerung absatzweise, wobei die Höhe der einzelnen Absätze je nach der Festigkeit des Gebirges und dem Auftreten von Schichten, die sich für das Ansetzen des Mauerfußes eignen, verschieden ist. Sie beträgt im Kreidemergel durchschnittlich 40 m, im Tonschiefer 50 m und im Sandstein 60—80 m.

**107. — Mauerfüße.** Jeder Absatz muß einen Mauerfuß erhalten, der imstande ist, das darüber aufgeführte Mauerwerk bis zum Abbinden und Erhärten zu tragen. Ist dieses geschehen, so verliert der Mauerfuß in einem einigermaßen festen Gebirge seine Bedeutung, weil die mit den Unebenheiten der Schachtstöße durch das Abbinden des Mörtels und die Wirkung des Gebirgsdruckes fest verwachsene Mauerung sich selbst trägt und der Mauerzylinder keine Neigung zum Rutschen zeigt. Man unterscheidet den einfach konischen (Fig. 138), den doppelt konischen (Fig. 139) und den hohlkegelförmigen (Fig. 140) Mauerfuß. Die ersten beiden Formen setzen das Stehenlassen einer Gesteinsbrust voraus, die nachträglich unter Vermeidung der wegen der Erschütterungen schädlichen Schießarbeit in zeitraubender und kostspieliger Arbeit weggespitzt werden muß, wenn der untere Mauerabsatz an den oberen angeschlossen werden soll. Bei der dritten Form wird der Schacht mit dem vollen Durchmesser weiter abgeteuft. Sie hat ferner den Vorteil, daß die Verbindung der beiden Mauerabsätze dichter und inniger wird, weil sie sich über eine größere, treppenförmig abgestufte Fläche verteilt.

Der einfach konische Mauerfuß ist, da der Druck der Mauer ausschließlich senkrecht nach unten zur Äußerung kommt, nur bei gutem, festem Gebirge, der doppelt konische wegen der Übertragung der Druckwirkung schräg nach außen auf die Stöße auch in weicheren Schichten anwendbar. Für den hohlkegelförmigen Fuß ist ebenfalls ein ziemlich

gutes Gebirge die Vorbedingung. In neuerer Zeit läßt man den Hohlkegel sich schnell verengern, derart, daß jede Ziegelsteinlage innen und außen einen halben Stein nach innen vorspringt und bei einer 2 Steine starken Mauerung schon nach 8 Lagen der regelmäßige Durchmesser des Schachtes wieder erreicht ist, wie dies für die innere Begrenzung durch die punktierte Linie der Fig. 140 veranschaulicht wird.

Unter Umständen hat man auch wohl auf eine Verlagerung des Mauerfußes im Gebirge ganz verzichtet und die Mauerung auf einer einfachen Bretterunterlage, die teils an Pflöcken  $b$  hängt und teils von Pflöcken  $b_1$  getragen wird (Fig. 141), begonnen. Freilich kann man so nur vorgehen, wenn das Gebirge mit festen, vorspringenden Ecken und Kanten bricht und die Mauerstärke gering ist. Für die Abteufarbeit ist

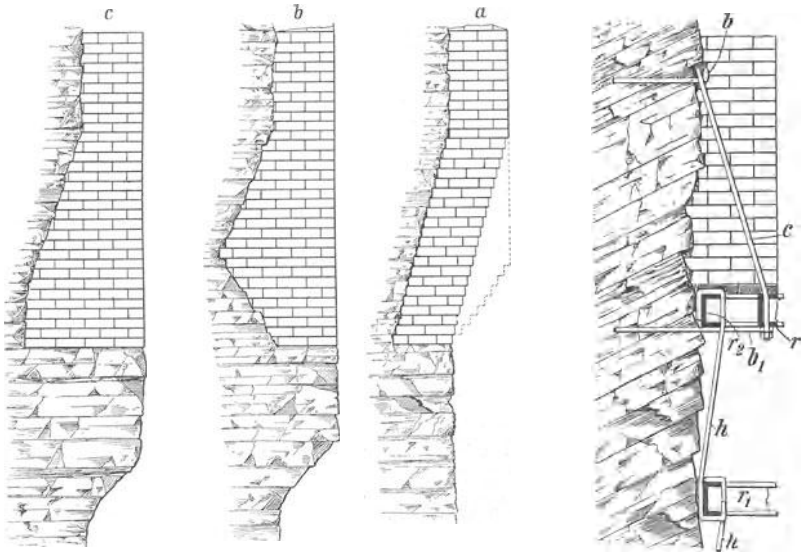


Fig. 138.  
Einfach konischer  
Mauerfuß.

Fig. 139.  
Doppelt konischer  
Mauerfuß.

Fig. 140.  
Hohlkegelförmiger  
Mauerfuß.

Fig. 141. Mauerung auf  
einer Bretterunterlage.

dieses Verfahren am bequemsten und billigsten, da weder eine Gesteinsbrust wie bei den konischen Mauerfüßen stehen zu bleiben braucht, noch der Gebirgstöß über das durch den Schachtdurchmesser und die Mauerwandstärke gegebene Maß hinaus, wie dies für den hohlkegelförmigen Fuß erforderlich ist, angegriffen wird.

Wo Wasserzuflüsse vorhanden sind, die durch die Mauerung abgesperrt werden sollen, kann man diese auf einen Keilkranz (s. S. 132 u. f. Ziffer 122 u. f.) als Unterlage setzen, der verhütet, daß das Wasser um den Fuß herum in den Schacht fließt. Einen wirklichen Nutzen wird der Keilkranz aber nur in dem Falle bringen, daß es gelingt, die Mauerwand selbst wasserdicht herzustellen. Es ist dies eine schwierige Aufgabe, wörtüber unter Ziffer 109 Näheres folgt.

**108. — Ausführung der Mauerung.** Der Mauerung pflegt man gewöhnlich eine Mindeststärke von  $1\frac{1}{2}$ —2 Steinen zu geben. Die Haltbarkeit der Mauer wird durch einen guten Anschluß an das Gebirge erhöht, weshalb man sorgsam Hohlräume vermeiden soll. Auch hintergepackte Berge stören den Verband. Noch schädlicher ist Holz, da es allmählich vermodert und seine Bestandteile vom Wasser fortgetragen werden. Der Verband ist gewöhnlich der Kreuz- oder auch der Binderverband (s. S. 83), seltener der Blockverband. Wasserklüfte darf man nicht ohne weiteres zumauern, weil das abgesperrte Wasser unter Druck kommen und den noch weichen Mörtel heraus-

spülen würde. Vielmehr mauert man in solchem Falle Abflußrohre *r* (Fig. 142) ein, die das Wasser zunächst aus einer rund um den Schachtstoß gespitzten Sammelrinne ungehindert in den Schacht treten lassen. Erst nach Erhärten des Mörtels schließt man die Rohre durch Holz-

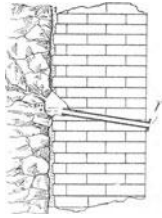


Fig. 142. Abflußrohr in der Schachtmauerung.

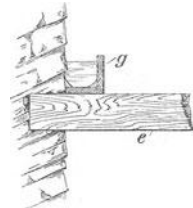


Fig. 143. Wassergerinne am Schachtstoß.

puffen oder Blindflanschen. Auch vor Tropf- und fallendem Wasser muß die in der Herstellung begriffene Mauerung geschützt werden, damit nicht der Mörtel fortgespült wird. Es sind deshalb Traufdächer über der Mauerung anzubringen, oder man legt um die Stöße ein nach der Stoßseite offenes, ringförmiges Gerinne *g* (Fig. 143), das an das Gebirge durch Lettenverschmierung Anschluß erhält. Aus dem Gerinne muß das Wasser nach dem Schachtsumpfe hin abgeleitet werden. Jedoch kann es zur Erleichterung der Wasserhaltung zweckmäßig sein, das so abgefangene Wasser nicht bis in das Schachttiefste fallen zu lassen, sondern von der Sammelstelle unmittelbar zutage zu heben.

**109. — Wasserdichte Schachtmauerung.** Wie bereits gesagt, ist die Herstellung einer dauernd wasserdichten Schachtmauerung außerordentlich schwierig, namentlich dann, wenn es sich um größere Teufen handelt. Ziegelsteine und Mörtel sind stets porös und bis zu einem gewissen Grade durchlässig. Das ist um so mehr der Fall, je höher der Druck ist. Den in Frage kommenden Drücken ist aber Ziegelmauerwerk an sich schon nur unvollkommen gewachsen. Es folgt dies daraus, daß die zulässige Druckbelastung für Zementmauerwerk nicht mehr als 12—15 kg je 1 qcm beträgt (s. S. 80). Bis zu dieser Grenze würde eine 2 Steine starke Schachtmauer bei 5 m lichter Weite des Schachtes schon bei einer Wassersäule von nur 25 m Höhe belastet sein,<sup>1)</sup> ohne daß man den Gebirgsdruck selbst in Rechnung zieht.

Porosität und mangelnde Druckfestigkeit werden also vereint ihren ungünstigen Einfluß bei Schachtmauerungen geltend machen. Sie bewirken, daß bei Schachtteufen von über 50 m eine wirkliche Dichtigkeit des

<sup>1)</sup> Berechnung s. Ziff. 136 dieses Abschnittes.



Mauerwerks, die ein Aufstauen der Wassersäule gestattet, nur noch sehr selten und ausnahmsweise erzielbar ist.

Dagegen kann es für die oberen Schachtteufen wohl gelingen, eine dichte, dem Wasserdrucke standhaltende Mauerung herzustellen. In jedem Falle muß freilich mit besonderer Sorgfalt vorgegangen werden. Zunächst ist vor dem Einmauern jeder einzelne Ziegel in Wasser zu legen, damit er sich vollsaugt und nicht beim Einmauern sofort dem Mörtel die Feuchtigkeit entzieht. Sodann muß man darauf achten, daß alle Fugen ganz vom Mörtel, der zweckmäßig Zementmörtel ist, erfüllt werden, so daß nirgendwo ein Hohlraum bleibt. Mit gutem Erfolge hat man auch, statt die ganze

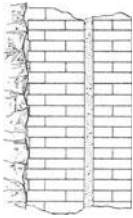


Fig. 144.  
Schachtmauerung  
in konzentrischen  
Ringem.

Mauerung im Verbands herzustellen, sie in mehreren konzentrischen Ringen aufgeführt und die kreisförmigen Fugen zwischen den Mauerbögen sorgfältig mit Zement vergossen (Fig. 144). Insgesamt ist bei der Arbeit strenge Aufsicht erforderlich, weil jede kleine Nachlässigkeit den Erfolg in Frage stellt.

Bei stärkeren Wasserzuflüssen wird man aber auch in den oberen Teufen Mauerung zweckmäßig überhaupt nicht, sondern statt ihrer lieber die gußeiserne KÜvelage anwenden.

Unter Umständen kann eine Schachtmauerung nachträglich auch in größerer Teufe durch Anwendung des Zementier- oder Versteinungsverfahrens (s. u.) wasserdicht gemacht werden. Die Ausführung erfolgt, wie hier vorgreifend bemerkt sein mag, derart, daß man durch Rohre, die bis in das Gebirge hinter der Mauerung reichen, Zementmilch unter einem gewissen Überdrucke so lange einlaufen läßt, bis die im Gebirge rund um die Schachtauskleidung vorhandenen Hohlräume sich vollständig geschlossen und auch die Poren des Mauerwerks sich verstopft haben. Im wesentlichen beruht die Wirkung darauf, daß das Gebirge selbst durch Versteinung wasserundurchlässig gemacht wird, und die Voraussetzung für das Gelingen ist, daß das Gebirge die für die Versteinung erforderlichen Eigenschaften besitzt. Näheres hierüber folgt in Teil VI des 7. Abschnittes.

#### 110. — Abwechselndes und gleichzeitiges Mauern und Abteufen.

Bei der gewöhnlichen Art des Mauerns ruht unterdessen die Arbeit auf der Sohle des Schachtes. In neuerer Zeit hat man aber auch vielfach gleichzeitig ausgemauert und abgeteuft. Dieses Verfahren ermöglicht erheblich größere Abteufleistungen, ist jedoch in jedem Falle mit einer erhöhten Gefahr für die auf der Sohle arbeitenden Leute verknüpft. Man pflegt es da anzuwenden, wo ein mächtiges Deckgebirge vorhanden ist und es auf tunlichste Beschleunigung der Abteufarbeit ankommt.

#### 111. — Die Benutzung von Bühnen bei der Schachtmauerung.

Die Mauerung erfolgt von einer festen oder schwebenden Bühne aus. Die stets aus mehreren Einzelteilen bestehende feste Bühne wird, wenn die Einstriche gleichzeitig mit eingemauert werden, auf diesen, sonst auf vorläufig eingebauten Hölzern verlagert und muß beim Hochkommen der Mauerung regelmäßig gehoben werden. Wenn man diese Arbeit auch durch eine zweckmäßige Unterteilung der Bühne erleichtern kann, so daß z. B.

zuerst die eine und dann die andere Hälfte hochgebracht wird, so ist das Verlegen doch immerhin recht lästig und zeitraubend. Bei neuen Schächten, wo man unter Umständen noch größere Wasserzuflüsse zu befürchten hat, pflegt man auch Wert darauf zu legen, den Schacht für das Abbohrverfahren (s. S. 215, Ziff. 80 u. f.) oder das Einhängen von Pumpen jederzeit, auch unter Wasser, völlig von allem Einbau befreien zu können, so daß man sich in solchen Fällen scheut, bei dem ersten Ausmauern bereits feste Einstriche oder Tragehölzer einzubauen. Aus diesen Gründen ist man jetzt fast allgemein dazu übergegangen, das Mauern von einer schwebenden Bühne aus vorzunehmen.

**112. — Das Mauern von einer schwebenden Bühne aus.** Die schwebende Bühne wird verschieden hergestellt, je nachdem sie für das Mauern ohne gleichzeitiges Abteufen oder mit diesem bestimmt ist. Wird nicht gleichzeitig abgeteuft, so kann die Bühne in einfacher Bauart gehalten sein und besteht meist aus einem Gerippe von **I**- und **U**-Eisen mit einem

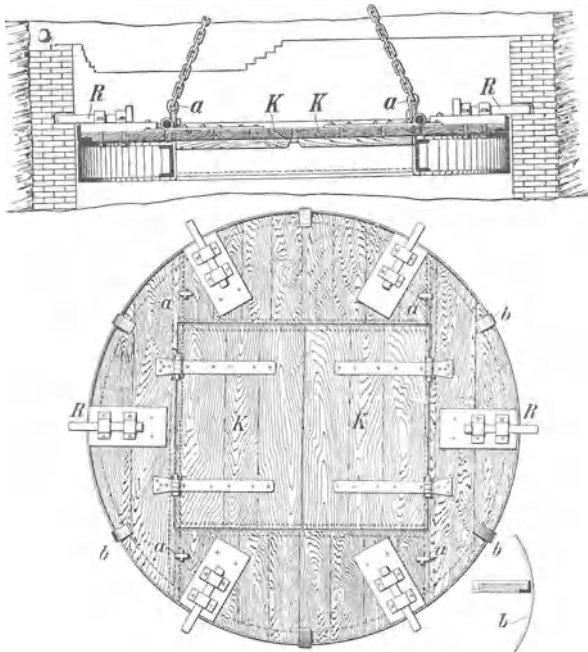


Fig. 145. Einfache schwebende Bühne.

genügend starken Bohlenbelag (Fig. 145). Diese Bühne ist durch 4 Ketten, zu denen noch 4 nicht vollgespannte Sicherheitsketten kommen, an einem Seile aufgehängt, welches von einem Dampfkabel bewegt wird. Um bei der Arbeit jedes Kippen zu vermeiden, sind an der Bühne einige eiserne Riegel *R* vorhanden, die in ausgesparte Löcher des Mauerwerks geschoben werden. Die Bühne erhält gewöhnlich eine mit Klappen *K* verdeckte Öffnung, damit der untere Schachtteil zugänglich bleibt. Man kann eine

solche Bühne während des Abteufens im Schachte belassen, indem man sie kippt und ihre Ebene senkrecht hängen läßt, so daß zu beiden Seiten je der halbe Schachtquerschnitt frei wird. Auch kann man eine zusammen-

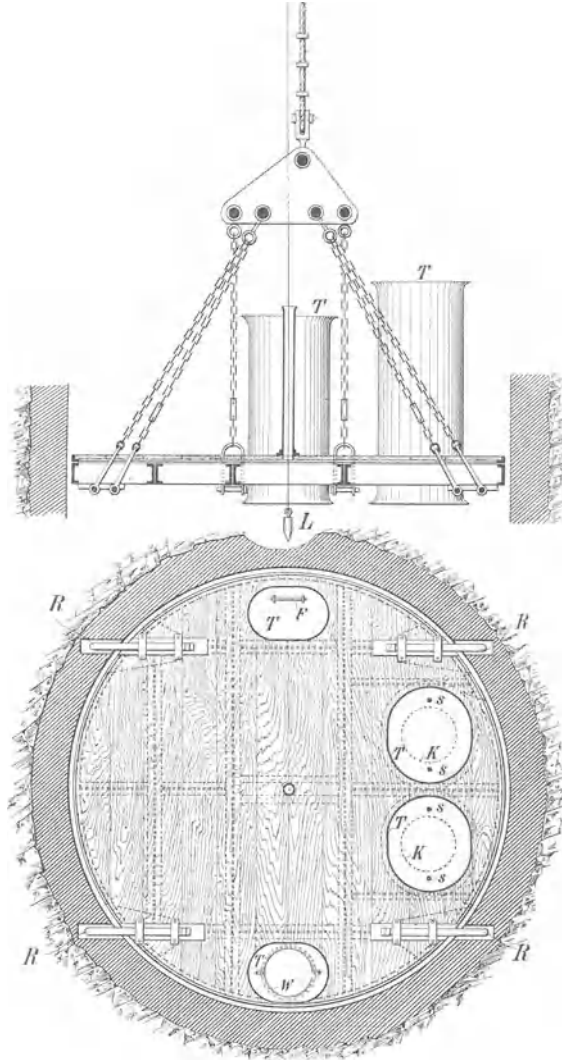


Fig. 146. Exzentrisch aufgehängte, schwebende Bühne der Maschinenfabrik H. u. G. Großmann zu Dortmund für gleichzeitiges Ausmauern und Abteufen.

klappbare Bühne anwenden, deren beide Hälften nach unten sich ähnlich wie ein Buch zusammenlegen lassen. In diesem Zustande wird die Bühne der Länge nach am Stöße aufgehängt, so daß der Schachtquerschnitt fast gar nicht mehr in Anspruch genommen wird.

Für das gleichzeitige Ausmauern und Abteufen muß die schwebende Bühne mit Öffnungen für den Durchgang der Förderkübel und die Durchführung der Fahrten und der Wetterlutton versehen sein (Fig. 146). Die Öffnungen werden mit etwa 1 m hohen Schutzzylindern *T* umgeben, die sowohl ein Abstürzen der Maurer als auch ein Fallen von irgendwelchen auf der Bühne liegenden Gegenständen oder Materialien verhindern sollen. Zur Verhütung eines Aufsetzens und Unterfassens der Förderkübel bei der Förderung sind die Zylinder oben und unten trichterförmig gestaltet. Da der Rand der Bühne nicht völlig schließend sich dem Mauerwerk anschmiegen kann, werden rundum auf der Bühne noch sog. Segmentbretter gelegt, die bis dicht an das Mauerwerk vorgeschoben werden und so den verbleibenden, geringen Spalt decken. Durch die Öffnungen für die Förderkübel gehen auch deren Führungseile frei hindurch.

Die gewöhnlichen schwebenden Bühnen werden durch ein in der Schachtmitte hängendes Seil gehalten. Bei dieser Anordnung ist aber das Einhängen des Schachtmittelotes vom Tage aus unmöglich, so daß das Abloten des Schachtes durch mehrere am Stöße angebrachte Lote erfolgen muß. Solche Lotungen am Stöße sind umständlich und unsicher, da fallendes Wasser und stärkere Luftbewegungen das Lot leicht in Schwingungen bringen, wobei dieses nicht einmal ebensogut wie in der Schachtmitte frei ausschlagen kann. Es wird deshalb jetzt nach dem Vorschlage der Maschinenfabrik H. u. G. Großmann zu Dortmund die Bühne mittels eines unsymmetrischen Zwischenstückes außerhalb der Schachtmitte an dem Kabeiseil aufgehängt (Fig. 146) und in der Mitte der Bühne ein Loch für den Durchgang des Lotes (unter Anbringung eines Schutztrichters) frei gehalten. Ein Schiefhängen der Bühne wird dadurch vermieden, daß die schweren Schutztrichter für die Förderkübel mit Bezug auf die Aufhängung auf der kurzen Seite der Bühne angeordnet werden und diese entsprechend belasten.

Die Gefahren der schwebenden Bühne bestehen einerseits für die unter ihr im Schachte beschäftigte Belegschaft, anderseits aber auch für die auf ihr befindlichen Leute und ergeben sich insbesondere aus der Möglichkeit, daß einzelne Gegenstände, Teile der Bühne oder die Bühne selbst abstrützen können. Auf strenge Befolgung der Sicherheitsvorschriften und auf sorgsame Überwachung des Materials und des Zustandes der Bühne, der Aufhänge- und Riegelvorrichtungen, des Kabels und seiner Sicherungen ist deshalb unablässig zu achten.

### 113. — Segmentweise Ausmauerung.

Diese eigenartige Ausmauerung findet bisweilen bei wenig widerstandsfähigem Gebirge statt, wenn die Wasserzuflüsse nur gering sind. Man verfährt

hierbei in der Weise, daß man unterhalb der bereits fertiggestellten Schacht-

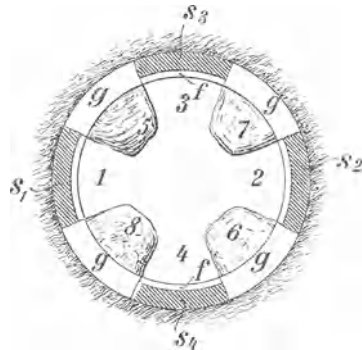


Fig. 147. Segmentweises Ausmauern im Grundriß.

mauerwand von einem in der Schachtmitte hergestellten Einbruche aus segmentweise das Gebirge am Stöße hereingewinnt (Fig. 147 und 148). Sobald dies auf eine Tiefe von 0,5—2 m und eine Breite von 1—4 m geschehen ist, beginnt man mit der Aufmauerung des Segmentes  $s_1$  und bringt es in ungefährer Stärke von 2 Steinen tunlichst schnell nach oben hin zum Anschluß mit der bereits fertigen Mauer. In ähnlicher Weise nimmt man ein weiteres

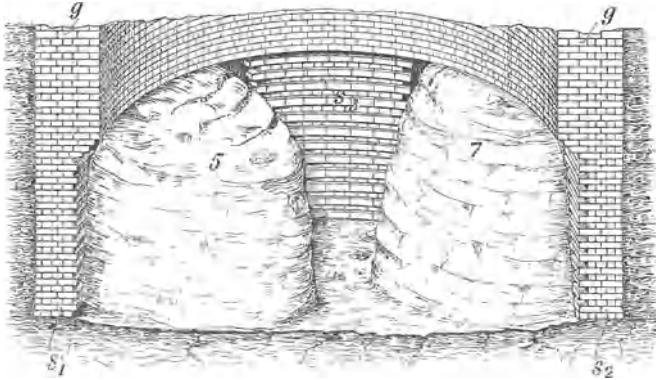


Fig. 148. Segmentweises Ausmauern in perspektivischer Ansicht.

Segment  $s_2$ , etwa auf der gegenüberliegenden Seite des Schachtes in Angriff und läßt die anderen Segmente folgen, bis der Kreis geschlossen ist. Jedes Mauersegment erhält nach den beiden Seiten und nach innen Verzahnung. Die Seitenverzahnung ermöglicht einen guten Verband der einzelnen Segmente untereinander, die innere dient zum Verbande mit der später herzustellenden, etwa 1 Stein starken Futtermauer, die etwaige bei der Herstellung des Segmentmauerwerks nicht vermeidliche Unregelmäßigkeiten ausgleichen muß.

**114. — Leistungen und Kosten.** Die Leistungen bei der Ausmauerung von Schächten betragen etwa 2,5—4 m in 24 Stunden, sind aber in einzelnen Fällen auch auf 5 m und noch darüber gebracht worden. Da das Abteufen selbst nicht so schnell voranschreitet und die Leistungen hierbei nur 2—3, höchstens  $3\frac{1}{2}$  m betragen, macht es keine Mühe, mit der Ausmauerung dem Abteufen zu folgen.

Was die Kosten betrifft, so entfallen auf 1 cbm Mauerwerk durchschnittlich 400 Steine. Diese kosten etwa 8  $M$ , die Mörtelkosten betragen etwa 7  $M$ , während auf Löhne bei der Arbeit im Schachte ungefähr 8  $M$  zu rechnen sind, so daß 1 cbm rund 23  $M$  kostet. Der Betrag für Löhne ist bei engen Schächten im Verhältnis höher, bei weiten Schächten geringer. Da in 3—6 m weiten Schächten für eine 2 Steine starke Mauerung je 1 m Schacht 5,5—10,2 cbm Mauerwerk erforderlich werden, betragen die Kosten insgesamt ungefähr 125—225  $M$ ,<sup>1)</sup> wovon etwa 90 bis 165  $M$  auf die Materialien und 35—60  $M$  auf die Löhne entfallen. Bei größeren Mauerstärken steigen die Kosten in entsprechender Weise.

<sup>1)</sup> Sammelwerk Bd. III, S. 47.

## 2. Der Beton und Eisenbeton.

115. — **Vorbemerkungen.** Über die Ausführung und die allgemeinen Vorzüge und Nachteile des Beton- und Eisenbeton-Ausbaues im Vergleich mit der Mauerung ist bereits oben (S. 92—102) gesprochen worden. Hier ist noch folgendes hervorzuheben.

Das Preßverfahren ist bisher für die Auskleidung von Schächten als selbständiges Ausbaufahren nicht benutzt worden. Dagegen ist es mehrfach zur Abdichtung von bereits mit Kùvelage oder Mauerung verkleideten Schächten zur Anwendung gekommen, wie in dem Abschnitt „Versteinungs-(Zementier-)Verfahren“ näher ausgeführt ist.

Was den Stampfbeton betrifft, so ist die Möglichkeit des schnellen Einbringens für neu abzuteufende Schächte von geringerer Bedeutung, weil in diesen schon die Mauerung schneller ausgeführt werden kann, als das Abteufen vorrückt. Dagegen tritt dieser Vorteil besonders bei älteren Schächten in die Erscheinung, die nachträglich mit einem geschlossenen Ausbau an Stelle eines älteren Holz- oder Profileisen-Ausbaues versehen

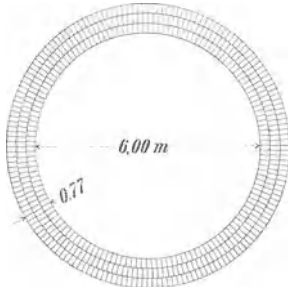


Fig. 149. Ziegelmauerwerk in Zementmörtel. (Zulässige Beanspruchung 12 kg/qcm.)

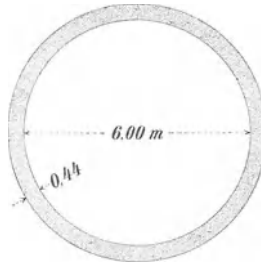


Fig. 150. Stampfbeton (Zulässige Beanspruchung 20 kg/qcm.)

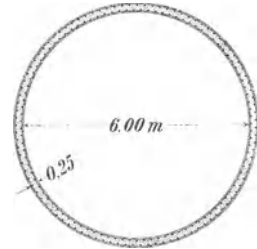


Fig. 151. Eisenbewehrter Stampfbeton. (Zulässige Beanspruchung 30 kg/qcm.)

werden sollen. Auch wird hier öfter die Möglichkeit ausgenutzt, den alten Ausbau umstampfen zu können.

Die hohe Biegezugfestigkeit des Eisenbetons kommt besonders in Schächten zur Geltung, die in unruhigem Gebirge stehen, z. B. in Störungszonen oder in dem Wirkungsbereich alter Abbaubetriebe. Die geringe Wandstärke, mit welcher der Eisenbeton auszukommen gestattet, ist für Schächte ebenfalls ganz besonders vorteilhaft, da es sich hier um große Durchmesser und lange offen zu haltende Hohlräume handelt. Einen Vergleich der Wandstärken bei Ausbau eines Schachtes in Zementmauerwerk, in gewöhnlichem und in eisenbewehrtem Beton gibt unter Voraussetzung gleicher Druckverhältnisse und gleicher Sicherheiten die nachstehende Gegenüberstellung der Figuren 149, 150 u. 151.<sup>1)</sup> An Gebirgsaushub werden bei Wahl des Stampfbetons (Fig. 150) an Stelle des Ziegelmauerwerks (Fig. 149) 7,47 cbm und bei Wahl des eisenbewehrten Betons (Fig. 151) sogar 11,47 cbm je 1 m Schacht gespart.

<sup>1)</sup> Glückauf 1910, Nr. 24 u. 25; Viebig: Die Verwendung von Eisenbeton beim Grubenausbau.

Ein für Schächte besonders zu beachtender Nachteil des Stampfbeton-Ausbaues ist die langsame Erhärtung. Tritt vor dem Festwerden Gebirgsdruck ein, so ist der Schacht mehr gefährdet, als wenn er ausgemauert wäre, da die das Mauerwerk bildenden, festen Steine mit ihren versetzten Fugen schon vor der Erhärtung des Mörtels einen gewissen Druck aufzunehmen vermögen. Auch ist anzunehmen, daß spätere Ausbesserungen, die infolge Gebirgsdruckes notwendig werden, schwieriger und mit weniger Aussicht auf Erfolg als bei gemauerten Schächten zu bewerkstelligen sein werden. Bei Eisenbeton wird ja die ausgebesserte Stelle nicht mehr gleichmäßig im allgemeinen Eisenverbande liegen können; auch wird der neue Beton nicht mit der vollen Haftfähigkeit an dem alten, bereits erhärteten Beton abbinden.

Was die Wasserdichtigkeit betrifft, so ist darauf in jedem Falle erst nach längerer Erhärtungszeit zu rechnen. Nach den bisherigen Erfahrungen ist nicht anzunehmen, daß in dieser Beziehung für größere Teufen der Beton dem Ziegelmauerwerk wesentlich überlegen sein wird. In geeignetem Gebirge läßt sich aber nachträglich durch Einspritzen von Zementmilch Wasserdichtigkeit des Betonausbaues ebenso wie bei einer Schachtmauerung erzielen, worauf schon im letzten Absatz der Ziff. 109 (S. 118) hingewiesen ist. In solchen Fällen bringt man zweckmäßig schon bei der Hochführung der Betonwand darin Rohre (etwa nach Fig. 142 auf S. 117) an, die zunächst als Wasserabflußrohre dienen. Sobald die Betonwand erhärtet ist, wird durch eben diese Rohre Zementmilch in das Gebirge eingepreßt, bis der Wasserabschluß gelungen ist. Damit die Rohre beim Zementieren nicht herausgedrückt werden, gibt man ihnen eine konische Form (vgl. auch Teil VI des 7. Abschnittes).

Die oben (S. 93) über das Verhältnis zwischen Zement, Sand und Zuschlägen gegebenen Zahlen gelten auch für die Betonierung in solchen Schächten, die weniger tief sind oder in wasserarmem Gebirge stehen. Bei stärkeren Beanspruchungen durch Druck und Wasserzuflüsse werden zementreichere Mischungen bevorzugt. Gewöhnlich pflegt man für Schächte Mischungen von 1 Teil Zement, 1—2 Teilen Sand und 2—4 Teilen Zuschläge zu nehmen.

**116. — Ausführungsarten.** Bei den Schachtauskleidungen in Beton lassen sich drei Arten unterscheiden, nämlich:

1. Auskleidungen mit Betonsteinen, die über Tage als „Formsteine“ hergestellt und im Schachte zu einer geschlossenen Wand zusammengebaut werden, worauf die Fugen und der geringe, zwischen der Wand und dem Gebirgsstoß verbleibende Raum mit flüssigem Beton ausgefüllt werden;
2. Auskleidungen mit verhältnismäßig dünnen Beton-Formsteinen, die als „Verschalung“ dienen, hinter der eine dickere Wand von Stampfbeton hochgeführt wird;
3. Auskleidungen, die lediglich aus Stampfbeton bestehen und zu deren Herstellung die Hochführung eines Lehrgerüstes erforderlich ist.

In allen drei Fällen kann sowohl einfacher Beton als auch Eisenbeton zur Anwendung kommen.

117. — **Ausführungsbeispiele für Formsteine.** Ein derartiger Schachtausbau ist schon i. J. 1891 auf dem Kirschheckschachte III des Königlichen Steinkohlenbergwerks von der Heydt im Saarrevier<sup>1)</sup> und ferner i. J. 1892 auf Zeche Roland bei Dümpfen<sup>2)</sup> angewandt worden. Die Form und Größe und der Zusammenbau der einzelnen Segmentsteine ist aus Fig. 152 ersichtlich. Die Ober- und Unterseiten der Steine griffen nach Art einer Nut und Feder ineinander, an den Längsseiten befanden sich nur Nuten, von denen je zwei nach dem Zusammensetzen elliptische Kanäle *k* bildeten. Die seitlichen Rinnen und der Zwischenraum zwischen Nut und Feder in den wagerechten Fugen wurden mit Zement ausgegossen. In jedem Steine war ein senkrechtes und ein wagerechtes Loch *a* und *b* vorgesehen, die beim Einlassen mittels des Förderseiles in der aus der unteren Ansicht kenntlichen Weise benutzt wurden. Das wagerechte Loch diente ferner zum Durchlassen der zuzitrenden Wasser. Das Gewicht eines solchen Steines belief sich auf 500 kg, so daß die Handhabung ziemlich schwierig war.

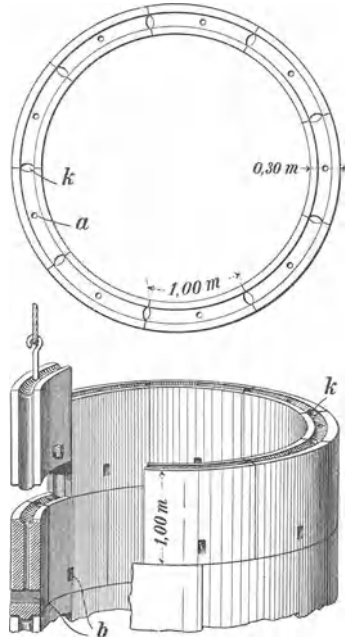


Fig. 152. Schachtausbau mit Formsteinen aus Beton.

Neuerdings hat die Rheinisch-Westfälische Schachtbaugesellschaft in Essen auf einer Anzahl von Schächten (z. B. auf Zeche Neumühl und Engelsburg im Ruhrbezirke) leichtere und kleinere Beton-Formsteine nach der Fig. 153 zur Anwendung gebracht, die als Hohlkörper ausgebildet sind. Das Gewicht des einzelnen Steines beläuft sich auf nur 16 kg, so daß ein Mann ihn ohne Schwierigkeit handhaben kann. Jede Steinschicht wird zunächst trocken verlegt (Fig. 154) und sodann mit Mörtel vergossen. Die Steine sind an ihren Längsseiten ab-

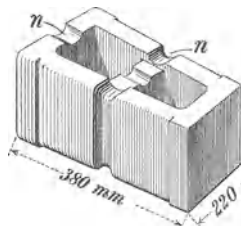


Fig. 153. Betonformstein als Hohlkörper ausgebildet.

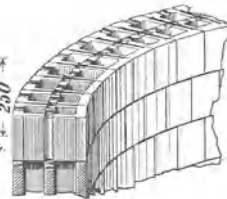


Fig. 154. Zusammenbau der Formsteine nach Fig. 153.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1895, S. 10.

<sup>2)</sup> Sammelwerk Bd. III, S. 35.



gerundet und besitzen Nuten, damit sich der Mörtel gut verteilen kann. Damit aber das Austreten des Mörtels nach vorn verhindert wird, sind hier die Seiten der Steine scharfkantig gehalten.

Ein Kubikmeter eines solchen Zementmauerwerkes stellt sich je nach der mehr oder weniger fetten Mischung auf 16—18 *M*, ist somit etwa 5—7 *M* billiger als Ziegelmauerwerk.

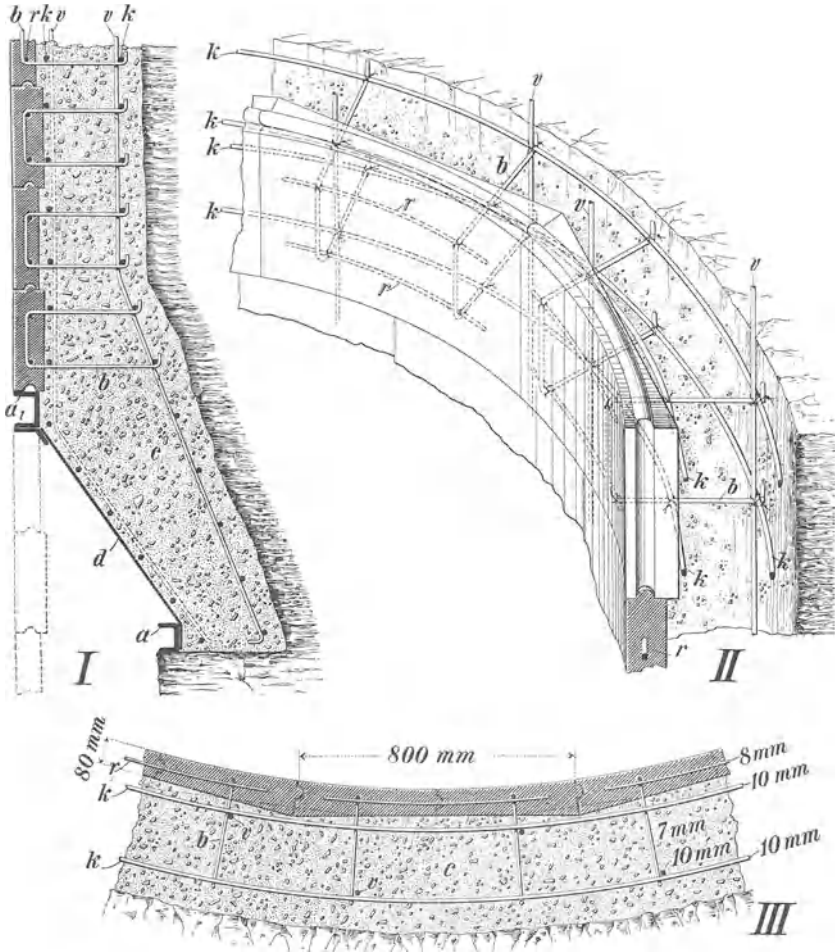


Fig. 155. Schachtausbau mit Eisenbeton unter Verwendung von Formsteinen als Verschalung.

Mehrfach sind auch Beton-Formsteine mit Eiseneinlagen vorgeschlagen worden. Auch hat man, um die Schachtwandung widerstandsfähiger gegen Biegebungsbeanspruchungen zu machen, vorgesehen, die Eisenbewehrungen in durchlaufende Aussparungen der Steine zu verlegen und sie hier zu einem geschlossenen Ringe zu verbinden, um sodann die Aussparungen mit Zement zu verfüllen. Eine derartige Steinwand dürfte aber wohl

kaum die Festigkeit einer einheitlich hergestellten, eisenbewehrten Wand aus Stampfbeton erreichen.

Schließlich hat Lardy vorgeschlagen,<sup>1)</sup> eisenbewehrte Beton-Formsteine ähnlich wie Tübbings unterzuhängen, also mit dem Abteufen fortschreitend von oben nach unten hin einzubauen. Im Bergbau ist das Verfahren allerdings bisher noch nicht zur Ausführung gekommen.

**118. — Ausführungsbeispiel für eine Stampfbetonwand mit Formstein-Verschalung.** Die Firma Vollrath zu Wesel hat i. J. 1909 auf den Zweckelschächten der Königl. Berginspektion zu Gladbeck eine eigenartige Schachtbetonierung ausgeführt, die später noch auf einer Anzahl weiterer, im Ruhrbezirk belegener Schächte (z. B. Nordstern, Radbod, Dorstfeld, Hagenbeck) Anwendung gefunden hat. Nach dem der genannten Firma patentierten Verfahren (D. R. P. 246 016) werden eisenbewehrte Betonsteine mit einer dahinter eingestampften ebenfalls eisenverstärkten Betonwand durch Queranker verbunden.

Die Betonierung erfolgt ähnlich wie das Ausmauern eines Schachtes in einzelnen Absätzen. Zunächst wird, wie aus der Abbildung I der Fig. 155 hervorgeht, unter Benutzung zweier Schachtringe  $a$  und  $a_1$  und als Lehrgerüst dagegen gelegter Eisenbleche  $d$  ein Fuß aus Beton eingestampft. Auf den durch den oberen Ring  $a_1$  gebildeten Rand wird sodann die Formsteinwand aufgebaut, deren Steine die aus den Abbildungen I bis III der Fig. 155 ersichtliche Form und Größe besitzen und des besseren Verbandes wegen mit Nut und Feder ineinander eingreifen. In jedem Stein sind der Länge nach 2 starke Eisendrähte  $r$  und außerdem 2  $\sqcup$ -förmig gebogene Drähte  $b$  eingelegt, deren freie Enden nach der äußeren Seite herausragen. Die Enden werden rechtwinkelig nach oben gebogen, so daß sie die aus 10 mm starken Rundeisenstangen  $k$  hergestellten Ringe für die Stampfbetonwand aufnehmen. An dieser werden wieder senkrechte Eisenstangen  $v$  in Abständen von etwa 2 m voneinander durch Drahtschlingen befestigt. Die Kosten dieses Ausbaues haben bei Ausführung durch die Firma etwa 325  $M$  je 1 m, einschließlich der Nebenarbeiten, insbesondere des Einbaues der Einstriche, Kabel und Leitungen betragen. In eigener Verwaltung hätten die Arbeiten wohl noch billiger ausgeführt werden können.

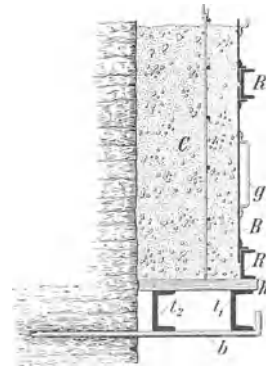


Fig. 156. Fuß eines Eisenbetonabsatzes entsprechend Fig. 157.

**119. — Ausführungsbeispiele für eine mit Lehrgerüst hergestellte Stampfbetonwand.** Bei dem von der Firma Franz Schlüter zu Dortmund ausgeführten Ausbau des Schachtes Rheinelbe VI bei Gelsenkirchen mit Eisenbeton ging man wie folgt vor:<sup>2)</sup> Das Betonieren er-

<sup>1)</sup> Glückauf 1911, Nr. 9, S. 357.

<sup>2)</sup> Glückauf 1909, Nr. 18, S. 622; Kaufmann: Das Abteufen des Schachtes Rheinelbe VI mit Eisenbetonausbau im Steinkohlengebirge.

folgte entsprechend dem Fortschreiten des Abteufens in einzelnen Absätzen von 28—35 m Höhe, indem der zuerst eingebaute, aus eisernen Ringen mit Eisenblechverzug bestehende, vorläufige Ausbau wieder entfernt wurde. Der Fuß für jeden Betonierabsatz wurde in der aus Fig. 156 ersichtlichen Weise dadurch hergestellt, daß ein Bohlenkranz  $h$  auf zwei, auf Bolzen  $b$  ruhenden Ringen  $t_1$  und  $t_2$  verlagert wurde. Das Lehrgerüst (Fig. 157) bestand aus eisernen  $\sqsubset$ -Ringen  $R$ , die aus je 4 Segmenten zusammen-

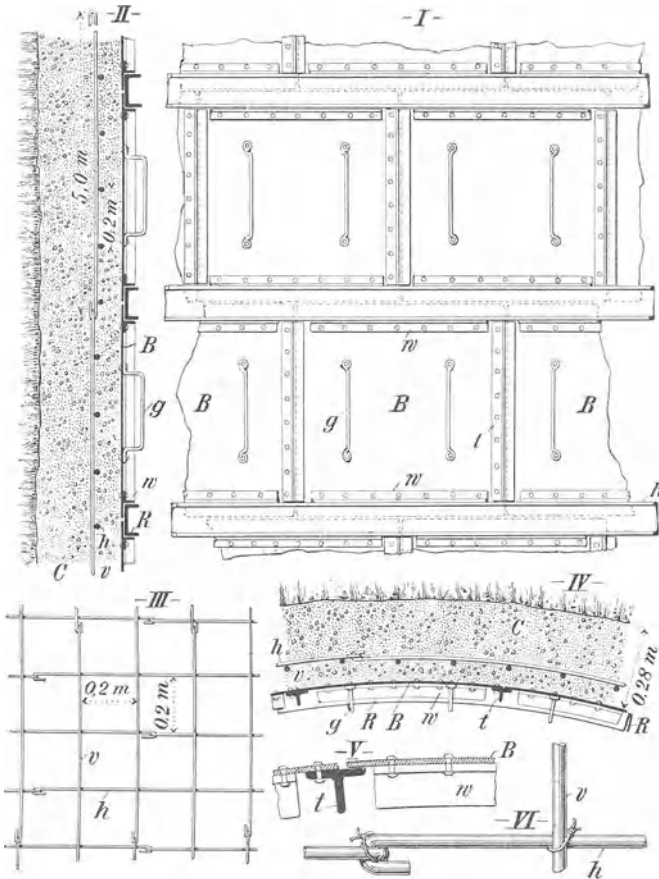


Fig. 157. Schachtausbau mit Eisenbeton unter Verwendung eines Lehrgerüsts.

gesetzt waren, und aus besonders für den Zweck hergerichteten Schalungsblechen  $B$ . Der unterste Lehrring wurde auf dem Bohlenkranz des Fußes genau in Lot und Wage gebracht. Auf die obere Kante dieses Ringes setzte man die entsprechend gekrümmten Schalungsbleche von 75 cm Höhe, 74 cm Breite und 3 mm Stärke. Auf den durch die Bleche gebildeten Ring wurde ein neuer  $\sqsubset$ -Eisenring gelegt, wobei die unten und oben an die Verschalungsbleche angenieteten Winkeleisen  $w$  (s. Fig. 157) als Tragflächen dienen. Die senkrecht angebrachten  $\perp$ -Eisen  $t$  waren

lediglich als Fugendichtung zwischen den einzelnen Blechen angeordnet. Ringe und Bleche wurden durch eingesteckte Bolzen zusammengehalten und bildeten so eine nach außen, d. h. nach dem Gebirgstöße hin, völlig glatte und von diesem durchschnittlich 30 cm entfernte Wand.

Als Einlagen benutzte man je 5 m lange und 2 cm starke Eisenstangen, die nach der Nebenfigur III der Fig. 157 zu einem Netze von 20 cm Maschenweite zusammengebaut und mit ihren umgebogenen Enden ineinander gehakt wurden. An den Kreuzungspunkten wurden die Stangen durch dünnen Bindedraht zusammengebunden.

Sobald 1—2 Leerringe aufgestellt und die Eiseneinlagen eingebracht waren, wurde der frisch gemischte, etwa erdfeuchte Beton eingefüllt und sofort in Schichten von 15—20 cm Höhe gleichmäßig und sorgfältig rund um den Schacht festgestampft. Nach den infolge des Einbaues der Ringe oder der Vornahme sonstiger Nebenarbeiten entstandenen Unterbrechungen beim Einstampfen des Betons wurde stets die abgebundene Oberfläche mit einem Stahlbesen abgekratzt, aufgeraut und mit Zementmilch besprengt, um eine gute Verbindung der alten mit der neuen Stampfschicht zu erzielen. Jedesmal wenn der Absatz bis zu der aus Fig. 158 ersichtlichen Höhe hochgeführt war, wurde das letzte hohlkegelförmig gestaltete Stück mit einem schnellbindenden Zement von Hand ausgefüllt und verputzt.

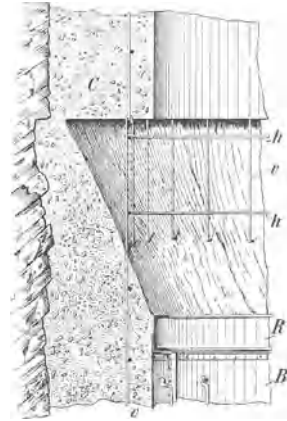


Fig. 158.  
Der obere Anschluß eines Eisenbetonabsatzes entsprechend Fig. 157.

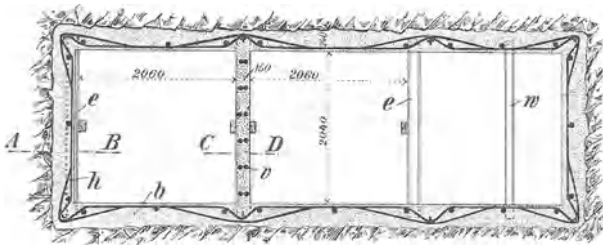


Fig. 159. Eisenbetonausbau eines rechteckigen Schachtes als Ersatz für Holzausbau.

Das Abbinden des Betons war in etwa einem Monat so weit erfolgt, daß Leerringe und Bleche ausgebaut werden konnten.

Die Leistungen stellten sich auf etwa 3 m täglich. Die Kosten betragen 366 *M* je 1 m, während die Kosten einer  $3\frac{1}{2}$ —4 Steine starken Schachtmauerung, deren Widerstandsfähigkeit ungefähr gleich hoch anzusetzen ist, sich auf annähernd 500 *M* belaufen haben würden. Dazu wären aber noch die Kosten für die Mehrausschachtung des Gebirges gekommen, da bei gleichem lichtigem Durchmesser auf 1 steigendes Meter

Schacht rd. 13,5 cbm Gebirge mehr hätten hereingewonnen und gefördert werden müssen.

Etwa die gleichen Schachtbetonierungen sind von der Firma Schlüter noch auf einer größeren Zahl von Schächten ausgeführt worden.

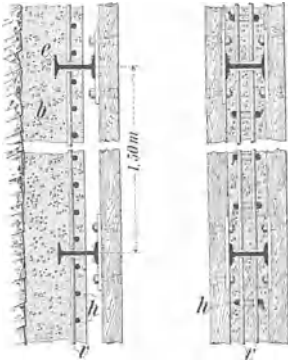


Fig. 160. Befestigung der Leitbäume an einbetonierten Einstrichen bei einem Eisenbetonausbau (nach den Schnitten AB und CD der Fig. 159).

Ferner gibt Fig. 159 ein Beispiel<sup>1)</sup> für den nachträglichen Ausbau eines in Druck geratenen rechteckigen Schachtes mit Eisenbeton, der hier die Holzzimmerung ersetzte. Es wurden vertikale Rundeisenstäbe  $v$  (s. auch Fig. 160) verwendet und in Abständen von etwa je 100 cm eingebaut, sodann durch ein Geflecht von 15 mm starkem Rundeisen  $h$  miteinander zu einem Gerippe verbunden und mit Beton umgeben. Die Befestigung der Leitbäume ergibt sich im einzelnen aus Fig. 160; sie erfolgte mit Hilfe von Einstrichen  $e$ , die nach Maßgabe der vorhandenen

Raumverhältnisse teils tiefer, teils weniger tief in den Beton eingebettet wurden. Die Abmessungen sind aus der Figur zu entnehmen. Die Kosten beliefen sich auf 393  $M$  für das laufende Meter.

### 3. Gußeiserne Tübbings und Schachtringe (Küvelage).

**120. — Einleitende Bemerkungen.** In allen Gruben, die durch ihren Abbau das Hangende entwässern, wird ein völlig wasserdichter Schachtausbau nicht notwendig scheinen, da die Wasser in jedem Falle bis in die Grubenbaue niedergezogen werden. Häufig ist aber (und namentlich trifft dies für den nördlichen Teil der rheinisch-westfälischen Steinkohlenablagerung und für den Kalibergbau zu) ein Deckgebirge mit wassertragenden Schichten vorhanden, die durch einen sorgfältig geführten Abbau nicht zerrissen werden. In allen solchen Fällen besteht die Möglichkeit, die über den wassertragenden Schichten befindlichen Wasser von den Grubenbauen fern zu halten, falls die das Deckgebirge durchteufenden Schächte wasserdicht ausgebaut werden. Als Vorteile ergeben sich alsdann, daß einerseits die Kosten für die Wasserhebung beträchtlich vermindert werden und andererseits keine Senkung des Grundwasserspiegels und somit keine Wasserentziehung eintritt. Zudem ist naturgemäß ein trockener Schacht für den Betrieb in mannigfacher Beziehung angenehmer als ein nasser.

Die bisher einzige Schachtauskleidung, die bei mehreren hundert Metern Teufe dem vollen Drucke einer Wassersäule von entsprechender Höhe Stand zu halten vermag und deshalb tatsächlich wasserdicht her-

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1906, S. 315; Hundt: Ersatz des Holzausbaues im Wilhelmsschacht II usw.

gestellt werden kann, ist diejenige mittels gußeiserner Tübbings und gußeiserner Schachtringe. Tübbings sind Segmentstücke, die zu einem vollen Ringe zusammengesetzt werden können. Bei den Schachtringen ist der ganze Ring in einem Stücke fertig gegossen und wird als solcher in den Schacht eingelassen. Die aus einzelnen Tübbings zusammengesetzten oder die fertigen Schachtringe werden im Schachte übereinander aufgebaut, so daß gleichsam ein geschlossenes Rohr aus Gußeisen entsteht, dessen Wandung die Schachtauskleidung darstellt. Man nennt diese insgesamt Kúvelage und spricht demgemäß von einem Auskúvelieren des Schachtes.

**121. — Englische und deutsche Tübbings.** Man unterscheidet englische Tübbings und deutsche Tübbings. Die englischen Tübbings (Fig. 161) besitzen äußere Flanschen  $f$ , so daß die innere Schachtwand glatt erscheint. Neben den Flanschen sind gewöhnlich noch Verstärkungsrippen  $r$  und  $r_1$ , die senkrecht und wagerecht verlaufen, und Ansätze  $a$  zum Abstützen der Flanschen vorgesehen. In der Mitte befindet sich ein Loch, das zum Einhängen der Tübbings und zum Wasserabfluß während der Dichtung der Kúvelage dient.

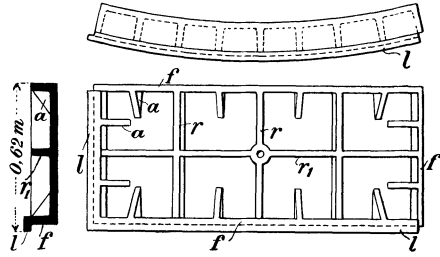


Fig. 161. Englischer Tübbing.

Neben den Flanschen sind gewöhnlich noch Verstärkungsrippen  $r$  und  $r_1$ , die senkrecht und wagerecht verlaufen, und Ansätze  $a$  zum Abstützen der Flanschen vorgesehen. In der Mitte befindet sich ein Loch, das zum Einhängen der Tübbings und zum Wasserabfluß während der Dichtung der Kúvelage dient. Die englischen Tübbings besitzen keine bearbeiteten Flanschenflächen. Diese bleiben vielmehr in dem Zustande, wie er sich beim Gießen ergibt, was zur Folge hat, daß die Tübbings nie genau rechteckig, sondern stets mehr oder weniger schiefwinklig sind und die Seiten nicht völlig parallel verlaufen. Die Dichtung erfolgt durch Holzbretchen und Holzkeile. Die deutschen

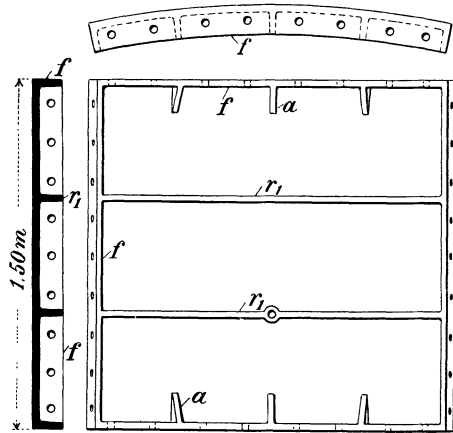


Fig. 162. Deutscher Tübbing.

Tübbings (Fig. 162) dagegen haben ihre Flanschen  $f$ , Verstärkungsrippen  $r_1$  und Ansätze  $a$  auf der Innenseite, und die Außenwand des Schachtes, die dem Gebirge anliegt, ist glatt. Die Tübbings werden mit bearbeiteten Flanschenflächen geliefert, so daß sie genau zusammenpassen und mittels Schrauben unter Anwendung einer Bleidichtung miteinander verschraubt werden können. Die Kúvelage bildet so ein starres, wasserdichtes Ganzes, wogegen sie bei englischen Tübbings eine gewisse Nachgiebigkeit besitzt.

Während die englischen Tübbings nur 300—700 mm hoch zu sein pflegen, beträgt die Höhe der deutschen Tübbings gewöhnlich 1,5 m. Die ungefähre Breite der Tübbings im Verhältnis zur Höhe ergibt sich aus den Figuren 161 und 162.

**122. — Keilkränze.** Zur sicheren Verlagerung der Tübbingsäule dienen die Keilkränze, die gleichsam den Fuß bilden, mit dem sich die Kütvelage auf das Gebirge stützt. Außerdem sollen die Keilkränze verhindern, daß das hinter der Kütvelage stehende oder heruntersickernde Wasser unterhalb der Tübbingswand in den Schacht treten kann. Entsprechend dieser doppelten Aufgabe muß der Keilkranz einerseits genügend weit in das Gebirge hineingreifen, um eine feste, unnachgiebige Lagerung zu finden und muß anderseits einen wasserdichten Anschluß an den Gebirgstöß erhalten.

Aus dem Gesagten folgt, daß auch das Gebirge, in dem der Keilkranz verlagert wird, fest und wassertragend sein muß, wenn dieser seine Aufgabe erfüllen soll. Der Abstand, in welchem die Keilkränze voneinander gelegt werden, schwankt in weiten Grenzen. Wenn man z. B. hoffen kann, starke Wasserzugänge durch das Einbringen eines neuen Keilkranzes abzuschließen, so wird man dies tun, sobald man eine geeignete Schicht hierfür findet, auch wenn man den nächst oberen Keilkranz erst um wenige Meter unterteuft hat. Ist das Gebirge trocken und stand-

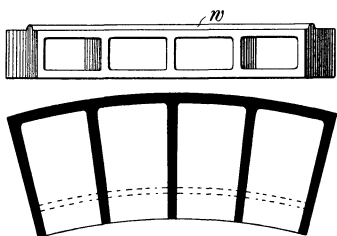


Fig. 163. Keilkranz für englische Kütvelage.

haft, so wählt man größere Absätze. Im allgemeinen sind Abstände von 20—50 m die Regel.

Ein Keilkranz ist ein aus gußeisernen Segmenten von 200—300 mm Höhe und 400—750 mm Breite zusammengesetzter Ring, dessen lichte Weite der lichten Weite des Kütvelageschachtes entspricht. Die einzelnen Segmente sind, wie es die Fig. 163 zeigt, hohl mit mehreren senkrechten Verstärkungsrippen und einer offenen Seite gegossen. Die Wandstärke ist etwas größer als diejenige der zu tragenden Tübbings; die Zahl der Segmente schwankt je nach dem Durchmesser des Schachtes zwischen 6 und 12 Stück. Die Keilkränze für deutsche und für englische Tübbings sind ohne wesentliche Unterschiede, nur daß die ersteren Schraubenlöcher zwecks Verschraubung der Segmente untereinander und mit den Tübbingssegmenten besitzen, letztere aber nicht.

**123. — Herrichtung des Keilkranzbettes.** Die Arbeiten für das Legen des Keilkranzes beginnen mit der Herrichtung des Keilkranzbettes. Es wird mit Keilhau und mit Fäustel und Spitzseisen genau wagerecht ausgearbeitet. Wo es möglich ist, läßt man das im Schachte befindliche Wasser zeitweise so weit ansteigen, daß der Wasserspiegel soeben das Keilkranzbett erreicht. Man merkt so etwaige Unebenheiten am leichtesten.

Statt das Bett im Gebirge selbst auszuarbeiten, kann man es auch künstlich durch Betonierung oder Mauerung schaffen. Es empfiehlt sich

das nicht nur in harten Schichten, in welchen eine ebene und glatte Fläche auszuspitzen schwierig ist, sondern auch in schlechtem, unzuverlässigem Gebirge, das dem Keilkranze keine genügend sichere Unterlage bietet. Man teuft dann etwas tiefer ab und richtet darauf das Keilkranzbett her. Fig. 165 zeigt ein durch Betonierung hergestelltes und Fig. 166 ein aufgemauertes Bett. Die Oberfläche muß in sorgfältiger Weise wgerecht und glatt verputzt werden.

**124. — Das Legen und Pikotieren des Keilkranzes.** Auf dem Bette werden die Segmente zu einem Ringe zusammengelegt, und der entstehende Kreis wird genau in die Schachtachse eingelotet, wobei bei Keilkränzen für englische Tübbings zwischen die Segmente Dichtungsbrettchen gelegt werden. Hierdurch wird der lichte Durchmesser des zunächst gebildeten Kreises etwas größer, als er schließlich nach Fertigstellung der Pikotage sein soll. Bei Keilkränzen für deutsche Tübbings werden die Segmente nach Zwischenlegen einer Bleidichtung miteinander verschraubt. Der Raum zwischen dem äußeren Kreisrande der Segmente und dem Gebirgsstöße wird nun mit Holzklötzchen und Bretterstückchen möglichst dicht ausgefüllt und sodann pikotiert. Das bedeutet, daß man rund herum in mehrfach wiederholter Kreislinie zunächst Flachkeile und sodann Spitzkeile (picot = Spitzkeil) aus Pitchpine-Holz so lange in die Holzlage eintreibt, als dies noch irgendwie möglich ist. Während des Pikotierens muß der Keilkranzring immer wieder eingelotet werden, damit Seitenverschiebungen vermieden werden. Treten sie auf, so müssen sie durch kräftigere Verkeilung auf der zurückgewichenen Seite wieder ausgeglichen werden. Wenn zum Schlusse der Holzkranz so fest geworden ist, daß hölzerne Keile nicht mehr einzutreiben sind, so pflegt man noch einen Kreis Stahlkeile folgen zu lassen. Nach beendigter Pikotage soll ein völlig wasserdichter Anschluß der Eisensegmente an das Gebirge erzielt sein.

Das Ausspitzen des Keilkranzbettes, das Legen des Keilkranzes und das Pikotieren pflegt einen Zeitraum von 3—4 Tagen in Anspruch zu nehmen, wovon 1—2 Tage auf die Herrichtung des Bettes und etwa 2 Tage auf das Legen des Keilkranzes und das Pikotieren entfallen.

**125. — Doppelter Keilkranz.** Man legt in neuerer Zeit häufig der Sicherheit halber 2 Keilkränze übereinander, wovon der obere um etwa die Tübbingsbreite den unteren überragt. Nach Aufbau des Tübbingsabsatzes wird auch die wagerechte Fuge zwischen den beiden Keilkränzen, in die vorher Holz Brettchen gelegt waren, gedichtet und pikotiert. Der nächstuntere Tübbingsabsatz wird später bis an den oberen Keilkranz

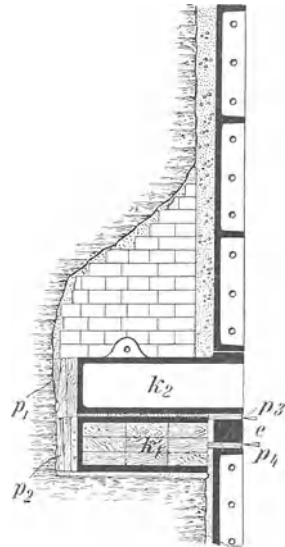


Fig. 164. Doppelter Keilkranz mit Anschluß des unteren Tübbingsabsatzes.



herangeführt und gegen diesen gedichtet. Der hierbei erzielte Vorteil ist, daß etwaige geringe Bewegungen des oberen Keilkränzes nicht unmittelbar auch die Wasserdichtigkeit des unteren in Frage stellen.

**126. — Einzementieren von Keilkränzen.** In den letzten Jahren hat man mehrfach mit gutem Erfolge die Keilkränze einzementiert und auf die eigentliche Pikotage gänzlich verzichtet. Eine solche Abdichtung ist bei weichem Gebirge empfehlenswert, in welchem die Pikotage nicht ein genügend sicheres Widerlager am Gebirgsstoße findet.

In der Regel stellt man hierbei schon das Keilkranzbett durch Betonierung oder Mauerung (s. Ziff. 123) her. Nachdem der Keilkranz eingebaut ist, wird er mit Beton hinterfüllt und verstampft, und alle Fugen werden sorgfältig vergossen.

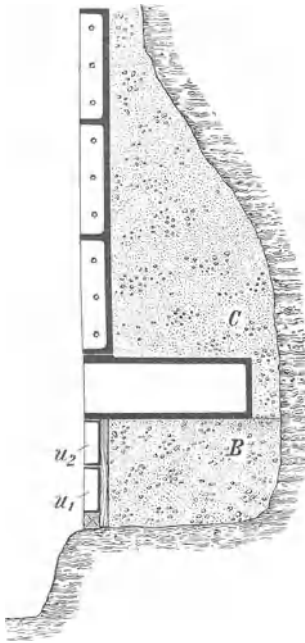


Fig. 165. Einzementierter Keilkranz.

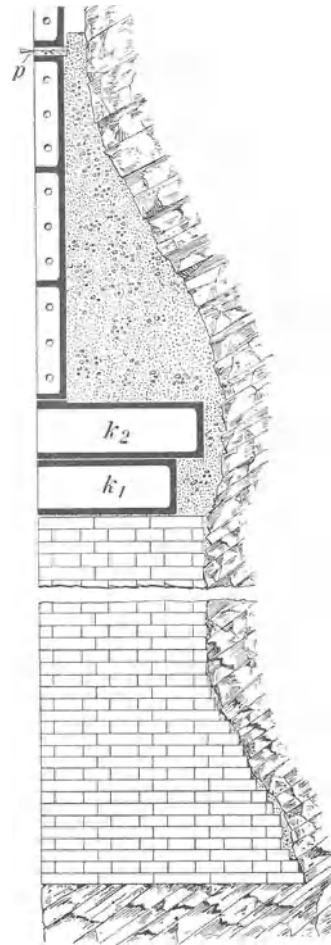


Fig. 166.  
Doppelter Keilkranz auf Mauerfuß in  
Zementbettung mit Anschlußpikotage  
an einen hängenden Tübbingsabsatz.

Die gleiche Zuverlässigkeit wie von einer ordnungsmäßig durchgeführten Pikotage wird man freilich von der Zementierung nicht erwarten dürfen.

**127. — Der Einbau und das Pikotieren der englischen Tübbings.** Beim Einbau werden die englischen Tübbings dadurch zu Ringen zu-

sammengefügt, daß die einzelnen Segmente lose nebeneinander gesetzt werden, wobei der unterste Ring auf den inneren Rand des Keilkranzes zu stehen kommt. Der Raum zwischen den Tübbings und dem Gebirge wird mit Beton oder kleinen Gebirgstücken oder Ziegelschrott verfüllt, so daß die Segmente in ihrer Lage gehalten werden. Damit keine durchlaufenden, senkrechten Fugen entstehen, werden die einzelnen Segmente der verschiedenen Ringe gegeneinander versetzt.

Zum Zwecke der Dichtung werden zwischen Keilkranz und Segmente und zwischen diese unter sich in die wagerechten sowohl wie in die senkrechten Fugen Weiden- oder Kiefernholzbrettchen von 7—15 mm Stärke, 10 cm Breite und 10—20 cm Länge gelegt, die, nachdem die Tübbingsäule aufgebaut ist, „pikotiert“ werden. Das Pikotieren besteht darin, daß man ähnlich wie bei der Pikotage der Keilkranze (Ziff. 124) zunächst flache Holzkeile und später, wenn diese keinen Platz mehr finden, schlanke Spitzkeile aus Pitchpine-Holz in die Fugen und in die zwischengelegten Dichtungsbrettchen so lange eintreibt, bis eine wasserdichte Holzlage zwischen den Segmenten geschaffen ist. Man beginnt mit der Arbeit am unteren Ende des Tübbingsabsatzes und steigt allmählich höher. Damit die Dichtungsbrettchen beim Pikotieren nicht ausweichen können, sind sowohl an der Oberfläche des Keilkranzes wie an je 2 Seiten der Tübbingssegmente vorspringende Leisten  $w$  (s. Fig. 163) bzw.  $l$  (Fig. 161) angegossen, die als Halt und Widerlager für die Brettchen dienen. Ist das erste Pikotieren beendet, so wird das mittlere Tübbingsloch, das so lange dem Wasser den Abfluß gestattete, mittels eines eingetriebenen Holzpflockes verschlossen. Das Wasser steigt nun hinter der Kütelage an. Etwa sich noch zeigende Undichtigkeiten werden durch ein Nachpikotieren beseitigt.

Der Einbau und das Pikotieren der englischen Tübbings erfolgt am besten von schwebenden Bühnen aus. Beim Einbau kann man auf eine durchschnittliche Leistung von 4 m je Tag rechnen. Diese verhältnismäßig geringe Leistung ist in der geringen Höhe der Tübbings und darin begründet, daß das Einpassen der unbearbeiteten und deshalb ungleich geformten Segmente und das sorgfältige Ausfütttern der Fugen von wechselnder Breite mit den Dichtungsbrettchen viel Zeit erfordert. Beim Pikotieren kann man einen täglichen Arbeitsfortschritt von etwa 3—4 m erzielen.

Zwecks Herstellung eines bequemen Anschlusses des unteren Tübbingsabsatzes an den Keilkranz des nächsthöheren Absatzes gibt man möglichst einem jeden Keilkranz nach vorheriger Berechnung einen solchen Abstand von dem oberen Keilkranze, daß der Tübbingsabsatz gerade in den Zwischenraum hineinpaßt, wobei geringe Unterschiede durch die Dicke der Dichtungsbrettchen ausgeglichen werden können. Gelingt dieses Verfahren nicht und wird die Schlußfuge zu groß, so baut man einen besonders nach Maß gegossenen Schlußring, einen sog. Paßring ein, der dann nach oben und unten pikotiert wird.

**128. — Die Dichtung der deutschen Tübbings.** Schon in Ziff. 121 ist im allgemeinen die Verbindung der Tübbings untereinander durch Schrauben unter Verwendung von Dichtungstreifen aus Blei erwähnt.

Hier sei im einzelnen noch hinzugefügt, daß das Bleiblech eine Stärke von etwa 3 mm zu besitzen pflegt. Es quillt beim Verschrauben z. T.

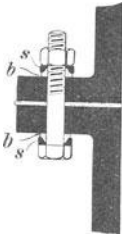


Fig. 167.  
Dichtung der  
Schraubenlöcher.

aus den Fugen und kann, falls sich Undichtigkeiten zeigen, in diese zurückverstemmt werden. Da das Wasser manchmal bis zu den Schraubenlöchern gelangt und durch diese in den Schacht tritt, sucht man sie noch besonders abzudichten. Es geschieht dies durch Bleiringe *b* (Fig. 167), die oben und unten um die Schraubenbolzen gelegt und beim Anziehen der Mutter durch konisch ausgedrehte Unterlegescheiben *s* gegen die Bolzen gepreßt werden.

Im Gegensatz zu den englischen Tübbings erfolgt also die Dichtung schon beim Zusammenfügen der Segmente, und das nachträgliche, zeitraubende und lästige Pikotieren kommt in Wegfall.

**129. — Der Einbau der deutschen Tübbings von unten nach oben.** Die deutsche Küvelage wurde früher stets von unten nach oben eingebaut. Dieser Einbau verläuft, wenn man von der Verschraubung und Dichtung absieht, ähnlich demjenigen der englischen Tübbings, so daß darüber nichts weiter gesagt zu werden braucht. Auch die Verlagerung der Keilkränze, deren einzelne Segmente in diesem Falle ebenfalls durch Schrauben miteinander verbunden werden, bietet nichts Bemerkenswertes.

Der zwischen Tübbings und Gebirgstöß verbleibende Raum wird sorgfältig mit Beton (1 Teil Zement, 3—5 Teile Sand) verstampft, damit keine Hohlräume entstehen, die zu Gebirgsbewegungen und ungleichmäßigen Beanspruchungen der Küvelage führen könnten. Die Leistungen beim Einbau deutscher Tübbings von unten nach oben übersteigen weit diejenigen beim Einbau englischer Tübbings. Man kann rechnen, daß täglich durchschnittlich 4—5 Ringe, also 6—7,5 m eingebaut und fertiggestellt werden können.

**130. — Der obere Anschluß.** Nach Möglichkeit richtet man die Entfernung der einzelnen Keilkränze voneinander so ein, daß zwischen dem oberen Rande des Tübbingsatzes und dem Keilkranze nur eine schmale Fuge bleibt, die pikotiert werden kann. Je höher diese Fuge ist, um so leichter können die Holzkeile durch den äußeren Wasserdruck in den Schacht zurückgetrieben und herausgeschleudert werden, um so unzuverlässiger ist also die Pikotage. Nach dem Vorschlage von Koch (D. R. P. 205 225) fräst man zur Vermeidung dieses Übelstandes eine nach dem Schachtinnern sich verschmälernde Keilnut in den oberen Flansch *f* (Fig. 168) ein, in die entsprechend geformte Brettchen *b* eingeschoben werden. Darauf erfolgt die Dichtung durch Pikotage in gewöhnlicher Weise. Infolge der Keilwirkung wird jetzt der äußere Wasserdruck die Holzeinlage nur dichter und fester pressen.

Wenn die Schlußfuge zu groß ist, so benutzt man zum Anschluß an den oberen Tübbingsatz Paßringe, die in der jeweils erforderlichen Höhe gegossen werden.

Um zu vermeiden, daß durch etwaige nicht rechtzeitige Beschaffung eines solchen ein Zeitverlust entsteht, kann man, wie dies beim Abteufen

des Schachtes der Gewerkschaft Glückauf<sup>1)</sup> zu Sondershausen geschehen ist, mehrere fertige Paßringe von z. B. 2, 4, 6, 8 und 10 cm Höhe vorrätig halten. Die Höhenlage des unteren Keilkranzes läßt sich leicht so genau bemessen, daß einer dieser Ringe als Paßring zum Schlusse des betreffenden Satzes zu verwenden ist. Wenn derselbe verbraucht ist, wird sofort ein gleicher Ersatzring in Auftrag gegeben. Die zuletzt übrig bleibenden Ringe stellen nur einen unbedeutenden Wert dar, so daß das Verfahren den Vorzug der Einfachheit und Billigkeit hat.

Für die Art des Anschlusses eines Tübbingsatzes an eine darüber befindliche Mauerung ist das Durchmesser-Verhältnis von Mauer-

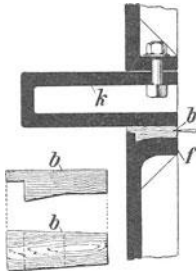


Fig. 168. Kochsche Keilnut-Pikotage.

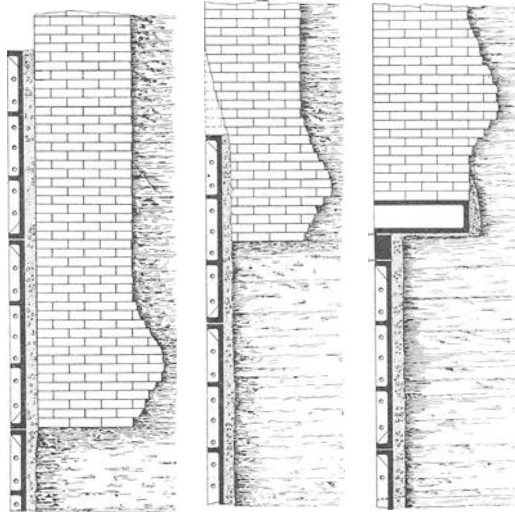


Fig. 169. Fig. 170. Fig. 171.  
Anschlüsse der Kúvelage an die obere Mauerung.

ung und Kúvelage maßgebend. Ist die lichte Weite der Mauerung groß genug, daß darin die Tübbingsäule Platz findet, so führt man diese ein Stück in die Höhe und verfüllt den Zwischenraum nach Fig. 169 mit Beton. Ist die Mauerung hierfür zu eng, so muß zuvor ein Teil weggespitzt werden (Fig. 170). Auch kann man den Mauerfuß von vornherein auf einen Keilkranz setzen, um an diesen später die Kúvelagesäule in der gewöhnlichen Weise anzuschließen (Fig. 171).

**131. — Das Unterhängen der Tübbings oder der Einbau von oben nach unten.** Diese Art des Ausbaues ist zuerst im Jahre 1892 von der Firma Haniel & Lueg bei dem Braunkohlenschachte Ernst bei Düderode am Harz durchgeführt, wo es sich um die Durchteufung von stark treibenden, blähenden Tonschichten handelte.<sup>2)</sup> Zum zweiten Male wurde das Verfahren 1894 bei der Herstellung der Schächte für das Schiffshebewerk zu Henrichenburg benutzt. Das Unterhängen erfolgt

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1898, S. 149; Gröbler: Das Abteufen des Schachtes der Gewerkschaft Glückauf zu Sondershausen.

<sup>2)</sup> Das Schachtabteufen in neuerer Zeit, Haniel & Lueg, Düsseldorf, 1896.

in der Regel von einem Keilkranze aus, kann aber auch von jedem irgendwie fest verlagerten Tübbingsringe aus seinen Anfang nehmen. Diese Art des Einbaues wird durch Fig. 172 veranschaulicht. Das mit dem Förderseile eingelassene Segment  $s_2$  hängt an 4 Ketten, von denen 2 (mit  $k$  bezeichnet) in Haken und 2, die Sicherheitsketten (mit  $k_1$  bezeichnet),

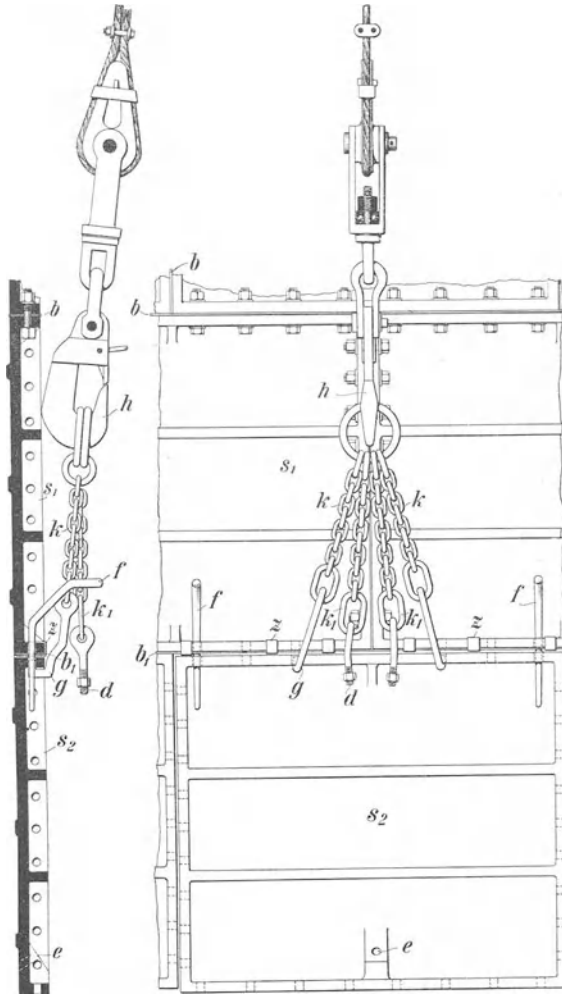


Fig. 172. Das Unterhängen von Tübbings.

in Schrauben endigen. Sobald das Segment unten angekommen ist, werden die Sicherheitsketten gelöst, so daß das Segment nur noch von den beiden Haken getragen wird. Nunmehr drücken die Arbeiter das Segment gegen den Stoß, wobei es von der Maschine so weit angehoben wird, daß es in die richtige Lage unter den Flansch des vorhergehenden Ringes kommt. Zwei eingesteckte Führungsbolzen  $f$  erleichtern diese Arbeit so lange, bis

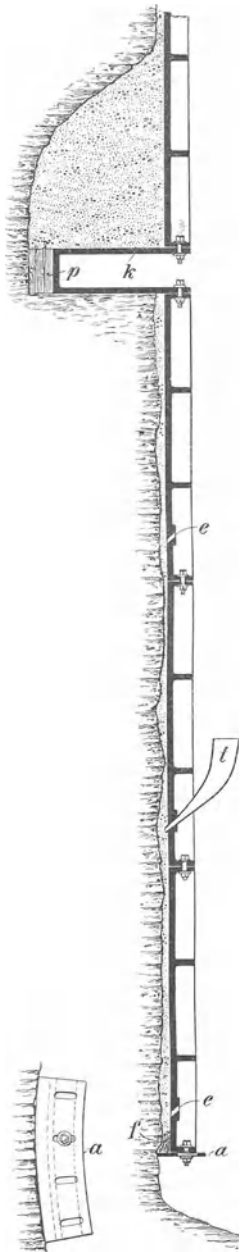


Fig. 173.  
Hintergießen von hängenden Tübbings mit Zement und Abschluß des unteren Ringspaltes zu diesem Zwecke.

das Einstecken und Anziehen zweier Schrauben ermöglicht wird. Sobald diese tragen, können die Haken gelöst und die Führungsbolzen entfernt werden. Vorher ist schon das Bleidichtungsblech  $b_1$  unter den Flansch des oberen Segments  $s_1$  gelegt, wo es durch Klammern  $z$  gehalten wird. Jetzt werden auch die übrigen Schrauben eingesteckt und einstweilen lose angezogen. Gleichzeitig wird der senkrechte Flansch mit einer Bleidichtung versehen und mit dem Nachbarsegment lose verschraubt. Sobald der ganze Ring zusammengesetzt ist, werden die Schrauben fest angezogen, wobei darauf zu achten ist, daß der Ring seine kreisrunde Form behält.

Sind mehrere Ringe untergehängt, so wird der Raum zwischen ihnen und dem Gebirgstoße durch Einspülen mit Zement ausgefüllt. Bei Wasserzugängen geschieht dies schon, wenn nur 2 oder 3 Ringe eingebracht sind, um möglichst schnell die zuzitende Wassermenge zu vermindern. Ist das Gebirge trocken (z. B. bei Gefrierschächten), so erfolgt das Zementieren erst, wenn etwa 6 Ringe im Schachte hängen.

Damit die Zementtrübe unten nicht ausläuft, verstopft man den Spalt zwischen dem unteren, äußeren Tübbingsrande und dem Gebirge mit Lehm oder besser mit Stroh, Holzwolle oder trockenem Farnkraut, das die Eigenschaft starken Quellens besitzt, und schraubt, wie dies die Fig. 173 andeutet, nötigenfalls noch Bleche  $a$  an, die

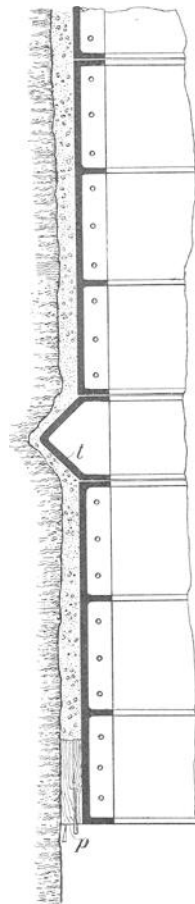


Fig. 174.  
Abschluß des unteren Ringspaltes bei hängenden Tübbings durch Pikotage zum Zwecke des Hintergießens.

möglichst dicht an den Gebirgstöß herangeschoben werden. Mehrfach hat man auch den Ringspalt mit Bretterstücken ausgefüllt und diese Holzlage durch Pikotieren verdichtet (Fig. 174 und 175) Man erhält so einen tatsächlich dichten, die Zementtrübe mit Sicherheit zurückhaltenden Abschluß. Alsdann beginnt man mit dem Einlaufenlassen einer dünnflüssigen Zementtrübe durch Löcher, die in den Tübbings vorgesehen sind. Man benutzt hierzu Trichter, die in die Tübbingslöcher hineingesteckt werden, oder aber man läßt die Trübe von über Tage her durch Rohrleitungen, die an die Löcher angeschlossen werden, einlaufen. Für die zuerst eingeführte Trübe pflegt man einen schnell bindenden Zement zu bevorzugen, um schnell einen guten Abschluß im unteren Spalt zu erhalten. Der Zement setzt sich nieder, während das überschüssige Wasser und die Luft durch die oberen, in den Tübbings vorhandenen Löcher austritt. Wenn keine Trübe mehr aufgenommen wird, werden die Einfülllöcher durch Blindflanschen, Schrauben oder Holzpflocke verschlossen.

Damit die Schraubenbolzen in den senkrechten Flanschen nicht die ganze Last der hängenden Tübbingsäule zu tragen haben, unterstützt man den untersten Ring vom Schachttiefsten her möglichst durch untergestellte Bolzen und trägt im übrigen dafür Sorge, daß sofort nach der Erhärtung des Zementes dieser das Gewicht der Tübbingsäule aufnimmt. Zu diesem Zwecke wählt man Tübbings mit äußeren Trägerrippen

(Fig. 189 S. 150) und baut außerdem in Abständen von etwa 20—25 m Tragekränze *t* (Fig. 174) ein, die ebenso wie die Tübbings selbst untergehängt werden. Tübbings mit Querschnitten entsprechend den Figuren 190 und 191 bedürfen besonderer Vorkehrungen nicht, sondern tragen sich infolge ihrer äußeren Oberfläche ohne weiteres.

**132. — Anschluß der Unterhängetübbings an den unteren Keilkranz.** Sobald man mit den Unterhängetübbings wassertragendes Gebirge erreicht hat, schließt man die Tübbingsäule unten durch einen Keilkranz

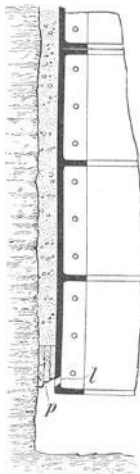


Fig. 175.  
Offenlassen eines  
Gußbloches in der  
Spalt-pikotage  
bei hängenden  
Tübbings.

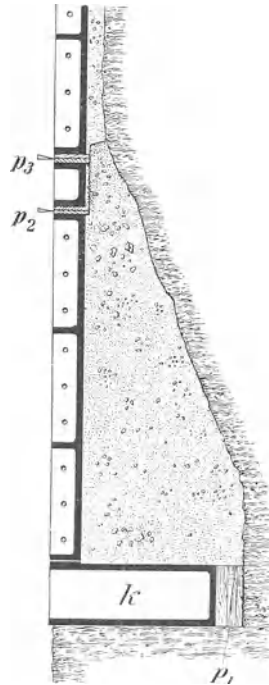


Fig. 176. Keilkranz mit Anschluß  
an einen hängenden Tübbings-  
absatz.

ab. Wo es sich machen läßt, wird dieser nach einem Stichmaß genau in solcher Höhe verlegt, daß nach Zwischenlegen der üblichen Bleidichtung

der unterste Tübbing unmittelbar mit dem Keilkranz verschraubt werden kann. Sollte hierbei ein ganz geringfügiges Anheben des Keilkranzes eintreten, so ist das bei Holzpikotage an dem Umfange des Keilkranzes in der Regel nicht bedenklich, namentlich dann nicht, wenn 2 Keilkränze übereinander verlegt sind, so daß auch die Fuge zwischen beiden noch pikotiert werden kann.

Läßt sich die Verlagerung der Kūvelage nicht genau genug für die unmittelbare Verschraubung bewirken und bleibt eine Fuge, so wird diese, falls sie nicht höher als etwa 20 mm ist, pikotiert. Gewöhnlich pikotiert man nicht die Fuge zwischen dem untersten Tübbing und dem Keilkranz, sondern man verschraubt den untersten Tübbingsring mit dem Keilkranz, um die Fuge zwischen dem letzten und vorletzten Ringe zu pikotieren. Auf diese Weise erzielt man den Vorteil, daß man den Raum hinter dem untersten Ringe über dem Keilkranze sorgfältig mit Beton ausstampfen und durch Aufführen des Verputzes in Form eines Ringes über den Rand des Tübbingsringes ein Widerlager für die Pikotagebrettchen schaffen kann (Fig. 176). Ist dieses geschehen, so wird der vorletzte Ring eingebaut, die Fuge pikotiert und der Raum hinter dem vorletzten und den darüber befindlichen Ringen mit Zement vergossen.

Läßt der Keilkranz sich nur so einbauen, daß ein größerer Zwischenraum zwischen den Tübbingsringen bleibt, so werden Paßringe eingeschaltet und entweder oben und unten pikotiert (Fig. 171) oder oben verschraubt und unten pikotiert.

**133. — Bewährung der Unterhängetübbings.** Unterhängetübbings werden zumeist angewandt, um Wasserzugänge möglichst schnell abschließen zu können. Tatsächlich hat man in dieser Beziehung gute Erfolge erzielt, und es ist mehrfach gelungen, auf diese Weise beträchtliche Wasserzuflüsse alsbald nach ihrem Auftreten abzusperren, so daß man bei erheblich verminderten Zuflüssen weiter abteufen konnte.

Außerdem wendet man Unterhängetübbings an, um die Gebirgstöße sobald als möglich zu sichern. Namentlich hat man dies beim Gefrierverfahren getan. Auch hier hat sich diese Art des Ausbaues durchaus bewährt, worüber weiter unten in dem betreffenden Abschnitte Näheres folgt.

**134. — Der Ausbau mit Schachtringen.** Dieser Ausbau kommt nur bei dem Schachtbohrverfahren nach Kind-Chaudron in Frage und soll deshalb zugleich mit diesem besprochen werden (s. S. 215, 7. Abschnitt, Ziff. 80 u. f.). Hier sei nur bemerkt, daß, da jeder Ring gleich als geschlossenes Ganzes einzubringen ist, besondere Maßnahmen für den Einbau zu treffen sind.

**135. — Vergleich der englischen und der deutschen Tübbings.** Der Vorzug der englischen Kūvelage ist, daß sie bei Gebirgsbewegungen eine gewisse Nachgiebigkeit in ihren elastischen Fugen besitzt und nicht gleich der Gefahr des Brechens ausgesetzt ist. Bei Beanspruchungen der Tübbings auf Biegung (s. auch Ziff. 137) wirkt günstig, daß die neutrale Faser näher, als dies bei deutschen Tübbings der Fall ist, an der besonders gefährdeten Innenseite der Kūvelage belegen ist. Diese Vorzüge sind aber damit erkauft, daß die Kūvelage leicht undicht wird und daß sie fast nie so wasserdicht gehalten werden kann, wie dies bei der deutschen Kūvelage



möglich ist. Nachteilig ist ferner, daß der Aufbau und die Pikotage verhältnismäßig viel Zeit in Anspruch nehmen und daß die Herstellung nur von unten nach oben und nicht, wie dies bei deutschen Tübbings der Fall ist, auch von oben nach unten stattfinden kann.

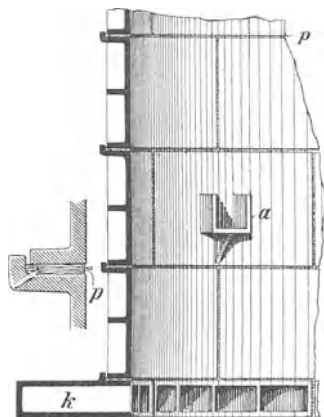


Fig. 177. Englische Tübbings mit angegossenem Schuh.

Auch die Verlagerung der Einstriche macht bei den englischen Tübbings größere Schwierigkeiten als bei den deutschen. Man verlagert die Einstriche entweder nach Fig. 177 in angegossenen Schuhen, oder man befestigt sie an Wandruten, die an den Pikotagefugen festgenagelt werden. Bei den deutschen Tübbings dagegen können die Einstriche einfach auf die wagerechten Flanschen gelegt werden.

Die Kosten für englische und deutsche Kúvelage weichen insgesamt nur wenig voneinander ab. Infolge der Bearbeitung, des Verbrauchs an Bleiblech und der Verwendung von Schrauben sind die deutschen Tübbings etwas teurer, während der Lohnaufwand wegen des langsamen Einbaues und der lästigen Pikotage bei den englischen Tübbings höher ist. Das Sammelwerk nimmt für 1 Schacht von 5 m lichtigem Durchmesser bis 100 m Teufe etwa folgende Kosten an:

	englische Kúvelage	deutsche Kúvelage
Tübbings . . . . .	965 <i>M</i>	994 <i>M</i>
Dichtungsmaterial . . . . .	10 „	120 „
Beton . . . . .	40 „	40 „
Löhne . . . . .	200 „	50 „
Summa	1215 <i>M</i>	1204 <i>M</i>

Für 100—200 m Schachtteufe sind die Kosten der Kúvelage etwa um 50 pCt., für 200—300 m um 100 pCt. zu erhöhen.

Zugunsten der deutschen Tübbings fällt der schnellere Einbau und die beschleunigte Fertigstellung auch insofern wirtschaftlich ins Gewicht, als sich durch die Zeitersparnis die Generalkosten der Schachtanlage für Gehälter, Dampferzeugung, Zinsverlust usw. vermindern. Z. B. bedeutet der Zinsverlust, der durch einen um nur 1 Monat verspäteten Beginn der Förderung entsteht, für eine Anlage, die 10 Millionen Mark gekostet hat, bereits 40 000 *M*. Der Schacht wird somit schon deshalb, weil er schneller fertig wird, billiger.

In den letzten Jahren sind englische Tübbings in Deutschland nicht mehr zur Anwendung gekommen. Dagegen ist die Zahl der noch in diesem Ausbau stehenden Schächte groß. Das Sammelwerk<sup>1)</sup> gibt z. B. für den Ruhrbezirk 89 solcher Schächte an, während zur fraglichen Zeit

<sup>1)</sup> Sammelwerk Bd. III, S. 48.

(um 1900) ebenda nur 55 Schächte, die in deutschen Tübbings, und 13, die in ganzen Schachtringen standen, vorhanden waren.

**136. — Wandstärke der Küvelage. Die Druckbeanspruchung.** Die Tübbings in einem Küvelageschachte werden einerseits auf Druck, anderseits auf Biegung beansprucht. Die Druckbeanspruchung richtet sich nach der Höhe des zu erwartenden Wasserdruckes. Für schwimmendes Gebirge ist nach den Untersuchungen Hoffmanns<sup>1)</sup> sogar noch ein höherer, gleichmäßig auf den Schachtumfang wirkender Druck anzunehmen, der etwa auf das 1,7fache des Wasserdruckes allein zu schätzen ist. Es mag zweifelhaft sein, ob in allen Fällen dieser hohe Druck im Schwimmsand wirksam ist. Jedenfalls kann der erhöhte Druck eintreten, sobald das Gebirge unruhig zu werden beginnt. Die im folgenden für die Berechnung der Wandstärke aufgestellte Formel wäre also für schwimmendes Gebirge entsprechend zu berichtigen.

Da der Wassersäulendruck auf je 10 m Teufe 1 Atmosphäre oder 1 kg pro 1 qcm beträgt, so würde bei 100 m Teufe der Halbring einer Schachtwandung von 500 cm äußerem Durchmesser und 1 m oder 100 cm Höhe einen Druck von

$$10 \cdot 100 \cdot 500 = 500\,000 \text{ kg}$$

zu tragen haben, der von den beiden Wandquerschnitten auf jedem Ende des Halbringes aufgenommen werden müßte. Wenn die Druckbruchbelastung für Gußeisen etwa 7500 kg je 1 qcm und die zulässige Belastung (bei  $7\frac{1}{2}$ facher Sicherheit) 1000 kg beträgt, können wir die erforderliche Wandstärke  $E$  wie folgt berechnen:

$$E = \frac{10 \cdot 100 \cdot 500}{2 \cdot 100 \cdot 1000},$$

$$E = 2,5 \text{ cm.}$$

Allgemein ausgedrückt können wir die Formel schreiben:

$$E = \frac{H \cdot D}{2 \cdot K},$$

worin  $H$  den Wasserdruck in Atmosphären,  $D$  den äußeren Durchmesser des Schachtes in Zentimetern und  $K$  die angenommene zulässige Druckbeanspruchung des Gußeisens in Kilogramm je Quadratzentimeter bedeuten.

Wie man aus dem obigen Beispiel ohne weiteres ersieht, würde ein Schacht von 5 m äußerem Durchmesser in 50 m Teufe einer Wandstärke von nur 1,25 cm, in 200 m einer solchen von 5,0 cm und in 400 m Teufe bereits einer solchen von 10,0 cm bedürfen.

Nun darf aber zur Erzielung eines einwandfreien Gusses die Wandstärke weder nach unten ein gewisses Mindestmaß noch nach oben ein bestimmtes Höchstmaß überschreiten. Jenes pflegt man allgemein auf 2,5 cm, dieses auf 10—12 cm zu bemessen. Für die geringeren Teufen begnügt man sich deshalb mit den rechnermäßig erforderlichen Wandstärken nicht, sondern bringt einen Sicherheitszuschlag in Anwendung, der allerdings sehr verschieden, und zwar vielfach lediglich nach Gutdünken, bemessen wird.

<sup>1)</sup> Sammelwerk Bd. III, S. 334.

Es gibt auch eine von Chastelain aufgestellte, dem erforderlichen Sicherheitszuschlage Rechnung tragende Formel, welche lautet:

$$E = 0,9 + 0,000\ 65\ H \cdot D,$$

worin  $E$ ,  $H$  und  $D$  die oben genannte Bedeutung haben. Stellt man nun für einen Schacht von 5 m äußerem Durchmesser die nach der einen oder anderen Formel berechneten Werte gegenüber, so erhält man:

Teufe m	Wandstärke	
	nach der ersten Formel cm	nach der Formel von Chastelain cm
	100	2,5
200	5,0	7,4
300	7,5	10,65
400	10,0	13,9

Die Formel von Chastelain ergibt also reichlich hohe Werte, die namentlich für größere Teufen das Maß des Erforderlichen übersteigen und ungünstige Gußspannungen hervorrufen. Tatsächlich hat man sich vielfach bei tiefen Schächten und großen Durchmessern nicht an diese Formel gehalten, sondern hat geringere Wandstärken gewählt.

**137. — Die Wirkung der Biegungsbeanspruchung im Verein mit der Druckbeanspruchung.** In vielen Fällen genügen nun die vorstehend

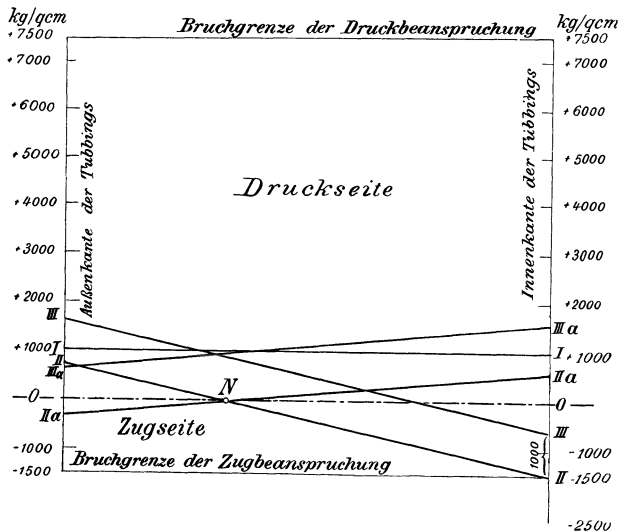


Fig. 178. Darstellung der an Tübbings herantretenden Beanspruchungen.

angeführten, lediglich die Druckbeanspruchung berücksichtigenden Rechnungen nicht, da diese nur für den Fall zutreffen, daß der Gebirgsdruck wie der Druck einer Wassersäule ringsum gleichmäßig auf die Schacht-

wandung wirkt. Die Tübbings unterliegen häufig auch Biegungsbeanspruchungen. Diese erklären sich daraus, daß unter Umständen das Gebirge „schiebt“ und von den verschiedenen Seiten her verschieden stark drückt. Namentlich treten solche ungleichmäßigen Gebirgsbewegungen auf, sobald ein mit Senkungen des Hangenden verbundener Abbau in der Nähe des Schachtes einsetzt. Es gibt wohl kaum eine tiefere Steinkohlengrube, die ihren Schachtsicherheitspfeiler so groß bemißt, daß der Schacht selbst völlig außerhalb des Bruchwinkels zu liegen kommt, und gerade der obere, in der Regel in Tübbingsausbau stehende Teil des Schachtes ist dann solchen Bewegungen ausgesetzt.

Die Art der Beanspruchungen, die an den Querschnitt der Tübbingswand teils durch den von allen Seiten wirkenden Wasserdruck und teils durch eine Einzelkraft herantreten können,<sup>1)</sup> ist in der Fig. 178 schematisch dargestellt. *00* ist die Nulllinie, darüber befindet sich die Druckseite, auf der die Bruchgrenze der Druckbeanspruchung für Gußeisen mit 7500 kg/qcm angegeben ist, und darunter die Zugseite, auf der die Bruchgrenze der Zugbeanspruchung bei 1500 kg/qcm verläuft. Die Druckbeanspruchungen sind durch positive, die Zugbeanspruchungen durch negative Vorzeichen gekennzeichnet. Erreicht die Gesamtbeanspruchung der Tübbings eine dieser beiden Linien, so wird ein Bruch die Folge sein. Links ist die Außenkante und rechts die Innenkante der Tübbings angenommen. Auf der Nulllinie liegt, je nach der Tübbingsform, die neutrale Faser *N*. Die in der Figur angenommene Lage der Faser *N* auf der der Außenkante zugewandten Hälfte entspricht etwa den tatsächlichen Verhältnissen bei deutschen Tübbings. *I—I* ist die Linie der Druckbeanspruchung durch gleichmäßigen Wasserdruck, die auf 1000 kg/qcm angenommen ist. *II—II* ist die Linie der Biegungsbeanspruchung durch eine von außen wirkende Einzelkraft, die sich links von der neutralen Faser als Druck und rechts als Zug äußert. Summiert man nun die durch die Linien *I—I* und *II—II* ausgedrückten Kräfte, so erhält man als Gesamtbeanspruchung die Linie *III—III*. Erreicht diese Linie eine der beiden Bruchgrenzen (entweder auf der Druckseite oder auf der Zugseite), so ist der Tübbing über seine Festigkeit hinaus in Anspruch genommen, und es wird ein Bruch eintreten.

Im Falle der Fig. 178 endigt die Linie *III—III* rechts so, daß sich auf der Zugseite eine Zugbeanspruchung von 500 kg/qcm ergibt, die noch zulässig ist. Würde die Einzelkraft, welche die Biegungsbeanspruchung im Gefolge hat, weiter wachsen, so würde die Linie *II—N—II* und ebenso die ihr parallele Linie *III—III* unter einem steilern Winkel zu *00* verlaufen und die Linie *III—III* sehr bald die Linie der Bruchgrenze der Zugbeanspruchung erreichen.

Ferner ist noch zu beachten, daß der eingedrückten Stelle einer Schachtwandung, um 90° versetzt, eine ausgebauchte Stelle entspricht, bei der sich die Wirkung der Einzelkraft in der Art äußert, daß Druckkräfte an der Innenseite, Zugbeanspruchungen an der Außenseite der

<sup>1)</sup> Glückauf 1910, Nr. 3, S. 91; Heise: Über die Verstärkung der Tübbings durch geeignete Formgebung.

Tübbings auftreten<sup>1)</sup> (zu vgl. Fig. 114 auf S. 95). Die hier wirkenden Kräfte sind zwar geringer als an der eingedrückten Stelle der Schachtwandung, betragen aber immerhin noch 57 pCt. der ersteren. Die Linien  $II_a-II_a$  und  $III_a-III_a$  deuten an, wie die Beanspruchungen an der ausgebauchten Stelle in die Erscheinung treten. Wichtig ist, daß man mit Rücksicht auf diese letzteren Beanspruchungen die Formgebung der Tübbings zweckmäßig so wählt, daß die neutrale Faser zwar nahe an die Innenseite verlegt wird, wobei man aber eine gewisse Grenze nicht überschreiten darf.

Wie sich aus der Abbildung ferner ergibt, ist es ausgeschlossen, daß die Linien  $III-III$  und  $III_a-III_a$  die Linie der Bruchgrenze der Druckbeanspruchung früher als die Linie der Bruchgrenze der Zugbeanspruchung schneiden. Daraus folgt weiter, daß bei den üblichen Wandstärken eine zu geringe Druckfestigkeit in keinem Falle der Grund des Tübbingsbruches sein kann, sondern daß stets die mangelnde Zugfestigkeit des Materials der Grund des Bruches ist.

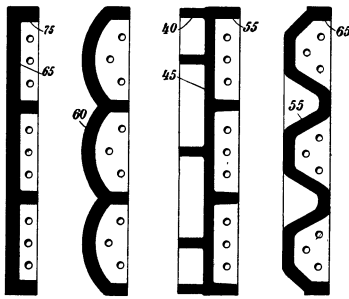


Fig. 179. Gewöhnlicher Tübbing.  
Fig. 180. Aufgewölbter Tübbing.  
Fig. 181. Kreuztübbing.  
Fig. 182. Gewellter Tübbing.

Die tatsächlich bei Brüchen gemachten Beobachtungen weisen deutlich auf allzu starke Biegungsbeanspruchungen als Grund der Beschädigung hin. Der Schacht wird unrund und die Tübbingswand undicht und wasserdurchlässig, weil die Dichtungen verschieden stark zusammengedrückt werden, während bei völlig gleichmäßigem Drucke ein Unrund- und Undichtwerden überhaupt nicht eintreten sollte. Schließlich nimmt dann der Bruch von der Innenkante der Tübbings aus seinen Anfang.

Wenn es nun auch unmöglich ist, im voraus das Maß der etwa auftretenden Biegungsbeanspruchungen zu berechnen, wenn es ferner unmöglich scheint, die Kütvelagè so stark zu machen, daß sie in jedem, auch dem ungünstigsten Falle eine genügende Biegefestigkeit besitzt, so soll man doch Querschnitte wählen, die einen möglichst großen Widerstand gegen Einbiegen besitzen.

Bei den gewöhnlichen Tübbings wendet man, um höhere Sicherheiten gegen Bruch zu erzielen, größere Wandstärken an, als sie unter Berücksichtigung der Druckbeanspruchung allein erforderlich sind. Dieses Mittel ist aber sehr kostspielig, da der doppelte Eisenquerschnitt auch annähernd den doppelten Preis kostet, was bei den an und für sich schon hohen Tübbingskosten stark ins Gewicht fällt. Ein anderes und besseres Mittel ist, die Widerstandsfähigkeit der Tübbings durch geeignete Formgebung zu erhöhen.

<sup>1)</sup> Glückauf 1905, Nr. 9, S. 276; Heise: Neues über die Festigkeitsverhältnisse gewellter und anderer Tübbings.

An solchen Querschnitten zur Verstärkung der Tübbings sind bisher vorgeschlagen worden:

1. aufgewölbte Tübbings (Fig. 180),
2. Kreuztübbings (Fig. 181),
3. gewellte Tübbings (Fig. 182),

denen in Fig. 179 ein gewöhnlicher Tübbing mit annähernd gleichem Eisenquerschnitt gegenübergestellt ist. Berechnet man diese Tübbings, die also sämtlich etwa das gleiche Eisengewicht besitzen, auf die hier wichtigen Zahlen, so erhält man folgendes Bild:

	Gewöhnlicher deutscher Tübbing (Fig. 179)	Aufgewölbter Tübbing (Fig. 180)	Kreuz-Tübbing (Fig. 181)	Gewellter Tübbing (Fig. 182)
Querschnitt bei 1,5 m Höhe Raumbeanspruchung in der Breite . . . . .	1222 qcm 15,5 cm	1230 qcm 24 cm	1221 qcm 30,5 cm	1205 qcm 26 cm
Entfernung der neutralen Faser von der Innenkante . . . . .	10,66 cm	14,9 cm	15,1 cm	14,46 cm
Trägheitsmoment . . . . .	17066	44547	50566	72106
Widerstandsmoment der gefährdeten Seite . . . . .	1600	2989	3348	4986
Widerstandsfähigkeit in Verhältniszahlen . . . . .	100	186	209	311

Die Tabelle zeigt, daß die gewellten Tübbings (Fig. 182) die höchste Widerstandsfähigkeit besitzen. Auch verbürgen sie den besten Guß, da keinerlei Zweigstellen, die nach dem Gießen schwerer als die übrigen Teile abkühlen, vorhanden sind.

Um die Widerstandsfähigkeit eines Tübbingsringes auch in den senkrechten Flanschen zu erhöhen, hat Direktor Hoffmann zu Mülheim (Ruhr) vorgeschlagen,<sup>1)</sup> nutenförmige Eindrehungen und entsprechende Vorsprünge in den wagerechten Flanschen und Gegenflanschen der einzelnen Ringe anzubringen (Fig. 183). Wenn dann in der üblichen Weise die Ringe gegeneinander so versetzt werden, daß je eine senkrechte Flanschenverbindung auf die Mitte eines unterhalb und eines oberhalb liegenden Segmentes fällt, so wird durch die Biegefestigkeit dieser Segmente die senkrechte Stoßfuge verstärkt werden. Als Übelstand hat sich bei dieser Anordnung jedoch herausgestellt, daß infolge der mangelnden Verschiebbarkeit der Tübbings in den wagerechten Flanschen die Abdichtung in den senkrechten Flanschen Schwierigkeiten macht.



Fig. 183. Tübbingsversteifung durch Nut und Feder.

**138. — Tübbings aus Stahlguß.** Eine erhebliche Verstärkung der Kütelage gegenüber Biegebeanspruchungen ließe sich dadurch erzielen,

<sup>1)</sup> Glückauf 1905, Nr. 9, S. 273; Hoffmann: Zur Frage der Schacht-tübbings und deren Verstärkung.

daß man statt des Gußeisens als Material Stahlguß wählte. Dieses besitzt zwar keine wesentlich höhere Druckfestigkeit als Gußeisen, so daß mit Rücksicht auf die Druckbelastung etwa die gleichen Wandstärken zur Anwendung kommen müßten. Was dagegen die für Biegungsbeanspruchungen maßgebende Zugfestigkeit anlangt, so ist sie bei Stahlguß etwa 3—4 mal so hoch als bei Gußeisen. Leider stehen der Wahl des Stahlgusses die sehr erheblichen Mehrkosten entgegen. Der Preis von Stahlguß-Tübbings würde sich bei gleichem Gewichte auf etwa das Dreifache desjenigen einer gußeisernen Kütvelage stellen, und es ist bei den an und für sich schon hohen Aufwendungen für den Tübbingsausbau klar, daß eine derartige weitere Erhöhung der Kosten außer Betracht bleiben muß.

### 139. — Tübbings für große Teufen oder besonders hohe Drücke.

Nach den obigen Berechnungen muß die Wandstärke der Tübbings für einen Schacht von 5 m äußerem Durchmesser und 400 m Tiefe bereits mindestens 100 mm betragen, und es ist schon gesagt, daß eine solche Wandstärke an der Grenze des Zulässigen liegt. Der Grund ist, daß bei

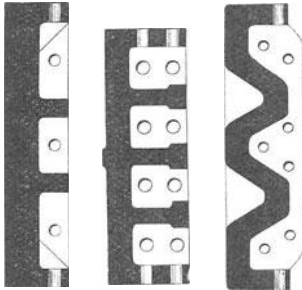


Fig. 184. Fig. 185. Fig. 186.  
Tübbings für große Teufen.

derartig dicken Wandungen ein zuverlässiger Guß schwer zu erzielen ist, weil die sog. Gußspannung wächst und die Gefahr der Lunkerbildung entsteht.

Durch besonders sorgfältige Herstellung, insbesondere durch eine langsame Abkühlung nach dem Gusse, ist es freilich neuerdings der Firma Haniel & Lueg zu Düsseldorf gelungen, die bisher als zulässig erachteten Grenzen der Wandstärke wesentlich hinaufzusetzen. Die Firma hat i. J. 1911 an die Zeche Maximilian bei Hamm Tübbings mit 15 cm und

in einem Falle sogar mit 18 cm Wandstärke (Fig. 184) geliefert. Immerhin ist die Herstellung solcher starkwandigen Tübbings schwierig. Tomson hat diese Schwierigkeiten dadurch zu umgehen versucht, daß er, um den erforderlichen Materialquerschnitt unterzubringen, die Flanschen und Verstärkungsrippen vermehrte und in eigentümlicher Weise verbreiterte. So entstanden die in Fig. 185 dargestellten Tübbings, die bereits früher auf der ebengenannten Zeche Maximilian z. B. von 504,6 bis 515 m Teufe gegenüber einem Drucke der salzigen Wasser von 64 Atmosphären eingebaut worden sind. Der Querschnitt ergibt durchschnittlich eine Wandstärke von 22,2 cm, während die tatsächliche Wandstärke 12,0 cm nicht übersteigt. Das Anziehen der Schrauben ist freilich bei dieser Form sehr erschwert.

In anderer Weise ist die Aufgabe, den erforderlichen Eisenquerschnitt auf eine längere Linie zu verteilen, so daß an jedem einzelnen Punkte die Wanddicke 10—12 cm nicht übersteigt, bei den Tübbings nach Fig. 186 gelöst worden. Es handelt sich hier um einen gewellten Tübbing, dessen Querschnitt bei einer Wanddicke von 10 cm durchschnittlich 17 cm stark ist.

Für besonders hohe Drücke und gefährliches Gebirge (z. B. wenn in größerer Tiefe erhebliche Fließsandschichten zu durchteufen sind) hat man die Zuverlässigkeit der Schachtauskleidung über das durch eine einzige Tübbingswand erreichbare Maß zu steigern gesucht. Schon Riemer hatte (D. R. P. 125789) für Kind-Chaudronsche Bohrschächte und Honigmann (D. R. P. 218613) für Senkschächte eine doppelte Tübbingswand mit Betonzwischenfüllung vorgeschlagen, ohne daß aber die Vorschläge zur Ausführung gekommen sind. Dagegen hat man in tiefen Gefrierschächten von diesem Gedanken Gebrauch gemacht und konnte es hier

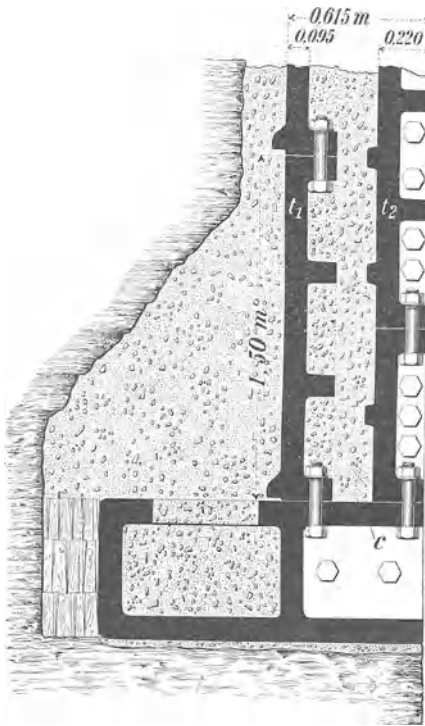


Fig. 187.  
Doppelte Kúvelage für besonders hohe Drücke.

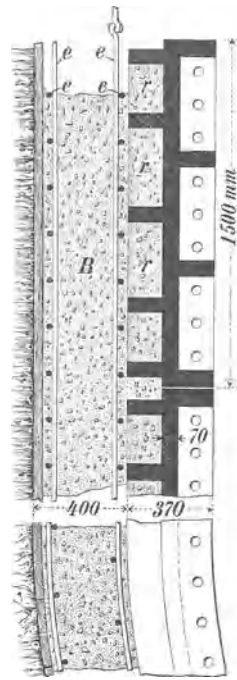


Fig. 188. Kúvelage in Verbindung mit Eisenbeton für besonders hohe Drücke.

mit um so größerem Nutzen tun, als während der Zeit des Abteufens unter dem Schutze der Frostmauer die äußere, durch Unterhängen eingebrachte Tübbingswand allein schon zur Sicherung des Schachtes genügt. Erst kurz vor dem Auftauen des Gebirges wird, wie dies z. B. auf den Schächten I, V, VI und VII der Gewerkschaft Deutscher Kaiser und auf den Lohbergschächten derselben Gewerkschaft geschehen ist, die innere Kúvelagewand hoch geführt und gleichzeitig der Raum zwischen den beiden Tübbingswänden mit Beton ausgestampft oder vollgespült. Die Fig. 187 zeigt die Maße der auf den Lohbergschächten bei 400 m Teufe eingebauten doppelten Schachtauskleidung. Es ist zweifellos, daß einem



solchen Schachtausbau ein ganz besonders hohes Maß von Zuverlässigkeit und Sicherheit innewohnt.

Auf dem Schachte Karl Alexander bei Baesweiler hat man die Kütelage durch Verwendung von Eisenbeton noch besonders zu sichern gesucht. Man wandte hier Kreuztübblings (s. S. 146, Fig. 181) an, bei denen der Querschnitt des gesamten Gußeisens sich auf eine lange Linie verteilt, so daß die Wandstärke an jedem einzelnen Punkte verhältnismäßig niedrig liegt. Der Raum  $r$  zwischen den äußeren Rippen wurde schon über Tage mit einer Betonmischung ausgestampft. Diese so vorbereiteten Tübblings wurden von unten nach oben aufgebaut und gleichzeitig eine Eisenbetonwand  $B$  zwischen ihnen und dem Gebirgstöße hochgeführt. Die Maße ergeben sich aus der Fig. 188, und man sieht aus dem Vergleiche mit der Fig. 187, daß der gesamte Raumbedarf in beiden

Fällen etwa der gleiche ist. Die höhere Festigkeit wird man aber unbedingt der Schachtauskleidung nach Fig. 187 zusprechen müssen.

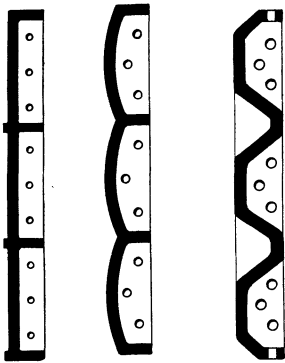


Fig. 189. Fig. 190. Fig. 191.  
Tübblings als Tragekränze.

**140. — Tübblings als Tragekränze.** Wie schon in Ziff. 131 angedeutet ist, ist es bisweilen erwünscht, daß die Tübblings sich selbst tragen. Auch kann es vorkommen, daß das Legen eines Keilkranzes unmöglich wird, z. B. wenn beim Schachtabteufen mittels des Gefrierverfahrens (s. u.) Gefrierrohre sich allzusehr dem Schachtinnern genähert haben. Dann müssen die unteren Tübblings die oberen zu tragen imstande sein. In solchen Fällen kann

man Tübblings mit nach außen vorspringenden Rippen (Fig. 189) oder mit aufgewölbten (Fig. 190) oder gewellten (Fig. 191) Wandungen als Tragkränze benutzen, die, sorgfältig in Beton eingebettet und zu mehreren übereinander angeordnet, dieselben Dienste wie ein Keilkranz tun.

## Siebenter Abschnitt.

# Schachtabteufen.

---

1. — **Einleitende Bemerkungen.** Das Schachtabteufen hat für die verschiedenen Arten des Bergbaues eine sehr verschiedene Bedeutung. Im Erzbergbau ist seine Wichtigkeit nur gering, weil in der Regel kein Deckgebirge vorhanden ist und demgemäß keine besonderen Schwierigkeiten zu überwinden sind. Im Braunkohlenbergbau sind die dem Abteufen entgegen tretenden Schwierigkeiten oft schon größer, jedoch pflegt es sich dabei um geringere Teufen zu handeln. Bei dem Steinkohlen- und dem Kalibergbau schließlich gesellen sich häufig zu schwierigen Gebirgsverhältnissen erhebliche Teufen, so daß hier Gelegenheit zu einer recht mannigfaltigen Entwicklung verschiedener Abteufverfahren gegeben war.

Die Einteilung des folgenden Abschnittes ist in der Hauptsache nach den einzelnen Verfahren erfolgt, weil sich so zwanglos die zusammengehörigen Arbeiten und Einrichtungen in dem erwünschten Zusammenhange besprechen lassen. Bei anderer Einteilung, z. B. nach der Art des Gebirges oder nach der Vornahme der Abteufarbeit auf der Sohle oder im toten Wasser sind Wiederholungen unvermeidlich. Der schon im vorhergehenden Abschnitte besprochene Schachtausbau steht mit dem Schachtabteufen in so enger Beziehung, daß er hier noch verschiedentlich Erwähnung finden muß.

## I. Das gewöhnliche Abteufverfahren.

### A. Das Abteufen in standhaftem (nicht-schwimmendem) Gebirge.

2. — **Allgemeines.**<sup>1)</sup> Bei dem gewöhnlichen Schachtabteufen wird die Sohle des Schachtes durch unmittelbare Hand- oder durch Sprengarbeit vertieft, die zuzitenden Wasser werden durch Kübelförderung, Pumpen oder Wasserziehvorrichtungen niedergehalten und die Schachstöße, falls die Natur des Gebirges es erfordert, gleichzeitig ausgekleidet. Ein solches Schachtabteufen setzt im allgemeinen standhaftes (nicht-schwimmendes Gebirge) bei nicht übermäßig großen Wasserzuflüssen voraus.

---

<sup>1)</sup> Bei der überwiegenden Bedeutung, die die runden Schächte besitzen, ist in dem folgenden Abschnitt hauptsächlich auf sie Rücksicht genommen. Für rechteckige Schächte gelten die Ausführungen nur mit gewissen Einschränkungen oder, insoweit es ausdrücklich bemerkt ist.

Man wendet es beim Niederbringen neuer Schächte von Tage aus soweit als möglich, stets beim Weiterabteufen eines Schachtes unterhalb einer bereits in Betrieb befindlichen Sohle sowie schließlich beim Abteufen blinder Schächte an. Es übertrifft, wenn nicht etwaige Wasserschwierigkeiten ein anderes Vorgehen notwendig machen, hinsichtlich der Schnelligkeit und Billigkeit weit alle anderen Verfahren. Je mehr Wasser freilich dem Schachte zusitzen, um so schwieriger und teurer wird die Handarbeit. Wir kommen dann bald an eine Grenze, wo andere Abteufverfahren, insbesondere das Senkschachtverfahren im toten Wasser, das Gefrier- und das Schachtbohrverfahren, sicherer und billiger werden.

Welche Bedeutung die Wasserzuflüsse besitzen, mögen einige Zahlen klar machen. Bei nur 100 l minutlichem Wasserzufluß sind in 24 Stunden bereits 144 cbm oder t Wasser aus dem Schachte zu heben. Rechnet man nun, daß in dieser Zeit der Schacht, der eine lichte Weite von 5 m besitzen mag, um 2 m tiefer gebracht wird, so sind in dieser Zeit 39,30 cbm oder rd. 80 t Gestein zu fördern. Die Wasserförderung übertrifft also die Gebirgsförderung schon ganz erheblich. Ein Wasserandrang von 100 l ist aber gering, da die Wasserzuflüsse auf mehrere Kubikmeter minutlich, ja sogar auf 20 und 30 cbm und noch darüber steigen können.

Es ist schwer, Zahlen dafür anzugeben, bei welchen Wasserzuflüssen das gewöhnliche Abteufen mit Hand unzweckmäßig wird und besser durch andere Verfahren zu ersetzen ist. Es hängt dies in erster Linie von der Teufe des Schachtes, sodann aber auch von der Art des Gebirges, von der Mächtigkeit der zu durchteufenden, wasserreichen Schichten, von den zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln zum Heben der Wasser, von der Bedeutung der Schnelligkeit, mit der die Abteufarbeiten durchgeführt werden müssen, und von sonstigen Nebenumständen ab.

Das Senkschachtverfahren mit Arbeit auf der Sohle, also unter Hebung der Wasserzuflüsse, ist zwar dem gewöhnlichen Schachtabteufen mit Hand ähnlich, soll aber in dem die Senkschächte behandelnden Abschnitte besprochen werden, da es zufolge seiner sonstigen Eigentümlichkeiten mehr dorthin gehört.

**3. — Überblick über die für das Abteufen erforderlichen Tagesanlagen.** Zu den für das Schachtabteufen erforderlichen Einrichtungen über Tage gehören in erster Linie das Fördergerüst und die Fördermaschine, von denen jenes oberhalb des Schachtes errichtet, diese seitlich davon aufgestellt wird. Ein Dampfkabel zur Bewegung einer schwebenden Bühne, von der aus gemauert werden kann, ist zweckmäßig. Er muß, wenn gleichzeitig abgeteuft und ausgemauert werden soll, zugleich mit einer zweiten Fördermaschine für die Materialförderung vorhanden sein. Gewöhnlich pflegt man dann die eine Fördermaschine auf die eine Seite des Schachtes und die andere Fördermaschine und den Dampfkabel auf die gegenüberliegende Seite in derselben Linie zu legen. Falls gleichzeitig 2 Schächte abgeteuft werden, ordnet man zweckmäßig alle diese Einrichtungen, die nunmehr doppelt vorhanden sind, in einer Reihe an, wie dies Fig. 192 darstellt, und behält so beiderseits den Platz für sonstige Anlagen frei. In der Figur sind die Schächte mit *I* und *II*, die zugehörigen Fördermaschinen mit  $a_1$  und  $a_2$ , die Maschinen für die Material-

förderung mit  $m_1$  und  $m_2$  und die Dampfkabel mit  $k_1$  und  $k_2$  bezeichnet. Bei einer Doppelschachanlage kann aber auch eine der mittleren Fördermaschinen fehlen, namentlich dann, wenn die Schächte nicht gleichzeitig begonnen werden, da die verbleibende eine, in der Mitte zwischen beiden Schächten aufgestellte Maschine für die Materialförderung im zweiten Schachte frei wird, sobald der erste Schacht seine vorgesehene Teufe erreicht hat.

Zu den Tageseinrichtungen für das Schachtabteufen gehört weiter eine Dampfkesselanlage, falls nicht eine solche bereits vorhanden ist oder Anschluß an eine elektrische Zentrale besteht. Ebenso ist für Mannschafts- und Beamtenräume, Geschäftszimmer, Magazine, eine Schmiede und Schreinerei Sorge zu tragen. Ferner müssen die maschinellen Einrichtungen für die Bewetterung und je nach den Umständen solche für die Wasserhaltung vorgesehen werden.

Die Bewetterungsmaschinen sind in der Fig. 192 mit  $w_1$  und  $w_2$  angedeutet. Für die Wasserhaltung durch Pumpen, die im Schachte aufgehängt werden, sind, abgesehen von der in der Regel etwas abseits belegenen Krafterzeugung, besondere Anlagen über Tage nicht erforderlich. Bei Benutzung von Tomsonschen Wasserzieheinrichtungen (s. u. 9. Abschnitt) dagegen wird als Wasserfördermaschine in erster Linie die Materialfördermaschine dienen, da bei größeren Wasserzuflüssen das gleichzeitige Abteufen und Ausmauern unmöglich ist, ganz abgesehen davon, daß man in solchem Falle den Ausbau mit Tübbings statt der Mauerung anzuwenden pflegt. Sind die Wasserzuflüsse sehr groß, so daß man für jeden Schacht eine doppelte Wasserzieheinrichtung schaffen will, so kann die zweite Wasserziehmachine hinter der Abteuffördermaschine in einer Linie mit dem Schachte und den übrigen Maschinen aufgestellt werden. Diese Aufstellung ist in der Fig. 192 punktiert angedeutet und mit  $z_1$  und  $z_2$  bezeichnet. Häufig ist es erwünscht, von vornherein auch einen Kompressor vorzusehen, um Bohrhämmer bei der Abteufarbeit verwenden zu können.

Für größere Schachanlagen ist neben dem Bau der erforderlichen Wege noch die vorherige

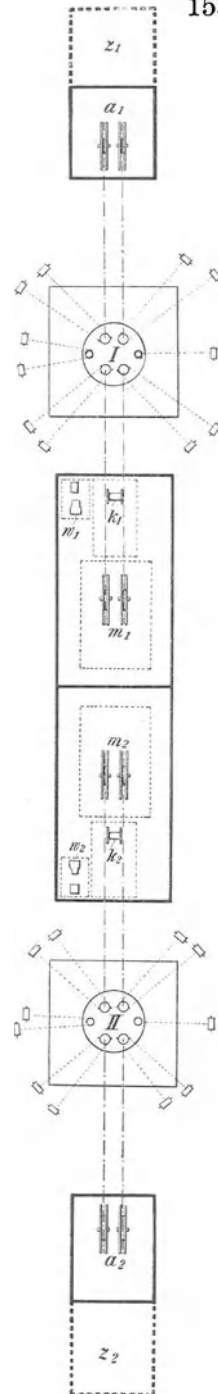


Fig. 192. Einrichtungen über Tage für das Abteufen eines Doppelschachtes.

Herstellung eines Eisenbahnanschlusses sehr zu empfehlen, da die Anfuhr der schweren Maschinenteile und der Materialien mit der Achse allzu zeitraubend, schwierig und teuer ist.

Schließlich ist für genügend große Lager- und Haldenplätze zu sorgen. Soweit es möglich ist, muß man bei dem Plan für die Abteuftagesanlagen auf die spätere, endgültige Einrichtung Rücksicht nehmen. Namentlich gilt dies für die Dampfkesselanlage, die später zu der endgültigen Anlage erweitert werden kann, und für den Bahnhof. In jedem Falle ist die Anordnung so zu treffen, daß die Inangriffnahme des Baues der endgültigen Anlagen noch vor der Entfernung der vorläufigen und ohne Störung des Abteufbetriebes geschehen kann.

Die Kosten der Tagesanlagen sind unter den im Ruhrbezirke herrschenden Verhältnissen für einen Schacht von etwa 5 m Durchmesser und 500—600 m Teufe ausschließlich der Grunderwerbskosten und etwaiger größerer Ausgaben für die Wasserhaltung auf annähernd 100 000 bis 125 000 *M* und bei einer gleichzeitig herzustellenden Doppelschachtanlage auf 175 000—220 000 *M* zu schätzen,<sup>1)</sup> wovon jedoch nur etwa 30 pCt. als Ausgabe zu Lasten der Abteufkosten zu rechnen sind, da die Einrichtungen zum Teil, wie die Kesselanlage, weiter benutzt werden können, zum Teil, wie die Abteuffördermaschinen, durch Verkauf für Wiedernutzung bei anderen Abteufarbeiten zu verwerten sind.

Für weniger tiefe und ohne besondere Beschleunigung herzustellende Schächte kann man aber mit weit geringeren Summen auskommen.

#### *Die Abteufarbeit.*

**4. — Ausführung der Gewinnungsarbeit.** Die Abteufarbeit beginnt in den oberen, weichen Schichten mit dem Spaten oder der Schaufel, wobei die Hacke, die Keilhaue und der Spitzkeil nebst Treibfäustel zu Hilfe genommen werden, sobald die Natur des Gebirges es erfordert. In festem Gebirge wird die Sprengarbeit angewandt. In letzterem Falle erfolgt die Herstellung der Bohrlöcher mit Hand oder mittels Maschinen.

Bei der Arbeit mit Hand benutzt man drehendes Bohren nur ausnahmsweise in besonders mildem Gestein. In der Regel gebraucht man Stoßbohrer, die sich hier in vorzüglicher Weise bewähren und wie sonst nirgendwo im Bergbau am Platze sind. Man erzielt damit, wenn das Gestein nicht allzu fest ist, recht gute Ergebnisse. In sehr festem Gestein (z. B. in Konglomeraten und harten Sandsteinen) versagen freilich die Stoßbohrer, und man muß dann, falls man nicht Bohrmaschinen anwenden will, zur schlagenden Arbeit mit Fäustel und Bohrmeißel übergehen. Hierbei kann zweimännisches Bohren angebracht sein.

Für die maschinelle Bohrarbeit benutzte man früher, als man die Bohrhämmer noch nicht kannte, schwere Stoßbohrmaschinen, die an besonders konstruierten, großen Schachtspreizen befestigt wurden. In letzter Zeit sind die Stoßbohrmaschinen aus den Schachtabteufbetrieben verschwunden, und man gebraucht an ihrer Stelle die leichteren, frei in der Hand gehaltenen Bohrhämmer. Als Nachteil der maschinellen Bohrarbeit

<sup>1)</sup> *Sammelwerk Bd. III, S. 86.*

bleibt in jedem Falle, daß man die Schwierigkeiten der Drucklufteinrichtungen mit in den Kauf nehmen muß, die namentlich dann schwer ins Gewicht fallen, wenn der Schacht durch gleichzeitiges Ausmauern und Abteufen stark beansprucht ist und wenn außerdem noch alle Einbauten mit Rücksicht auf etwaige Wasserdurchbrüche an Seilen aufgehängt werden müssen, um nötigenfalls den Schacht leicht für das Abbohren frei machen zu können.

5. — **Ansetzen der Schüsse.** Bei steilerem Einfallen der Schichten legt man den Einbruch in die Nähe desjenigen Stoßes, nach dem hin das Einfallen gerichtet ist, weil hier die günstigste Sprengwirkung erzielt wird. Auch bei Wasserzuflüssen schießt man den Einbruch gern am Stoße, um so einen seitlichen Sumpf zu schaffen und den übrigen Teil der Sohle wasserfrei zu halten. Wenn solche besonderen Gründe nicht mitsprechen, pflegt man den Einbruch in die Mitte zu legen. Man unter-

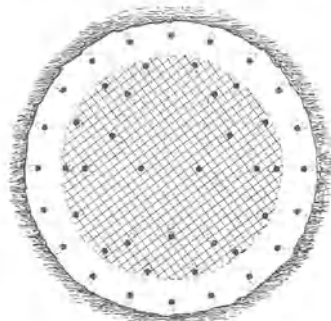
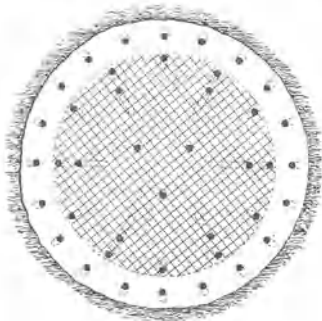
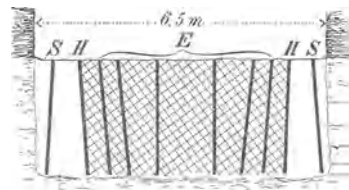
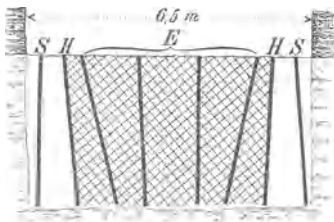


Fig. 193.

Anordnung der Schüsse beim Schachtabteufen  
in mittelfestem Gebirge.

Fig. 194.

Anordnung der Schüsse beim Schachtabteufen  
in sehr festem Gebirge.

scheidet alsdann in der Regel den Einbruch, den ersten Kranz und den zweiten Kranz (es sind dies die sog. Stoßschüsse). Der Einbruch hebt die Schachtmitte kegelförmig heraus, und die zu ihm gehörigen Schüsse werden stets gleichzeitig durch elektrische Zündung abgetan. Die Schüsse des ersten Kranzes werden zugleich mit denen des Einbruches gebohrt, geladen und besetzt, pflegen aber Zeitzünder zu erhalten, so daß sie bei gleichzeitiger Betätigung der Zündung etwas nach den Einbruchschüssen kommen.

Bei den neueren Schachtabteufarbeiten ist man dazu übergegangen, auch diese Kranzschüsse gleichzeitig mit denen des Einbruches kommen zu lassen. Da man ferner die Schüsse immer tiefer bohrte und auf Bohr-

lochslängen von 3,5—4 m kam, rückten die Ansatzpunkte für die Einbruchschüsse immer weiter auseinander. Man pflegt deshalb jetzt im Einbruchkegel außerdem noch 2—5 Löcher annähernd senkrecht herunterzubohren, deren Ladung im wesentlichen den Inhalt des Einbruchkegels zertrümmern soll (Zerkleinerungsschüsse).

Fig. 193 zeigt die Schußanordnung in mittelfestem Gebirge. Es sind 6 Einbruch- und 3 Zerkleinerungsschüsse vorhanden, die in der oberen Abbildung unter *E* zusammengefaßt sind. Die Einbruchschüsse sind von 12 Schüssen des ersten Kranzes, der mit *H* bezeichnet ist, umgeben. Darauf folgen 20 Stoßschüsse (mit *S* bezeichnet). Fig. 194 zeigt die Anordnung der Schüsse in sehr festem Gebirge. Hier sind 6 Einbruch- und 5 Zerkleinerungsschüsse vorhanden. Der erste Kranz zählt 14 und der zweite Kranz 20 Schüsse.

Als Sprengstoff verwendet man in der Regel Gelatinedynamit. In sehr festem Gestein empfiehlt es sich, statt dessen die zwar teurere, aber auch kräftigere Sprenggelatine anzuwenden. In schlagwetterführendem Gebirge benutzt man Sicherheitsprengstoffe. Die Ladungen entsprechen der Tiefe der Löcher und der Härte des Gesteins. Bei Löchern von 4 m Tiefe geht man bis zu Ladungen von 2, ja sogar von  $2\frac{1}{2}$  kg Sprengstoff hinauf.

Soweit irgend möglich, soll man den Zusammenhalt der Stöße nicht durch zu schwere Schüsse erschüttern. Man muß deshalb in der Nähe des Stoßes mit der Richtung, die man den Sprenglöchern gibt, und der Größe der Ladung besonders vorsichtig sein. Etwa vorspringende Ecken des Gebirges beseitigt man zweckmäßig mit Spitzseisen und Fäustel, eine Arbeitsweise, die man auch für die Herstellung von Bühnlöchern, für das erste Abteufen dicht unter den Mauerfüßen und in ähnlichen Fällen anwendet.

**6. — Die Zündung der Schüsse.** Die Zündung der Schüsse wird beim Schachtabteufen stets elektrisch bewirkt, weil jede andere Zündung weniger sicher für die Mannschaft und auch ungünstiger für den Fortschritt der Arbeiten ist. Am besten betätigt man die Zündung über Tage von der Hängebank aus, nachdem alle Leute den Schacht verlassen haben. Das Zwillingskabel der Zündleitung bringt man vorteilhaft in der Luttenleitung unter, weil es freihängend im Schachte leicht Beschädigungen ausgesetzt ist. Um das Kabel entsprechend dem Fortschreiten des Abteufens bequem verlängern zu können, ist eine entsprechende Länge über Tage auf eine Trommel gewickelt. Hier erfolgt für die Zündung der Anschluß der Leitung an die Stromquelle. Letztere bzw. der Stechkontakt, mittels dessen das Kabel stromführend gemacht werden kann, ist zur Verhütung von Unglücksfällen sorgfältig unter Verschuß zu halten, so daß nur ein Beamter die Zündung betätigen kann.

**7. — Abloten des Schachtes.** Beim Abteufen muß sorgfältig darauf geachtet werden, daß einerseits der volle Durchmesser des Schachtes an jeder Stelle gewahrt bleibt und andererseits die Schachtstöße nicht weiter, als es der Ausbau erfordert, hereingeschossen werden. Die Überwachung erfolgt durch sorgsames Abloten des Schachtes.

In runden Schächten wird der Schachtmittelpunkt an der Rasen-hängebank markscheiderisch festgelegt und hier das Lot, dessen Schnur nachgelassen werden kann, aufgehängt. Das Lotgewicht taucht zur Dämpfung der Schwingungen auf der Sohle in einen Wassereimer ein. Von der Schnur aus wird die Entfernung der Stöße mittels einer Latte immer wieder überwacht und festgelegt.

Bei rechteckigen Schächten hängt man 4 Lote in den 4 Ecken des Schachtes auf und sorgt für gleiche Abstände zwischen den Loten und der Zimmerung.

**8. — Schichten- und Arbeitseinteilung.** Wenn es auf schnelles Abteufen ankommt, so wird auf der Schachtsohle in 4 „Dritteln“ gearbeitet, d. h. es werden täglich 4 Schichten von je 6 Stunden Dauer verfahren. In dieser Zeit kann der Mann seine Arbeitskraft hergeben, ohne daß er längere Ruhepausen einzulegen braucht. Die Abteufarbeit läuft also ohne Unterbrechung weiter.

Die Leistungen sind am höchsten, wenn ein regelmäßiger Wechsel der Arbeiten ein für alle Mal innegehalten wird. Ein Drittel, das sog. „Bohrdrittel“, bohrt die sämtlichen für einen „Abschlag“ erforderlichen Sprengschüsse. Die übrigen drei Drittel müssen die losgeschossenen Massen fördern, die Stöße nacharbeiten und den vorläufigen Ausbau einbringen. Ist alles eingearbeitet, so sind Leistungen von 3,5—4 m täglich möglich. Geschieht das Bohren der Behrlöcher mit Hand, also ohne Bohrhämmer, so ist das Bohrdrittel die am stärksten belegte Schicht; es werden alsdann bis zu 35 Mann gleichzeitig auf der Sohle eines Schachtes, der  $6\frac{1}{2}$  m lichten Durchmesser erhalten soll, beschäftigt. Durch Benutzung von Bohrhämmern kann man diese Zahl auf den dritten Teil herabsetzen.<sup>1)</sup>

**9. — Gedinge.** Das Gedinge für die Schachthauer, einschließlich der Kosten für die Sprengstoffe und für das Einbringen der vorläufigen Zimmerung, aber ausschließlich der sonstigen Kosten für den Ausbau beträgt bei einem Schachte von 5 m lichten Durchmesser und bei trockenem Gebirge etwa

140—160	M	in mildem Mergel,
160—180	„	„ hartem „
200	„	„ Schiefertone,
250—300	„	„ Sandstein,
400—450	„	„ Konglomerat.

Hierbei sind die Abteufleistungen eines nicht besonders beschleunigten Betriebes von etwa 40 m monatlich in mildem Mergel, 34 m in hartem Mergel, 32 m in Schiefertone, 27 m in Sandstein und 15 m in Konglomerat angenommen.

#### *Einrichtungen für die Förderung.*

**10. — Fördergerüst.** Das Fördergerüst, das naturgemäß nur für das Abteufen selbst bestimmt ist und später dem endgültigen Förderturme weicht, wird aus Gründen der Billigkeit aus Holz erbaut. Auf vier langen, in und auf dem Erdboden sorgfältig verlagerten Sohlenhölzern

<sup>1)</sup> Glückauf 1911, Nr. 21, S. 809 u. f.; Morsbach: Das Abteufen der Westfalenschächte bei Ahlen.



(„Traggeviert“) oder auf besonderen Mauerfüßen werden vier Masten als Eckstreben mit Neigung nach innen aufgestellt.

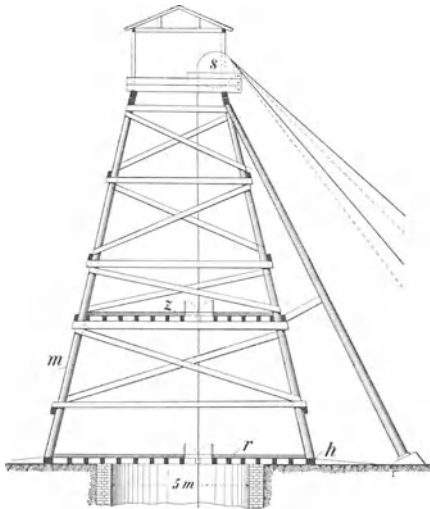


Fig. 195. Einfaches Abteuffördergerüst mit Seilscheiben für eine Fördermaschine.

In der Regel kann man an dem Gerüste drei Bühnen unterscheiden: die obere für die Verlagerung der Seilscheiben und Spannseilrollen, die Zwischenbühne zum Ausstürzen oder Abhängen des Fördergefäßes und die untere, die als Rasenhängebank dient.

Seitliche Streben stützen das Gerüst in der Richtung des Zuges der Förderseile ab.

Die Höhe solcher Gerüste schwankt zwischen 12 und 24 m.

Fig. 195 zeigt ein einfaches Gerüst für nur eine Fördermaschine, Fig. 196 ein starkes, schweres Gerüst, wie es für das Abteufen tiefer

Schächte mit großem Durchmesser gebraucht wird, mit Seilscheiben für 2 Fördermaschinen und 1 Dampfkabel und den entsprechenden Streben.

**11. — Abteuffördermaschine.** Die Abteuffördermaschine wird in 10—25 m Entfernung vom Schachte aufgestellt. Eine zu große Nähe am Schachte ist mit Rücksicht auf etwaige Gebirgsbewegungen bedenklich, bei zu großer Entfernung sind die Seilschwankungen zu stark. Die Maschinen sind stets Zwillingmaschinen. Für geringere Teufen genügen Vorgelegemaschinen mit 50—100 PS., für größere Teufen wählt man Maschinen ohne Übersetzung mit 100—200 PS. und noch darüber. Zur Vermeidung des Dralls, der beim Schachtabteufen um so lästiger wirkt, als gewöhnlich noch keine festen Führungen vorhanden sind und unterhalb des Spannlagers (s. u. Ziff. 15) der Kübel völlig frei im Schachte hängt, pflegt man Bobinen und Bandseile zu bevorzugen. Bobinen haben ferner den für tiefe Schächte wichtigen Vorteil, daß bis zu einem gewissen Grade Seilausgleichung erzielt und das beim Tieferwerden des Schachtes immer von neuem erforderliche Umstecken der Seiltrommel sehr erleichtert wird.

**12. — Fördergefäße.** Als Fördergefäße hat man gelegentlich Förderwagen benutzt, die mit 4 Ketten an das Seil angeschlagen und so in den Schacht gelassen werden. Eine solche Benutzung von Förderwagen bietet den Vorteil, daß unmittelbar das Fördergefäß selbst zum Ausstürzen fortgefahren werden kann. Namentlich bei Beginn des Abteufens, z. B. wenn während des Niederbringens eines Senkschachtes die endgültigen Fördereinrichtungen noch nicht vorhanden sind, hat man von diesem Verfahren Gebrauch gemacht. Es ist auch dann vorteilhaft, wenn,

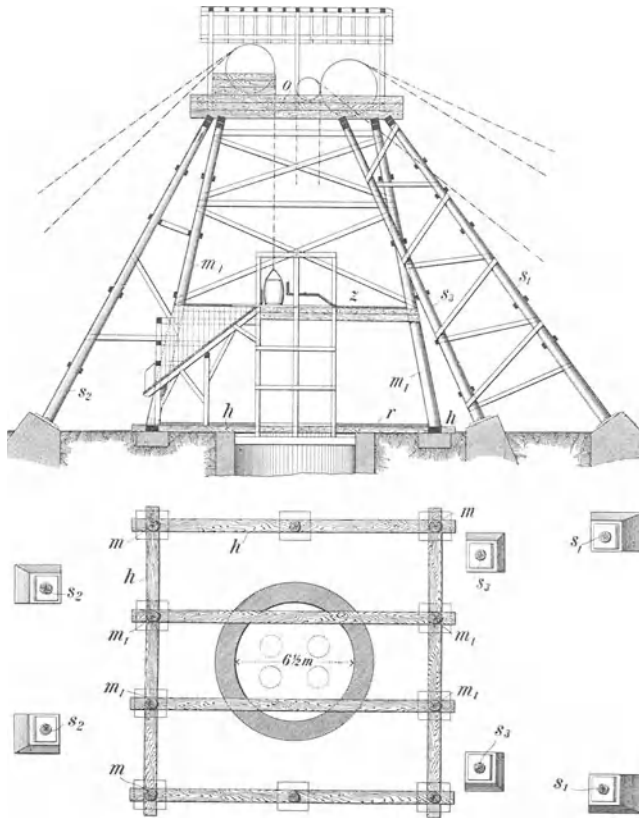


Fig. 196. Abteuffördergerüst mit Seilscheiben für 2 Fördermaschinen und 1 Dampfkabel.

wie z. B. beim Weiterabteufen eines Schachtes unter einer bereits in Betrieb befindlichen Sohle, die Hängebank sich unter Tage befindet und hier die Anbringung einer Kipp- oder Ausstürzvorrichtung wegen der engen Räume Schwierigkeiten macht. Alsdann können die abgeschlagenen Wagen in die regelmäßige Förderung übergehen. Fig. 197 zeigt eine Anordnung, nach der beim Weiterabteufen eines Schachtes der Förderwagen an dem Boden eines Förderkorbes angehängt ist.<sup>1)</sup>

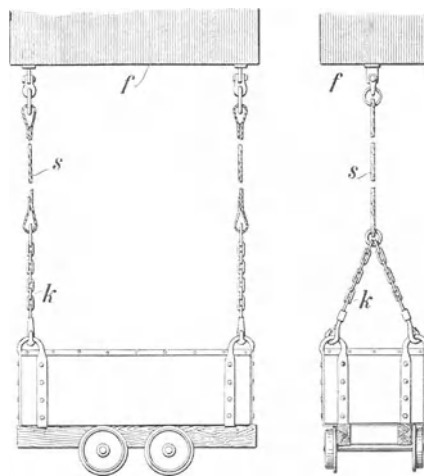


Fig. 197. Abteufförderung mit Förderwagen.

<sup>1)</sup> Sammelwerk Bd. III, S. 165.

Jedoch ist das An- und Abschlagen der Förderwagen, da stets 4 Ketten befestigt und gelöst werden müssen, lästig und zeitraubend. Man sucht deshalb gern zur Kübelförderung überzugehen. Die Kübel haben 300—600, bei den neueren Schachtabteufen sogar bis 1000 l Inhalt. Der Kübel ist aus Stahlblech gefertigt, die Wandungen sind etwas nach außen aufgewölbt, damit ein Untergreifen und Festhaken sicher verhindert wird. Der Bügel muß beim Umlegen soweit überstehen, daß der Haken des Zwischengeschirrs bequem gelöst und befestigt werden kann. Am sichersten ist die Verbindung durch sog. Karabinerhaken.

**13. — Entleerung der Kübel.** Die Entleerung der Förderkübel erfolgt entweder auf der Halde oder über dem Schachte selbst. Im ersteren Falle wird der beladene Kübel auf einen untergeschobenen Wagen mit Kippgestell (Fig. 198) gesetzt, vom Förderseile abgeschlagen und zur Bergehalde gefahren. An Stelle des vollen Kübels wird zur Beschleunigung der Arbeit sofort ein leerer Wechselkübel angeschlagen.

Immerhin nimmt dies Verfahren ziemlich viel Zeit in Anspruch, erfordert viel Bedienung und ist lästig. Wo es auf Schnelligkeit ankommt, kippt man den Kübel über dem Schachte aus. Früher geschah dies unmittelbar in einen Förderwagen. Da aber hierbei leicht ein Teil des Kübelinhalts über den Wagenrand rollt und von Hand wieder eingeladen werden muß, ist man jetzt fast allgemein dazu übergegangen, die Kübel in eine Rutsche als Zwischenbehälter auskippen zu lassen, die zur Aufnahme mehrerer Kübelfüllungen geräumig genug ist. Aus der Rutsche fallen nach Öffnung eines Schiebers die Berge in die untergeschobenen Förderwagen.

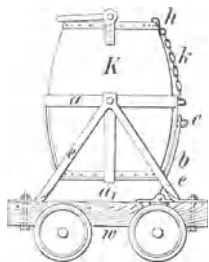


Fig. 198. Förderkübel auf einem Kippgestellwagen.

Eine zweckmäßige Kübelkippvorrichtung, die z. B. beim Abteufen der Schächte Hermann I/II bei Bork gebraucht wurde,<sup>1)</sup> ist in den Fig. 199 und 200 dargestellt. Die Schachtöffnung wird nach dem Durchgang des Kübels von dem Anschläger durch 2 durch Hebel miteinander verbundene Klappen *h* und *i* verschlossen, wobei die letztere schräg zu liegen kommt. An sie schließt sich ein schrägliegendes Gleitblech *k*, das in eine sehr geräumige Rutsche führt, die imstande ist, mehrere Kübel Berge aufzunehmen. Der Lenkhebel *e* trägt eine Kette *f*, die zum Anschlagen an den Bodenring des Kübels dient. Gibt nun der Maschinist Hängeseil, so legt sich nach Aufsetzen des Führungsschlittens *b* auf die vom Anschläger untergeschobene Stütze *d* der Lenkhebel *e* zunächst um 90° herum und drückt den Kübel zur Seite. Bei weiterem Hängeseil kann der Lenkhebel nicht mehr folgen, weil er von einer oberhalb befestigten Kette gehalten wird. Es kippt nun der Kübel um und schüttet seitlich des Schachtes auf das Gleitblech *k* aus, indem er sich dabei völlig auf die schräge Klappe *i* legt. Die Gefahr, daß irgendwelche Teilchen der Fördermasse wieder in den Schacht zurückfallen, ist so ausgeschlossen. Sobald der Kübel wieder hoch kommt

<sup>1)</sup> Glückauf 1908, Nr. 9, S. 314 u. f.

und den Führungsschlitten anhebt, klappt der Fänger *d* selbsttätig zurück, so daß der Schlitten darauf mit dem Kübel niedergehen kann. Die ganze Kippvorrichtung kann von einem einzigen Arbeiter leicht bedient werden

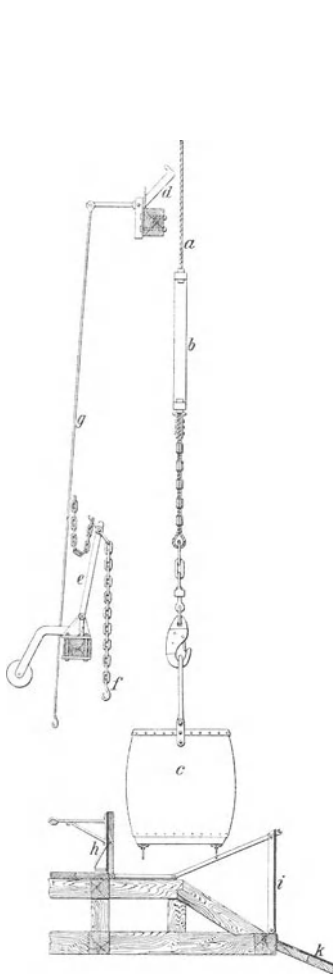


Fig. 199. Kübelkippvorrichtung: Kübel am Seile hängend.

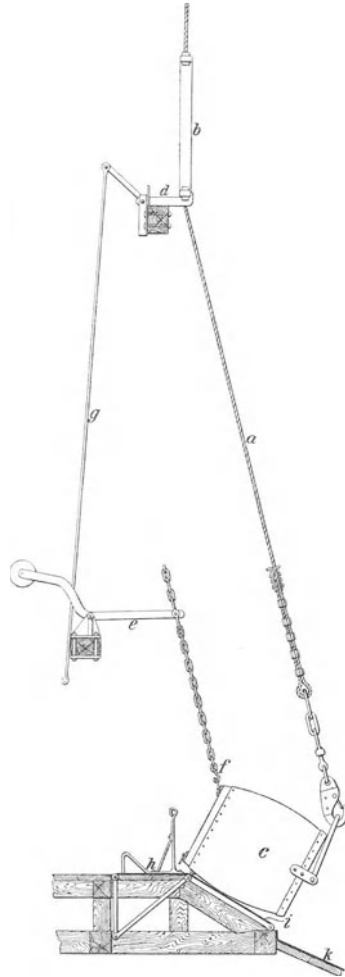


Fig. 200. Kübelkippvorrichtung: Kübel in Kippstellung.

**14. — Führungseile.** Die Führung der Kübel im Schachte während der Förderung erfolgt, falls nicht sofort beim Abteufen der Einbau des Schachtes fertiggestellt wird und endgültige Einstriche und Führungsbäume eingebaut werden, durch je 2 Führungseile. Als solche werden flachlitige Seile, Längsschlagseile oder patentverschlossene Seile (s. Abschnitt Schachtförderung) wegen ihrer glatten Außenfläche bevorzugt.

Die Führungseile, die entsprechend dem Vorrücken des Abteufens verlängert werden müssen, sind in der erforderlichen größten Länge auf

Kabel gewickelt, die seitlich des Schachtes an beliebigen Punkten aufgestellt sind. Von den Kabeltrommeln sind die Seile nach Rollen, die auf der oberen Bühne des Schachtgerüsts verlagert sind, geführt, von wo aus sie in den Schacht hinabhängen. Die unteren Enden sind an einem Spannager, z. B. in der durch Fig. 201 dargestellten Art, befestigt. Der Stoß des Schlittens beim Aufsetzen wird durch die Gummipuffer  $p$  gemildert. Immer wenn das Spannager, dem Tieferwerden des Schachtes folgend, nach unten verlegt wird, läßt man ein entsprechendes Stück des Seiles sich vom Kabel abwickeln.

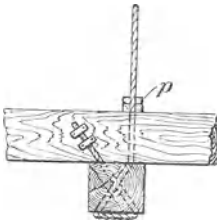


Fig. 201. Befestigung des Führungsseiles am Spannager.

15. — Die Spannager und ihre Anordnung im Verhältnis zu den Mauerabsätzen. Das Spannager kann aus einem Rahmen aus geschnittenem Holz oder Profileisen, der fest eingemauert oder sonst an der Schachtauskleidung befestigt wird, bestehen.

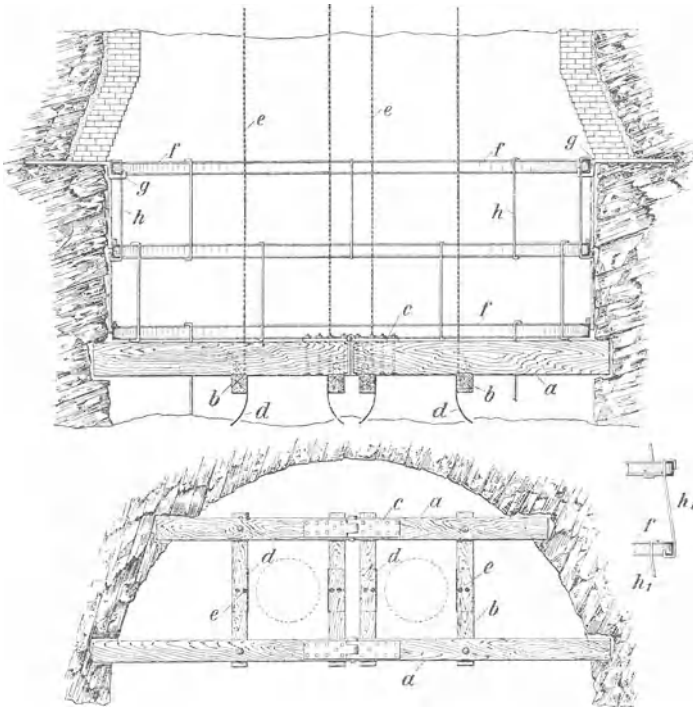


Fig. 202. Zusammenklappbares Spannager.

Wo man sich die Möglichkeit, den Schacht schnell von jedem Einbau zu befreien, sichern will, z. B. um zum Schachtbohren überzugehen, wendet man gern zusammenklappbare Rahmen (Fig. 202) an, die beim Nachlassen der Seile nach unten einknicken und sodann in diesem Zu-

stande aus dem Schachte gezogen werden können. Fig. 203 zeigt eiserne Spannlager mit verschiebbaren Endstücken *c*, die ebenfalls ein schnelles Ein- und Ausbauen gestatten. Hölzerne Keile *h* verhindern ein Kippen der als Lager benutzten I-Eisen *a*.

Entsprechend dem Tieferwerden des Schachtes müssen die Spannlager von Zeit zu Zeit nach unten verlegt werden. Sind beim gleichzeitigen Abteufen und Ausmauern zwei Spannlager, und zwar eines für die Berge- und eines für die Materialförderung vorhanden, so kann deren Anordnung und das Tieferücken in verschiedener Weise erfolgen, wie dies die Figuren 204 und 205 verdeutlichen.

Nach Fig. 204 liegen die Spannlager  $l_3$  und  $l_4$  für beide Förderungen während der Herstellung des Mauerabsatzes  $a_2$  in gleicher Höhe nebeneinander unter der Mauerbühne *b*. Das Spannlager  $l_4$  für die Bergeförderung ist in bekannter Weise als Rahmen für den Durchgang der

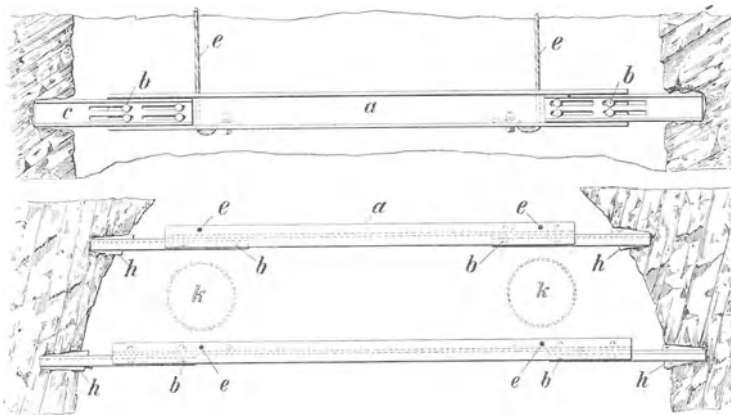


Fig. 203. Eisernes Spannlager mit verschiebbaren Endstücken.

Förderkübel eingerichtet (s. die Schachtscheibe in der Figur), während das Spannlager  $l_3$  für die Materialförderung bis zur Bühne *b* aus einem einfachen Balken bestehen kann. Die Materialkübel werden auf der Bühne „im Seile gekippt“, da sie wegen des Niedergehens des Führungschlittens bis zur Bühne nicht frei hängen, sondern zwischen den beiden Führungseilen  $s_3$  entleert werden müssen. Die beiden Spannlager werden jedesmal gemeinsam tiefer gelegt, sobald der Schacht unterhalb des letzten Mauerfußes eine Teufe von 12—15 m erreicht hat und Beschädigungen der Lager durch die Sprengwirkung der Schüsse nicht mehr zu befürchten sind. Mit punktierten Linien und der Bezeichnung  $l_1$  und  $l_2$  ist die Lage der Spannlager während der Herstellung des vorhergehenden Mauerabsatzes  $a_1$  angedeutet.

Nach Fig. 205 sind dagegen beide Spannlager in verschiedenen Höhen angeordnet, so daß die Materialkübel nicht im Seile gekippt zu werden brauchen. Es befindet sich das Spannlager  $l_2$  für die Bergeförderung unter der Mauerbühne *b*, und zwar unmittelbar oberhalb des Mauer-

fußes des in der Herstellung begriffenen Absatzes  $a_2$ . Das Spannager  $l_1$  für die Materialförderung dagegen ist oberhalb der Mauerbühne  $b$

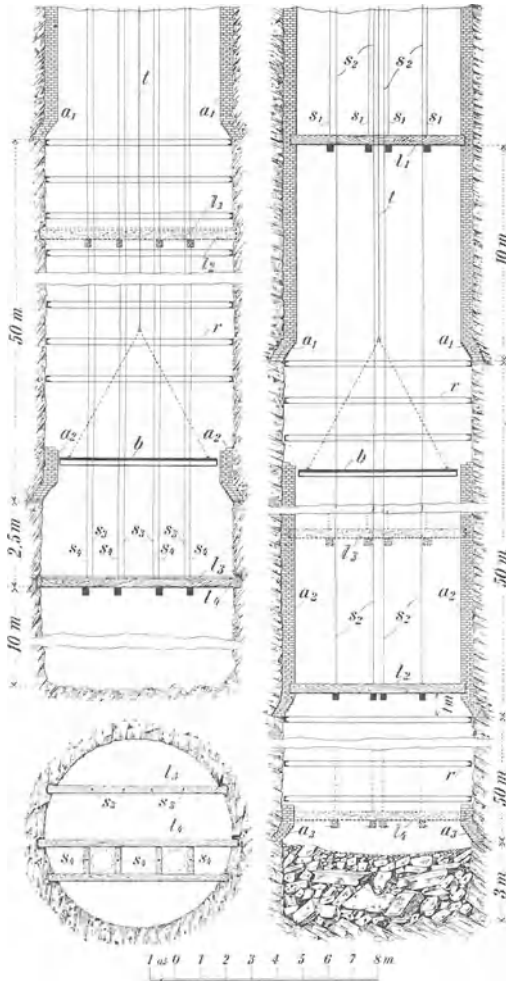


Fig. 204.

Fig. 205.

Anordnung der Spannlager im Verhältnis zu den Mauerabsätzen bei gleichzeitigem Abteufen und Ausmauern.

etwa 10 m über dem Fuße des nächstoberen Mauerabsatzes angebracht, in einer Höhe, daß das allmähliche Anheben der schwebenden Bühne bis zur vollen Fertigstellung des Mauerabsatzes  $a_2$  möglich bleibt. Ist das geschehen, so wird das Spannager  $l_1$  in die Lage  $l_3$  und das Spannager  $l_2$  in die Lage  $l_4$  gebracht, und das Ausmauern des folgenden Schachtabchnittes kann vor sich gehen. Bemerkenswert ist hierbei, daß der Mauerfuß des nächsten Absatzes sofort ausgeführt wird, sobald der Schacht die erforderliche Teufe erreicht hat, ehe noch der obere Mauerabsatz vollendet ist. Wie die Fig. 205 erkennen läßt, mauert man den Fuß von der Oberfläche der Bergeschuttmassen in die Höhe und spart in ihm die Löcher für das Spannager  $l_4$  aus. Nach Vollendung des Fußes werden die Bergemassen gefördert, und das Abteufen

wird in gewohnter Weise fortgesetzt. Die Hochführung der Mauerung erfolgt erst, nachdem der obere Mauerabsatz  $a_2$  vollendet ist und die Spannlager tiefer gelegt sind.

**16. — Führungsschlitten.** Da der Kübel zum Zwecke des Kippens und Auswechsels frei beweglich bleiben muß und deshalb keine Führungsösen erhalten kann, wird die Führung des Kübels an den Führungseilen durch den Führungsschlitten vermittelt, der in der Regel aus Flacheisen

hergestellt ist und mit 4 Augen die Führungseile umfaßt (Fig. 206). Wo aus besonderen Gründen statt der Führungseile Leitbäume benutzt werden, trägt der Schlitten die bei den Förderkörben üblichen Gleitschuhe. Während der Förderung zwischen Hängebank und Spannager wird der Schlitten durch den Einband des Förderkübelgehänges getragen. Da die Führung nicht bis zur Schachtsohle durchgeführt werden kann, setzt der Schlitten beim weiteren Niedergehen des Kübels auf das Spannager auf, so daß dieser darunter frei im Schachte hängt.

#### Die sonstigen Betriebseinrichtungen.

17. — **Bewetterung.** Bis etwa 30 m Teufe pflegt man ohne künstliche Hilfsmittel beim Schachtabteufen auszukommen, da ja die Wirkung der Diffusion durch das Auf- und Niedergehen der Fördergefäße und durch die Bewegung der Menschen erhöht wird. Auch tritt zumeist ein gewisser natürlicher Wetterzug auf, insofern die Luft an den Stößen sich abkühlt, hier niedersinkt und dafür in der Schachtmitte aufsteigt.

Für größere Teufen wendet man Luttenbewetterung an, und zwar gebraucht man des festen Zusammenhaltes der einzelnen Stücke wegen meist Flanschen- oder Bundluten. Wo der endgültige Einbau erst später

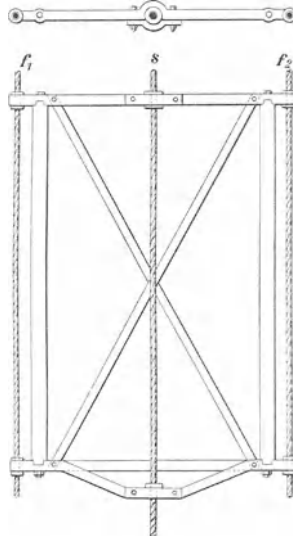


Fig. 206. Führungsschlitten.

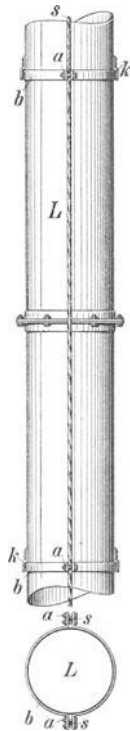


Fig. 207.  
Aufhängung der  
Wetterluten an  
Seilen in Schächten.

eingebraucht wird, hängt man die Lutten an Seilen nach Fig. 207 auf und verlängert die Leitung oben durch Aufsetzen eines weiteren Stückes, nachdem man den Anschluß an den über Tage befindlichen Teil gelöst und die ganze Leitung durch Nachlassen der Trageseile entsprechend gesenkt hat. Als unteres Ende gebraucht man gern Tuchluten, die den Vorteil besitzen, daß sie beim Schießen leicht angehoben werden können und dann durch Schleuderstücke weniger leiden. Der Durchmesser der Lutten beträgt bei tiefen Schächten 500—1000 mm. Die saugende Bewetterung wird bevorzugt. Für Schächte von geringer Teufe kann ein Strahlapparat genügen; für tiefere Schächte oder größeren Wetterbedarf ist aber die Aufstellung eines Ventilators rätlich, da dessen Leistung und Wirkungsgrad günstiger sind, so daß die höheren Anschaffungskosten bald aufgewogen werden.



Gewöhnlich macht die Bewetterung der Schächte keine besonderen Schwierigkeiten. Trotzdem ist für alle Fälle, wo es sich um ein noch nicht aufgeschlossenes Gebirge handelt und schädliche Gase auftreten können, eine reichliche und gute Ausstattung der Bewetterungseinrichtungen anzuraten. Im rheinisch-westfälischen Kohlenbezirke haben mit Grubengas erfüllte Klüfte, die im Deckgebirge angefahren wurden, dem Schachtabteufen mehrfach erhebliche Schwierigkeiten<sup>1)</sup> bereitet. In Schächten von Kaliwerken hat man außerdem vereinzelt mit dem Auftreten von Schwefelwasserstoff zu kämpfen gehabt.

**18. — Beleuchtung.** Die Arbeiten auf der Schachtssole, das Ausmauern und die Aufsicht werden durch ein helles, gleichmäßiges Licht wesentlich gefördert. Einfache Grubenlampen genügen in dieser Beziehung nicht, auch wenn jeder Mann damit ausgerüstet ist. Letzteres wäre aber überdies für die Arbeit hinderlich. Heller brennende, gemeinsame Lampen sind deshalb vorzuziehen.

Elektrische Beleuchtungskörper, die frei im Schachte herunterhängen, geben zwar ein schönes, helles Licht und lassen sich am Kabel leicht auf und nieder ziehen. Jedoch leiden die elektrischen Einrichtungen infolge der mannigfachen, mechanischen Beanspruchungen beim Schachtabteufen und der Einwirkung der Feuchtigkeit sehr, so daß sie sich nicht gerade besonderer Beliebtheit erfreuen. Akkumulatorenlampen sind schon angenehmer, aber teuer und schwer.

Wenn man elektrisches Licht beim Abteufen benutzt, so hat man dafür wohl 4 Glühlampen von je 32 Normalkerzen Lichtstärke unter einem Schutzschirme, der gleichzeitig als Reflektor dient, vereinigt. Die beiden gegeneinander isolierten Leitungen sind auf einem über Tage aufgestellten Handkabel aufgewickelt. Das Kabel hängt frei im Schachte. Beim Abtun der Schüsse werden die Lampen hochgezogen.

Man hat auch die Leitungen gleichzeitig für die Schußzündung mit benutzt und zu diesem Zwecke noch eine dritte Leitung auf der Kabeltrommel angebracht. Für das Abtun der Schüsse wird eine der beiden Beleuchtungsleitungen mit der Schießleitung verbunden.

Sehr gut bewähren sich entsprechend große Azetylenlampen. Drei oder vier solcher Lampen, am Stöße aufgehängt, geben ein schönes, gleichmäßiges und billiges Licht. Wo Schlagwettergefahr besteht, wählt man geschlossene Azetylenlampen größerer Bauart, sog. Füllortlampen.

**19. — Führung.** Im Interesse der Sicherheit der Abteufmannschaft (z. B. bei Wasserdurchbrüchen, Unruhe im Gebirge, Versagen der Fördermaschine und ähnlichen Fällen) liegt es, für eine doppelte Führungsmöglichkeit Vorsorge zu treffen. Es läßt sich das leicht einrichten, wenn der Schacht sofort mit Einbau, d. h. mit Einstrichen und Bühnen, versehen wird. Es können dann Fahrten eingebaut und neben der Kübelförderung für die Ein- und Ausfahrt der Belegschaft benutzt werden. Da der Einbau der Einstriche und Bühnen mit Rücksicht auf die Spreng-

<sup>1)</sup> Im Schacht III der Zeche Ewald lieferte ein angefahrener Bläser längere Zeit durchschnittlich 6,2 cbm  $CH_4$  minutlich, so daß Wettermengen bis zu 1800 cbm minutlich notwendig wurden (s. Sammelwerk Bd. VI, S. 99 u. f).

arbeit in einer gewissen Höhe oberhalb der Schachtsohle endet, wird zur Überwindung dieses letzten Stückes eine Strickleiter, die aus Drahtseilen mit eisernen Sprossen gefertigt ist, angehängt.

Soll der Schacht während des Abteufens ohne festen Einbau bleiben, so ist die Forderung einer doppelten Fahrgangsmöglichkeit schwieriger zu erfüllen. Zwar ist es möglich, eiserne, ohne Unterbrechung senkrecht an den Schachtstößen herablaufende Fahrten einzuhängen. Die Fahrung ist aber bei größeren Schachtteufen, selbst wenn man die Fahrenden eingittert und von Zeit zu Zeit Sitzgelegenheiten anbringt, überaus anstrengend und deshalb nicht ungefährlich. Man pflegt sich deshalb damit zu begnügen, eine sog.

„Sicherheitsfahrt“ von beschränkter Länge (z. B. 20—50 m) einzuhängen, die eine Anzahl von Bühnen *b* mit Raum für je 4—5 Mann und mit Geländer *g* trägt (Fig. 208). Diese Fahrt hängt an dem starken Drahtseile eines über Tage aufgestellten Handkabels. Im Falle von plötzlichen Wasserdurchbrüchen können die Leute auf die Fahrt flüchten und nötigenfalls auch auf dieser durch das Kabel zutage gezogen werden.

Beim Vorhandensein einer Materialfördermaschine für die Mauerung und einer schwebenden Bühne kann letztere als Zufluchtsort für die Leute bei Wasserdurchbrüchen oder in sonstigen Notfällen dienen. Da

von hier durch die Materialförderung für eine doppelte Fahrgangsmöglichkeit gesorgt ist, braucht eine besondere Hängefahrt dann nur von der Schachtsohle bis zur Bühne zu reichen. Immerhin handelt es sich auch hier bereits um

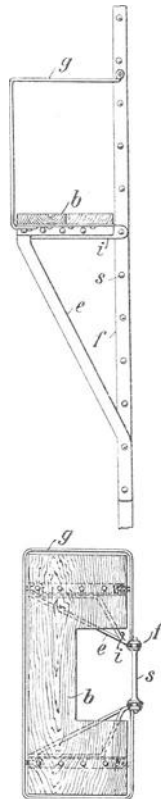


Fig. 208. Sicherheitsfahrt.

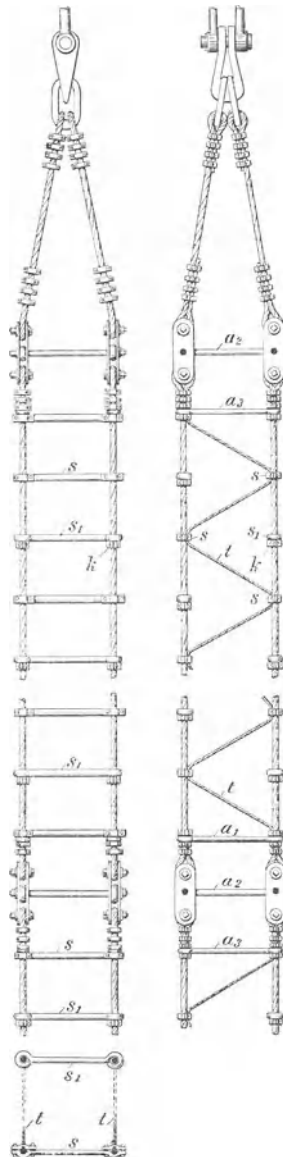


Fig. 209. Hängefahrt.

Höhen, die bis zu 80—100 m steigen können. Eine sehr geeignete Hängefahrt für solche Fälle wird durch Fig. 209 veranschaulicht. Die Fahrt besteht aus 2 gewöhnlichen Hängefahrten, die in Abständen von je 6 m durch 3 feste Bügel  $a_1$ — $a_3$  in einer Entfernung von 600 mm voneinander gehalten werden. Die nicht mit Sprossen versehenen Seiten dieser Doppelahrt sind durch zickzackförmig geführte Seile  $t$  geschlossen, so daß ein Absturz nach der Seite ausgeschlossen erscheint.

Um ein bequemes Besteigen der Fahrt von jeder Stelle aus zu ermöglichen, ist jede zweite Sprosse  $s_1$  so eingerichtet, daß sie gehoben werden kann. Sie umschließt die Seile nur lose und ruht auf fest um diese gelegten Klammern. Der Fahrende kann, indem er sich mit jedem Beine auf eine der beiden gegenüberliegenden Sprossen stellt, überall nach Belieben ruhen.

### *Leistungen und Kosten.*

**20. — Leistungen.** Nach dem Sammelwerk betragen bei 120 in den 1890er Jahren im Ruhrbezirk niedergebrachten Schächten die durchschnittlichen Monatsleistungen 22 m im Mergel und 20 m im Steinkohlengebirge. Hierbei sind aber die Schächte, die mit erheblichen Wasserschwierigkeiten zu kämpfen hatten oder die wegen schwierigen Gebirges Unterhängetübbings und segmentweise Ausmauerung anwenden mußten, nicht miteingerechnet. Bei diesen Schächten waren die Leistungen geringer. Insbesondere sind größere Wasserzuflüsse hinderlich. In Schächten mit 5—8 cbm minutlichen Wasserzuflüssen gingen die Leistungen auf 3—7 m monatlich zurück.

In trockenem Gebirge dagegen kann man weit höhere als die angegebenen Durchschnittsleistungen erzielen, namentlich dann, wenn der Schacht gleichzeitig abgeteuft und ausgemauert wird. Auf Zeche Werne I und II und auf Radbod I hat man z. B. Durchschnittsleistungen von 48—49 m erzielt.

Einzelne Schachtabschnitte sind noch schneller abgeteuft worden. Schacht I der Zeche Hermann I—III bei Bork wurde in 6 Monaten von 302—735 m Teufe niedergebracht, was einer durchschnittlichen Monatsleistung von 72 m entspricht.

Noch höher sind die bisweilen in einzelnen Monaten erzielten Leistungen. Z. B. hat man auf Brassert I bei Marl in einem Monate den Schacht um 92 m (von 326—418 m Teufe), auf Zeche Viktoria bei Lünen um 95,5 m (von 84,8—180,3 m Teufe) niedergebracht.

Bei derartigen Leistungen besteht freilich immer die Gefahr, daß in dem angestregten Betriebe die Stoßschüsse nicht mit der erforderlichen Vorsicht angesetzt werden und als Folge davon das Gebirge zerklüftet und druckhaft wird.

**21. — Kosten.** Die Höhe der Kosten hängt zunächst von dem Durchmesser des Schachtes, sodann aber von der Art des erforderlichen Ausbaues und ganz besonders von den Wasserschwierigkeiten ab. Das Sammelwerk berechnet nach den Ermittlungen für die obenerwähnten 120 Schächte, bei denen also größere Schwierigkeiten nicht bestanden, daß die Durchschnittskosten für einen Schacht von 5—5,5 m lichtigem Durchmesser bis 400 m Teufe 1138  $M$  je Meter im Mergel und 935  $M$  je

Meter im Steinkohlengebirge betragen haben. Die höheren Kosten für das Mergelgebirge erklären sich daraus, daß hier vielfach die teure Kivelage als Schachtauskleidung gewählt werden mußte, während im Steinkohlengebirge nur die billigere Mauerung in Anwendung steht. Im einzelnen zerlegt das Sammelwerk die Zahlen wie folgt:

	Im Mergel	Im Steinkohlengebirge
	<i>M</i>	<i>M</i>
1. Anteil an den Einrichtungen für das Abteufen	82	82
2. Löhne der Schachthauer und Sprengmaterialien	203	245
3. Vorläufiger Ausbau . . . . .	28	28
4. Endgültiger Ausbau . . . . .	384	206
5. Einstriche, Fahrten und Fahrbühnen . . . . .	53	53
6. Löhne der Tagesarbeiter, Gehälter der Aufsichtsbeamten sowie Kohlenverbrauch . . . . .	293	226
7. Verschiedenes . . . . .	95	95
Summa:	1138	935

Für den nur mit Tubblings ausgebauten Teil der Schächte sind die Durchschnittskosten wesentlich höher und können für die oberen Teufen auf nahezu 2000 *M* je Meter geschätzt werden.

Von noch größerer Bedeutung aber für die Kosten ist die Menge der Wasserzuflüsse. Diese behindern ganz außerordentlich den regelmäßigen Fortschritt der Arbeiten, so daß die Leistungen sinken und die Kosten steigen. Es kommen die Aufwendungen für die Pumpen, deren Bedienung und Kraftbedarf hinzu. Schon bei 4—8 cbm minutlichen Wasserzuflüssen und mittleren Schachtteufen von 50—250 m berechnet das Sammelwerk die durchschnittlichen Abteufkosten auf 5000—15 000 *M* je Meter.

In solchen Fällen wird häufig eine andere Abteufmethode billiger sein und sicherer zum Ziele führen als das gewöhnliche Abteufen mit Hand.

#### *Das Weiterabteufen von Schächten unterhalb einer in Betrieb befindlichen Sohle.*

**22. — Das Weiterabteufen von Schächten mit Benutzung von Aufbrüchen.** Wenn für das Weiterabteufen eines Schachtes dieser von einem benachbarten Schachte oder von sonstigen Grubenbauen aus unterfahren werden kann (Fig. 210), so ist zu erwägen, ob die Benutzung eines Aufbruches ganz oder teilweise an Stelle des Abteufens von oben nach unten rätlich ist. Aufbrüche lassen sich ohne Gefahr für die Arbeiter nur in standhaftem, gutem Gebirge herstellen, in dem auch die Gefahr von Wasserdurchbrüchen ausgeschlossen ist. Beim Steinkohlenbergbau pflegt man deshalb die Herstellung von Aufbrüchen auf das eigentliche Steinkohlengebirge zu beschränken, während man im Deckgebirge die sicherere Arbeit von oben nach unten vorzieht.

Ist die Herstellung eines Aufbruches möglich, so kann hierdurch namentlich dann eine Beschleunigung der Arbeit erzielt werden, wenn

gleichzeitig von oben her abgeteuft und von unten her aufgebrochen wird. Durch die Benutzung von Aufbrüchen pflegt ferner eine Verbilligung der Arbeiten einzutreten, da das lästige und zeitraubende Laden der Berge fortfällt.

Für weiter abzuteufende, in Betrieb befindliche Schächte ergibt sich insbesondere noch der wichtige Vorteil, daß der Schacht so am sichersten für die Abteufmannschaft und ohne größere Störung des Betriebes im oberen Schachtteil fertiggestellt werden kann, da hier zwar auch eine Sicherheitsbühne (s. u.) einzubauen oder eine Bergfeste zu belassen ist, diese aber nicht für Fahr- und Förderzwecke eine Öffnung zu erhalten brauchen. Dieser letztere Grund führt sogar in manchen Fällen dazu, daß man nach Fig. 211 neben dem weiter abzuteufenden Schachte einen besonderen blinden Schacht bis zu der Teufe, die erreicht werden soll, niederbringt, um sodann nach Unterfahrung des weiter abzuteufenden Schachtes hochbrechen zu können. Hierbei muß man natürlich mit höheren

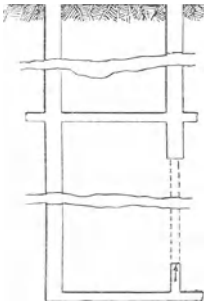


Fig. 210. Unterfahrung eines Schachtes zum Zwecke d. Weiterabteufens.

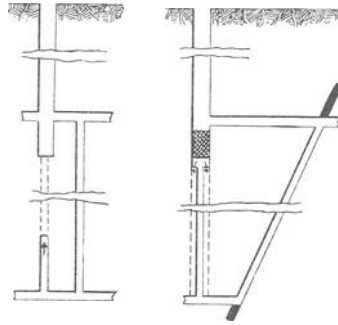


Fig. 211. Unterfahrung eines weiter abzuteufenden Schachtes von einem blinden Schachte und von einem Abhauen aus.

Kosten rechnen. Läßt sich aber der blinde Schacht für andere Zwecke, z. B. zunächst für Vorrichtung und später für die Wetterführung oder als Bremsschacht für die letzten Reste der oberen Sohle, verwerten, so können die höheren Kosten durch andere Vorteile wieder aufgewogen werden. Der blinde Schacht kann bei geeigneten Flözverhältnissen nach Fig. 212 auch durch ein Abhauen im Flöze ersetzt werden, das sich billiger und schneller herstellen läßt.

Man pflegt dem Aufbruche einen geringeren Durchmesser als dem abzuteufenden Schachte zu geben. Es muß dann, nachdem der Aufbruch mit der Schachtsohle durchschlägig geworden ist, der Schachtdurchmesser von oben nach unten noch erweitert werden. Wenn dies auch eine gewisse Zeitversäumnis bedeutet, so ist dafür die Arbeit des Hochbrechens bei einem engen Querschnitt ungefährlicher als bei einem so großen Durchmesser, wie er für Hauptschächte üblich ist. Auch können geringe Fehler in der markscheiderischen Festlegung des Mittelpunktes des Aufbruches im Verhältnis zum Schachtmittelpunkt bei der Erweiterung ausgeglichen werden, solange nur der Aufbruch noch voll in die Schachtscheibe fällt.

Die Herstellung der Aufbrüche verläuft in derselben Weise, wie dies im I. Bande unter Ausrichtung („Herstellung der blinden Schächte“) geschildert ist. Die Höhe der Aufbrüche wird man nur ganz ausnahmsweise 80—100 m überschreiten lassen, weil sonst die Fahrung und das Hochziehen der Ausbaumaterialien und der Gezähstücke zu lästig werden.

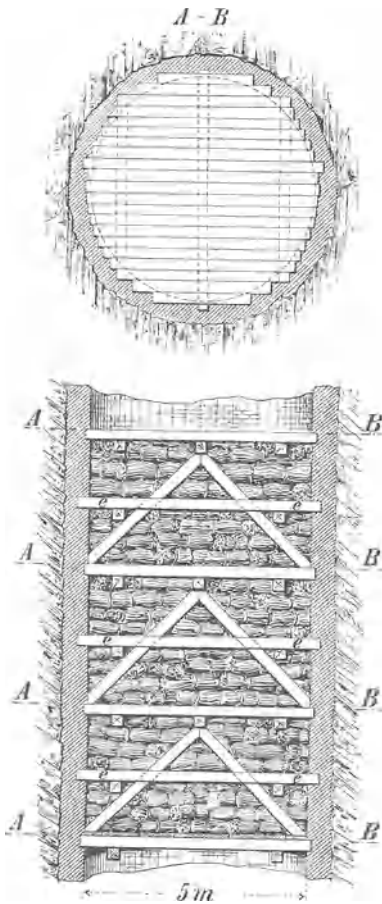


Fig. 213. Sicherheitsbühne aus Holz mit Faschinenpackungen.

Nach erfolgtem Durchschlage läßt man die beim Erweitern fallenden Berge durch das Bergentrum des Aufbruchs nach unten sinken und zieht sie auf der unteren Sohle ab. Zum Schutze der Mannschaft wird der Querschnitt des Aufbruchs in der Regel durch eine schwebende Bühne abgedeckt, die beim Schießen angehoben werden kann und im übrigen entsprechend dem Fortschreiten der Erweiterungsarbeiten gesenkt wird. Will man die schwebende Bühne vermeiden, so müssen die Abteufmannschaften während der Arbeit angeseitelt werden. Beim Erweitern wird der Schacht mit vorläufigem

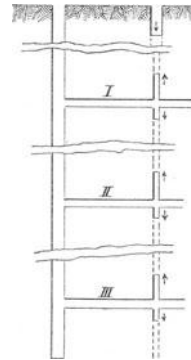


Fig. 214. Inangriffnahme eines Schachtes von verschiedenen Sohlen aus.

Ausbau versehen und nach Erreichen der vorgesehenen Teufe oder, sobald die Umstände es sonst erfordern, ausgemauert.

Handelt es sich um Arbeiten unter einem in Betrieb befindlichen Förderschacht, so muß nach erfolgtem Durchschlage vor Beginn der Erweiterung zum Schutze der Arbeiter eine Sicherheitsbühne kurz unter dem Füllort eingebaut werden, welche fallende Gegenstände und auch die etwa abstürzenden Förderkörbe mit Sicherheit aufzuhalten imstande ist. Solche Sicherheitsbühnen werden in sehr verschiedener Weise aus Eisen, Holz,

Faschinen, Bergeschüttung u. dgl. gebaut. Fig. 213 zeigt eine Sicherheitsbühne, die aus mehrfach wiederholten Balkenlagen mit hölzernen Sprengwerken und Faschinenpackungen zusammengesetzt ist. Auch findet man über der Bühne noch ein aus eisernen Schienen gebildetes Dach eingebaut, das den ersten Anprall aufnehmen und nach Möglichkeit auf die Gebirgstöße übertragen soll.

Bei neu abzuteufenden Schächten besteht ebenfalls bisweilen die Möglichkeit der Unterfahrung, so daß man in der beschriebenen Weise vorgehen kann. Auch kommt es vor, daß der Schacht auf verschiedenen Sohlen gleichzeitig unterfahren werden kann. In solchen Fällen hindert nichts, den Schacht an allen diesen Punkten gleichzeitig in Angriff zu nehmen. Man kann sogar, sobald die Aufbrüche eine Höhe von 10—12 m über der betreffenden Sohle erreicht haben und das Bergetrümm einen genügenden Schutz bietet, gleichzeitig mit Absinken (Fig. 214) vorgehen und so das Abteufen noch mehr beschleunigen. Nach Fig. 214 kann an 7 Punkten gleichzeitig gearbeitet werden.

In günstigem Gebirge hat man gelegentlich auch das Aufbrechen mit dem endgültigen vollen Querschnitte des Schachtes vorgenommen. Als Beispiel hierfür sei der Förderschacht Baaker Mulde der Zeche Friedlicher Nachbar bei Bochum erwähnt, der von der 478 m- bis zur 325 m-Sohle mit einem lichten Durchmesser von 4,6 m aufgebrochen und gleichzeitig ausgemauert worden<sup>1)</sup> ist. Bei der Einteilung der Schachtscheibe während des Aufbrechens hat man den endgültig herzustellenden Ausbau zum Anhalt genommen und demgemäß die Einstriche so eingemauert, daß sie auch später verwendbar blieben. Man erzielt hierbei gegenüber dem sonst üblichen Verfahren, den Aufbruch zunächst enger herzustellen und erst später von oben her zu erweitern, eine Ersparnis von etwa 10 pCt.

**23. — Das Weiterabteufen von Schächten ohne Benutzung von Aufbrüchen.** Können Aufbrüche nicht benutzt werden, so geht das Weiterabteufen von Schächten, in denen regelmäßige Förderung nicht umgeht, auf gewöhnliche Weise vor sich und bietet zu besonderen Bemerkungen keinen Anlaß. Geht dagegen im Schachte Förderung oder Fahrung um, so kann man, falls die Zeit nicht drängt, das Abteufen in die Nachtschicht oder auf eine Tageszeit, in der die Förderung ruht, verlegen. Ist das nicht möglich, sei es, daß die Fertigstellung des Abteufens drängt, oder sei es, daß die Benutzung des oberen Schachtteils nicht einmal für eine gewisse Zeit täglich unterbrochen werden kann, so muß man für den Schutz der Abteufmannschaft durch Stehenlassen einer Bergfeste oder Einbringung einer Sicherheitsbühne Sorge tragen.

Das Stehenlassen einer Bergfeste ist bei festem, sicherem Gestein, das Einbringen einer Sicherheitsbühne bei unzuverlässigem Gebirge mehr zu empfehlen. Bergfeste und Sicherheitsbühne können entweder geschlossen sein, d. h. die Schachtscheibe völlig verschließen, oder sie können Öffnungen für die Fahrung und den Durchgang der Förderkübel freilassen.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1912, S. 85 u. 86; Versuche und Verbesserungen.

Diese Öffnungen wählt man so eng als möglich. Für die Förderung begnügt man sich in der Regel mit einem einzigen Förderkübel.

Soll eine völlig geschlossene Bergfeste stehen bleiben, so teuft man in einiger Entfernung vom Hauptschachte einen Hilfschacht bis auf eine Teufe von 8—10 m ab, unterfährt den Hauptschacht und teuft nun in seiner Verlängerung im vollen Querschnitte unterhalb der Bergfeste ab (Fig. 215 *a*). Förderung und Fahrung nehmen ihren Weg durch die Unterfahrungstrecke und den Hilfschacht, so daß 2 Förderhaspel vorhanden sein müssen und eine lästige Unterbrechung in der Förderung unvermeidlich ist. Das Gleiche ist der Fall, wenn man den Schacht durch eine Sicherheitsbühne völlig verschließt. Auch in diesem Falle muß eine Unterfahrungstrecke und ein Hilfschacht vorhanden sein.

Der Vorteile wegen, die eine nicht unterbrochene Bergförderung besitzt, zieht man meist vor, in der Bergfeste oder Sicherheitsbühne eine Öffnung für den Durchgang eines Förderkübels zu schaffen (Fig. 215 *b* u. *c*). Diese Öffnung legt man nicht unter die Fördertrümmer des Schachtes, sondern unter das etwa vorhandene Wetter-, Fahr- oder Pumpentrumm, wo sie vor abstürzenden Massen nach Möglichkeit gesichert ist.

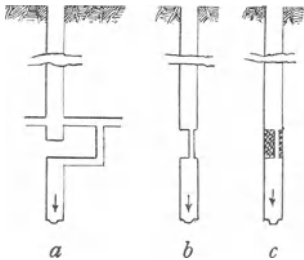


Fig. 215. Weiterabteufen von Schächten mit Belassung einer Bergfeste (*a* und *b*) und mit Einbau einer Sicherheitsbühne (*c*).

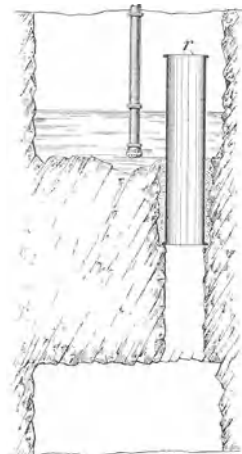


Fig. 216. Schachtsumpf über einer durchbrochenen Bergfeste.

Die Unterfahrungstrecke und der Hilfschacht sind auch unter diesen Umständen bisweilen vorhanden, dienen alsdann aber nur für die Fahrung und Wetterführung. Muß das bisherige Schachtiefste als Sumpf benutzt werden, so kann man nach Fig. 216 auf das in der Bergfeste geschaffene Förderloch ein Rohr *r* setzen und dieses einzementieren, so daß die Wasser nicht in den unteren Teil des Schachtes fallen können.

Wenn Unterfahrungstrecke und Hilfschacht fehlen, so muß in der Bergfeste oder Sicherheitsbühne eine zweite enge Öffnung für die Fahrung und die Wetterlutte vorgesehen werden, die selbstverständlich auch unter ein ungefährdetes Trumm des Schachtes zu verlegen und jederzeit abgedeckt zu halten ist.

Schon beim ersten Abteufen eines Schachtes kann es ratsam sein, auf ein späteres Weiterabteufen dadurch Rücksicht zu nehmen, daß man dem Schachte unterhalb der Füllortsohle eine für das Einbauen einer



Sicherheitsbühne genügende Teufe gibt. Auf diese Weise erleichtert man die späteren Arbeiten sehr. Denn der Einbau der Sicherheitsbühne geht dann schnell und ohne erhebliche Störung des Betriebes im oberen Schachtteil vor sich, und das Weiterabteufen kann unmittelbar auf die Fertigstellung der Bühne folgen. Dabei fällt die lästige und nicht ungefährliche, nachträgliche Gewinnung der Bergfeste fort.


### **B. Abteufen im schwimmenden Gebirge.**

**24. — Einleitung.** Bei dem oben beschriebenen Abteufen wird das Gebirge zunächst hereingewonnen und sodann der geschaffene Raum mit dem Ausbau versehen. Das eigentliche Abteufen eilt also dem Ausbau voraus.

Dieses Verfahren ist für unruhiges und namentlich für schwimmendes Gebirge nicht anwendbar. Will man darin mit Hand abteufen, so muß der Ausbau dem Abteufen voraus sein. Das älteste, hierfür angewandte Verfahren, das auch jetzt für einfache Verhältnisse bei geringeren Schachtteufen und kleinen Schachtquerschnitten noch viel benutzt wird, ist die sog. Abtreibe- oder Getriebearbeit (s. oben S. 57 u. f.), die dadurch gekennzeichnet ist, daß Pfähle (Bretter) als Teile der Wandung in diese eingefügt, d. h. „angesteckt“ und sodann in das Gebirge vor- oder „abgetrieben“ werden. Man unterscheidet das gewöhnliche Anstecken, das in schräger Richtung erfolgt, und das senkrechte Anstecken.

#### *Das gewöhnliche Anstecken.*

**25. — Ausführung im allgemeinen.** Vor dem Beginn des Abteufens ist es zweckmäßig, sich durch eine Bohrung von der Lagerung und der Mächtigkeit des lockeren oder schwimmenden Gebirges zu überzeugen. Da man in diesem keine Tragehölzer für die Schachtzimmerung in die Stöße einbühnen kann, muß für eine sichere Aufhängung des Ausbaues Sorge getragen werden. Beginnt das schwimmende Gebirge ganz nahe unter der Erdoberfläche, so wird auf dieser ein die Schachtstöße möglichst weit überragender Tragekranz gelegt, der die nach unten folgende Zimmerung mittels Klammern oder Haken trägt. Ist dagegen das schwimmende Gebirge von einer standhaften Schicht überlagert, so wird diese auf gewöhnliche Weise durchteuft. Kurz vor dem Erreichen der schwimmenden Schicht werden dann Tragehölzer tief in die Stöße eingebüht, um daran die folgenden Gevierte der Bolzenschrotzimmerung aufzuhängen. Am letzten Schachtgeviert über dem mit Getriebearbeit zu durchteufenden Gebirge beginnt das „Anstecken“ der „Abtreibepfähle“. Es sind dies Bretter, die am besten aus Eichenholz in einer Stärke von 3—5 cm und einer Breite von 15—20 cm geschnitten werden. Größere Breiten sind nicht zweckmäßig, da sonst die Pfähle beim Eintreiben mit dem Fäustel leicht spalten. Unten erhalten die Pfähle eine nach außen gerichtete Zuschärfung, oben wird öfters ein Bandeisenring um den Kopf gelegt, der ihn gegen Zerschlagen und Aufspalten schützen soll. Die Pfähle sind im allgemeinen rechteckig, nur die für die Schachtecken bestimmten Pfähle sind unten breiter, damit trotz der schräg nach außen gerichteten Stellung die Eckpfähle zweier Stöße möglichst aneinander an-

schließen. Anstatt hölzerner Pfähle verwendet man auch solche aus Flacheisen, -Eisen oder Wellblech.

Das Eintreiben der Pfähle erfolgt mittels des Treibfäustels oder auch mit einer Rammvorrichtung. Die Pfähle werden nicht auf einmal auf ihre ganze Länge abgetrieben, weil sie alsdann leicht aus der Richtung kommen könnten. Zumeist treibt man sie so weit ein, daß sie der Schachtsohle 20—25 cm voraus sind.

Durch das Abtreiben der dicht aneinander liegenden, schräg nach außen gerichteten Pfähle wird die Schachtwandung nach unten verlängert. Das in Gestalt einer abgestumpften Pyramide abgetrennte Gebirgstück wird nach und nach, erforderlichenfalls unter Sicherung der Sohle durch guten Verzug, hereingewonnen. In dem auf diese Weise geschaffenen Raume wird das neue Geviert der Zimmerung gelegt, hinter dem die neuen Pfähle wiederum angesteckt werden.

**26. — Die Arbeiten im einzelnen.** In welcher Weise die Arbeit vor sich geht, zeigen die Figuren 217 bis 220. Die Fig. 217 läßt die Zurüstung erkennen, welche zum Anstecken einer neuen Pfahlreihe an dem letzten auf der Sohle befindlichen Geviert zu treffen ist. Zwischen dem Geviert *b* und den Pfählen *d* wird das Pfändholz *e* (Pfändlatte) angebracht und durch die Keile *f* angetrieben, so daß zwischen Holz *e* und Geviert *b* ein für das Anstecken der Pfähle genügend breiter Schlitz entsteht. Die Figur zeigt am linken Stoße in schwach punktierter Linie, wie das erste Anstecken der Pfähle erfolgt.

Die Fig. 218 veranschaulicht, wie die neuen Pfähle bereits auf etwa  $\frac{1}{3}$  ihrer Länge in den Schlitz hineingetrieben sind und wie sie am oberen Ende durch die Spannpfandung *g* und Keile *h* in ihrer Lage

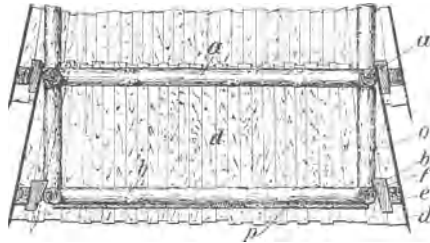


Fig. 217. Gewöhnliches Anstecken. (Geviert *b* ist zum Eintreiben der Pfähle fertig.)

einer abgestumpften Pyramide abgetrennt nach, erforderlichenfalls unter Sicherung der

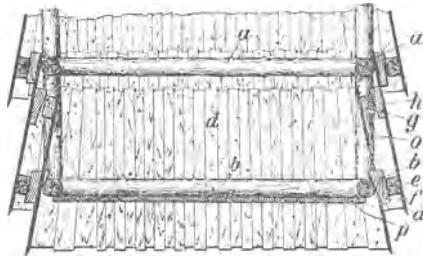


Fig. 218. Gewöhnliches Anstecken. (Die neue Pfahlreihe ist auf ein Drittel der Länge eingetrieben.)

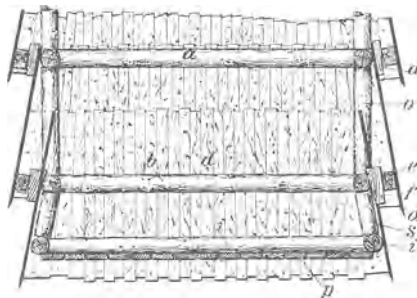


Fig. 219. Gewöhnliches Anstecken. (Das Hilfsgeviert *i* ist eingebaut.)

erhalten werden. Statt der eckigen Spannpfändhölzer *g* werden auch wohl Rundhölzer eingelegt.

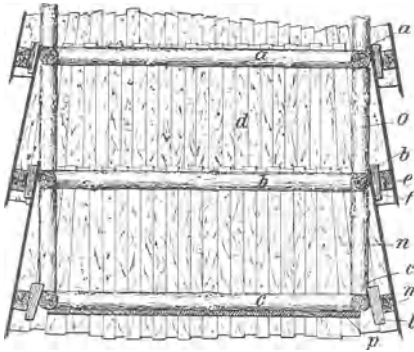


Fig. 220. Gewöhnliches Anstecken. (Das Hilfsgeviert ist entfernt, das neue Geviert *c* ist gelegt.)

mit dem oberen Gevierte *b* verbolzt, wobei wiederum durch Einbringen der Pfändung *m* und der Keile *l* ein Schlitz für die nächste Pfahlreihe hergestellt wird.

**27. — Sicherung der Sohle.** Wo das Gebirge nicht unruhig ist, braucht die Sohle nicht verwahrt zu werden.

Im treibenden Gebirge dagegen muß mit einer Sicherung der Sohle durch Vertäfelung und mit Wasserhaltung gearbeitet werden. Die Vertäfelung erfolgt in der Regel durch einen Bohlenbelag *p* (Fig. 217—223), der dem Wasser das Empordringen durch die Fugen gestattet, aber das Hervorquellen des Gebirges verhindert. Beim Vertiefen der Schachtsohle werden die Bohlen einzeln gegen das letzte Geviert oder Hilfsgeviert ab-

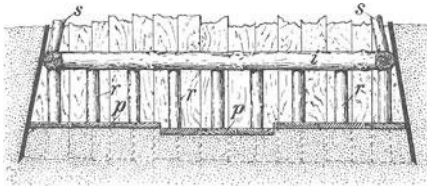


Fig. 221.

Abspreizen der Sohlenvertäfelung.

(Schnitt parallel zum langen Stoße.)

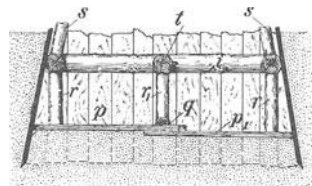


Fig. 222.

(Schnitt parallel zum kurzen Stoße.)

gespreizt, wie dies in einem Schnitt parallel zum langen Stoße Fig. 221 zeigt. Fig. 222 stellt einen Schnitt parallel zum kurzen Stoße dar. Man ersieht daraus, wie die Bohlen *p* und *p*<sub>1</sub> sich überragen und in der Mitte durch ein Längsholz *q*, das gegen ein Hilfsholz *t* abgespreizt ist, gehalten werden. Durch Lüften der einzelnen Bohlen und Herausnehmen des Gebirges bringt man die Sohle allmählich tiefer, wobei ein Treiben der Sohle möglichst verhütet wird. Gelingt dies nicht, so stopft man kurze Strohwiepen (es sind dies kurze Bündel Stroh) unter das Holz. Das Stroh

läßt Wasser durch, hält aber den Sand zurück, so daß das Gebirge an Festigkeit gewinnt. Das Lüften einzelner Bretter und das Herausnehmen von Gebirge gelingt dann sicherer.

Mit gutem Erfolge hat man auch die Klötzelveertäfelung der Sohle angewandt, die darin besteht, daß die Sohle nicht mit Bohlen belegt, sondern mit rechteckigen Holzklötzen von etwa 300 mm Breite, 350 mm Länge und 300—400 mm Höhe ausgepflastert wird, deren jeder mit einem nach unten trichterförmig sich erweiternden Loche durchbohrt ist. Die Klötze werden durch Spreizen, die quer durch den Schacht gelegt und nach oben hin verspreizt sind, reihenweise gehalten. Das Niederbringen geschieht mittels eiserner Handrammen, wobei das Gebirge durch die Löcher nach oben tritt. Das Ausquellen des Gebirges wird, wenn es zu stark wird, durch Einstopfen von Stroh in die Löcher gehemmt, während man, wenn es zu langsam erfolgt, durch Ausbohren nachhilft. Auch hat man bisweilen die Löcher in den Klötzen durch eiserne Schieber verschlossen, die je nach Bedarf geöffnet werden.

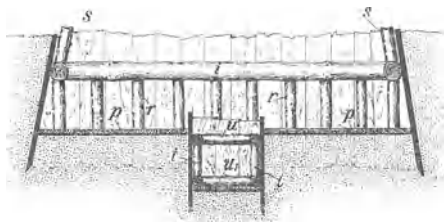


Fig. 223. Vorgestümpfe bei der Abtreibearbeit.

Für die Wasserhaltung muß ein „Vorgestümpfe“ gebildet werden, das etwas tiefer als die sonstige Schachtsohle ist. Dasselbe wird ebenfalls mit Holzzimmerung versehen und ausgetäfelt (Fig. 223), oder man benutzt einen eisernen Sumpfkasten mit durchlochtem Wandungen, der in die Sohle gerammt oder durch Winden eingepreßt wird.

**28. — Kosten.** Die Kosten des Abteufens mit Abtreibezimmerung sind je nach der Weite des Schachtes, der Art des Gebirges und der Größe der Wasserzuflüsse sehr verschieden.

Für enge Schächte von etwa  $2 \times 2\frac{1}{2}$  m betragen die Kosten für 1 m bei günstigem Gebirge und geringen Wasserzuflüssen nur 150—200 *M*, während die Kosten für Schächte von  $3 \times 4$  m auf etwa 300—400 *M* zu schätzen sind.<sup>1)</sup> In schwierigerem Gebirge und bei Wasserzuflüssen, die über 100—200 l in der Minute hinausgehen, sind die Kosten höher. In solchen Fällen betragen sie 500—1000 *M* und steigen sogar bis 1500 *M* und darüber.

#### *Das senkrechte Anstecken.*

**29. — Allgemeines.** Während bei dem bisher beschriebenen, gewöhnlichen Anstecken die Weite des Schachtes infolge der Schrägstellung der Ansteckpfähle dauernd erhalten bleibt, geht bei dem senkrechten Anstecken (Fig. 224) mit jeder Wiederholung der Arbeit von dem Querschnitt des Schachtes ein Stück verloren. Man kann rechnen, daß man mit jedem neuen Anstecken mindestens 400—500 mm in der Länge und

<sup>1)</sup> G. Klein: Handbuch für den deutschen Braunkohlenbergbau 1907, Halle, S. 287.

ebensoviel in der Breite des Schachtes einbüßt. Um diesen Nachteil zu

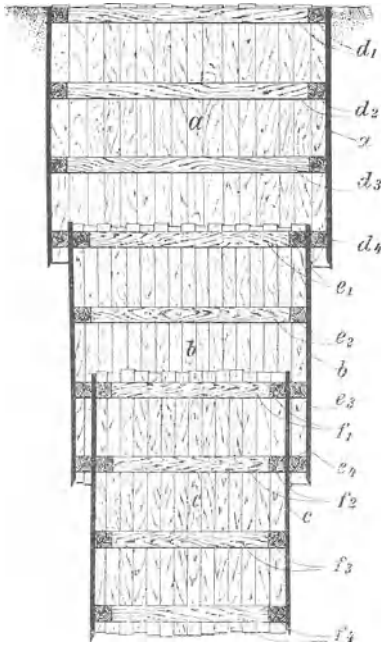


Fig. 224. Senkrechtes Anstecken.

Die Pfähle, zu denen man in der Regel starke Bohlen verwendet, werden durch Nut und Feder oder Verspundung (Fig. 225) miteinander verbunden. Auch wendet man Bohlen in doppelter Lage (doppeltes Bohlenanstecken) an, wobei die Fugen gegeneinander versetzt werden. Hierdurch wird das Durchquellen des Sandes noch besser verhindert. Die Pfähle werden unten zugespitzt und zweckmäßig mit Eisenblech beschlagen, damit sie



Fig. 225. Hölzerne Spundwand.

widerstandsfähiger sind und leichter in das Gebirge eindringen. Das Eintreiben der Pfähle erfolgt durch Rammen oder Winden. Es kommt dabei darauf an, daß die Pfähle aneinander schließen und weder nach außen noch nach innen abweichen. Man fördert deshalb, sobald sie  $\frac{1}{2}$  m eingetrieben sind, das eingeschlossene Gebirge heraus und legt ein neues Geviert als Führungsrahmen, der den Bohlen beim weiteren Abtreiben nach innen Halt und Führung gibt. Da durch das Abteufen der Gebirgsdruck rege wird und von außen nach innen wirkt, ist ein Abweichen der Bohlen nach außen weniger zu befürchten.

Trotz aller Vorsicht kann es vorkommen, daß die Pfähle auseinandergehen und den Erfolg des Abteufens in Frage stellen. Namentlich ist dies zu befürchten, wenn härtere Einlagerungen, Findlinge u. dgl. in den zu durchteufenden Schichten vorkommen. Die Gefahr wird naturgemäß um so größer, je tiefer der Schacht und je bedeutender die Wasserdruckhöhe wird.

verringern, wählt man die Ansteck-Absätze möglichst hoch. Verwendet man Pfähle aus Holz, so gibt man ihnen Längen bis zu 4, ja sogar bis 6 m. Bevorzugt werden eiserne Spundwände, denen man Längen von 10 bis 15 m und auch noch darüber geben kann.

Für die Arbeit muß man durch genau lotrecht übereinander als Führung angeordnete Rahmen, deren Lage gegen Verschiebungen gesichert sein muß, einen senkrechten, den Schachtfumfang umfassenden Schlitz herstellen, in dem die Pfähle oder die Teile der Spundwand niedergetrieben werden. Nach Fig. 224 ist dieser senkrechte Schlitz zwischen den Gevierten  $e_3$ ,  $e_4$  einerseits und den Gevierten  $f_1$ ,  $f_2$  andererseits vorhanden.

### 30. — Das senkrechte Anstecken mit hölzernen Pfählen.

Die Sicherung der Sohle geschieht in entsprechender Weise, wie dies bei der Getriebearbeit mit schrägem Anstecken geschildert ist.

Des öfteren hat man die Verfahren des gewöhnlichen und des senkrechten Ansteckens miteinander verbunden, in der Art, daß man mittels des senkrechten Ansteckens nur einen Sumpf oder engen Vorschacht zur Entwässerung des Gebirges herstellte und sodann das eigentliche Abteufen mittels der gewöhnlichen Getriebearbeit folgen ließ.

Über einen besonderen Fall des Senkrecht-Ansteckens ist der Abschnitt „Senkschachtverfahren“ unter „Der Anschluß der Mauersenkenschächte an das feste Gebirge“ (Ziff. 70) zu vergleichen.

**31. — Das senkrechte Anstecken mit eisernen Spundwänden. Spundwände von Haase, Eichler, Simon.** Der Erfinder dieses Verfahrens ist Bergwerksdirektor Haase. Der erste, auf diese Weise abgeteufte Schacht lag im Felde der Braunkohlengrube Sössen im Bergrevier Naumburg.

Haase verwendete statt der gewöhnlichen Pfähle solche aus eisernen Rohren, denen zum Zwecke der gegenseitigen Führung nach Art von Nut und Feder ineinander greifende Lappen angenietet waren (Fig. 226). Hieraus ergibt sich der Vorteil, daß ein Spülbohrer in die Rohre sich einführen läßt und damit entgegenstehende Hindernisse beseitigt werden können. Die einzelnen die Wand bildenden Rohre gehen also schon bei einem verhältnismäßig geringen Drucke nieder. Das hat eine geringe Beanspruchung der Rohre beim Einpressen zur Folge, woraus sich wieder die Möglichkeit ergibt, daß man die Rohre nach oben hin durch Aufsetzen

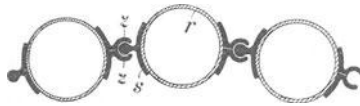


Fig. 226. Haasesche Spundwand.

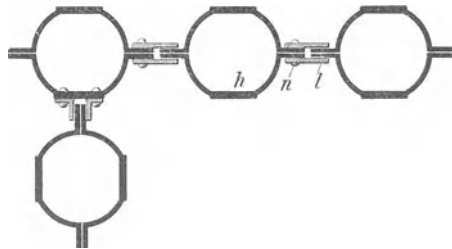


Fig. 227. Vereinfachte Haasesche Spundwand.

leicht verlängern kann. Es lassen sich also mit einem einzigen senkrechten Anstecken größere Gebirgsmächtigkeiten überwinden, als es sonst möglich ist. Die Grenze, bis zu der ein solches Anstecken möglich ist, scheint etwa bei 18—20 m zu liegen. Darüber hinaus wird die gegenseitige Führung der Rohre zu unsicher. Die Rohre laufen auseinander, und die Wand klappt, oder sie keilen sich so gegeneinander fest, daß sie nicht weiter zu bringen sind.

Eine vereinfachte Form der Haaseschen Spundwand, bei der die Rohre durch Profileisen *h* und die Nuten durch angenietete Lappen *l* gebildet sind, ist durch Fig. 227 veranschaulicht.

Später sind mehrfach noch andere Spundwandformen vorgeschlagen, von denen diejenigen von Eichler (Fig. 228) und von Simon (Fig. 229) dadurch bemerkenswert sind, daß sie durch nachträgliches Einfüllen von Zement in die durch Profileisen gebildeten Hohlkörper vollkommen wasser-

dicht gemacht werden können, was bei der Haaseschen Rohrwand nicht möglich ist. Außerdem ist eine aus Walzeisenprofilen hergestellte Wand erheblich billiger als eine Rohrwand.

Das Anstecken der Spundwandteile verläuft ganz ähnlich wie dasjenige der hölzernen Pfähle beim senkrechten Anstecken. Zunächst muß für eine gute, genau senkrechte Führung Sorge getragen und darin die Spundwand aufgestellt werden. Es geschieht dies im trockenen Gebirge oder über der durch Einbringen einer Betonschicht geschützten Sohle. Sodann geht man an das Niederbringen der Rohre, die nacheinander ab-

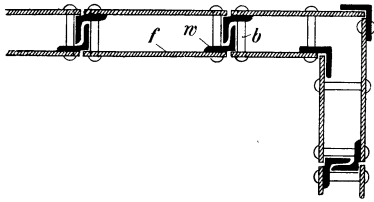


Fig. 228. Eichlersche Spundwand.

satzweise um je  $\frac{1}{2}$ –1 m eingepreßt werden. Man bedient sich dabei gewöhnlicher Wagenwinden, für die man nach oben hin ein Holz der



Fig. 229. Simonsche Spundwand.

Zimmerung als Widerlager benutzt. Kommt man damit nicht mehr weiter, so gebraucht man Rammvorrichtungen. Das Niederbringen wird durch Einführen eines Spülbohrers, wie er beim Tiefbohren Anwendung findet, befördert. Hat man so mit der Rohrwand die wassertragende Schicht erreicht, so beginnt man mit dem Abteufen unter stetiger Vertäfelung der Sohle, solange das Gebirge schwimmend bleibt. Der Schacht wird dabei innerhalb der Rohrwand mit hölzernen oder schmiedeeisernen Gevierten und Bohlenverzug endgültig ausgekleidet.

### 32. — Anwendbarkeit und Kosten der eisernen Spundwände.

Das Verfahren des Senkrecht-Ansteckens mit eisernen Spundwänden ist in den Braunkohlenbezirken des öfteren zur Durchteufung der nahe unter der Tagesoberfläche befindlichen Schwimmsandschichten mit Erfolg benutzt worden. Finden sich grobe Gerölle oder Findlinge in den zu durchteufenden Schichten, so ist zwar ein Durchbohren solcher Hindernisse nicht unmöglich, doch wachsen dann die Schwierigkeiten bedeutend und stellen den Erfolg der Arbeit in Frage. Die Kosten schwanken dementsprechend in weiten Grenzen. Sie werden auf 700–3000 *M* je 1 m Schacht angegeben. 1 qm Schachtwandung kostet 60–140 *M*.

## II. Das Senkschachtverfahren.

### Einleitung.

33. — Allgemeines über Art und Wesen des Verfahrens. Während bei der Abtreibearbeit die aus hölzernen Pfählen oder Profileisen bestehende Schachtwandung in einzelnen Teilen, also abwechselnd an den verschiedenen Punkten des Schachttumfanges, in die zu durchteufenden Schichten eingetrieben wird, dringt bei dem Senkschachtverfahren die geschlossene Schachtwandung als Ganzes in das Gebirge vor. Entsprechend dem Nieder-

sinken der Schachtwandung wird sie oben höher gebaut und so andauernd verlängert. Die Herrichtung und Fertigstellung des Ausbaues geschieht also oberhalb der zu durchteufenden Schichten. Das Niedergehen der Schachtwandung erfolgt entweder allein durch ihr eigenes Gewicht oder wird durch künstliche Belastung oder durch besondere Preßeinrichtungen begünstigt. Der Querschnitt eines Senkschachtes ist stets kreisrund.

Die niedergehende Schachtwandung nennt man den Senkkörper, den untersten Ring des Senkkörpers den Senk- oder Schneidenschuh, weil er das Gebirge durchschneiden muß.

Während der Senkarbeit wird die Sohle des Schachtes etwa entsprechend dem Vorrücken des Senkkörpers vertieft, was entweder bei niedergehaltenem Wasserspiegel durch unmittelbare Handarbeit auf der Sohle oder aber durch Bagger, Sackbohrer u. dgl. im „toten Wasser“, nachdem dieses bis zum natürlichen Wasserspiegel angestiegen ist, geschehen kann. In jedem Falle soll möglichst der Schneidenschuh nach Fig. 230 der Schachtsohle gegenüber voraus sein und soll nicht etwa, wie dies Fig. 231 andeutet, unterhöhlt und unterschritten werden, weil anderenfalls das Gebirge rund um den Schacht in Bewegung kommen und

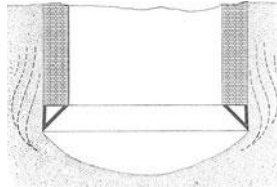
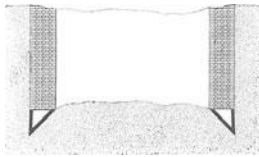


Fig. 230.

Fig. 231.

Schneidenschuh in seinem Stande zur Schachtsohle.

nachstürzen kann. Die punktierten Linien in der Fig. 231 deuten an, wie das Nachstürzen des Gebirges beginnen und sich allmählich fortpflanzen kann. Gerät das Gebirge in Bewegung, so wird der Senkkörper durch den Stoß und den ungleichmäßigen Druck der stürzenden und nachsinkenden Massen häufig über seine Widerstandsfähigkeit hinaus in Anspruch genommen, wird unrund oder geht ganz zu Bruche. Größere Gebirgsbewegungen setzen sich überdies bis zur Tagesoberfläche fort, so daß Senkungen und Tagesbrüche in der unmittelbaren Nachbarschaft des Schachtes die Folge sind.

Freilich wird man manchmal, wenn der Senkkörper durchaus nicht weiter sinken will, zu einem Unterschneiden des Senkschuhs gezwungen. Es bleibt dies aber in jedem Falle ein gewagtes und in seinen Folgen nicht zu übersehendes Mittel.

Hat der Senkschacht wassertragendes Gebirge erreicht, so sucht man den Senkkörper ein Stück in dieses einzupressen, um einen Abschluß der Wasser nach unten hin zu erhalten. Durch besondere Anschlußarbeiten wird der Wasserabschluß noch des weiteren sicher gestellt.

Das Senkschachtverfahren ist seiner Natur nach auf weiches, mildes Gebirge beschränkt, das dem Schneidenschuh ein Eindringen gestattet. Im



festen Gebirge, das der Senkschuh nicht durchschneiden kann, oder auch in Schichten, die einzelne harte Blöcke (z. B. Findlinge) enthalten, ist es nicht anwendbar. Selbstverständlich wird man das Senkschachtverfahren nur dann zur Anwendung bringen, wenn die schwimmende Beschaffenheit des Gebirges dazu zwingt. Im trockenen Gebirge ist das gewöhnliche Abteufverfahren billiger.

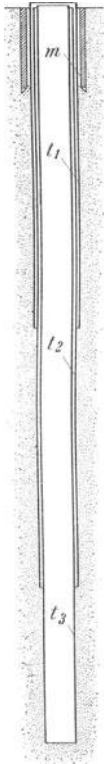


Fig. 232. Ineinanderschachtung von 4 Senkkörpern.

**34. — Die bei wachsender Teufe auftretenden Schwierigkeiten und die Verwendung mehrerer Senkkörper.** Je tiefer der Senkkörper in das Gebirge eindringt, desto größer wird der Gebirgsdruck und die diesem ausgesetzte Fläche der Schachtwand. Um so höher wächst demgemäß die Reibung zwischen Senkkörper und Gebirge an, die ebenso wie der Widerstand, den der Schneidschuh findet, durch die bereits genannten Mittel überwunden werden muß. Schließlich aber werden die Widerstände zu groß, und der Senkkörper ist durch kein Mittel mehr tiefer zu bringen.

Will man alsdann trotzdem weiter bei dem Senkschachtverfahren verbleiben, so muß ein zweiter Senkschacht in den ersten eingebaut werden, der nun von der bereits erreichten Sohle aus von neuem in das Gebirge so lange vordringt, bis auch er seinerseits zum Stillstande kommt. Auf diese Weise kann es notwendig werden, nach Fig. 232 eine ganze Reihe von Senkschächten mit stets enger werdendem Durchmesser nach Art eines Fernrohres ineinander zu bauen, wenn man größere Teufen erreichen will. In der Fig. 232 sind ein Mauersenkenschacht  $m$  und 3 eiserne Senkzylinder  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  dargestellt. Auf Zeche Deutscher Kaiser II hat man z. B. bis 116 m Teufe 5 und auf Rheinpreußen I bis 125 m Teufe sogar 7 Senkkörper ineinander schachteln müssen.

**35. — Die für das Verfahren in Frage kommenden Teufen.** Da mit zunehmender Teufe die auf die Wandung des Senkkörpers einwirkende Reibung wächst, so folgt, daß das Verfahren sich hauptsächlich auf die oberen Teufen beschränken wird. Gerade hier wird es auch am häufigsten erforderlich werden, weil lockeres und gleichzeitig wasserführendes Gebirge in der Regel nahe unter Tage aufzutreten pflegt. Tatsächlich finden wir denn auch, daß das Verfahren allgemein nur bis zu geringen Teufen Anwendung gefunden hat.

Von 478 im Jahre 1900 im Ruhrbezirke vorhandenen Schächten waren nach dem Sammelwerk 178 teilweise durch Senkarbeit niedergebracht worden. Davon hat man bei 155 Schächten sich des Verfahrens nicht tiefer als bis höchstens 25 m bedient und nur bei 23 Schächten ist diese Teufe überschritten worden. Nur mit 11 Schächten hat man Teufen über 50 m und mit 6 Schächten Teufen über 100 m erreicht. Der tiefste, im Ruhrbezirk mittels Senkarbeit mit Erfolg niedergebrachte Schacht ist Schacht Hugo bei Holten, der 178 m Teufe erreicht hat.

Aus diesen Zahlen ergibt sich, daß das Senkschachtverfahren mit besonderer Vorliebe zur Einleitung der Abteufarbeiten benutzt wird, um später nach Überwindung der nahe unter Tage befindlichen, lockeren und wasserführenden Schichten durch andere Verfahren abgelöst zu werden.

*Einrichtungen über Tage und vorbereitende Arbeiten.*

**36. — Fördergerüst.** Da bei jedem Senkschacht Gebirgsbewegungen und Senkungen der Erdoberfläche um den Schacht herum zu besorgen sind, so pflegt man sich gern mit einem vorläufigen Fördergerüst zu begnügen, das später bei dem Übergange zu einem anderen Abteufverfahren durch das endgültige, sorgfältiger gebaute und besser fundamentierte Gerüst ersetzt wird.

Das vorläufige, für die Dauer der Senkarbeit bestimmte Fördergerüst wird möglichst leicht gehalten, wenn der Senkschacht nur eine geringe Tiefe erreichen soll und beabsichtigt ist, auf der Sohle lediglich die gewöhnliche Handarbeit anzuwenden. Ist aber die in Aussicht genommene Teufe erheblich und sieht man voraus, daß schwere Bohreinrichtungen, Tübbings usw. vom Gerüste aus bewegt werden müssen, so muß es stärker gebaut und den zu erwartenden Anforderungen entsprechend hergestellt werden. Besondere Schwierigkeiten macht in Rücksicht auf den unsicheren Baugrund die Fundamentierung des Gerüsts. Man verlagert gewöhnlich in der für Fördergerüste auch sonst üblichen Weise (s. Fig. 195 und 196) lange Grundsohlenhölzer unmittelbar auf dem Erdboden, auf denen man sodann das Gerüst aufbaut. Gut bewährt hat sich auch das Verfahren, die Sohlenhölzer auf eine größere Zahl von gemauerten Einzelfundamenten (bis zu 22) zu legen, so daß beim Nachgeben des einen oder anderen Mauerfußes nicht der Verband des ganzen Gerüsts gestört wird und durch Aufmauern des betreffenden Fußes der Stützpunkt wieder gewonnen werden kann.

**37. — Fördermaschine und Förderkabel und sonstige Einrichtungen.** In etwa 20—30 m seitlicher Entfernung vom Schachte wird die Fördermaschine aufgestellt. Eine geringere Entfernung ist wegen etwaiger Bodensenkungen nicht rätlich. Die Stärke der Maschine wird je nach der mit dem Senkschachte zu erreichenden Tiefe bemessen und beträgt in der Regel 120—200 PS. Die Maschine dient bei der Arbeit auf der Sohle zur Bergförderung und wird bei der Arbeit im toten Wasser außerdem zum Antrieb der Bohrvorrichtungen benutzt.

Für tiefere Senkschächte mit gußeisernem Senkkörper pflegt man außer einer Fördermaschine, und zwar dieser gegenüber auf der anderen Seite des Schachtes, noch ein Dampfkabel von etwa 50000 kg Tragkraft aufzustellen. Es trägt beim Einbau der eisernen Tübbings die schwebende Bühne, von der aus die Arbeit zweckmäßig vorgenommen wird. Oder es werden mit ihm die Tübbings eingehängt, wenn der Zusammenbau von einem festen Standpunkte aus erfolgt. Auch benutzt man das Dampfkabel bei der Arbeit im toten Wasser zum Einhängen und Aufholen des Greifbaggers oder der Bohrvorrichtungen.

Die sonstigen Einrichtungen über Tage (Kesselanlage, Werkstätten, Kauen usw.) entsprechen denjenigen, wie sie auch für das gewöhnliche Abteufen mit Hand erforderlich sind.

**38. — Vorschacht.** Da meistens einige Meter tief bis zur Erreichung des Grundwasserspiegels trocken abgeteuft werden kann, tut man dies auf gewöhnliche Weise mit Hand, indem man einen sog Vorschacht herstellt. Dieser muß einen genügend großen Durchmesser erhalten, damit er den Senkkörper in sich aufnehmen kann. Die Stöße des Vorschachtes werden, soweit es erforderlich erscheint, durch Ausbau mit eisernen Ringen und Bretterverzug gesichert. Auf der Sohle des Vorschachtes wird sodann der Schneidschuh des Senkkörpers zusammengesetzt und der Senkkörper selbst von hier aus aufgebaut.

#### *Die Senkkörper und ihr Einbau.*

**39. — Einteilung.** Die Senkkörper bestehen:

1. aus Mauerung oder
2. aus eisenarmiertem Beton oder
3. aus gußeiserner Küvelage oder
4. aus einer Verbindung von Mauerung und Küvelage.

Der unter 4 genannte Senkkörper ist bisher nur in wenigen Fällen angewandt worden. Was die beiden ersten betrifft, so haben Mauerung und Beton den Vorteil, daß sie sich wesentlich billiger stellen als die Küvelage und daß ihr Gesamtgewicht größer ist. Dafür nehmen sie mehr Raum ein, die Reibung gegenüber dem Gebirge ist größer, und trotz des höheren Gewichtes ist die Belastung der Schneide, auf die Flächeneinheit berechnet, geringer als bei der gußeisernen Küvelage. Ferner ist die Widerstandskraft, namentlich des Mauersenkörpers, gegen von außen kommende Biegungsbeanspruchungen nur gering; auch sind Belastungen mittels Pressen nicht zulässig. Aus diesen Gründen wendet man Mauerung und Beton nur zu Anfang des Abteufens bis etwa 20—30 m Teufe an und geht sodann zu Küvelageschächten über.

In einzelnen Fällen sind früher auch aus Schmiedeeisen zusammengesetzte Senkkörper benutzt worden. Jedoch ist Schmiedeeisen nur in verhältnismäßig dünnen Blechen herstellbar, so daß es für größere Schachtdurchmesser und Teufen außer Betracht bleiben muß.

**40. — Die Mauersenschächte. Der Schneidschuh.** Der die Unterlage für das Mauerwerk bildende und das Einschneiden erleichternde Schneidschuh wurde früher aus einem Holzrost mit eiserner Schneide zusammengebaut. Man ist jedoch neuerdings allgemein zu den gußeisernen Senkschuhen (Fig. 233) übergegangen, die zwar teurer sind als die hölzernen, aber auch eine erheblich größere Festigkeit besitzen. Solche Schneidschuhe sind aus 6—14 hohlen Segmenten *s*, die Verstärkungsrippen *r* besitzen, zusammengeschaubt. Oben sind sie in der Regel offen. Nach dem Zusammenbau werden sie mit Zement oder Mauerwerk ausgefüllt.

Die obere Breite des Schuhs beträgt je nach der Mauerstärke 0,55—1,10 m, die Höhe 0,60—1,2 m, die Wandstärke 30—50 mm. Zwischen die Segmente wird vor dem Zusammenschrauben eine Bleidichtung gelegt. Neuerdings fügt man auch nach Fig. 233 zwischen die

Segmente einen Holzrahmen *h* ein, wobei die Dichtung durch Einstampfen einer Eisenkittmischung *c* erfolgt.

Die Außenfläche der gußeisernen Senkschuhe erhält häufig eine geringe Neigung nach außen, so daß also die äußerste Schneide etwas nach außen vorspringt. Hierdurch schneidet sich der Schuh leichter in das Gebirge ein. Der Winkel an der Spitze liegt zwischen 40 und 50°.

Ein mittelstarker Senkschuh für eine Anfangstärke der Mauerung von 3 Steinen bei 6—8 m Schachtdurchmesser wiegt etwa 15 000 bis 20 000 kg und kostet 4500—6000 *M*.

**41. — Die Verankerung.** Zur festeren Verbindung des Mauerwerkes mit dem Senkschuh einerseits und zur Erhöhung der Festigkeit des Mauerwerkes in sich andererseits dient die Verankerung, die aus den senkrechten Ankerstangen *a* (Fig. 234), der Verschraubung *v* und den wagerechten Verbindungs-laschen *l* besteht. Die Ankerstangen *a* sind mit ihrem unteren Ende an Rippen *r* des Schneidshuhes *s* befestigt, sei es, daß sie hier durch Löcher gesteckt und mittels Schrauben gehalten werden, sei es, daß sie, wie dies die

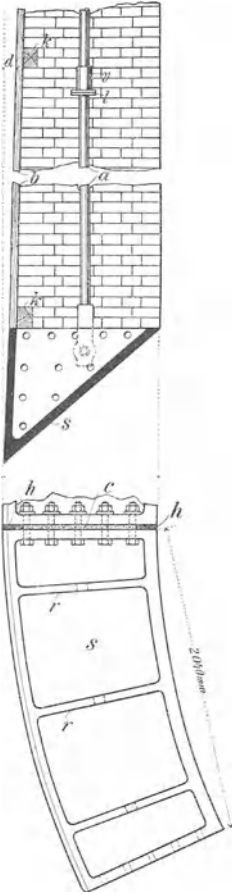


Fig. 233. Eiserner Schneidshuh für Mauersenk-schächte mit Ankerstange.

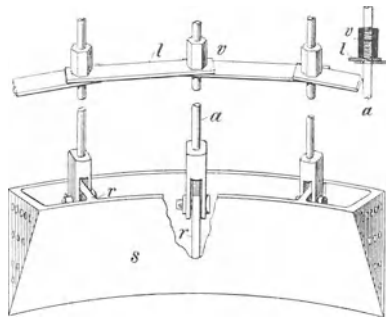


Fig. 234. Ansicht eines Segmentes eines eisernen Schneidshuhes für Mauersenk-schächte mit zugehöriger Verankerung.

Figur darstellt, gabelförmig über die Querrippen greifen und durch hindurchgesteckte Bolzen befestigt werden. Die 3—6 cm dicken Stangen besitzen Längen von 3—4 m und können nach oben hin durch Aufsetzen weiterer Stangen mittels Mutterschrauben *v* mit Rechts- und Linksgewinde beliebig verlängert werden. Die an den Enden durchbohrten, wagerechten, 12—40 mm dicken und 100—200 mm breiten Verbindungs-laschen *l* werden so über die Stangen *a* geschoben, daß diese mit den Mutterschrauben auf ihnen ruhen. Auf diese Weise wird ein großmaschiges Gitterwerk in der Mauerwand hergestellt.

**42. — Das Mauerwerk.** Für das Mauerwerk verwendet man gern Tonschieferziegel, da sie fester als Lehmziegel sind. Die Ziegel selbst haben die übliche Größe. Da man vom Mörtel verlangt, daß er ebenfalls möglichst fest ist und außerdem rasch abbindet, verwendet man gewöhnlich einen aus 1 Teil Zement und 2—3 Teilen Sand bestehenden Zementmörtel. Die Mauer erhält je nach dem Durchmesser des Schachtes und der Teufe, bis zu der der Senkkörper vordringen soll, eine Anfangstärke von 2 bis 4 Steinen. Bei einem Schachte von 5 m Durchmesser und darüber und einer in Aussicht genommenen Teufe von 25—30 m wird man kaum eine geringere Anfangstärke als 4 Steine wählen. Nach oben hin erhält die Außenseite der Mauer, um die Reibung zu vermindern, eine schwache Neigung nach innen — die sog. Dossierung —, die 1 : 50 bis 1 : 100 beträgt und bei Bemessung der anfänglichen Mauerstärke zu berücksichtigen ist. Ferner dient zur Herabsetzung der Reibung eine außen angebrachte Ummantelung der Mauer mit 20—30 mm starken Holzbrettern, die an eingemauerten Holzkränzen festgenagelt werden (Fig. 233). Auf die Bretter gestrichene Schmierseife befördert noch mehr das leichte Einsinken des Senkkörpers. In den letzten Jahren hat man mehrfach die Bretterummantelung fallen lassen und dafür einen guten und schnell bindenden Zementverputz (1 Teil Zement, 3 Teile Sand) angewandt. Die damit gemachten Erfahrungen sind durchaus befriedigend.

**43. — Der Einbau und das Hochmauern des Senkkörpers.** Der Einbau des Senkkörpers erfolgt derart, daß zunächst der Schneid Schuh auf der Sohle des Vorschachtes zusammengesetzt und genau wagerecht gelegt wird. Alsdann wird mit dem Hochziehen der Mauerung begonnen, was zunächst von der Schachtsohle und später von einer schwebenden oder festen Bühne oder auch von der Erdoberfläche aus am Umfange des Mauerwerks geschieht. Der ringförmige Raum zwischen der Senkmauer und dem Vorschachte wird mit Reisig oder Stroh ausgefüllt, das beim Niedergehen des Schachtes teilweise mitgerissen wird. Diese Ausfüllungsmassen sollen einerseits die Reibung vermindern und andererseits ein Durchbrechen des Gebirges verhüten.

Hat die Mauerung einige Meter Höhe über der Erdoberfläche erreicht, so beginnt die Arbeit auf der Sohle mit der Hereingewinnung des Gebirges, während die Maurerarbeiten ruhen, um nicht die auf der Sohle arbeitenden Leute zu gefährden. Das Mauern wird erst wieder fortgesetzt, wenn die Oberfläche der Mauerung nur noch wenig über den Erdboden hervorragt. Damit der Wechsel nicht zu oft eintritt, sind Mauersätze von 3—4 oder noch mehr Metern Höhe zweckmäßig.

Bei der Senkarbeit im toten Wasser wird dagegen häufig gleichzeitig gemauert und die Sohle vertieft.

**44. — Die Teufengrenze für Mauersenk schächte.** Es ist zwar in einzelnen Fällen gelungen, Mauersenk schächte auf Teufen von 50—60, ja sogar von 75 bzw. 92 m niederzubringen.<sup>1)</sup> Doch gehören solche Erfolge zu den Ausnahmen und sind von vornherein jedenfalls nicht

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1863, S. 51 und ebenda 1875, S. 244.

zu erwarten. Deshalb tut man gut, Mauer senkschächte nur für Teufen bis höchstens 25—30 m in Aussicht zu nehmen, weil man alsdann mit einiger Sicherheit darauf rechnen kann, das Ziel zu erreichen. Die künstlichen Mittel, die man, um ein weiteres Niedergehen des Senkschachtes zu erzwingen, anwenden kann, insbesondere das Unterschneiden oder Unterspülen des Schneidschubes, das Pressen und Belasten des Senkkörpers, nützen erfahrungsgemäß bei Mauer senkschächten wenig, geben aber leicht zu Beschädigungen und Schiefstellungen des Mauerzylinders Veranlassung.

**45. — Senkkörper aus Beton.** Wenn man Beton für Senkschächte verwenden will, so wird man stets Eisenbeton wählen. Es ist nicht zu verkennen, daß gerade Eisenbeton wegen der hohen Biegezugfestigkeit bei geringen Wandstärken für den vorliegenden Zweck gegenüber dem Mauerwerk mannigfache Vorteile bietet. Von den auf S. 124 angegebenen Ausführungsarten von Schachtauskleidungen in Beton sind für Senkschächte bisher nur zwei, nämlich die Hochführung der Schachtwandung aus Formsteinen einerseits und aus Stampfbeton andererseits, zur Anwendung gekommen.

Ein Beispiel für die Verwendung von eisenbewehrtem Beton-Formsteinen ist der Senkschacht der belgischen Kohlengrube Hautrage, der im Jahre 1907 bis zu einer Teufe von 22 m niedergebracht wurde.<sup>1)</sup> Die Schachtwand wurde aus großen, 1 m langen und 80 cm breiten Betonsteinen zusammengesetzt, die oben und unten zickzackförmig ineinander griffen. Ihre durchschnittliche Höhe betrug 50 cm. In durchgehenden, senkrechten Löchern und in wagerechten Fugen wurde die Eisenarmierung untergebracht und mit flüssigem Zement vergossen. Der Senkkörper hielt den an ihn herantretenden Beanspruchungen gut stand.

Senkschächte aus eisenbewehrtem Stampfbeton sind in größerer Zahl in den Vereinigten Staaten von Amerika niedergebracht worden.<sup>2)</sup> Als Beispiel sei der Mortonschacht bei Hibbing (Minnesota) erwähnt, dessen Abmessungen aus der Fig. 235 ersichtlich sind. Der Beton wurde zwischen eine innere und äußere Verschalung eingestampft, die ent-

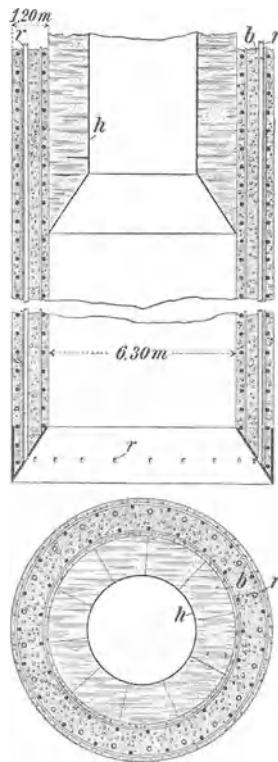


Fig. 235. Senkschacht aus eisenbewehrtem Beton.

<sup>1)</sup> Ann. d. min. de Belgique 1908, S. 1173 u. f.; Stassart: Emploi d'un revêtement descendant en béton armé.

<sup>2)</sup> Glückauf 1910, Nr. 24 und 25; Viebig: Die Verwendung von Eisenbeton beim Grubenausbau; ferner The Engineering and Mining Journal 1909, S. 599; Fay: Sinking a reinforced concrete mineshaft.

sprechend dem Einsinken des Senkkörpers hochgezogen wurde. In der Betonwandung wurden ringsum Rohre  $r$  angeordnet, durch welche Wasser unter einem Drucke von 7 Atmosphären, gemessen an der über Tage aufgestellten Pumpe, auf die Schachtsohle geführt wurde. Das Wasser lockerte das Gebirge am Umfange des Schachtes auf und beförderte es nach der Schachtmitte, von wo es durch einen Bagger zutage geschafft wurde. Da das Gewicht des Betonmantels nicht genügte, um den Schacht zum Sinken zu bringen, wurde in den Senkschacht ein eiserner Hohlzylinder  $h$  eingebracht und der Raum zwischen beiden mit Sand und Wasser ausgefüllt. Der Senkschacht erreichte in 12 Monaten eine Teufe von 48,75 m; die Unternehmerfirma erhielt je 1 m 7000  $M$ .

Mehrfach hat man in den Vereinigten Staaten auch eisenverstärkte Beton-Senkschächte in Verbindung mit dem Preßluftverfahren (s. S. 210 u. f.) benutzt.

**46. — Die gußeisernen Senkkörper. Der Schneidschuh.** Der Schneidschuh für gußeiserne Senkkörper besteht aus mehreren Segmenten, deren Zahl je nach dem Durchmesser des Schachtes 8—14 beträgt. Die Segmente werden in der üblichen Weise unter Benutzung von Bleistreifen als Dichtung zu einem geschlossenen Ringe verschraubt. Der übliche Querschnitt entspricht demjenigen der deutschen Tübbings, nur daß statt des unteren Flansches eine Schneide  $s$  angebracht ist (Fig. 236). Soll später ein Tübbingspaßring von unten her zum Zwecke des Anschlusses



Fig. 236.  
Schneidschuh  
für gußeiserne  
Senkschächte.



Fig. 237.  
Schneidschuh  
mit unterem  
Flansche für  
den Anschluß  
von Paßringen.



Fig. 238.  
Schneid-  
schuh mit  
Stahlband  
für gußeiserne  
Senk-  
schächte.

angebaut werden, so kann man auch einen Schuh mit unterem Flansch wählen, wie er in Fig. 237 dargestellt ist. Für Teufen bis etwa 50 m besteht der Senkschuh aus Gußeisen; für größere Teufen, ebenso wenn harte oder ungleichmäßig feste Gebirgsschichten zu erwarten stehen, wählt man lieber Senkschuhe aus Stahlguß, da diese eine höhere Biegefestigkeit besitzen und weniger leicht zu Bruche gehen. Auch verstärkt man sie wohl noch (Fig. 238) durch umgelegte und verschraubte Stahlbänder  $b$ , die so in einer ringförmigen Aus-

sparung des Senkschuhes angebracht werden, daß ihre Stoßfugen gegen diejenigen des Senkschuhes versetzt sind. Auf diese Weise erhalten auch die seitlichen Flanschenverbindungen eine höhere Festigkeit.

Die Wandstärke der Senkschuhe pflegt man auch für geringere Teufen immerhin auf 50—75 mm zu bemessen, falls als Material Gußeisen gewählt ist. Bei stählernen Senkschuhen hat man sich auch mit 40 bis 60 mm Wandstärke begnügt. Andererseits geht man aber bis zu Wand-

stärken von 90—120 mm, falls es sich um größere Teufen handelt. Dementsprechend schwankt das Gewicht in weiten Grenzen und kann für mittlere Schachtdurchmesser auf 6000—18000 kg angenommen werden.

**47. — Die Tübbings.** Die auf den Schneid Schuh aufgebaute Kive-lage besteht aus deutschen Tübbings (s. o.), die früher zur besseren Übertragung der senkrechten Druckkräfte noch je eine mittlere, senkrechte Verstärkungsrippe erhielten. Es entstanden so ununterbrochen durchlaufende, senkrechte Linien von Verstärkungen, die in dem einen Tübbingsringe durch die senkrechten Flanschen, im nächsten durch die erwähnten Verstärkungsrippen gebildet wurden. Es hat sich aber gezeigt, daß diese senkrechten Verstärkungsrippen, statt zu nützen, sogar schädlich wirken. Die Kreuzungstellen der senkrechten und wagerechten Rippen kühlen bei der Herstellung der Tübbings zu langsam ab. Es entstehen infolgedessen Gußspannungen an diesen Stellen, und die Tübbings brechen leichter als solche ohne die senkrechten Rippen. In neuerer Zeit verwendet man deshalb nur noch die gewöhnlichen Tübbings.

Mit der Wandstärke pflegt man bei Senkschächten nicht unter 40 mm zu gehen, selbst wenn es sich nur um flache Teufen handelt. Es ist dies auch durchaus richtig und zweckmäßig, weil die Beanspruchungen mannigfacher Art an Senkschächte einerseits außergewöhnlich groß sind und sich anderseits der Rechnung entziehen, so daß ein sehr erheblicher Sicherheitszuschlag bei der Wandstärke nur rätlich ist. In jedem Falle tut man gut, der Rechnung nicht nur den Druck der Wassersäule, sondern den Druck des schwimmenden Gebirges, der, wie schon auf S. 143 gesagt, auf etwa das 1,7fache des reinen Wasserdruckes anzunehmen ist, zugrunde zu legen.

**48. — Verbundsenkkörper.** Nach dem Vorschlage des Bergwerksdirektors Pattberg ist einige Male, z. B. auf Zeche Rheinpreußen IV und V bei Homberg und auf dem Eduardschachte der Zeche Anna bei Aachen, ein Senkkörper, der teils aus einer gußeisernen Kive-lage und teils aus Mauerwerk besteht, zur Anwendung gekommen. Wie die Fig. 239 zeigt, werden zwischen die Tübbingsringe kastenförmige, gußeiserne, durch Ankerstangen *a* verbundene Ringe *k* von etwa 500 mm Höhe und 650 mm Breite eingeschaltet, zwischen denen eine 2 Steine starke Mauerung hochgeführt wird. Hierdurch soll einerseits eine gute Versteifung des Senkkörpers gegen den Gebirgsdruck erreicht werden und anderseits ein höheres Gewicht zur Wirkung kommen, um auf diese Weise den Senkkörper tiefer, als es bei gewöhnlichen, gußeisernen Senkzylindern der Fall ist, niederbringen zu können. Tatsächlich sind die mit den Verbundsenkschächten erzielten Erfolge recht befriedigend gewesen, da mit ihnen in

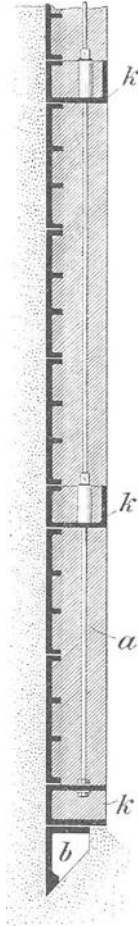


Fig. 239. Verbundsenkschacht.



den oben genannten 3 Fällen Teufen von 60,5, 74,5 und 68,98 m erreicht wurden<sup>1)</sup>, wobei aber die Vorschachtteufe mit 17—20 m in Abzug kommt. Freilich ist das Verfahren auch mit nicht unerheblichen Nachteilen verknüpft. Denn die Raumbeanspruchung des Verbundschachtes ist bedeutend größer als diejenige eines gewöhnlichen, gußeisernen Senkschachtes, so daß an Schachtquerschnitt ein Mehr verloren geht. Auch besteht bei dem Verbundschachte nicht die Möglichkeit, ohne weiteres die undicht gewordenen Fugen zwischen den Tübbings durch Einstemmen von Blei verdichten zu können.

**49. — Der Einbau der gußeisernen Senkzylinder.** Da gußeiserne Senkschächte immer erst im weiteren Verlaufe des Abteufens zur Anwendung kommen, sei es nun, daß das Abteufen nach dem gewöhnlichen Verfahren oder mit einer Senkmauer begonnen ist, so sind besondere Maßregeln zu beobachten. Zunächst muß vor dem Einbau eines jeden Senkzylinders durch sorgfältige Lotungen in dem vorhandenen Schachtteil festgestellt werden, welcher Raum für die lotrechte Hochführung der Wandungen noch zur Verfügung steht, um danach den Durchmesser des neuen Senkkörpers zu bemessen.

Der Schneid Schuh des ersten gußeisernen Senkzylinders wird auf der Sohle des Mauersenk schachtes oder, falls ein solcher ausnahmsweise nicht vorhanden sein sollte, eines Vorschachtes zusammengebaut. Der Schneid Schuh kann bei sehr weichem Gebirge, um ein ungleichmäßiges Einsinken zu verhüten, auf untergelegten Bohlen zusammengesetzt werden. Doch macht die Entfernung der Bohlen durch Wegziehen oder Durchhacken gewisse Schwierigkeiten, so daß man möglichst ohne solche Unterlage fertig zu werden sucht. Nach Fertigstellung des Schuhs baut man die Tübbingswand auf. Man pflegt sich dabei einer schwebenden Bühne zu bedienen, die vom Kabel getragen wird. Sobald die Kùvelage bis zur Tagesoberfläche hochgeführt ist, kann das Abteufen beginnen. Entsprechend dem Einsinken des Senkzylinders werden dann wieder neue Ringe aufgesetzt, wobei die Arbeit auf der Sohle ruht. Der Einbau der Ringe erfolgt hierbei von einer unmittelbar an den Balken des Fördergerüstes aufgehängten Bühne.

Die folgenden Senkzylinder werden am einfachsten von der Sohle des Schachtes aus aufgebaut. Es ist dies ohne weiteres möglich, wenn mit Arbeit auf der Sohle abgeteuft wird.

Wird dagegen im toten Wasser gearbeitet, so muß für den Einbau des zweiten und der folgenden Senkzylinder der Schacht gestümpft werden. Hierbei sind Gebirgsdurchbrüche um so mehr zu fürchten, je größer die bereits erreichte Schachtteufe, je größer der Druck der Wassersäule auf der Schachtsohle und je weicher und nachgiebiger das Gebirge ist. Die Sicherung der Sohle gegen solche Gebirgsdurchbrüche erfolgt dadurch, daß man im Schachte entweder eine Anschüttung aus losem Material (Kies, Sand, Lehm) herstellt oder aber einen Betonpfropfen einbringt.

**50. — Anschüttung.** Die lose Anschüttung erhält eine Höhe, die je nach der Festigkeit des Gebirges und der Menge der zusitzenden Wasser  $\frac{1}{3}$ — $\frac{2}{3}$  der Entfernung zwischen Schachtsohle und Grundwasser-

<sup>1)</sup> Riemer: Das Schachtabteufen in schwierigen Fällen, 1905, S. 132; und Festschr. z. XI. Allgem. Deutschen Bergmannstage; Stegemann: Das Schachtabteufen usw., S. 75.

spiegel beträgt. Um eine feste Unterlage für den Einbau des Senkschuhes zu haben und dessen sofortiges Einsinken zu verhüten, bringt man auf die Anschüttung eine  $1\frac{1}{2}$ —2 m hohe Lage von Ziegelschrott. Nach Fertigstellung des neuen Schneidschuhes und nach Aufbau des Senkzylinders wird die Anschüttung anfangs mit Hand und später durch Sackbohrer oder Greifbagger wieder hereingewonnen und zutage gefördert, während der Senkzylinder leicht bis zur früheren Schachtsohle nachsinkt.

Bei Verwendung von Kies für die Anschüttung hat sich bisweilen gezeigt, daß gröbere Stücke sich zwischen die beiden Senkzylinder setzten und Klemmungen verursachten. Es empfiehlt sich daher, einen gleichmäßig durchgesiebten Sand zu wählen. Lehm ist weniger geeignet, weil er sich schwerer als Sand wieder hereingewinnen läßt.

**51. — Betonpfropfen.** Bei tieferen Schächten bevorzugt man, um nicht allzu große Sandmassen in den Schacht füllen zu müssen, zur Sicherung und zum Abschluß der Sohle Betonpfropfen, die z. B. zweckmäßig aus 1 Teil Zement, 2 Teilen Sand und 2—4 Teilen Ziegelschrott bestehen. Vor Einbringen des Betons ist der Schacht nach Möglichkeit vom Schlamm zu reinigen, da dieser das Erhärten des Zements hindert und die Dichtigkeit des Pfropfens in Frage stellen kann. Die Höhe der Betonpfropfen schwankt zwischen  $7\frac{1}{2}$  und 15 m, je nach der Teufe des Schachtes und dem Wasserdrucke. Damit die Betonmischung beim Einfüllen in den Schacht auf ihrem Wege durch das Wasser sich nicht entmischt, wird sie in Kübeln oder Kästen eingelassen, die erst unter Wasser nahe über der Schachtsohle entleert werden. Noch einfacher ist es, die mit Wasser angerührte Betonmischung durch einen Rohrstrang einzuspülen.

Nach dem Erhärten des Pfropfens, für das etwa 6 Wochen zu rechnen sind, kann der Schacht gesümpft und, nachdem die Oberfläche der Betonsohle eingeebnet ist, der neue Senkzylinder eingebaut werden. Ist dies geschehen, so beginnt man den Betonpfropfen mit Hand zu entfernen und sodann im toten Wasser mit einem Schachtbohrer (s. u.) gänzlich zu durchstoßen. Diese Arbeit nimmt wegen der damit verbundenen Umständlichkeiten einige Monate in Anspruch und ist auch insofern schwierig, als der unter dem Schneidschuh anstehende Beton für den gewöhnlichen Schachtbohrer, dessen Breite die lichte Weite des Schachtes nicht überschreiten darf, unerreichbar bleibt. Zum Nacharbeiten der Stöße benutzt man deshalb besonders nachstellbare Bohrer. Trotzdem bereitet es oft große Schwierigkeiten, den Senkzylinder durch den Beton hindurch zu bringen.

Das Verfahren der Abdichtung der Schachtsohle mittels eines Betonpfropfens ist also zeitraubend und umständlich. In der Regel dürfte bei nicht zu großen Teufen die Anschüttung mit losem Sand den Vorzug verdienen.

**52. — Führung für die Senkzylinder.** Während der erste Senkkörper, der ein Mauerschacht zu sein pflegt, in der Regel unmittelbar und ohne Führung in das Gebirge eindringen muß, ist man in der Lage, jedem folgenden Senkkörper in dem ihn umgebenden weiteren eine sichere Führung zu geben, die ein lotrechtes Niedergehen des neuen Senkzylinders bezweckt.

Soll der Mauersenkenschacht für die Führung benutzt werden, so müssen zunächst etwaige Abweichungen aus der Senkrechten durch Ablotung festgestellt und beseitigt werden, indem das Mauerwerk teilweise auf einer Seite weggespitzt und teilweise auf der Gegenseite durch Aufführen einer Futtermauer verstärkt wird. Eine Futtermauerung wird auch dann erforderlich, wenn der zur Verfügung stehende Raum reichlich groß ist. Bei Kütvelageschächten ist man an den nach den Ergebnissen der Ablotung noch zur Verfügung stehenden Raum gebunden.

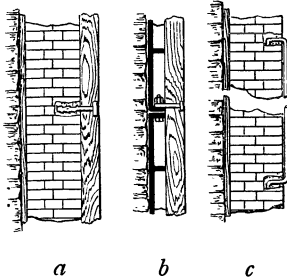


Fig. 240. Führungen für Senkschächte.

Die Führungen selbst werden auf den Umfang des Schachtes gleichmäßig in einer Anzahl von 6—12 Stück verteilt und sorgfältig eingebaut. Bei genügendem Spielraum zwischen beiden Senkzylindern wählt man hölzerne Führungen mit Eisenblechbeschlag, die, wie dies die Fig. 240 a und b zeigen, mittels Bolzen oder Schrauben an dem Mauerwerk oder der Kütvelage befestigt sein können. Geringer Spielraum nötigt zur Verwendung von eisernen Führungen, die ähnlich befestigt werden (Fig. 240 c).

Beginnt das schwimmende Gebirge erst 10—12 m unter Tage, so daß man bis hierher auf gewöhnliche Weise mit Hand abteufen kann, so wird es bei größeren, mit dem Senkverfahren zu überwindenden Teufen zweckmäßig sein, einen besonderen Führungschacht aufzumauern, dem ein Druckring zum Einpressen des Senkzylinders (s. Ziff. 66) aufgesetzt wird.

### *Die eigentlichen Abteufarbeiten.*

**53. — Einleitende Bemerkungen.** Um den Senkkörper zum regelmäßigen Nachsinken zu bringen, muß, wie schon auf S. 181 gesagt, die Sohle durch Abteufarbeit vertieft und das Gebirge hereingewonnen werden. Die Arbeit auf der Sohle unter Wältigung der zuzitenden Wasser ist der größeren Einfachheit und Billigkeit wegen der Arbeit im toten Wasser vorzuziehen, solange die zu durchteufenden, losen Gebirgsschichten nahe unter Tage liegen, der Wasserdruck also noch gering ist, die Hebung der Wasserzuflüsse keine Schwierigkeiten macht und das Gebirge nicht zu Durchbrüchen neigt. Die Arbeit im toten Wasser dagegen hat den Vorzug, daß keine Wasserhaltung gebraucht wird und daß wegen des Gegendruckes der im Schachte befindlichen Wassersäule Gebirgsdurchbrüche und Gebirgsbewegungen um den Schacht weniger zu befürchten stehen.

Im Ruhrbezirk gelingt es gewöhnlich, die nahe unter der Tagesoberfläche liegenden diluvialen Schichten von Sand, Kies und Geröll mit Arbeit auf der Sohle zu durchteufen, falls sie nicht mächtiger als etwa 30 m sind. Wo aber, wie in der Nähe des Rheines, lose tertiäre Gebirgsschichten mit vielem Wasser zu größeren Teufen niedersetzen, muß man die Arbeit im toten Wasser anwenden.

**54. — Arbeit auf der Sohle.** Die Hereingewinnung des Gebirges geschieht entweder mit Schaufel oder Spaten oder, falls härtere Gebirgsschichten auftreten, mittels Keilhaue, Keil und Treibfäustel. In der Regel

legt man den Einbruch in die Mitte und arbeitet, insoweit das Gebirge nicht sich selbst heranschiebt, von hier nach den Stößen hin. Bei härteren Gebirgsschichten, Geschiebestücken u. dgl. muß man je nach den Verhältnissen auch am Stoße arbeiten und nötigenfalls den Schneid Schuh frei machen, damit der Schacht nicht schief geht.

Das lotrechte Niedergehen überwacht man am besten mit einer Kanalwage (Fig. 241), die am Umfange des Senkkörpers etwa 1 m oberhalb des Schneidshuhes angebracht wird und aus einem Ringe  $r$  und einer Anzahl von senkrecht stehenden, mit Marken versehenen Wasserstandgläsern  $g$  besteht. Wenn diese Wage bis zu einer bestimmten Höhe mit Wasser gefüllt ist, so genügt ein einziger Blick auf die Gläser zur Überwachung der Stellung des Schachtes. Für den gleichen Zweck benutzt man auch Lote, die an mehreren Stellen nahe an der Innenwand aufgehängt werden.

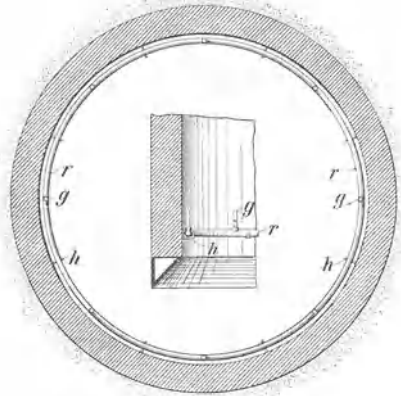


Fig. 241. Kanalwage zur Überwachung des lotrechten Niedergehens von Senkkörpern.

Die Förderung des gewonnenen Gebirges erfolgt durch Kübel oder auch durch Förderwagen, die mittels Ketten an das Seil angeschlagen werden. Die Fördergefäße pflegen sich ohne besondere Führung im Schachte zu bewegen. Es ist dies in der Regel möglich, weil es sich bei der Arbeit auf der Sohle ja nur um geringe Teufen zu handeln pflegt; auch ist es zweckmäßig, weil der Schacht behufs leichten Überganges zur Arbeit im toten Wasser und für den etwaigen Einbau eines neuen Senkkörpers von geringerem Durchmesser möglichst frei von jeglichem Einbau bleiben soll.

Derselbe Grundsatz gilt auch für die Wasserhaltung. Soweit also die Wasser nicht mit den Fördergefäßen gehoben werden können, wendet man Pumpen an, die an Seilen hängen und mit deren Hilfe leicht hoch zu ziehen sind. Insbesondere benutzt man Pulsometer, die ja für geringe Teufen sehr geeignet sind, daneben aber auch Dampfstrahlapparate, Duplexpumpen usw. (zu vgl. 9. Abschnitt „Wasserhaltung“).

**55. — Arbeit im toten Wasser. Überblick.** Bei der Arbeit im toten Wasser läßt man die dem Schachte zuzitzenden Wasser bis zur Höhe des Grundwasserspiegels aufsteigen. Die Hereingewinnung und Förderung des Gebirges erfolgen alsdann durch mechanische Hilfsmittel unter Wasser. Wegen des engen Zusammenhanges zwischen Hereingewinnung und Förderung werden z. T. die gleichen Mittel für diese wie jene benutzt. Man kann die folgenden Arbeitsarten unterscheiden:

1. Arbeit mit dem Sackbohrer,
2. Arbeit mit dem Eimerbagger (Becherwerk),

3. Arbeit mit dem Greifbagger, wobei Rührbohrer behufs Auflockerung des Gebirges zur Verwendung kommen können,
4. Arbeit mit dem Pattbergschen Stoßbohrer.

**56. — Sackbohrer.** Für weiches, insbesondere sandiges Gebirge ist der Sackbohrer gut geeignet. Der Bohrer besteht aus dem Arbeitsgestänge, dem Sackrahmen und dem eigentlichen Sack. Das Gestänge kann aus Holz oder quadratischen Eisenstangen oder aus Röhren zusammengesetzt sein. Für größere Teufen eignet sich am besten das hohle Röhrengestänge, da es einerseits leicht und andererseits widerstandsfähig gegen Knicken und Verdrehen ist. Der Sackrahmen, der die Öffnung des eigentlichen Sackes bildet, ist in der Regel aus Schmiedeeisen gefertigt und häufig an der auf der Schachtsohle gleitenden Unterseite mit Reißern und Messern zwecks Einschneidens in das Gebirge besetzt. Der Sack ist in seinem unteren Teile in der Regel aus haltbarem Leder, in seinem oberen Teile aus wasserdurchlässiger Sackleinewand gefertigt.

Die Sackbohrer in ihrer einfachsten Form sind klein, einseitig gebaut und werden mit Hand gedreht (Fig. 242). Sobald der Sack gefüllt

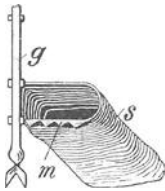


Fig. 242. Einfacher Sackbohrer.

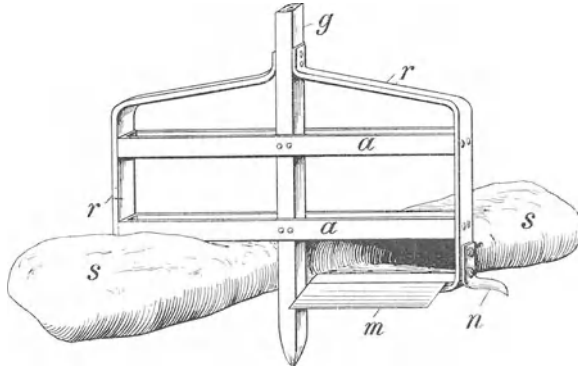


Fig. 243. Größerer Sackbohrer.

ist, wird er zwecks Entleerung aufgeholt. Zur Beschleunigung des Abteufens pflegt man mit mehreren solchen Bohrern gleichzeitig zu arbeiten, wobei man diese annähernd gleichmäßig auf die Schachtscheibe verteilt. Man wendet sie bis etwa 30 m Teufe an.

Die größeren Schachtbohrer haben je einen Sack auf jeder Seite des Gestänges und erreichen mit ihrer Gesamtbreite annähernd den lichten Durchmesser des Schachtes (Fig. 243). Sie werden von Ochsen oder Pferden gedreht oder durch maschinelle Kraft mittels Riemen- oder Zahnradübertragung angetrieben.

**57. — Sackbohrer von Sassenberg und Clermont.** Bei größerer Teufe ist die Leistung der gewöhnlichen Sackbohrer gering, da man gezwungen ist, jedesmal beim Aufholen des Sackes das ganze Gestänge auszubauen. Um die hierdurch entstehenden Pausen abzukürzen, haben Sassenberg und Clermont einen Sackbohrer mit gesondert aufholbaren Säcken gebaut, der beim Abteufen des Adolfschachtes bei Aachen<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Riemer: Das Schachtabteufen in schwierigen Fällen, 1905, S. 117 u. f.

mit gutem Erfolge benutzt worden ist (Fig. 244). Am Hohlgestänge  $g$  sind in gewissen Abständen Querarme  $a$  befestigt, die senkrechte Führungen  $l$  tragen. An diesen kann der den Sack  $s$  tragende Rahmen  $r$  herabgelassen und nach Füllung des Sackes wieder aufgeholt werden, ohne daß das Gestänge ausgebaut zu werden braucht. In seiner untersten Lage wird der Rahmen  $r$  durch einen mit dem Gestänge fest verbundenen Außenrahmen  $b$  gehalten, der den bei der Drehung des ganzen Bohrers auftretenden Widerstand aufnehmen muß. Der genannte Schacht ist mit solchem Bohrer bis 61,5 m Teufe niedergebracht worden.

Die Einrichtung hat den Nachteil, daß die Querarme und Führungen leicht Beschädigungen ausgesetzt sind und daß das Hohlgestänge bei größerer Tiefe stark auf Verwindung beansprucht wird.

**58. — Eimerbagger oder Becherwerk.** Das Becherwerk ist eine Art Kettenbagger. Seine Anwendbarkeit ist auf die oberen, lockeren Sand- und Kies-schichten beschränkt. Bis zu 16—17 m Teufe ist es mehrfach benutzt worden, bei höchstens 20 m Teufe dürfte die Grenze seiner Anwendbarkeit liegen.

Die Fig. 245 zeigt die Einrichtung. Eine in Abständen von etwa  $2\frac{1}{2}$  m mit Eimern  $b$  besetzte Gliederkette  $k$  wird durch eine Sechskantscheibe  $r_1$  bewegt, die auf einem Holzgestell  $g$  oberhalb des Schachtes verlagert ist und durch Kurbeln  $h$ ,  $h_1$  und Zahnradübertragung  $z_1$ ,  $z_2$  mit Hand oder auch maschinell angetrieben werden kann. Die untere, als Umkehrscheibe dienende Rolle  $r_2$  ist an den Enden von langen, im Holzgestell verschiebbaren Leitbäumen  $l$  angebracht. Beim Gange um die untere Rolle füllen sich die Becher, worauf sie oben umkippen und ihren Inhalt auf eine Rutsche entleeren. Die Becher fassen etwa 25—30 l und bewegen sich bei Handbetrieb mit etwa 5—8 m Geschwindigkeit in der Minute. Zum Betriebe des Becherwerkes sind 4—8 Mann erforderlich.

Ist die Schachtsohle so weit vertieft, daß sich die Becher nicht mehr genügend füllen, so werden die Ketten durch Einsetzen neuer Glieder

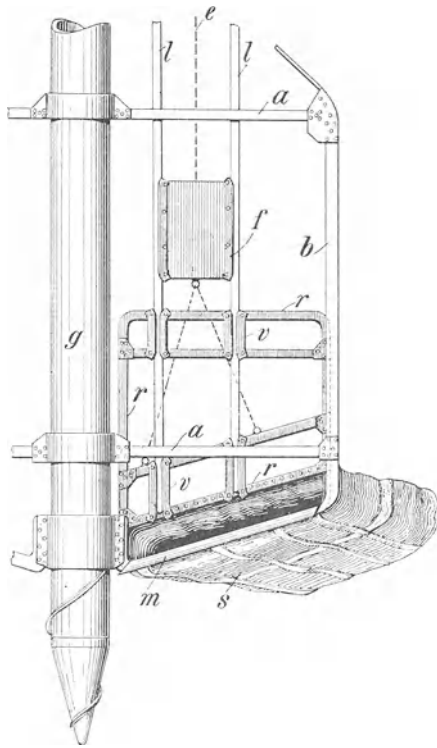


Fig. 244. Sackbohrer nach Sassenberg und Clermont.

verlängert und die Leitbäume nach Lüftung der Laschen tiefer herabgelassen.

Man hat auf diese Weise Monatsleistungen von 7—17 m erzielt. Das Verfahren ist insofern bequem und vorteilhaft, als die dafür erforderlichen Einrichtungen leicht beschafft werden können und nicht einmal Maschinen und Kesselanlagen notwendig sind.

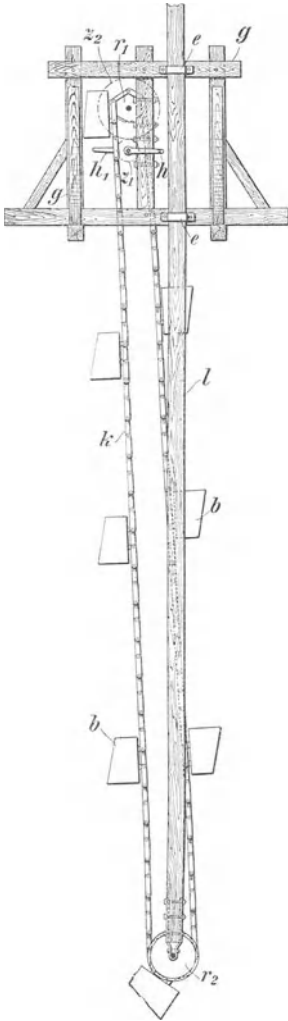


Fig. 245. Becherwerk.

### 59. — Greifbagger und Rührbohrer.

Bessere Leistungen als mit dem Sackbohrer kann man mit dem Greifbagger erzielen. Dieser wird in geöffnetem Zustande eingelassen, schließt sich, auf der Sohle des Schachtes angekommen, selbsttätig, indem er eine mehr oder minder große Gebirgsmasse faßt und in sich aufnimmt, und wird nun unmittelbar wieder zwecks Entleerung zutage gehoben.

Die Wirkungsweise erhellt aus den schematischen Figuren 246 und 247, von denen Fig. 246 den Bagger in geöffnetem und Fig. 247 in geschlossenem Zustande

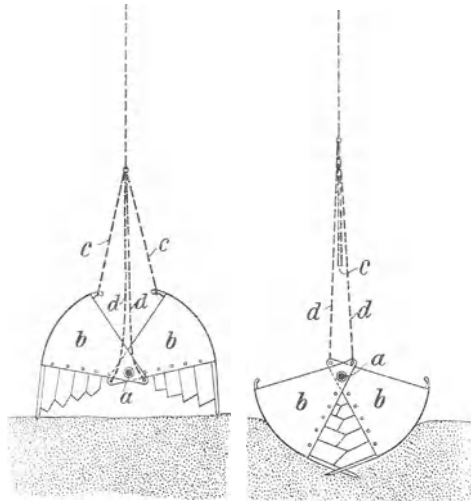


Fig. 246. Greifbagger in geöffnetem Zustande. Fig. 247. Greifbagger in geschlossenem Zustande.

darstellt. Der Bagger besteht aus 2 muldenförmigen, um eine Achse *a* drehbaren Blechkästen *bb*, die beim Einlassen von den am äußeren Umfange angreifenden Ketten *cc* getragen und offen gehalten werden. Stößt der Bagger auf der Sohle auf und entsteht Hängeseil, so fallen diese Ketten von ihren Tragehaken ab. Wird nun das Seil wieder

angezogen, so werden die Ketten *dd* gespannt, worauf sich infolge Hebelwirkung die Kästen *bb* schließen und gleichzeitig das Gebirge fassen. Darauf wird der Bagger aufgeholt, über Tage in untergeschobene Bergewagen entleert und in geöffnetem Zustande wieder eingelassen.

Die tatsächlichen Ausführungsformen weichen von der schematischen Darstellung der Figuren 246 und 247 mehr oder minder ab, ohne aber den zugrunde liegenden Gedanken gänzlich aufzugeben. Am häufigsten ist der Priestmannsche Greifbagger benutzt worden, bei dem die den Bagger tragenden Ketten sowohl im offenen wie im geschlossenen Zustande an Rollen angreifen. Ein Bagger faßt 0,5—1,25 cbm und wiegt 1200—1800 kg.

Greifbagger haben den Vorteil, daß man sich ihrer bei geeignetem Gebirge in allen Teufen mit annähernd gleichem Nutzen bedienen kann. Auf Schacht Hugo bei Holten hat man sie z. B. bis zu einer Teufe von 163 m benutzt. Freilich macht die gleichmäßige Bearbeitung der Schachtsohle Schwierigkeiten. Bei weichem Gebirge ist das allerdings ohne Belang, da man hier den Greifbagger stets in der Mitte des Schachtes angreifen lassen kann. Je weniger nachgiebig und fließend aber das Gebirge ist, desto mehr fällt dieser Nachteil ins Gewicht. Man arbeitet alsdann zunächst in der Mitte der Schachtscheibe und sucht, nachdem man hier einen Einbruch hergestellt hat, durch Drücken des Förderseils nach dem Stoße hin den Greifbagger über diejenigen Stellen zu führen, wo er weiter graben soll.

Die Leistungen sind in reinem Schwimmsand recht gut und betragen 15 bis 25 m monatlich. Im Ton gehen sie stark zurück. Bei zähem und festem Ton muß schließlich vor der Förderarbeit des Baggers eine Auflockerung des Gebirges stattfinden. Es kann dies entweder durch den Greifbagger selbst oder durch einen Rührbohrer geschehen.

Im ersteren Falle verhindert man durch eine geeignete Vorrichtung das Schließen des Baggers beim Auftreffen auf die Sohle und läßt ihn mehrmals hintereinander in geöffnetem Zustande niederfallen. Dadurch graben sich die Zähne jedesmal in die Sohle ein und lockern diese auf.

Der Rührbohrer (Fig. 248) dagegen ist in Aussehen und Handhabung dem Sackbohrer ganz ähnlich, nur daß er einen Sack nicht besitzt. Es ist *g* das Gestänge, das unten an Querarmen Auflockerungsmesser oder Lanzen mit pflugscharähnlichen Schneiden *b<sub>1</sub>*, *b<sub>2</sub>* trägt. Die Arme *h* mit den Gleitblechen *f* dienen zur Führung. Nachdem der Bohrer die

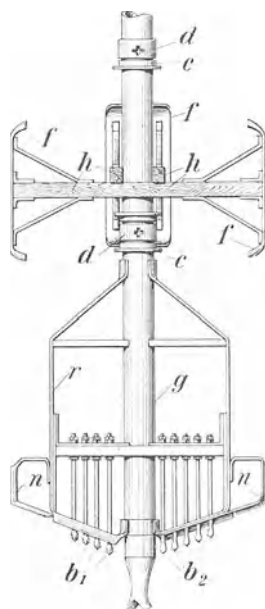


Fig. 248. Rührbohrer. (Der vordere Arm *h* der Führung ist nicht dargestellt.)



Sohle genügend aufgelockert hat, wird er aufgeholt, und es beginnt die Förderung des gelösten Gebirges mit dem Greifbagger. Eine erhebliche Verzögerung der Arbeiten ist dabei unvermeidlich.

**60. — Stoßbohrverfahren von Pattberg.** Das Verfahren besteht darin, daß ein großer Schachtbohrer, dessen Breite dem lichten Durchmesser des Schachtes entspricht, im Schnellschlag unter stetem Umsetzen die Schachtsohle bearbeitet und daß das auf diese Weise aufgelockerte Gebirge gleichzeitig mit der Bohrarbeit und ununterbrochen durch 2 Mammutpumpen (s. 9. Abschnitt) zutage gefördert wird.

Den Schachtbohrer und seine Anordnung im Schachte selbst stellt Fig. 249 dar. Der Bohrer hat eine im stumpfen Winkel zusammenlaufende, mit Zähnen  $z$  besetzte Schneide  $a$ , in deren tiefstem Punkte das den Bohrer tragende Röhrengestänge  $b$  mündet. Dieses dient außerdem zur Zuführung des Spülwassers von Tage her. Der Schneidenkörper besitzt Längsbohrungen  $c$  und einzelne in die Zähne  $z$  ausmündende Spülöffnungen  $d$ , so daß das Spülwasser rechts und links in dem Schneidenkörper aufsteigen und durch die Öffnungen  $d$  ausfließen kann. Dabei wirbelt es das losgelöste Gebirge auf, das nach dem Tiefsten zu, also nach der Schachtmitte hin, zusammenfließt. Hier befinden sich die Ansaugöffnungen der beiden auf jeder Seite des Bohrers angebrachten und neben dem Hohlgestänge hochgeführten Mammutpumpen  $e$  und  $e_1$ , die im ununterbrochenen Strome das losgelöste Gebirge zutage schaffen. Die erforderliche Druckluft wird den Pumpen durch die dünnen Rohrleitungen  $f$  und  $f_1$  zugeführt. Das Gesamtgewicht eines solchen Bohrers beträgt bei Meißelbreiten von etwa 6 m ungefähr 10 000 kg.

Das Hohlgestänge  $b$  ist aus Rohren von 150 mm lichter Weite und 15 mm Wandstärke zusammengesetzt. An seinem Kopfstücke greift das zur Antriebsmaschine führende Seil  $g$  an. Durch die Aufhängung am Seil ist das Nachlassen des Bohrers bis zu gewissen Grenzen ohne Unterbrechung des Betriebes möglich.

Die Einrichtung des Kopfstückes  $h$  gestattet, die durch die Leitung  $i$  und den Schlauch  $k$  zugeführte Preßluft in die Rohrleitungen  $f$  und  $f_1$  und das durch die Leitung  $l$  und den Schlauch  $m$  nachgedrückte Spülwasser in das Hohlgestänge  $b$  überzuführen, ohne daß die freie Drehbarkeit des Gestänges mittels des Krückels  $n$  behindert wird. Zu diesem Zwecke besteht das Kopfstück aus einer äußeren, an der Drehung des Gestänges nicht teilnehmenden Hülse, in welche die Schläuche  $k$  und  $m$  einmünden, und einem inneren Teil, der von unten her durch eine Stopfbüchse in die Hülse geführt ist und sich in dieser drehen kann.

Mit  $o$  und  $o_1$  sind die Ausgußrohre der beiden Mammutpumpen bezeichnet. Die Bohrtrübe fließt in den Ringbehälter  $p$  und von hier durch das Rohr  $q$  in das Abflußgefäße  $r$ .

Die Antriebsmaschine  $s$ ,  $s_1$ ,  $s_2$  ist in Wesen und Bauart die auch für Tiefbohrungen benutzte Maschine mit schwingender Trommel, die das Nachlassen des Seiles während der Bohrarbeit gestattet.

Der Bohrer macht in der Minute 50—60 Hübe, die Hubhöhe ist 20—30 cm. Über die hohen Leistungen, die mit diesem Schachtbohrer erzielt sind, ist Ziff. 73 zu vergleichen.

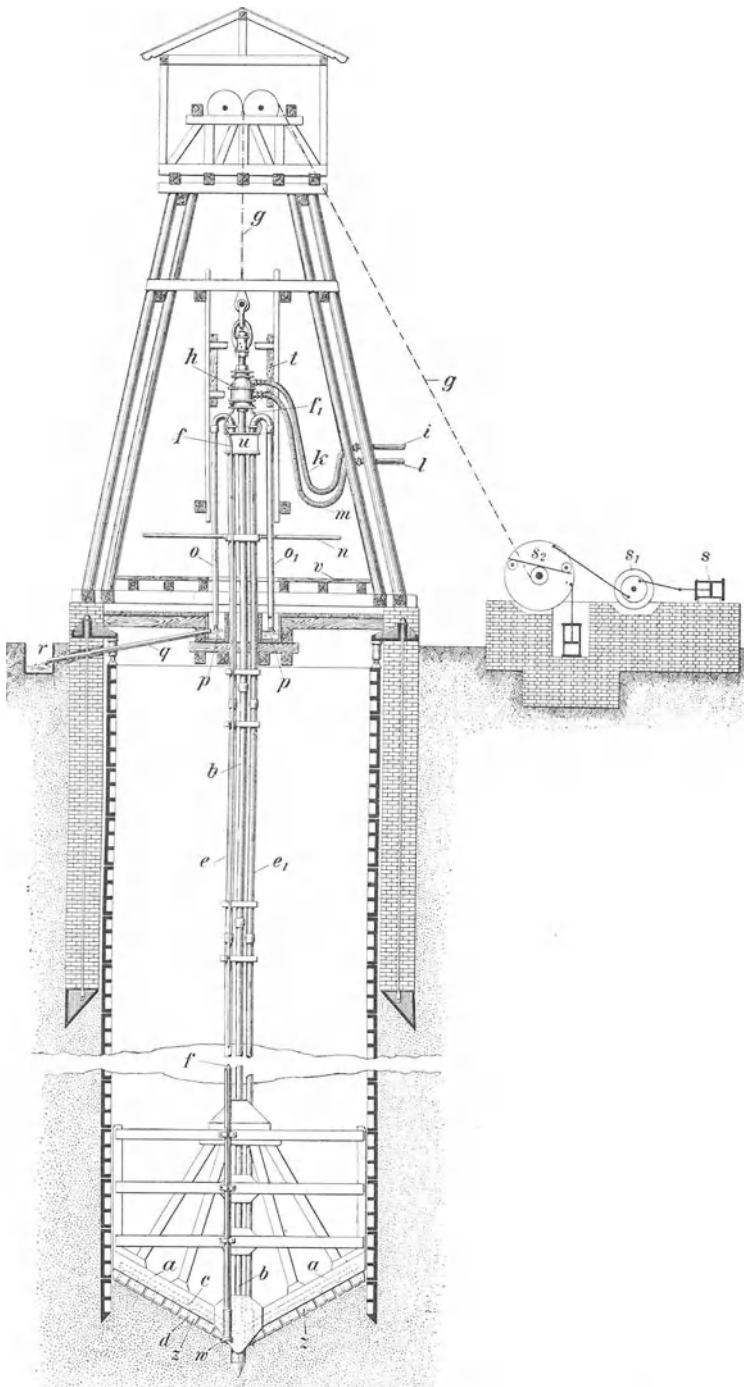


Fig. 249. Pattbergsche Schachtbohrinrichtung.

*Mittel zur Beförderung des Niedersinkens der Senkkörper.*

**61. — Gewichte.** Wenn der Senkkörper trotz genügender Vertiefung des Schachtes nicht mehr nachsinken will, weil die Gebirgsreibung zu groß geworden ist, so sucht man durch erhöhte Belastung den Reibungswiderstand zu überwinden. Das einfachste Mittel hierfür ist die unmittelbare Beschwerung des Senkkörpers durch Gewichte, wofür man Eisenbahnschienen, Roheisenbarren u. dgl. zu benutzen pflegt. Es ist dies aber ein nicht gerade bequemes Mittel, weil man für jede Erhöhung des Senkkörpers die Gewichte wieder entfernen muß. Auch kann man selbst bei einem großen Durchmesser des Senkschachtes kaum mehr als 500 t Eisenmassen über dem Senkkörper anbringen, während höhere Belastungen oft erwünscht und durch andere Mittel (Pressen) tatsächlich erreichbar sind.

**62. — Pressen.** Als Pressen benutzt man Schraubenwinden oder hydraulische Pressen. Die Schraubenwinden (Fig. 250) bestehen aus der Schraubenspindel *a*, der Mutter *b*, dem drehbaren Kopfe *c* und den Füßen *d*. Man kann mit einer solchen Presse Drücke von 20—30 t erzeugen. Zur Bedienung sind 2—4 Mann erforderlich.

Mit den hydraulischen Pressen kann man leicht noch höhere Drücke erzielen. Früher benutzte man Pressen, von denen jede einzelne mit einer Handpreßpumpe ausgerüstet war. Es war dies aber umständlich, und es machte Schwierigkeit, bei allen Pressen einen völlig gleichmäßigen Druck inne zu halten. Jetzt pflegt man mit Pressen zu arbeiten, die

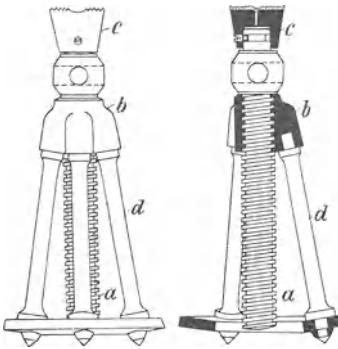


Fig. 250. Schraubenwinde.

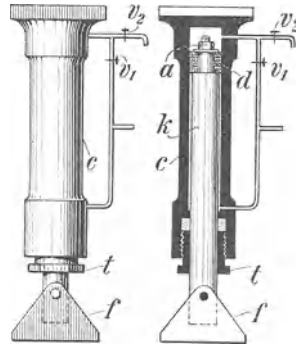


Fig. 251. Druckwasserpresse.

gemeinsam von einer maschinell angetriebenen Pumpe mit Preßwasser gespeist werden, wobei Drücke bis zu 600 Atm. zur Anwendung kommen. Bei diesem Preßdruck ist eine einzelne Presse mit z. B. nur 12 cm Kolbendurchmesser, also 113,1 qcm Kolbenquerschnitt imstande, einen Druck von 67,8 t auszuüben. Fig. 251 zeigt eine solche Presse. Es ist *c* der Preßzylinder, in dem der Tauchkolben *k* verschiebbar angeordnet ist. Die Abdichtung nach außen geschieht durch die Stopfbüchse *t*, während die obere Gummi- oder Ledermanschette *d* nicht völlig dicht an die Zylinderwand anzuschließen braucht. Das Druckwasser strömt nach Öffnung des Hahnes  $v_1$  ein und drückt den Tauchkolben *k* nach unten.

Der Hub der Presse beträgt in der Regel 500 mm, so daß das Niederdrücken des Senkkörpers um eine Tübbingshöhe in 3 Absätzen

unter zeitweiliger Einschaltung von Paßringen erfolgt. Zum Zwecke des Zusammenschiebens der beiden Teile läßt man das Wasser durch einen Hahn  $v_2$  ausfließen, indem man gleichzeitig durch ein Umföhrungsröhrchen Druckwasser in den Ringraum zwischen die Stopfbüchse und Manschette treten läßt. Hierfür ist allerdings eine gewisse Abdichtung der Leder-manschette  $d$  unentbehrlich. Der Kolben trägt unten einen breiten Fuß  $f$ , der gewöhnlich einen auf den Tübbingsrand passenden Einschnitt besitzt und zum Ausgleich kleiner Schiefstellungen drehbar ist.

**63. — Akkumulator.** Um die Pressen und den Tübbingschacht nicht den Wasserstößen, die bei nicht ganz vorsichtiger Überwachung des Betriebes der Druckpumpe auftreten können, auszusetzen, und um ferner alle Pressen unter genau gleichem Drucke halten zu können, schaltet man zweckmäßig zwischen sie und die Druckpumpe einen Akkumulator ein, den das Druckwasser auf seinem Wege zu den Pressen erst durchfließen muß.

Der Akkumulator (Fig. 252) besteht aus dem Zylinder  $c$  mit Stopfbüchse und dem beschwerten Tauchkolben  $k$ . Die Belastungsgewichte  $g$  sind an dem Querhaupte  $q$  des Tauchkolbens mittels der Stangen  $b$  aufgehängt. Das Druckwasser tritt durch das Röhrchen  $z$  in den Zylinder ein und verläßt ihn durch das Röhrchen  $a$  wieder. Von dem Akkumulator fließt das Druckwasser nach der um den Schacht angeordneten Ringrohrleitung von etwa 10 mm lichtigem Durchmesser, aus der es durch kurze Anschlußröhrchen in die einzelnen Pressen übertreten kann.

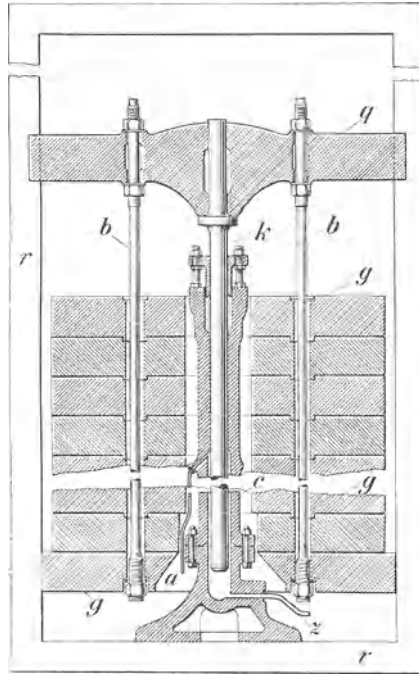


Fig. 252. Akkumulator.

Auf Schacht Hugo bei Holten hat man z. B. 20 solcher Pressen von je 100 t Druckkraft angewandt, so daß insgesamt ein Druck von 2000 t<sup>1)</sup> ausgeübt wurde.

**64. — Widerlager für die Pressen.** Die Anwendung von Pressen setzt ein festes Widerlager voraus, von dem aus der Druck auf den niederzupressenden Senkkörper übertragen werden kann. Die Herrichtung eines geeigneten Widerlagers macht insbesondere für den ersten Senkkörper Schwierigkeiten, weil alsdann im Schachte noch keinerlei fester

<sup>1)</sup> Eine mittelschwere Eisenbahnlokomotive wiegt 70—80 t.

Halt vorhanden ist; für den zweiten und die folgenden Senkkörper pflegt man den ersten zur Verlagerung des Widerlagers zu benutzen.

Der erste Senkkörper ist in der Regel ein Mauer-schacht, den man nicht gern größeren Preßdrücken aussetzt. Man läßt ihn zur Schonung der Festigkeit des Mauerwerkes lieber allein durch sein eigenes Gewicht niedergehen. Ist er alsdann infolge der allmählich gestiegenen Reibung des Gebirges zur Ruhe gekommen und sinkt nicht weiter, so kann er um so sicherer als Widerlager für die folgenden Senkkörper gebraucht werden.

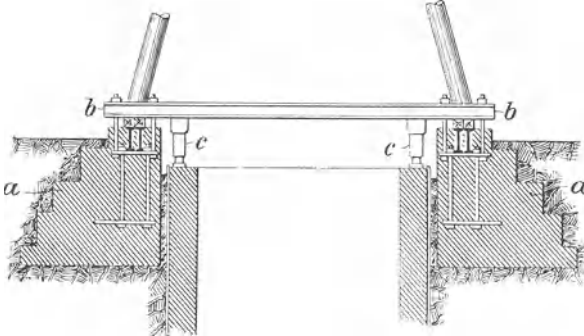


Fig. 253. Fundamentmauerwerk als Widerlager für das Abpressen eines Senkkörpers.

Will man auch den ersten Senkkörper aus besonderen Gründen niederpressen, so kann man etwaige, für andere Zwecke hergerichtete oder eigens für das Widerlager geschaffene Fundamentmauern benutzen. Dieses Verfahren ist in Fig. 253 dargestellt. Auf insgesamt 4 Mauerklötzen *a* sind I-Träger *b* verlagert und fest verankert, gegen welche die Pressen sich abstützen. Selbstverständlich darf hierbei der von den Pressen ausgeübte Druck in keinem Falle größer als das Gesamtgewicht der Mauerklötze einschließlich der Träger sein. Auf Schacht Deutscher Kaiser IV hatten z. B. die Mauerkörper ein Gewicht von 300 t, während der ausgeübte Höchstdruck 240 t betrug.

**65. — Der Mauersenk-schacht als Widerlager.** Das Widerlager für den zweiten (zumeist eisernen) Senkkörper kann unter Benutzung des ersten Mauerschachtes etwa in derselben Art hergerichtet werden, wie dies die Fig. 253 zeigt. Nur tritt an Stelle der 4 Mauerklötze das runde Mauerwerk des Schachtes, dessen Ankerstangen in einer im übrigen gleichen Weise die Träger aus I-Eisen festhalten. Die Benutzung von I-Trägern für das eigentliche Widerlager hat aber den Nachteil, daß der Schachtquerschnitt teilweise überdeckt wird und nicht frei bleibt und daß ferner immer nur zwei Pressen unter einem Träger an denjenigen Punkten angesetzt werden können, die gerade über der runden Kreislinie des einzupressenden Senkkörpers liegen.

**66. — Druckring.** Es ist deshalb zweckmäßiger, einen besonderen „Druckring“ einzubauen, der oben dem Mauersenk-schachte aufgesetzt und mit diesem in geeigneter Weise durch „Ankerstangen“, die entweder an den Senkschuh oder an einen eigens dafür angebrachten „Ankerring“

oder sowohl an den Senkschuh wie an einen Ankerring anschließen, verbunden wird.

Fig. 254 zeigt einen solchen Druckring *d*, der durch die Ankerstangen *a* an den Schneidschuh und die Stangen *z* an den Ankerring *r* angeschlossen ist. Der Ankerring wird gewöhnlich erst dann in das Mauerwerk des Senkkörpers eingespitzt, wenn dieser zur Ruhe gekommen ist und man zum Einbau der gußeisernen Senkzylinder übergehen will. Auf diese Weise kann der Ring, auch wenn der Mauer-schacht schief gegangen ist, genau wa-gerecht verlegt werden. Durch Aufsetzen einer Futtermauer können dann die Stöße der Senkmauer ausgeglichen und senkrecht hochgezogen werden. Der Druckring besteht aus einzelnen, zusammengeschaubten Segmenten und ragt nach innen über das Mauerwerk um etwa 25 cm vor, so daß unter diesem vorspringenden, ringförmigen Rande die Pressen zum Niederdrücken des Senkzylinders an beliebig vielen Punkten angesetzt werden können.

Im Falle der Fig. 254 dienen die den Druckring mit dem Ankerringe verbindenden Stangen *z* gleichzeitig als Führung für den einzupressenden Senkkörper und liegen deshalb unmittelbar diesem an. Die Nebenfigur zeigt die Verbindung der T-förmigen Enden dieser Stangen mit dem Ankerringe. Den Zug nach oben nimmt das T-Stück auf, während das zufällige Ausspringen der Kopfstücke aus dem Ringe durch Befestigungsschrauben verhindert wird.

Beim Niederpressen des dritten Senk-körpers tut man gut, das Widerlager auch mit dem zweiten Senkschachte zu verankern, um einen desto sichereren Halt zu haben. Es ist dies für hohe Drücke erforderlich, wenn man bedenkt, daß ein Mauersenk-schacht von 6—8 m lichtigem Durchmesser und 25 m Teufe nicht mehr als 600—800 t wiegt, ein Gewicht, das freilich vermehrt um die Gebirgsreibung zur Wirkung kommt. Die Verbindung geschieht durch Anker-stangen  $z_2$  (Fig. 255), für die man in dem

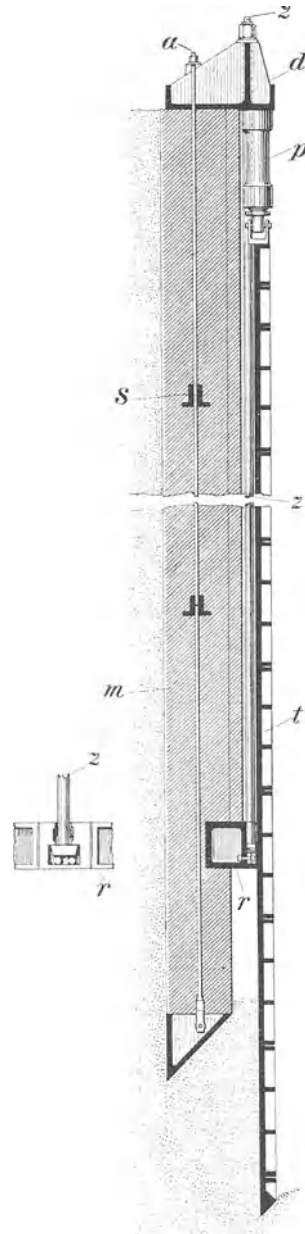


Fig. 254. Druckring mit Ankerstangen und Ankerring.

neu aufzusetzenden Druck-

ringe Bohrungen und in den unteren Ringen des zweiten Senkschachtes Befestigungsansätze vorsieht.

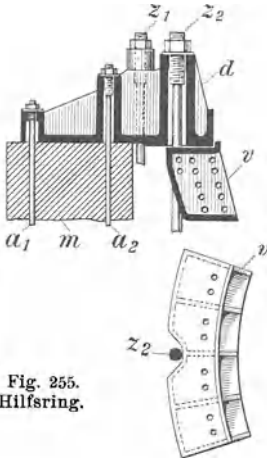


Fig. 255.  
Hilfsring.

**67. — Hilfsringe.** Ist der Druckring für das Einpressen eines dritten oder weiteren Senkkörpers nicht breit genug, so kann man Hilfsringe zur Verbreiterung anwenden, die nach innen überstehen und segmentweise durch Schrauben mit dem Druckringe verbunden werden. Fig. 255 zeigt einen solchen Druckring  $d$  mit Hilfsring  $v$  im Querschnitt, die Nebenfigur die obere Ansicht eines Segmentes des Hilfsringes. Die mittlere Einbuchtung am äußeren Umfange ist für die Aufnahme der Ankerstange  $z_2$  bestimmt.

An den ersten Hilfsring kann nötigenfalls noch ein zweiter und dritter gehängt werden.

**68. — Andere Mittel zur Beförderung eines gleichmäßigen Niedersinkens.** Außer durch Gewichte und Pressen sucht man einen hängen-gebliebenen Senkschacht auch dadurch zum Niedergehen zu bringen, daß man die entgegenstehenden Hindernisse unterhalb des Schneidschuhes beseitigt. Bei mäßigen Wasserteufen kann dies unmittelbar durch die Arbeit eines Tauchers geschehen. Sonst benutzt man Stoßwerkzeuge, oder man lockert das Gebirge unterhalb des Schneidschuhes durch einen starken Wasserstrahl auf. Derartige Mittel können wirksame Hilfe bringen, wenn die Schneide auf einen bestimmten Widerstand gestoßen ist; sie versagen aber, wenn die Reibung des Gebirges gegenüber der äußeren Wand des Senkkörpers zu groß geworden ist und den Grund der Hemmung bildet. In solchen Fällen hat man bisweilen dadurch ein weiteres Einsinken des Schachtes zu erzielen vermocht, daß man den Wasserspiegel im Schachte künstlich erhöhte und so eine Strömung aus dem Schachtinnern unter dem Schneidschuh hindurch und an der äußeren Schachtwand aufwärts erzeugte. Noch besser wird der gleiche Erfolg durch das im folgenden beschriebene Sassenbergsche Verfahren erzielt.

**69. — Sassenbergsches Druckwasser-Verfahren.** Auf dem alten Schachte Hugo I bei Holten war es gelungen, einen gußeisernen Senkzylinder von 81—175 m Teufe, also um 94 m, und auf Hugo I (neuer Schacht) von 76—163 m Teufe, also um 87 m, niederzubringen, während man sonst kaum mit größeren Senktiefen als etwa 50 m rechnen kann. Dieser ungewöhnliche Erfolg hatte seinen Grund darin, daß man mit den Schächten zwischen 110 und 150 m Teufe Schichten durchsunken hatte, die Wasser mit einem natürlichen Überdrucke aufsteigen ließen. Die Wasser stiegen zwischen der äußeren Schachtwand und dem Gebirge hoch und flossen an der Tagesoberfläche aus. Die Senkzylinder waren also größtenteils von einem Wassermantel umgeben, der die Gebirgsreibung stark verminderte.

Bergverwalter Sassenberg kam nun auf den Gedanken, das hier aus natürlichen Gründen Geschehene künstlich nachzuahmen, indem er vorschlug, Druckwasser zwischen die äußere Zylinderwand des Senkschachtes und das Gebirge einzupressen. Zu diesem Zwecke ordnete er etwa 7 m über dem Schneidschuh in dem gußeisernen Senkzylinder einen Ringkanal *a* (Fig. 256) an, dem durch 2 besondere Rohrleitungen *b* Druckwasser von über Tage her zugeführt wurde. Der Küvelageteil, der sich unter dem Ringkanale befand, hatte einen um 4 cm größeren Durchmesser, so daß ein rund um den Senkkörper um 2 cm vorspringender Absatz entstand. In diesem Absatz mündeten die nach oben geführten Öffnungen *c* für den Austritt des Druckwassers. Durch die Erweiterung des unteren Schachtteils von 7 m Höhe um insgesamt 4 cm sollte erreicht werden, daß dieser Teil des Senkkörpers fest an dem Gebirge anlag, um so dem Druckwasser den Weg nach dem Schneidschuh und um diesen herum in das Schachtinnere zu versperren.

Das Verfahren ist auf dem Adolf- und auf dem Eduardschachte, beide bei Aachen, mit gutem Erfolge angewandt worden.<sup>1)</sup> Es ist zweifellos geeignet, das Anwendungsgebiet des Senkschachtverfahrens zu erweitern.

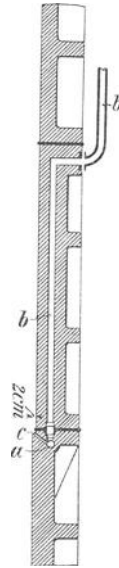


Fig. 256. Sassenbergs Druckwasser-Verfahren.

### Die Anschlußarbeiten.

#### 70. — Der Anschluß der Mauersenkshächte an das feste Gebirge.

Erreicht der Mauersenkshacht das feste Gebirge, so ist es erwünscht, daß der Senkschuh in dieses zur besseren Zurückhaltung des schwimmenden Gebirges und zum besseren Abschluß des Wassers noch ein Stück eindringt. Es ist dies namentlich dann möglich, wenn das feste Gebirge annähernd söhlig liegt und im oberen Teile verwittert und aufgeweicht ist.

Ist dagegen die Oberfläche des festen Gebirges geneigt oder uneben und stößt der Schneidschuh nur mit einer Seite auf, so entsteht die Gefahr, daß der Senkschacht infolge

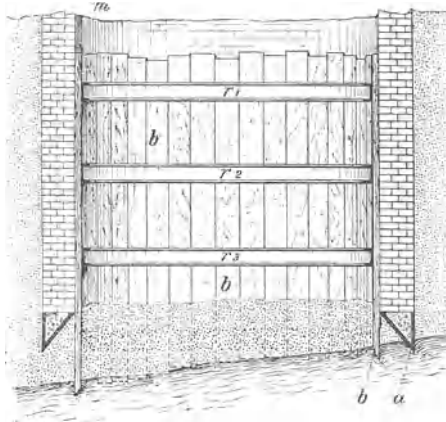


Fig. 257. Senkrecht anstecken in einem Senkschachte.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1904, unter „Versuche und Verbesserungen“, S. 281.



des ungleichen Widerstandes schief geht. Es kann dann rätlich sein, mit dem Senken aufzuhören und durch ein senkrechtes Anstecken und Abtreiben von Pfählen den vorläufigen Anschluß an das feste Gebirge herzustellen, wie dies Fig. 257 schematisch darstellt.

Hat man sodann das feste, wassertragende Gebirge erreicht, so erhält der Schacht gewöhnlich noch eine wasserdichte, besondere Mauerung, die man zweckmäßig als Futtermauer vor der Senkmauer in die Höhe führt, wobei der Zwischenraum zwischen den beiden Mauern mit Zement vergossen wird.

Folgt nach unten hin im Schachte Tübbingsausbau, so tut man gut, (nach Fig. 169, S. 137) die Küvelage auch innerhalb des Mauersenschachtes bis zum Grundwasserspiegel in die Höhe zu ziehen und mit Zement zu hintergießen, um jeder Schwierigkeit hinsichtlich der Wasserdurchlässigkeit des Mauerwerks überhoben zu sein.

**71. — Das Unterfangen des Schneidschuhes.** Teuft man, nachdem der Mauersenschacht zur Ruhe gekommen ist, auf gewöhnliche Weise weiter ab, so ist es bei nicht ganz festem Gebirge empfehlenswert, den Schneid-

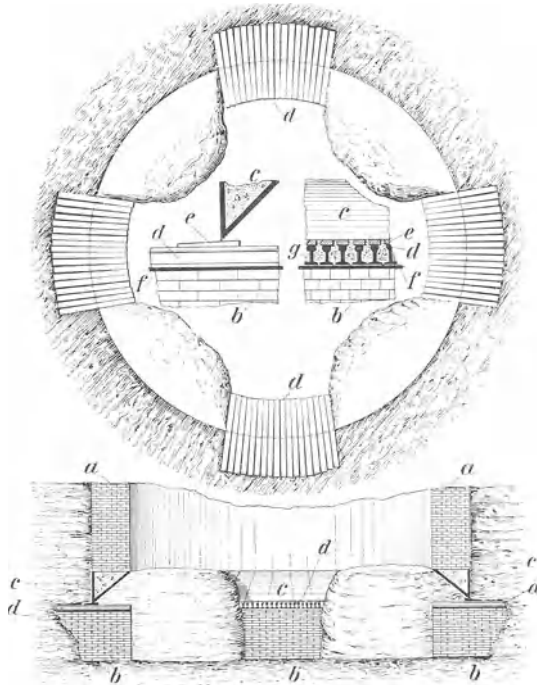


Fig. 258. Unterfangen eines Mauersenschachtes.

schuh zu unterfangen, damit ein weiteres, unbeabsichtigtes Nachsinken des Mauerschachtes verhütet wird. Es geschieht dies dadurch, daß man zunächst eine starke Gesteinsbrust rings unter dem Schneidschuh stehen läßt und nur in der Schachtmitte einen etwa 2 m tiefen Einbruch her-

stellt. Von hier aus geht man ähnlich wie beim segmentweisen Ausmauern (s. S. 121) vor, indem man in einer Richtung ein  $1\frac{1}{2}$ –2 m breites Gebirgstück unterhalb des Schneidschuhes hereingewinnt (Fig. 258) und sofort den entstandenen Hohlraum ausmauert. Das Mauerwerk *b* wird dicht unter dem Schneidschuh *c* mit einer Eisenplatte *f* und Eisenbahnschienen *d* belegt, worauf Eisenkeile *e* zwischen die Schienen und den Schneidschuh eingetrieben werden, so daß die Schneide auf der Eisenunterlage ruht und das Gewicht des Senkkörpers gleichmäßig von dem hergestellten Mauerfuß getragen wird. Auf die gleiche Weise wird ein  $1\frac{1}{2}$ –2 m breites Segmentstück des Schneidschuhes auf der gegenüberliegenden Schachtseite unterfangen; es folgen dann die um  $90^\circ$  versetzten Stellen. Zuletzt wird der zwischen Mauerfuß und der Abschragung des Schneidschuhes noch verbleibende konische Ring ausgemauert.

**72. — Der Anschluß der gußeisernen Senkschächte nach unten und nach oben.** Ist nur ein gußeiserner Senkschacht vorhanden, so ist dieser, und wenn es

sich um mehrere ineinandergeschachtelte Senkschächte handelt, so ist der engste und tiefste an das Gebirge anzuschließen oder richtiger mit dem nach unten folgenden Schachtausbau zu verbinden. Auch hier ist in erster Linie das Einpressen des Senkschachtes um ein gewisses Stück in das feste Gebirge zu empfehlen. Es gelingt dies gewöhnlich besser als bei Mauersenk-schächten, weil der hohe Druck hydraulischer Pressen angewandt werden kann und der Schneidschuh schmäler ist. Nach genügender Einpressung kann man den Schneidschuh abschrauben und nun unter Verwendung von Unterhängetübbings weiter abteufen, bis man eine für das Legen des Keilkranzes geeignete Gesteinsschicht findet. Häufiger teuft man unmittelbar weiter ab, legt den Keilkranz in einer

passenden Gesteinsbank und baut die Tübbings bis an den Schneidschuh

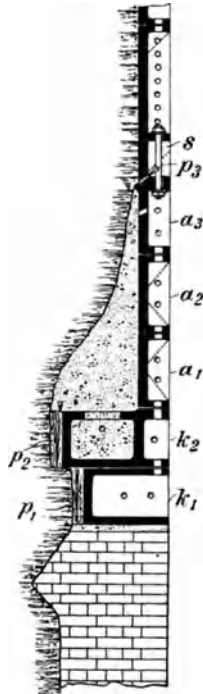


Fig. 259. Anschluß des Schneidschuhes eines Senkschachtes an eine Anschlußküvelage mit Keilkranz.

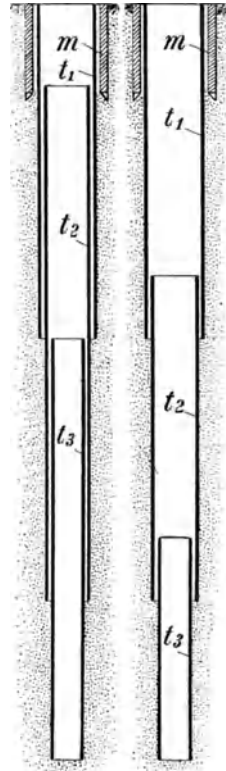


Fig. 260. Fig. 261. Wiederausbau der gußeisernen Senkkörper aus Senkschächten nach deren Fertigstellung.

auf. Die Verbindung mit diesem wird, falls er zu diesem Zwecke mit Flanschen (s. oben Fig. 237, S. 188) versehen ist, durch besonders nach Maß gegossene Paßstücke hergestellt, wie dies Fig. 259 zeigt.

Ist der Senkschacht nicht lotrecht niedergegangen, so daß eine solche Verbindung Schwierigkeiten machen würde, so hilft man sich dadurch, daß man die Anschlußküvelage enger wählt, um sie 10—12 m in dem Senkschachte hochführen zu können. Der Zwischenraum zwischen den beiden gußeisernen Wandungen wird dann während des Aufbaues der inneren sorgfältig mit Beton verstampft.

Ist so der Schacht nach unten hin gesichert, so kann, falls mehrere gußeiserne Senkzylinder zum Durchsinken der lockeren Schichten notwendig gewesen sind, der obere Teil der einzelnen Küvelagesäulen wieder ausgebaut werden. Will man besonders vorsichtig sein, so baut man nur so viel von jeder Küvelage aus, daß der Schacht, abgesehen von dem untersten Teile, an jedem Punkte noch durch 2 Wandungen gesichert bleibt (Fig. 260); geben der Zustand des Schachtes und die Verhältnisse des Gebirges zu keinerlei Befürchtungen Anlaß und genügt voraussichtlich eine einzige Schachtwandung, so können die einzelnen Küvelagesäulen nach Fig. 261 so weit ausgebaut werden, daß nur noch an den Endpunkten eine Deckung von 10—15 m Höhe verbleibt.

Der Raum zwischen zwei Küvelagen wird in jedem Falle möglichst sorgfältig ausbetoniert. Die oberste Küvelage pflegt innerhalb des Senkmauerschachtes bis zur Höhe des Grundwasserspiegels aus dem schon in Ziff. 70 (letzter Absatz) angegebenen Grunde im Schachte zu verbleiben.

### *Leistungen, Kosten.*

**73. — Leistungen.** Da das Senkschachtverfahren von vielen unberechenbaren Zufällen abhängt, schwanken die mit ihm erzielten Leistungen in weiten Grenzen. Naturgemäß werden sie um so geringer und der Erfolg um so zweifelhafter, je tiefer der Schacht ist und je mehr Senkkörper zur Erreichung des Zieles ineinandergeschachtelt werden müssen.

Bei den Leistungen muß man die mit einem einzelnen Senkkörper erzielten, zeitweisen Abteufleistungen von der Gesamtdurchschnittsleistung bei Fertigstellung des ganzen Schachtes unterscheiden. Jene Leistungen sind bei tieferen Schächten bedeutend höher als der Gesamtdurchschnitt, da dieser durch die unvermeidlichen Störungen und Zwischenfälle, durch den Zeitverlust bei Bestellung und Einbau neuer Senkkörper und durch Nebenarbeiten stark herabgedrückt wird.

Nur bei Mauersenkshächten, die 10—20 m tief werden sollen und in dieser Teufe das feste Gebirge erreichen, fällt der genannte Unterschied kaum ins Gewicht. Man kann annehmen, daß in solchem Falle eine monatliche Abteuf- und Durchschnittsleistung von etwa 12 m erreichbar ist. In schwierigen Fällen bleibt freilich die Leistung auch weit darunter, unter besonders günstigen Umständen hat man aber auch bis zu 19 m erzielt.

Bei gußeisernen Senkschächten hängt die reine Abteufleistung wesentlich von der Art der Hereingewinnung und Förderung des Gebirges ab. Weit voran steht in dieser Beziehung das Patberg'sche Stoßbohrverfahren, mit dem monatliche Abteufleistungen von 30—40 m erreicht

worden sind. In weitem Abstände folgt dann die Arbeit mit dem Greifbagger, die bei günstigem Gebirge immer noch Monatsfortschritte von etwa 11 m gestattet. Muß das Gebirge vor der Förderung durch den Greifbagger erst noch durch einen Rührbohrer aufgelockert werden, so sinken die Leistungen auf etwa 6—7 m. Noch geringer sind die Leistungen bei Verwendung des Sackbohrers; sie können vielleicht auf 5—6 m eingeschätzt werden.

Dagegen hat man nach dem Sammelwerk, wenn man das Pattbergsche Stoßbohrverfahren unberücksichtigt läßt, an Gesamtdurchschnittsleistungen nur erzielt:

bei Schachtteufen von	0—50 m	etwa 3,0 m	(von 1,21—5,00 m),
„	50—100	„	2,0 „ ( „ 0,87—5,00 „ ),
„	100—150	„	1,4 „ ( „ 0,51—3,19 „ ).

Derartige Leistungen sind außerordentlich gering. Durch Anwendung des Pattbergschen Stoßbohrverfahrens wird man zwar etwas höhere Durchschnittsleistungen erzielen können. Im Sammelwerk werden aber diese auch nur

bei Schachtteufen von	0—50 m	auf etwa 7,0 m,	
„	50—100	„	5,0 „
„	100—150	„	4,5 „

geschätzt.

Es sind auch dies noch sehr unbefriedigende Durchschnittsleistungen.

**74. — Kosten.** Die Kosten des Verfahrens sind entsprechend den geringen Leistungen hoch und steigen um so schneller, je tiefer der Schacht wird. Ganz besonders sind es die hohen Kosten der verschiedenen, erforderlichen Senkzylinder aus Gußeisen, die das Verfahren bei größeren Teufen so stark verteuern.

Handelt es sich nur um einen einzigen Mauersenkshacht und Teufen von 10—20 m, so sind die Kosten auf durchschnittlich 1600 *M* je 1 m zu veranschlagen; sie können in besonders günstigen Fällen auf etwa 1000 *M* sinken und bei ungünstigen Verhältnissen bis zu 2200 *M* steigen. Nach dem Sammelwerke verteilen sich die durchschnittlichen Kosten etwa wie folgt:

Anteil an Tagesanlagen . . . . .	70 <i>M</i>
Kosten der Senkmauer . . . . .	750 „
Kosten der Kohlen und Materialien . . . . .	150 „
Löhne und Gehälter . . . . .	450 „
Verschiedenes . . . . .	160 „

Insgesamt: 1580 *M*.

Für größere Teufen steigen diese Kosten je Meter sehr schnell, wie die folgenden, nach der genannten Quelle zusammengestellten Zahlen zeigen. Die Kosten haben durchschnittlich je 1 m betragen:

bei Schachtteufen von	0—50 m	. . .	3500 <i>M</i>
„	50—100	„	7500 „
„	100—150	„	11000 „

und gliedern sich etwa wie folgt:

	Bei Teufen von		
	0—50 m	50—100 m	100—150 m
	<i>M</i>	<i>M</i>	<i>M</i>
Anteil an den Tagesanlagen . . . . .	300	800	1250
Senkkörper nebst Zubehör . . . . .	2250	5000	6500
Kohlen und Materialien . . . . .	180	300	750
Löhne und Gehälter . . . . .	700	1200	2000
Verschiedenes . . . . .	70	200	500
Insgesamt:	3500	7500	11000

Auch bei Anwendung des Pattberg'schen Stoßbohrverfahrens ist die Herabsetzung dieser beträchtlichen Kosten nicht allzu erheblich, weil es im wesentlichen nur die Löhne und Gehälter sind, an denen infolge der erzielten, größeren Leistungen gespart werden kann.

### III. Das Abteufen unter Anwendung von Preßluft.

75. — **Allgemeines.** Das Schachtabteufen unter Anwendung von Preßluft beruht auf dem Gedanken, daß man durch künstliche Erhöhung des Luftdruckes im Innern des Schachtes und insbesondere im eigentlichen Arbeitsraume unmittelbar über der Sohle das Wasser in das Gebirge zurückpressen kann. Zu dem Zwecke muß der ganze Schacht oder der untere Teil nach oben hin luftdicht abgedeckt sein, wobei durch Schleuseneinrichtungen sowohl für die Ein- und Ausfahrt der Mannschaft als auch für die Förderung des Materials Vorsorge getroffen wird.

Für die Ausführung des Verfahrens bestehen zweierlei Möglichkeiten: entweder wird die Schachtabdeckung mit Schleuseneinrichtung fest in das Gebirge oder aber in die Auskleidung eines Senkschachtes eingebaut. Im ersteren Falle bleibt die Schachtabdeckung während der Dauer des Abteufens unverrückt, im letzteren Falle geht sie mit dem Senkkörper nieder.

76. — **Fest eingebaute Schleuseneinrichtung.** Eine fest eingebaute Abdeckung mit Schleuseneinrichtung stellt schematisch Fig. 262 dar. Die Schleusenkammer *K*, die genügend verankert oder beschwert sein muß, um durch die darunter geführte Preßluft nicht angehoben zu werden, besitzt in ihrer oberen und unteren wagerechten Wand je eine Einsteigeöffnung mit luftdicht schließenden Klappen *k*<sub>1</sub> und *k*<sub>2</sub>. In der Kammer selbst ist ein Haspel *h* aufgestellt, mit dem man das auf der Sohle hereingewonnene Gebirge bei offener Klappe *k*<sub>2</sub> und geschlossener Klappe *k*<sub>1</sub> heraufholt, um es zunächst in der Kammer zu lagern und später nach Schluß der Klappe *k*<sub>2</sub> und Öffnung der Klappe *k*<sub>1</sub> ins Freie zu befördern. Das Rohr *r*<sub>1</sub> dient zum Einblasen der komprimierten Luft. Durch das Rohr *r*<sub>2</sub> kann etwa auf der Sohle noch vorhandenes Wasser herausgedrückt werden. Reicht der Luftdruck für die Wasserdruckhöhe nicht ganz aus, so schadet dies nicht. Man läßt alsdann etwas Luft unten in das Rohr *r*<sub>2</sub>



den Senkkörper tiefer zu bringen, zeitweise die Preßluft ausströmen zu lassen, nachdem die Mannschaft aus dem Schachte zurückgezogen ist. Da bei der so vorgenommenen Entlastung leicht Durchbrüche des schwimmenden Gebirges in das Schachtinnere eintreten können, sucht man diesen Teil der Arbeit möglichst zu beschleunigen, indem man das Ausströmen der Preßluft rasch erfolgen und die Entlastung nicht allzu lange andauern läßt. Sobald sich irgendwie bedenkliche Erscheinungen (z. B. Erschütterungen, Setzen des Gebirges, Schiefstellungen des Senkkörpers) zeigen, bläst man sofort wieder Preßluft ein und stellt den der Teufe entsprechenden Gegendruck her.

**78. — Anwendungsbeispiele.** Etwa der Fig. 263 entsprach eine Einrichtung, wie sie i. J. 1897 für den Schacht Sterkrade der A.-G. Gutehoffnungshütte benutzt worden ist.<sup>1)</sup> Dieser Schacht wurde bis 9,2 m im wasserdurchlässigen Gebirge und sodann noch weiter bis 13,3 m Tiefe im wassertragenden Tone niedergebracht.

Die neueste Anwendung im Ruhrbezirke hat das Verfahren i. J. 1911 auf den Schächten Ickern I und II bei Rauxel gefunden. Die Arbeiten wurden von der Firma Phil. Holzmann & Co. zu Frankfurt (Main) ausgeführt, die sich hauptsächlich mit Unternehmungen dieser Art beschäftigt. Die Fig. 264 zeigt den auf Schacht Ickern II zur Anwendung gekommenen Senkkörper mit Abdeckung und Schleuseneinrichtung. Die Schachtwandung wurde aus besonders gewalzten  $\Gamma$ -Eisen *a* (s. auch Nebenfigur rechts oben) zusammengebaut, von denen je sechs Segmente zu einem Ringe zusammengefügt wurden. Die Dichtung erfolgte durch eingelegte Bleistreifen. Die Außenseite der Schachtwandung erhielt einen glatten, mit Eisengewebe *b* bewehrten Zementverputz *i*, der das Absinken erleichtern sollte.  $3\frac{1}{2}$  m über dem Senkschuh wurde die Abdeckung *c* hergestellt, wozu 550 mm hohe  $\Gamma$ -Eisen eingebaut und an die Schachtringe angeschraubt wurden. Die Felder zwischen den  $\Gamma$ -Eisen wurden mit gutem Stampfbeton ausbetoniert. Alsdann wurden die Schleusenrohre *d*<sub>1</sub> und *d*<sub>2</sub> für die Materialförderung und die Fahrung und die Schleusen *e*<sub>1</sub> und *e*<sub>2</sub> selbst aufgebaut. Immer wenn der Senkschacht 2 m tiefer gegangen war, wurden die Schleusenrohre verlängert und die Schleusen höher gesetzt. An jeder Schleuse war ein Manometer, eine Uhr und zwei Luftventile vorhanden. Manometer und Uhr waren erforderlich, um die für das Ein- und Ausschleusen von Menschen vorgeschriebene Zeit (vgl. Ziff. 79) mit Sicherheit innehalten zu können. Von den beiden Luftventilen führte das eine nach außen und diente zum Ablassen der Preßluft, während das andere Luft aus dem Schachtinnern in die Schleuse treten ließ.

Die auf der Sohle gelösten Erdmassen wurden mittels eines elektrisch angetriebenen Haspels *f* in die Schleuse gezogen und von hier durch eines der beiden vorhandenen Hosenrohre *g* (s. auch Fig. 263) ins Freie befördert. Da der Motor nicht mit in der Schleuse untergebracht war, so mußte die Achse zwischen Motor und Fördertrommel durch eine Stopfbüchse abgedichtet werden.

<sup>1)</sup> Glückauf 1898, Nr. 10, S. 186 u. f.; Die Verwendung komprimierter Luft beim Absinken des Schachtes Sterkrade.

Die Arbeit verlief glatt, und 3 Monate nach Beginn des Abteufens war die beabsichtigte Teufe von 20 m erreicht. Danach wurde noch ein innerer Eisenbetonmantel in den schmiedeeisernen Senkkörper eingebaut. Die Gesamtkosten beliefen sich auf ungefähr 5000 *M* für 1 m.

Mehrfach hat man in den Vereinigten Staaten von Amerika von dem Preßluftverfahren zum Durchteufen der oberen schwim-

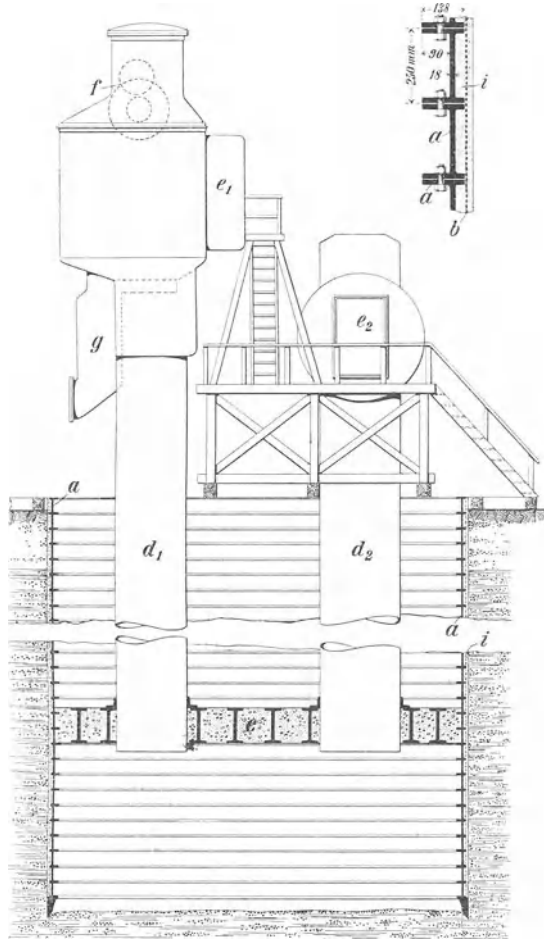


Fig. 264. Einrichtung des Preßluft-Senkkörpers auf Schacht Ickern II.

menden Gebirgsschichten Gebrauch gemacht. Z. B. ist der Kidderschacht bei Princeton in Michigan von August 1908 bis Januar 1909 auf diese Weise bis 34,4 m abgeteuft worden.<sup>1)</sup> Zur Anwendung kam ein Senkschacht aus eisenbewehrtem Beton mit 5,15 m lichtigem Durchmesser, dessen

<sup>1)</sup> Mines and Minerals 1909, Dezemberheft, S. 271 u. f.; s. auch ebenda 1912, Januarheft, S. 344 u. f.



Wandstärke unten 1,07 m betrug und nach oben bis auf 0,61 m abnahm. Die luftdichte Abdeckung lag 3,05 m über dem Schneid Schuh. Der größte Überdruck, unter dem schließlich im Schachte gearbeitet wurde, betrug 3,14 Atmosphären. Bei diesem Drucke verfuhr jeder Arbeiter an einem Arbeitstage zwei Schichten von nur je 40 Minuten Dauer. Trotz dieser beschränkten Arbeitszeit stellten sich mehrfach erhebliche Gesundheitsstörungen ein. Im übrigen verlief das Abteufen glatt, und die Arbeiten kamen zu dem beabsichtigten Ende.

In Belgien ist das Verfahren bei insgesamt 18 Schächten (zuletzt i. J. 1906) zur Anwendung gekommen. Der Überdruck der zu überwindenden Wassersäule betrug im Höchsthalle 2,2 Atmosphären. Die Kosten betragen in der Mehrzahl der Fälle etwa 2000 *M* je 1 m, stiegen unter ungünstigen Umständen aber auch bis 6800 *M* und in einem Falle sogar auf ungefähr 11000 *M*. je 1 m.<sup>1)</sup>

**79. — Gesundheitschädliche Einwirkungen des Verfahrens und seine Anwendbarkeit im allgemeinen.** Das Arbeiten in verdichteter Luft ist für den Menschen ohne gesundheitschädliche Folgen, solange der Überdruck nicht mehr als etwa eine Atmosphäre beträgt. Bei höheren Drücken können Krankheitserscheinungen auftreten, die man früher allein auf die Steigerung des Luftdruckes und die dadurch veranlaßte Behinderung der Atmung zurückführte. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß die Krankheitserscheinungen eine Folge der Einwirkung der Kohlensäure und des Stickstoffs auf das Blut sind. Die Gefahren wachsen um so mehr, je höher der Druck ansteigt und je länger der Aufenthalt in der verdichteten Luft dauert. Es sind insbesondere zwei vorbeugende Maßnahmen, die man zur Gesunderhaltung der Mannschaft anwenden muß.<sup>2)</sup> Die eine ist, daß man entsprechend der Drucksteigerung auch die zugeführte Luftmenge anwachsen läßt. Dem Arbeiter muß bei 20 und 30 m Wassersäule die doppelte und dreifache Luftmenge wie bei 10 m Wassersäule nachgepumpt und dauernd zugeführt werden. Die andere Vorsichtsmaßregel ist, daß man bei mehr als 1 Atm. Überdruck das Ausschleusen nicht plötzlich vornimmt, sondern auf den einzelnen Stufen des Ausschleusens Ruhepausen einschleibt. Bei Arbeiten in 3 Atm. Über-, also 4 Atm. absolutem Druck, soll man z. B. bei 2 Atm. absolutem Druck während des Ausschleusens eine Pause, deren Länge von der Dauer der vorausgegangenen Arbeit und dem angewandten Luftdrucke abhängt, eintreten lassen, damit das Blut Zeit findet, sich von den aufgenommenen Gasen zu befreien. Bei Beobachtung dieser Maßnahmen ist das Arbeiten in verdichteter Luft bei 25—30 m Teufe unter dem Grundwasserspiegel gut möglich. Einzelne Taucherarbeiten sind aber auch in 40—50 m, ja sogar in 60—70 m Wasserteufe ausgeführt worden.

Als Vorzug des Verfahrens ist hervorzuheben, daß es einfach und ziemlich billig ist, auch zumeist sicher zum Ziele führt, falls die Vor-

<sup>1)</sup> Ann. d. min. de Belgique 1910, S. 1069 u. f.; Breyre: Les creusements etc.

<sup>2)</sup> Glückauf 1910, Nr. 1, S. 1; Grahn: Über Taucherei in größerer Tiefe.

bereitungen sachgemäß getroffen werden. Es hat ferner den Vorteil, daß der Grundwasserspiegel nicht niedergezogen wird und keine Bodenbewegungen um den Schacht herum eintreten. Aus diesen Gründen wird das Verfahren stets eine gewisse Bedeutung behalten, obwohl es naturgemäß immer auf die obersten Schichten beschränkt bleiben wird.

## IV. Das Schachtabbohren bei unverkleideten Stößen.

### A. Das Schachtbohrverfahren in festem Gebirge nach Kind-Chaudron.

80. — **Einleitende Bemerkungen über Wesen und Art des Verfahrens.** Das Verfahren besteht darin, daß der Schacht in voller Weite durch die wasserreichen Schichten im toten Wasser abgebohrt wird, wobei die Schachtstöße zunächst unverkleidet bleiben. Nach Erreichung wassertragender Schichten beendet man das Bohren und läßt eine wasserdichte Schachtauskleidung ein, deren Wandung unter Wasser gegen das Gebirge abgedichtet wird. Hierauf wird der Schacht gestümpft und, falls die Arbeiten gelungen sind, mit Hand weiter abgeteuft. Das Verfahren verlangt also eine gewisse Standfestigkeit des Gebirges, da die Stöße während der Bohrarbeit nicht hereinbrechen dürfen. Einzelne minder feste Schichten, die zu Nachfall neigen, können freilich durch Einlassen einer „verlorenen“ Auskleidung (in der Regel eines schmiedeeisernen Zylinders) überwunden werden, womit aber jedesmal eine Verkleinerung des Bohrers und Verringerung des Schachtdurchmessers verknüpft ist. Das Verfahren setzt ferner voraus, daß man nach Durchbohren des wasserreichen Gebirges wassertragende Schichten erreicht, in denen eine Abdichtung des Raumes zwischen der Schachtauskleidung und dem Gebirge möglich ist.

Aus dem Gesagten folgt, daß in der Regel der Schacht nicht in seiner ganzen Teufe mittels des Schachtbohrverfahrens niedergebracht werden wird, daß man vielmehr sich begnügen wird, einen gewissen Schachtteil, in welchem besondere Wasserschwierigkeiten zu erwarten stehen, abzubohren, während der erste und der letzte Teil des Abteufens mit Hand geschieht. Zu solchem Vorgehen wird man sich in der Regel auch mit Rücksicht auf die Kosten und den langsamen Fortschritt der Arbeiten entschließen. Die Höhe der abgebohrten Schachtteile liegt z. B. im Ruhrbezirk bei 13 Schächten zwischen 21,8 und 140,57 m<sup>1)</sup> und in Belgien bei insgesamt 21 Schächten zwischen 50,65 und 324 m.<sup>2)</sup> Das Abbohren ist dabei in sehr verschiedenen Teufen geschehen. Die größten Teufen der abgebohrten Schachtteile schwanken im Ruhrbezirke zwischen 75 und 373 m und in Belgien zwischen 75,8 und 324 m. Der Kalischacht Großherzog von Sachsen bei Dietlas (Thüringen) ist von 340—404 m Teufe abgebohrt worden.

<sup>1)</sup> Sammelwerk Bd. III, S. 183.

<sup>2)</sup> Ann. d. min. de Belgique 1910, S. 1069 u. f.; Breyre: Les creusements etc.

Das Verfahren stammt in seinen Grundzügen von dem deutschen Bergingenieur Kind, der es bereits i. J. 1849 angegeben hatte. Von ihm und dem belgischen Ingenieur Chaudron ist es in den 50er Jahren des vorigen Jahrhunderts vervollkommenet und ausgestaltet worden. Es trägt deshalb mit Recht den Namen dieser beiden Männer. In Deutschland sind späterhin derartige Schachtbohrungen insbesondere von der Firma Haniel & Lueg zu Düsseldorf ausgeführt worden.

*Das Abbohren des Schachtes.*

**81. — Vorbereitende Arbeiten.** In der Regel steht es nicht von vornherein fest, ob und in welcher Teufe der Übergang vom Abteufen mit Hand zum Schachtbohrverfahren notwendig werden wird. Rechnet man aber überhaupt mit der Möglichkeit, zum Schachtbohrverfahren übergehen zu müssen, so ist von Anfang an dafür Sorge zu tragen, daß der Schacht für die Bohrarbeiten auch in dem Falle leicht frei gemacht werden kann, wenn unvermutete Wasserdurchbrüche zu einem plötzlichen Verlassen des Schachtes zwingen. In Rücksicht hierauf werden Einstriche, Pumpen, Verlagerungen, Spannlager, Lutten, Bühnen, Fahrten oder dgl. in keinem Falle fest in den Schacht eingebaut. Vielmehr werden die sämtlichen Einbauten nach dem Vorschlage Tomsons an Seilen so aufgehängt, daß sie, falls der Schacht unter Wasser kommt, ohne Schwierigkeit herausgezogen werden können. Ist diese Vorsorge nicht getroffen, so muß nach dem Durchbruche der Wasser nötigenfalls ein Betonpfropfen in den Schacht eingebracht werden, nach dessen Erhärtung der Schacht gestümpft, von dem Einbau befreit und für den Beginn der Bohrarbeit fertiggestellt werden kann.

**82. — Die Bohrarbeit im allgemeinen und die erforderlichen Einrichtungen.** Das Abbohren der Schächte erfolgt in der Regel so, daß man zunächst mit einem kleinen Bohrer, dessen Breite etwa  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$  des Schachtdurchmessers beträgt, einen Vorschacht herstellt und darauf diesen mit einem großen Bohrer auf den vollen Querschnitt erweitert. Der engere Vorschacht dient für den großen Bohrer als Führung und nimmt gleichzeitig den von diesem erzeugten Bohrschlamm in sich auf, so daß die Arbeit des Bohrers, da er nur einen ringförmigen Querschnitt und eine reine Sohle zu bearbeiten hat, wesentlich erleichtert und beschleunigt wird. Der Schlamm wird von Zeit zu Zeit nach Aufholung des Bohrers und des Gestänges mittels des Schlammlöffels gefördert.

In Belgien hat man in einigen Fällen von der Verwendung eines kleinen Vorbohrers ganz Abstand genommen und sofort den Schacht in der vollen Weite mittels eines außergewöhnlich schweren Bohrers (30 000 kg) abgebohrt. Man hatte hier für eine besonders wirksame Schlammung des Schachttiefsten mittels einer eigenartigen Baggervorrichtung (s. Ziff. 88) Vorsorge getroffen.<sup>1)</sup>

Für eine Schachtbohrung nach Kind-Chaudron ist über Tage erforderlich:

<sup>1)</sup> Rev. univ. d. min. 1902, Tome LX, S. 1 u. f.; Toek u. Verwilghen: Notes sur le creusement etc.

- a) ein Bohrerüst,
- b) eine Bohrvorrichtung,
- c) eine Löffelmaschine,
- d) eine Kabelmaschine,

über deren gegenseitige Lage die Fig. 265 Aufschluß gibt. Ferner gehören zur Tageseinrichtung die erforderlichen Kessel, Werkstätten, Mannschafts- und Geschäftsräume.

**83. — Bohrerüst.** Das Bohrerüst erhält die beträchtliche Höhe von 20—25 m, um darin die 18—20 m langen Gestängestücke unterbringen und bewegen zu können. Der Grundriß des Gerüstes ist rechteckig. Die Längserstreckung (s. Fig. 265) steht senkrecht zu der Linie, in der die Löffelmaschine, Bohrvorrichtung und Kabelmaschine liegen. Im

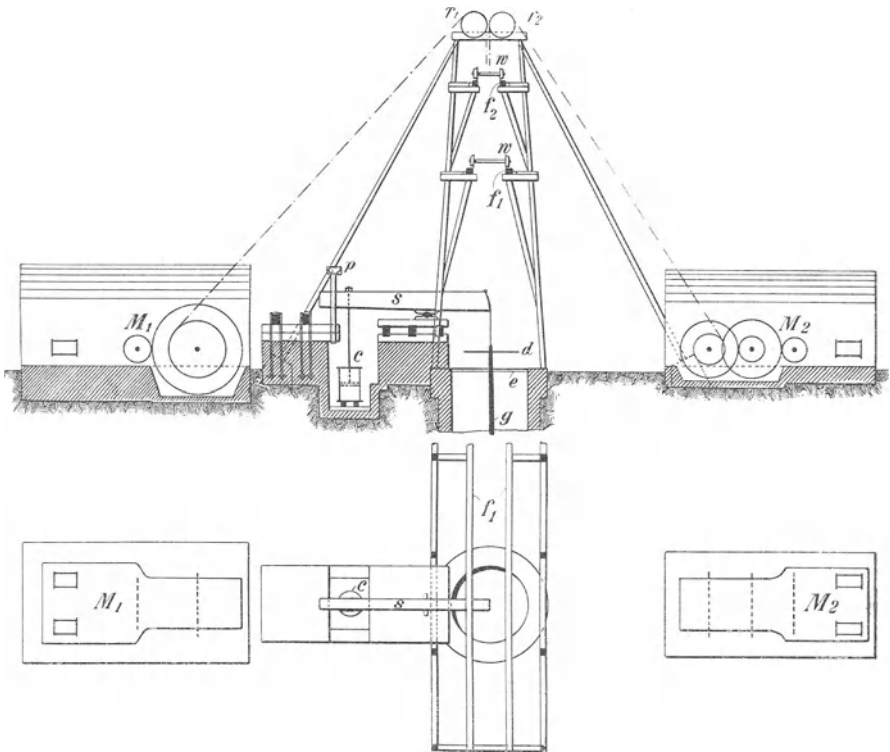


Fig. 265 Einrichtungen über Tage für eine Schachtbohrung nach Kind-Chaudron. (s, c = Bohrvorrichtung,  $M_1$  = Löffelmaschine,  $M_2$  = Kabelmaschine.)

Gerüste sind der Länge nach in der erforderlichen Höhe über der Rasen-hängebank Gleise angebracht, auf denen kleine Tragewagen  $w$  für den großen und kleinen Bohrer, den Löffel und die Gestängestücke laufen. In der Fig. 265 ist angedeutet, daß zwei verschiedene Gleise  $f_1$  und  $f_2$  in verschiedener Höhe einerseits für die Bohrer und den Löffel und andererseits für die längeren Gestängestücke vorhanden sind. Mit  $e$  ist die Bohrbühne

bezeichnet, von der aus der Bohrer während der Bohrarbeit regelmäßig umgesetzt wird.

**84. — Bohrvorrichtung.** Die Bohrvorrichtung (Fig. 265 u. 266, Nebenfigur) besteht aus einem Bohrschwengel  $s$  mit Schlagzylinder  $c$ , wie solcher im I. Bande, 2. Abschnitt dieses Werkes für gewöhnliche Tiefbohrungen beschrieben und figürlich dargestellt ist. Der Bohrschwengel muß für den vorliegenden Zweck besonders kräftig sein und wird jetzt zumeist aus Walzeisen in einer Länge von etwa 9 m und einer Höhe von 1 m hergestellt. In der Nähe des hinteren Endes greift der Schlagzylinder an, der, um mit Zahl und Höhe der Hütbe beliebig wechseln zu können, mit Hand umgesteuert wird. Der Hub wird nach oben und unten durch eine Federprellvorrichtung  $p$  begrenzt, welche vermöge ihrer starken Federung den Hubwechsel erleichtert und beim Bohren mit dem Kindschen Freifallapparat das Abwerfen des Abfallstückes herbeiführen hilft.

Am anderen Ende des Schwengels hängt an einer Laschenkette  $k$  das Gestänge  $g$ , das mittels einer Nachlaßschraube  $n$  während der Bohrarbeit gesenkt und mittels eines Krückels  $d$  umgesetzt werden kann.

**85. — Löffelmaschine, Kabelmaschine.** Die Löffelmaschine  $M_1$  (Fig. 265) ist eine zweizylindrige Fördermaschine von etwa 200—300 PS. mit Bobine und Flachseil, die zum Fördern des Bohrschlammes mittels des Schlammloffels dient. Mit der Kabelmaschine  $M_2$  (Fig. 265), die ebenfalls eine zweizylindrige Fördermaschine mit Bobine und Flachseil zu sein pflegt und etwa 100—200 PS. besitzt, werden die Bohrer eingelassen und aufgeholt. Bei den großen, in Frage kommenden Lasten gibt man dieser Maschine in der Regel ein doppeltes Vorgelege.

**86. — Der kleine und der große Bohrer.** Die Bohrer werden jetzt aus Stahlguß hergestellt. Ihre Form ist aus Fig. 266 ersichtlich. Als Hauptteile kann man den Schaft, den Meißelhalter und die Führungen unterscheiden. Der Schaft ist das Mittelstück  $a_1$  und  $a_2$ , der Meißelhalter das untere Querstück  $b_1$ ,  $b_2$ , in dem die Meißel oder Zähne einzeln befestigt werden, während die durch Arme und Streben mit Mittelstück und Meißelhalter verbundenen Führungen  $i_1$ ,  $i_2$  den Bohrer im Schachte gerade zu führen bestimmt sind. Der Meißelhalter verbreitert sich nach seinen beiden Enden hin, so daß hier zunächst 2 und am Rande 3 Meißel nebeneinander angeordnet sind. Es geschieht dies, damit am Umfange des Bohrschachtes nicht Ecken stehen bleiben. Ist dies trotzdem der Fall, so kann man den Bohrer mit einem der Schachtweite entsprechenden, zylindrischen Mantel umgeben, der unten mit Schruppzähnen besetzt ist.

Am großen Bohrer ist noch die unten am Meißelhalter verschraubte, in den kleineren Bohrschacht eintauchende Führung  $m$  bemerkenswert, die bewirkt, daß beide Bohrungen stets genau zentrisch stehen.

Die Schneidenbreite des kleinen Bohrers schwankt zwischen 1,5 und 2,6 m, sein Gewicht zwischen etwa 5000—9800 kg. Der große Bohrer besitzt eine Breite, die zwischen 4,30 und 5,05 m liegt, und wiegt etwa 15000—24000 kg.

**87. — Gestänge und Zwischenstücke.** Das Gestänge ( $g$  in Fig. 266) besteht, damit es möglichst leicht ausfällt und einen gewissen Auftrieb besitzt, aus Holz. Am besten hat sich das Holz der amerikanischen Pechkiefer

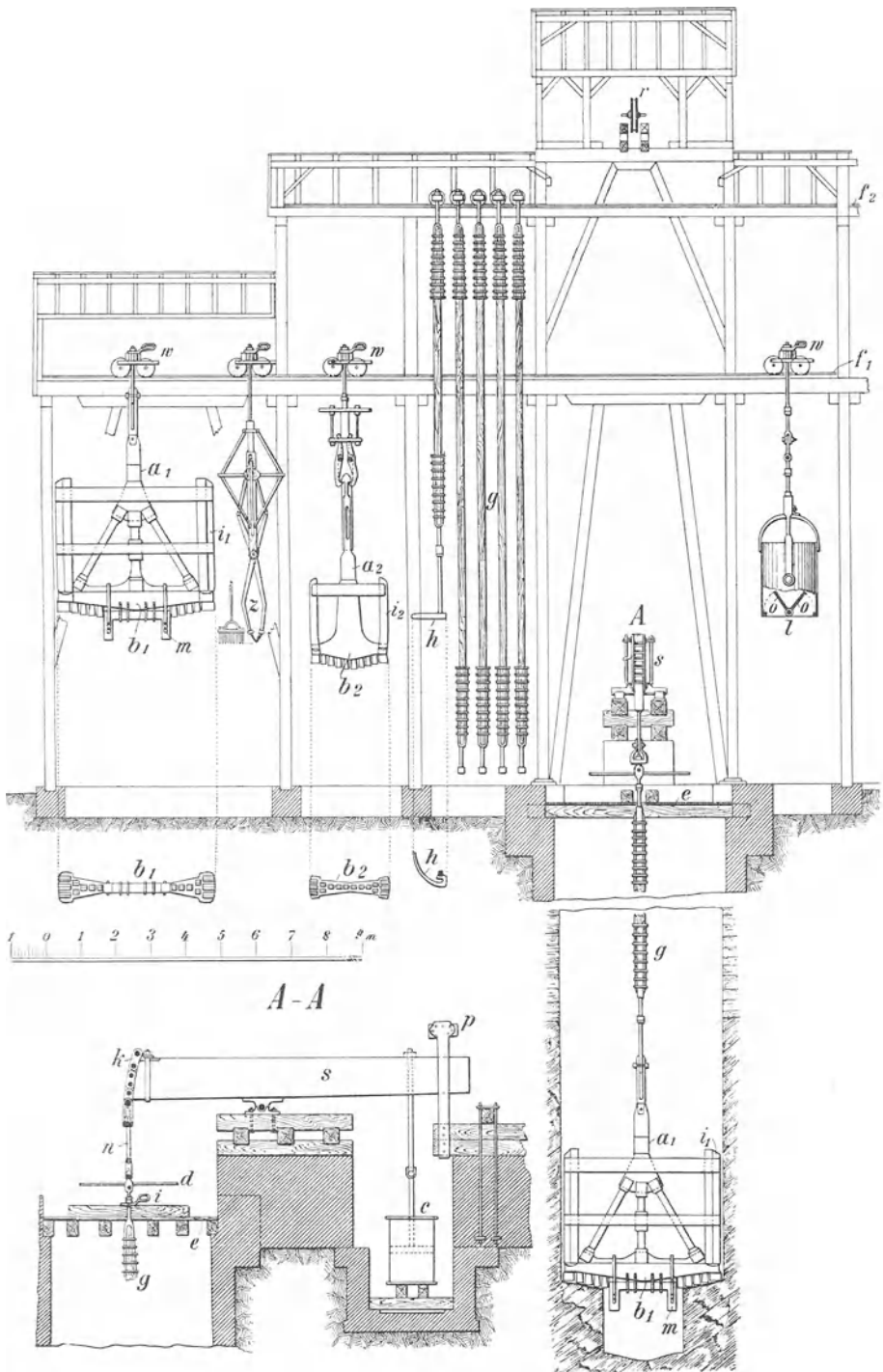


Fig. 266. Bohrgerüst mit den Bohrgeräten für eine Schachtbohrung nach Kind-Chaudron.

(pitch-pine) bewährt. Oben und unten sind die quadratischen (etwa 22 : 22 cm) Holzstangen von eisernen Gabeln umfaßt und mit ihnen verschraubt. Die Gabeln laufen in eiserne Stangen mit Schraubenköpfen oder Mutterschrauben aus. Die Länge eines solchen Gestängestückes beträgt meist 18—20 m. In Belgien hat man, um die Anzahl der Verbindungen zu vermindern und die Nebenarbeiten einzuschränken, die Länge der Gestängestücke auf 35,2 und sogar auf 56,1 m erhöht.<sup>1)</sup> Hierbei ist allerdings ein genügend tiefer und weiter Vorschacht die Vorbedingung, da ein entsprechend hohes Bohrgestüt viel zu teuer werden würde.

Als Zwischenstück zwischen Bohrer und Gestänge wird der Kindsche Freifallapparat und die Rutschschere verwendet, die bereits in Bd. I, 2. Abschnitt dieses Werkes beschrieben sind.

Den Freifallapparat benutzt man für den kleinen Bohrer und erzielt so infolge des freien Falles des Bohrwerkzeuges besonders günstige Leistungen. Bei dem großen Bohrer gebraucht man dagegen die Rutschschere. Diese arbeitet bei den großen, in Frage kommenden Gewichten verlässlicher, weil ein Fassen und Wiederloslassen des schweren Abfallstückes bei jedem Hube durch Scherenzangen nicht erforderlich ist. Die geringere Fallgeschwindigkeit wird durch das größere Gewicht gegenüber dem kleinen Bohrer zum Teil wieder ausgeglichen.

Bei Benutzung des Freifallapparates arbeitet man mit 12—20 Hübem in der Minute und einer Fallhöhe von 25—35 cm, während man mit dem großen Bohrer unter Anwendung der Rutschschere 6—10 Schläge bei einer Hubhöhe von 30—40 cm macht. Je härter das Gestein ist, um so geringer wählt man die Hubhöhe und um so größer die Schlagzahl. Während der Bohrarbeit wird der Bohrer mittels des Krückels *d* von der Bohrbühne aus regelmäßig umgesetzt, was in der Regel 3 Leute besorgen.

Man kann so arbeiten, daß entweder der Vorschacht auf seine ganze Tiefe fertiggestellt und danach der Schacht mit seinem vollen Durchmesser abgebohrt wird oder daß man abwechselnd je ein Stück des engen und je ein Stück des weiten Schachtes niederbohrt. Empfehlenswerter ist das zweite Verfahren, weil dann die Ruhepausen für den einzelnen Bohrer zu Ausbesserungsarbeiten an ihm benutzt werden können.

**88. — Das Löffeln.** Von Zeit zu Zeit muß gelöffelt, d. h. der Bohrschlamm aus dem Schachte entfernt werden. Bei dem kleinen Bohrer, der ständig in dem von ihm erzeugten Schlamm arbeiten muß, geschieht dies mehrere Male am Tage. Bei der Arbeit mit dem großen Bohrer dagegen genügt es, wenn das Löffeln etwa alle 8 Tage einmal erfolgt, da ja der Schlamm sich in dem kleinen Vorschachte ansammeln kann. Für das Löffeln muß zunächst das Gestänge und der Bohrer aufgeholt werden, eine Arbeit, die für je 100 m Teufe etwa 25 Minuten erfordert. Sodann wird der Schlammlöffel am Kabel mit der Löffelmaschine eingelassen. Der gewöhnliche Schlammlöffel (*l* in Fig. 266) ist seinem Wesen nach ein großer Ventilbohrer, der aus einem Blechzylinder besteht, dessen Boden durch 2 Ventilkappen gebildet wird. Sobald der Löffel auf der Sohle

<sup>1)</sup> Ann. d. min. d. Belgique 1899, S. 465 u. f.; Demeure: Création d'un nouveau siège etc.

angekommen ist, wird er zum Zwecke der Füllung einige Male auf und nieder bewegt, sodann wieder aufgeholt und oben ausgekippt. Das Aufholen geschieht mit mäßiger Geschwindigkeit (etwa 1 m in der Sekunde), um nicht zu viel Schlamm durch die nicht völlig dicht schließenden Ventilklappen zu verlieren.

Das einmalige Einlassen, Aufholen und Entleeren des Löffels dauert je nach der Teufe etwa  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$  Stunde. Bei der Arbeit mit dem kleinen Bohrer wird der Löffel 2—4 mal hintereinander, bei der Arbeit mit dem großen Bohrer entsprechend der Menge des im Vorschachte angesammelten Schlammes erheblich öfter eingelassen.

Bei geringen Teufen hat man in einzelnen Fällen auch mit dem Gestänge gelöffelt. Es nimmt das zwar mehr Zeit in Anspruch, kann aber bei zähem Schlamm, da ein kräftigeres Eindringen des Löffels möglich ist, zweckmäßig sein.

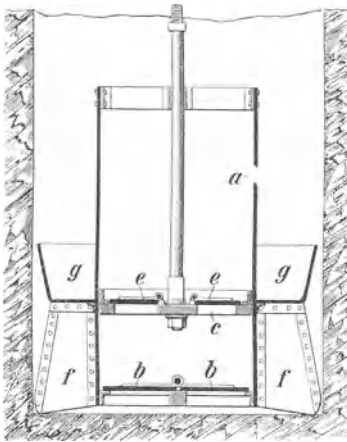


Fig. 267. Kolbenlöffel.

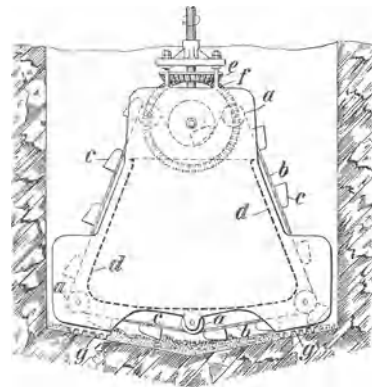


Fig. 268. Baggerlöffel.

Wirkungsvoller als der gewöhnliche Löffel und insbesondere besser zum Aufholen kleinstückigen Gebirges geeignet ist der in Fig. 267 dargestellte Kolbenlöffel,<sup>1)</sup> dessen Gebrauch allerdings den Nachteil hat, daß beim Einlassen und Aufholen mehr Zeit verloren geht, weil der Löffel mittels des Gestänges betätigt werden muß. Der Zylinder *a* besitzt die auch bei dem gewöhnlichen Löffel vorhandenen Bodenklappen *b*. Das Gestänge greift aber hier an einem Kolben *c* an, der durchbohrt und ebenfalls mit Klappen *e* besetzt ist. Sobald der Kolbenlöffel die Sohle des Schachtes erreicht hat und mit seinen Füßen *f* aufsteht, bewegt man mittels des Gestänges den Kolben *c* pumpend auf und ab und saugt so den Schlamm in den Zylinder. Die gröberen Stücke lagern sich auf den Bodenklappen ab, während der feinere Schlamm über den Kolben tritt und sich auf diesem absetzt oder auch über den oberen Zylinderrand hinweg in den äußeren Ringbehälter *g* gelangt und hier verbleibt.

<sup>1)</sup> Tecklenburg: Handbuch der Tiefbohrkunde Bd. 6, 1896, S. 115 u. f.



In Belgien hat man in den Schächten, die sofort in voller Weite allein mit dem großen Bohrer niedergebracht wurden, zum Schlämmen einen von dem Ingenieur Degueldre angegebenen Baggerlöffel<sup>1)</sup> benutzt (Fig. 268). Um Rollen *a* laufen zwei Ketten *b*, die zwischen sich Becher *c* tragen. Die Becher füllen sich mit Schlamm, während sie über die Schachtsohle bewegt werden, und schütten, oben angekommen, ihren Inhalt in den kastenförmigen Behälter *d* aus. Der Antrieb des Becherwerkes geschieht durch Drehung des Gestänges und wird durch die Kegelhäder *e* *f* auf das Becherwerk übertragen. Die Füße *g* stehen auf der Schachtsohle auf und bewirken, daß zwischen den Bechern und der festen Sohle ein gewisser Spielraum verbleibt.

Auch diese Vorrichtung muß, wie aus dem Gesagten hervorgeht, in zeitraubender Weise mittels des Gestänges eingelassen und aufgeholt werden. Ferner besteht der Nachteil, das das Gestänge bei der Betätigung des Becherwerkes stark auf Verdrehung in Anspruch genommen wird.

**89. — Fanggeräte.** Für die Bohrarbeit sind außerdem noch Fanggeräte notwendig, da Betriebsstörungen durch Gestänge- und Meißelbrüche oder durch Gegenstände, die auf die Schachtsohle gefallen sind, trotz aller Vorsicht nicht zu vermeiden sind. Namentlich ist dies der Fall, wenn es sich um sehr ungleichmäßiges Gebirge mit harten Einlagerungen und stärkerem Einfallen handelt oder wenn Klüfte und Spalten auftreten, die Klemmungen des Bohrers im Gefolge haben. Als Fanggeräte benutzt man insbesondere die im 2. Abschnitt des I. Bandes für Tiefbohrungen beschriebenen Glückshaken, Löffelhaken und Eisenfänger (*h* und *z* in Fig. 266), wobei diese natürlich entsprechend dem großen Schachtdurchmesser und den bedeutenden, zu hebenden Gewichten groß und stark gebaut sein müssen.

#### *Das Auskleiden des Schachtes.*

**90. — Die Kùvelage für Bohrschächte.** Die Kùvelage besteht aus ganzen Schachtringen von 1,2—1,5 m Höhe mit äußerer, glatter Wand und inneren, wagerecht verlaufenden Flanschen und Verstärkungsrippen. Die Flanschen sind genau abgedreht. Die einzelnen Ringe werden durch Schrauben unter Benutzung von Bleidichtungen miteinander verbunden. Über die Berechnung der Wandstärke ist das auf S. 143 u. f. Gesagte zu vergleichen.

Von einem Zusammenbau der Kùvelage aus einzelnen Segmenten hat man bisher Abstand nehmen zu sollen geglaubt, weil die Wasserdichtigkeit bei einer aus ganzen Ringen zusammengesetzten Kùvelage mit größerer Sicherheit zu erreichen ist. Insbesondere glaubte man auf eine genügende Dichtigkeit derjenigen Stellen, wo die senkrechten und wagerechten Fugen zusammenstoßen, nicht rechnen zu können. Bei der jetzigen außerordentlich genauen Bearbeitung der einzelnen Tübbingsegmente dürften aber die Bedenken gegen einen Zusammenbau der Ringe aus einzelnen Segmenten wesentlich abgeschwächt erscheinen. Tatsächlich hat man auch bei den nach dem Honigmannschen Verfahren im schwimmenden Gebirge abgebohrten Schächten mehrfach die Kùvelage über Tage aus

<sup>1)</sup> S. Anm. 1 auf S. 220; ferner Anm. 2 auf S. 215 und Anm. 1 auf S. 216.

einzelnen Segmenten zusammengebaut und genau ebenso, wie dies bei dem Verfahren nach Kind-Chaudron geschieht, in den mit Wasser erfüllten Schacht eingehängt, ohne irgendwelche Schwierigkeiten bezüglich der Wasserdichtigkeit gehabt zu haben. Zuerst hat dies bei ihren Bohrschächten die Gewerkschaft Deutscher Kaiser getan, auch Schacht Diergardt bei Hochemmerich ist in dieser Weise ausgekleidet worden (s. Ziff. 103, S. 234f.).

Der Umstand, daß man bisher die Verwendung ganzer Schachtringe für unbedingt erforderlich hielt, hat den Nachteil im Gefolge gehabt, daß man den Durchmesser der Bohrschächte dem Normalbrückenprofil der Eisenbahnen anpassen mußte. Es konnten nämlich keine größeren Ringe zur Anwendung kommen, als solche, die noch für den Eisenbahnversand mit Rücksicht auf die Unterführungen zulässig waren. Die meisten Bohrschächte haben deshalb nur einen lichten Durchmesser von 3,65 und 4,10 m erhalten. Nur einige, für den Eisenbahnversand besonders günstig belegene Schächte sind mit Ringen von 4,40 m lichten und 4,78 m äußerem Durchmesser ausgebaut worden. Eine Erhöhung dieses Maßes ist für die tiefen, stark belasteten Schächte dringend erwünscht.

#### 91. — Moosbüchse, Gleichgewichtsboden, Gleichgewichtsrohr.

Die Kùvelage für Bohrschächte zeigt, da sie ja über Tage zusammengebaut, sodann eingelassen und schließlich unter Tage gegen die Gebirgstöße abgedichtet werden muß, in ihrer Ausgestaltung mannigfache Besonderheiten, welche den eigenartigen Anforderungen Rechnung tragen. In erster Linie sind hier zu erwähnen die Moosbüchse, der falsche Boden (Gleichgewichtsboden) und das Gleichgewichtsrohr. Für das Einlassen kommt weiter in Frage das Senkgestänge mit der Senkvorrichtung und der Deckel, der allerdings nicht in allen Fällen Verwendung findet.

Die Moosbüchse ist meistens der Fuß der Kùvelage und muß deshalb zuerst zusammengebaut werden. Ihr ist hauptsächlich die Aufgabe der Abdichtung der Kùvelage gegen die Gebirgstöße zugewiesen.

Die Moosbüchse ist in Einrichtung und Wirkung einer Stopfbüchse an Maschinen ähnlich. Sie besteht (Fig. 269) aus dem inneren Ringe *a*, über den sich der Mantelring *b* schieben läßt. Der innere Ring ist gewöhnlich aus einem Stücke gegossen, während der Mantelring aus mehreren Segmenten derart zusammengesetzt wird, daß sein kreisförmiger Vorsprung *c* den ebenfalls kreisförmigen Vorsprung *d* des inneren Ringes faßt und, falls beide Teile soweit als möglich auseinander gezogen sind, trägt. Zwischen den Fuß *e* des Mantelringes und den angeschraubten Fuß *f* des inneren Ringes wird eine dichte Moospackung eingebracht, die durch ein darüber gespanntes Netz *h* gehalten wird. Letzteres wird an den in die kreisförmigen Nuten *i* und *k* eingetriebenen Holzeinlagen angenagelt. Der Tragring *l* gibt dem Fuße *f* eine sichere Versteifung und Verstärkung und beugt außerdem einer Schiefstellung der Moosbüchse infolge von Schlammansammlungen vor, indem er diese durchdringt. Ist die Kùvelage in den Schacht eingelassen, so setzt zunächst der Tragring *l* und der Fuß *f* des inneren Ringes auf die Schachtsohle auf. Infolge des Gewichtes der Kùvelagesäule schiebt sich nun der Mantelring *b* über den

inneren Ring, wobei die Moospackung *g* zusammengedrückt und nach außen fest gegen den Gebirgsstoß gepreßt wird.

Der Zusammenbau der Moosbüchse aus ihren einzelnen Teilen erfolgt über Tage auf einer über den Schacht gelegten Balkenunterlage. Sobald der Mantelring *b* zusammengefügt ist, setzt man ihm den oberen Kütvelagering *m* auf und verschraubt beide Ringe in der üblichen Weise. Nunmehr werden diese Ringe um 1 m angehoben, so daß der Platz für die Moospackung frei wird und letztere angebracht werden kann.

In den Kütvelagering *m* wird danach der Gleichgewichtsboden *n* eingebaut. Es ist dies ein nach unten gewölbter Boden aus Eisen- oder Stahlguß, der das Eindringen von Wasser in die Kütvelagesäule verhindern soll. Die ganze gußeiserne Schachtauskleidung wird nämlich in der Regel so schwer, daß es nicht zugänglich sein würde, sie mit den Senkstangen allein

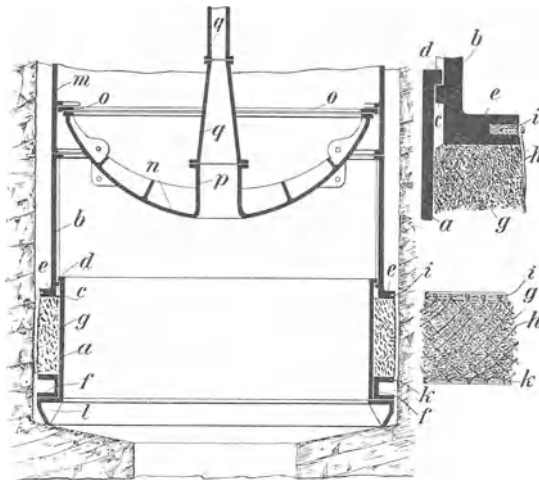


Fig. 269. Moosbüchse.

zu halten und niederzulassen. Durch den Einbau des Bodens erhält man einen Hohlkörper, der, wenn er erst auf eine gewisse Höhe in das Wasser eintaucht, zu schwimmen beginnt, so daß die Senkstangen entlastet werden und bald ganz ausgebaut werden können. Da der Gleichgewichtsboden einen geringeren Durchmesser als die einzelnen Kütvelageringe besitzen muß, kann er nicht unmittelbar an der Verstärkungsrippe des Ringes befestigt werden, sondern es wird ein aus mehreren Segmenten bestehender, zusammenschraubter Ring *o* dazwischen geschaltet, der in der aus Fig. 269 ersichtlichen Weise die Verbindung zwischen Gleichgewichtsboden und Kütvelagering herstellt.

Das beim Einlassen der Kütvelage in den Schacht unter dem Gleichgewichtsboden verbleibende Wasser muß, sobald die Moospackung durch die sich zusammenschiebende Moosbüchse gegen den Gebirgsstoß gepreßt wird, Gelegenheit zum Entweichen finden. Zu diesem Zwecke ist in der Mitte des Gleichgewichtsbodens ein Stutzen *p* angebracht, der beim Auf-

bau der Kùvelage im selben Maße durch Aufsetzen von Rohren  $q$ , den sog. Gleichgewichtsrohren, nach oben verlängert wird.

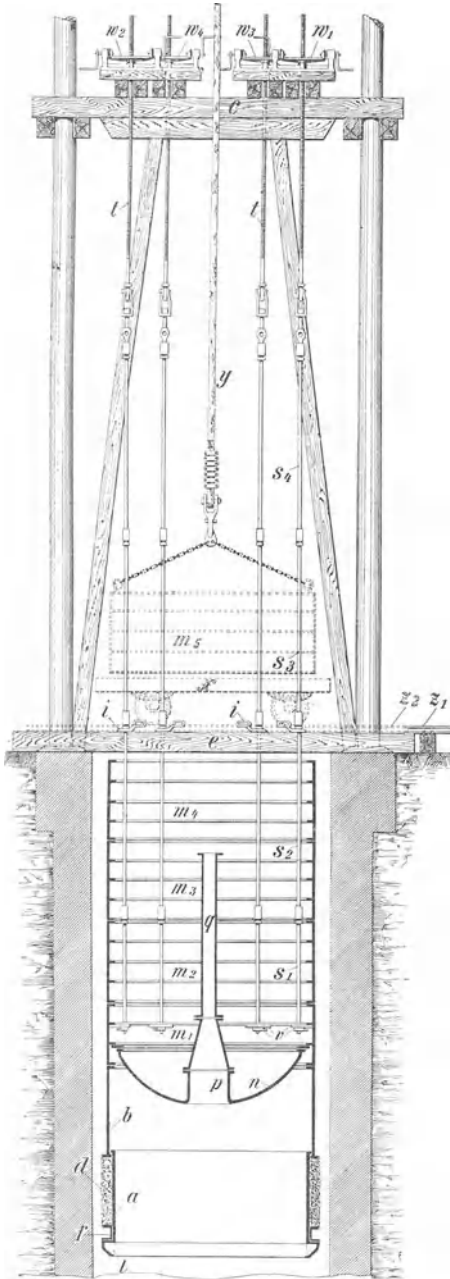


Fig. 270. Das Einlassen der Kùvelage in Bohrschächte.

**92. — Das Einlassen der Kùvelage.** An die obersten Verstärkungsrippen des untersten Kùvelageringes werden die Ansatzstücke  $v$  (Fig. 270) zur Befestigung der eisernen Senkstangen  $s_1$  geschraubt, von denen in der Regel sechs notwendig sind. Nachdem nun die Senkstangen, die durch Aufsetzen weiterer Stücke  $s_2, s_3, s_4$  (von etwa je 4 m Länge) beliebig verlängert werden können, in die entsprechenden Augen der Ansatzstücke eingeschraubt sind, wird die Moosbüchse mit dem untersten Kùvelagering und Gleichgewichtsboden zunächst soweit angehoben, daß die bisherigen Unterzüge entfernt werden können, worauf mit dem Senken bis zum Was-

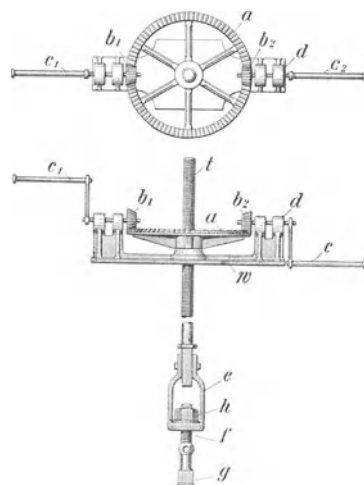


Fig. 271. Senkwinde.

serspiegel begonnen wird. Man bedient sich hierbei der Senkwinden  $w_1-w_4$ , die auf einer wagerechten Balkenlage aufgestellt sind. Sie

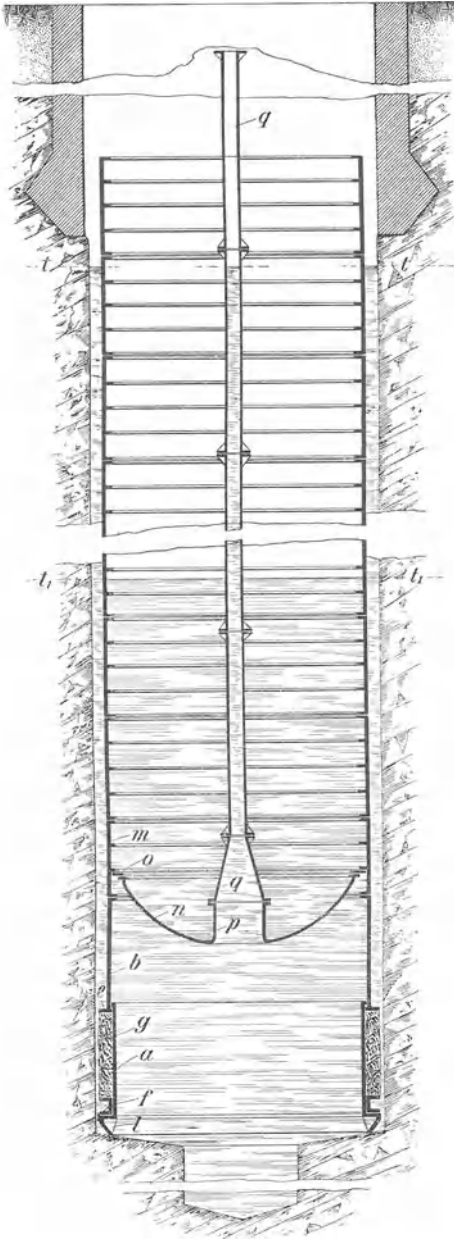


Fig. 272. Offene Küvelage für Bohrschächte.

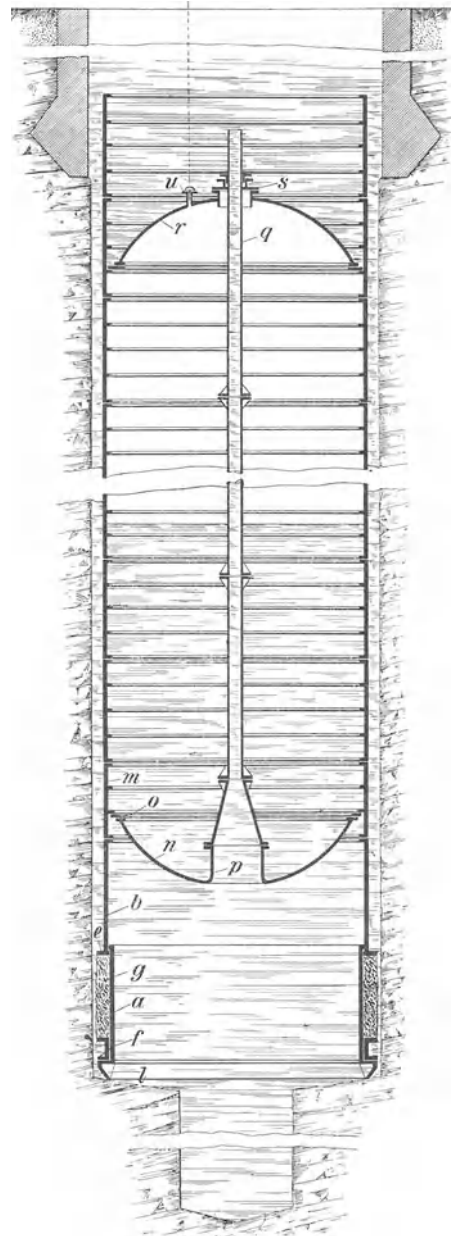


Fig. 273. Tauchküvelage für Bohrschächte.

bestehen (Fig. 271) aus 4 m langen und 8 cm dicken Schraubenspindeln  $t$ , deren Muttern die Naben von konischen Zahnrädern  $a$  bilden, die durch kleine Zahnräder  $b_1, b_2$  und Kurbeln  $c, c_1, c_2$  angetrieben werden.

Sind die zusammengebauten Ringe genügend gesenkt, so werden die Stangen durch Gabeln ( $i$  Fig. 270) etwa in der Höhe der Rasenhängebank abgefangen und darauf die oberen Stangenverlängerungen entfernt. Nunmehr wird der nächste Schachtring  $m_5$  über den Schacht gefahren, an das Kabelleil angeschlagen und etwas angehoben, so daß er frei schwebt. Darauf schraubt man die Senkstangen wieder zusammen und hebt das fertige Kùvelagestück mittels der Senkwinden so weit an, daß die Abfanggabeln und die Balken über der Schachtmündung entfernt werden können und der neue Schachtring auf die bereits fertige Kùvelage niedergelassen und mit dieser verschraubt werden kann.

Sobald die Kùvelage schwimmt, entfernt man die Senkgestänge und Senkwinden und baut unter entsprechender Verlängerung des Gleichgewichtsrohres ohne weiteres einen Ring nach dem anderen auf, indem man immer von neuem so viel Wasser in den Zylinder laufen läßt, daß dieser entsprechend sinkt. In dieser Weise fährt man fort, bis die Moosbüchse die Schachtsohle erreicht hat und der eiserne Zylinder bis über den natürlichen Wasserspiegel hinaus in die Höhe geführt ist.

Fig. 272 zeigt die eben auf der Schachtsohle angekommene, zum Teil mit Wasser gefüllte Kùvelage.

**93. — Tauchkùvelage.** Es kommt häufig vor, daß nur in größerer Teufe wasserreiche Schichten zu durchteufen sind und daß darüber bis zur Tagesoberfläche trockenes Gebirge ansteht, in dem der Schacht bereits vorher ausgemauert oder sonst mit Hand ausgekleidet worden ist. In solchen Fällen ist der obere Teil der Kùvelage bis zum natürlichen Grundwasserspiegel überflüssig, und es genügt, die wasserführenden Schichten allein wasserdicht zu verkleiden. Zu diesem Zwecke baut man, wenn die Kùvelage eine solche Höhe erreicht hat, daß sie das wasserführende Gebirge noch um 15—20 m überragt, einen Deckel  $r$  (Fig. 273) ein, der umgekehrt wie der Gleichgewichtsboden angeordnet ist. In der Mitte des Deckels befindet sich ein Mannloch, das so groß ist, daß es das Gleichgewichtsrohr  $q$  aufnehmen kann und dabei einem Manne Platz zum Durchklettern läßt. Nachdem alle Schrauben zur Befestigung des Deckels und des letzten Stückes des Gleichgewichtsrohres angezogen sind und der Mann wieder herausgeklettert ist, wird das Mannloch durch einen Deckel  $s$  mit Stopfbüchse verschlossen. Man pflegt sodann dem Tauchkörper noch 2 Ringe aufzusetzen, um in ihnen ein lösbares Gehänge anzubringen, an dem man mit Hilfe der Kabelmaschine die Kùvelage in die Tiefe lassen kann. Letztere Arbeit geht in einigen Stunden, je nach der Schachtteufe, vor sich.

Sowohl bei der oben offenen wie bei der Tauchkùvelage füllt man nun den Hohlzylinder mit Wasser, um auf die Moosbüchse das volle Gewicht der Eisenmassen wirken zu lassen und sie nach Möglichkeit zusammenzupressen. Bei der offenen Kùvelage läßt man das Wasser durch eine in einen Schachtring gebohrte Öffnung einströmen. Bei der Tauchkùvelage ist im Deckel ein Stutzen mit einer durch ein Ventil  $u$  (Fig. 273)

geschlossenen Öffnung vorgesehen, das durch Seilzug von oben geöffnet wird, sobald die KÜvelage unten angekommen ist.

**94. — KÜvelage ohne Moosbüchse und Gleichgewichtsrohr.** Die Tatsache, daß in einem Kind-Chaudronschen Bohrschachte trotz gebrochener Moosbüchse der Wasserabschluß allein durch die in jedem Falle erforderliche Betonierung (s. Ziff. 96) vollständig gelungen war, hat man in Belgien und Frankreich zum Anlaß genommen, die Moosbüchse gänzlich zu beseitigen. Mit dem Fortfall der Moosbüchse wurde auch das Gleichgewichtsrohr überflüssig, da keine Notwendigkeit mehr vorlag, dem Wasser unter dem Gleichgewichtsboden während des Zusammenschiebens der Moosbüchse einen Ausweg zu verschaffen. Insgesamt wird also durch die Beseitigung dieser Teile, die beim Einbau immerhin viel Aufmerksamkeit verlangen und außerdem erhebliche Kosten verursachen, eine bemerkenswerte Vereinfachung und Verbilligung erreicht.

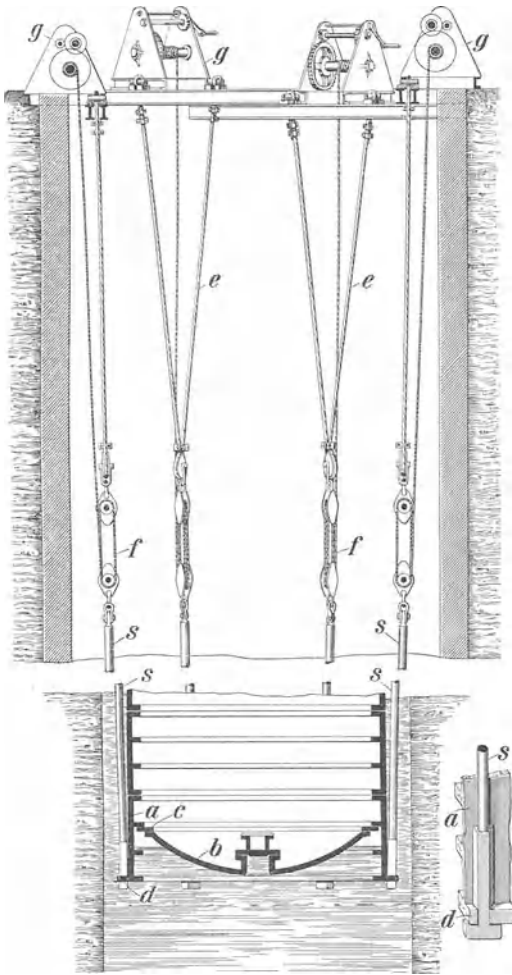


Fig. 274. Einhängen einer KÜvelage ohne Moosbüchse.

Die Fig. 274 zeigt in ihrem unteren Teile, wie der Fuß einer KÜvelage ohne Moosbüchse und Gleichgewichtsrohr beschaffen ist. In den untersten Schachtring *a* wird der Gleichgewichtsboden *b* unter Zwischenschaltung des Ringes *c* in der üblichen Weise eingebaut. Die unterste Flansche, mit der sich der Schachtring auf die Schachtsohle setzt, ist verstärkt und insbesondere zu einem nach außen vorspringenden Rande *d* verbreitert, über dessen Bedeutung für das Einhängen der KÜvelage in der folgenden Ziffer gesprochen werden wird.

**95. — Das Einhängen der KÜvelage ohne Moosbüchse.** Für die vereinfachte KÜvelage hat man in Belgien auch eine einfachere Art des

Einhängens ausfindig gemacht.<sup>1)</sup> Das in Ziff. 92 beschriebene Verfahren ist insofern umständlich, als wegen der im Inneren des Schachtes untergebrachten Senkstangen diese für das Aufsetzen eines neuen Ringes jedesmal abgefangen, durch Herausnahme eines Stückes unterbrochen und nach Heranschaffung des neuen Ringes wieder zusammengebaut werden müssen. Diese Schwierigkeiten lassen sich vermeiden, wenn man die Senkstangen am äußeren Umfange der Kütvelage angreifen läßt. Wie dies geschieht, ist aus der Fig. 274 ersichtlich. Der nach außen vorspringende Fußrand *d* der Kütvelage besitzt trapezförmige Aussparungen, in welche die unten ebenfalls trapezförmig gestalteten Senkstangen *s* eingeschoben werden (s. auch die Nebenfigur rechts unten). Die Senkstangen sind an Seilen *e* unter Zwischenschaltung von Flaschenzügen *f* aufgehängt. Durch Kabel *g* können die Flaschenzüge gleichmäßig nachgelassen und damit die Kütvelage selbst gesenkt werden. Neue Ringe werden, ohne irgendwelche Verbindungen lösen zu müssen, einfach von oben in den durch die Seile *e* und Senkstangen *s* gebildeten Kreis bis auf die bereits zusammengebaute Kütvelage niedergelassen. Sobald diese schwimmt, sind die Senkstangen, Flaschenzüge, Seile und Kabel überflüssig. Die Senkstangen werden dadurch gelöst, daß man sie etwas tiefer einsinken läßt, bis ihr schwächerer, runder Teil von selbst aus der trapezförmigen Aussparung des Fußrandes *d* tritt, worauf sie aus dem Schachte gezogen werden. Das Heben und Senken der Kütvelage erfolgt dann durch Herauspumpen oder Einlassen von Wasser aus dem oder in das Innere des Zylinders.

**96. — Das Betonieren.** Nachdem die Kütvelage sich fest auf die Schachtsohle gesetzt hat, wird der zwischen dem Tübbingzylinder und den Gebirgstößen verbleibende Ringraum von 20—30 cm Breite ausbetoniert. Auch wenn eine Moosbüchse vorhanden ist, muß man auf eine gute, sorgfältige Betonierung den größten Wert legen. Denn eine gut abgebundene Betonhinterfüllung sichert in jedem Falle die Festigkeit und Dauerhaftigkeit des Schachtausbaues. Versagt aber die Wirksamkeit der Moosbüchse oder ist überhaupt keine zur Anwendung gekommen, so hängt der Wasserabschluß und damit der Erfolg des Schachtabteufens allein von der Betonierung ab. Die Vorbedingung für ein gutes Abbinden des Betons ist die sorgfältige Reinigung der Schachtsohle vom Bohrschlamm und die Klärung des Wassers.

Die Einführung des Betons erfolgte früher durch Löffel. Diese waren entsprechend dem zur Verfügung stehenden Ringraume schmal und segmentförmig gestaltet und erhielten, um ein Entmischen des Betons während des Einlassens zu verhüten, Bodenklappen, die sich beim Aufstoßen öffneten. Die Löffel hingen an Seilen und wurden mittels der vorhandenen Dampfmaschinen (Kabel- und Löffelmaschine) bewegt. Gewöhnlich brachte man auch Führungseile an, die am unteren Ende beschwert waren.

Die Zementierung mit Löffeln ist mit dem Übelstande verknüpft, daß das Wasser infolge des Auf- und Niedergehens der Löffel in Bewegung gerät, wodurch das gute Abbinden des Zementes verzögert und unter Um-

<sup>1)</sup> S. Anm. 1 auf S. 219, Anm. 2 auf S. 215 und Anm. 1 auf S. 216; ferner Haton de la Goupillière: Exploitation des mines, T. 1, 1905, S. 956 u. f.



ständen verhindert wird. Besser ist deshalb das neuere Verfahren, daß man den Beton in geschlossenem Strom durch Rohrstränge in den Ringraum hinableiten läßt, wobei ebenfalls ein Entmischen des Betons vermieden wird, während die Wassersäule mehr in Ruhe bleibt. Entsprechend der Anfüllung des Raumes werden die Rohrleitungen allmählich hochgezogen.

Die unteren 10—20 und die oberen 5—10 m pflegt man mit reinem Zement auszufüllen. Im übrigen setzt man der Billigkeit halber dem Zement 1—2 Teile Sand zu. In salzhaltigem Gebirge benutzt man Magnesia-zement, der die Eigenschaft besitzt, gut unter Salzwasser ab- und an Steinsalz anzubinden. Beim Betonieren kann man auf einen täglichen Fortschritt von 3—5 m rechnen.

Nachdem man dem Beton oder Zement etwa 6 Wochen Zeit zum Erhärten gegeben hat, beginnt man mit dem Stümpfen des Schachtes.

**97. — Das Stümpfen und Fertigmachen des Schachtes zum Weiterabteufen.** Das Stümpfen geschieht mit zylindrischen Blechgefäßen mit Bodenventil, die sich beim Eintauchen füllen. Sobald es möglich ist, werden Deckel und Gleichgewichtsrohre, wenn sie vorhanden sind, und der Gleichgewichtsboden ausgebaut.

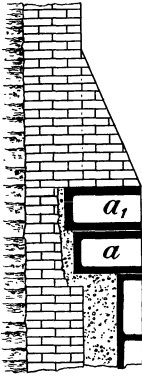


Fig. 275. Anschluß der Kùvelage an eine obere Schachtmauerung.

Zunächst wird dann der Schacht vorsichtig ohne Schießarbeit ein Stück weiter abgeteuft. Sobald die Verhältnisse es gestatten, wird zur sicheren Abfangung der Moosbüchse oder des Fußes und zum Abschlusse etwa noch vorhandener Wasserzugänge ein Keilkranz gelegt und eine Anschlußkùvelage hergestellt. Es geschieht dies in derselben Weise, wie es bei Besprechung der Anschlußkùvelage für Senkschächte (s. S. 207) beschrieben ist.

Unter Umständen ist es erforderlich, auch das obere Ende der Kùvelage an das dartüber befindliche Schachtmauerwerk anzuschließen. Namentlich ist dies dann rätlich, wenn Gefahr besteht, daß die durch die Kùvelage abgeschlossenen Wasser nach oben hin durchtreten. Der Anschluß kann in der schon auf S. 137 besprochenen und durch die Fig. 169 erläuterten Weise geschehen. Auch setzt man in solchen Fällen auf die Kùvelage nach teilweiser Fortspitzung des hier befindlichen Mauerwerkes einige Tragekränze  $a$  und  $a_1$  (Fig. 275), die sorgfältig einzementiert werden und sodann als Fuß für die wiederherzustellende Verbindung mit der oberen Schachtmauer dienen. Um hier den größeren Schachtdurchmesser zu erreichen, läßt man den Mauerfuß sich nach oben verjüngen.

Auch unterhalb der Kùvelage wird man in der Regel wieder zu einem größeren Schachtdurchmesser übergehen.

#### *Leistungen und Kosten.*

**98. — Leistungen.** Die Gesamtabteufleistung, die die Bohrarbeit, den Zusammenbau und das Einlassen der Kùvelage, das Betonieren und das Freimachen des Schachtes für das weitere Abteufen umfaßt, schwankt

wegen der vielen Zufälligkeiten, denen die Arbeiten ausgesetzt sind, in weiten Grenzen. Zum Teil gehen die Gesamtleistungen auf nur  $1\frac{1}{2}$  m im Monat zurück und steigen anderseits bis zu etwa 10 m. Von großem Einfluß ist die Natur und Art des Gebirges. Ist dieses nicht allzu fest und gleichmäßig, so pflegen die Arbeiten schnell voran zu schreiten; treten aber in zähem, festem Gestein Klüfte und Spalten auf, so sinkt die Leistung schnell. Im übrigen sind die Leistungen naturgemäß besser, wenn hohe Schachtteile abgebohrt werden, als wenn das Verfahren für das Durchteufen von nur wenigen Metern angewandt wird. Das gleiche ist der Fall, falls der Schacht schon von Tage her nach dem Kind-Chaudronschen Verfahren niedergebracht wird, so daß der zeitraubende Übergang von einem Verfahren zum anderen vermieden wird.

Nach dem Sammelwerk hat im Ruhrbezirke bei insgesamt 13 Schächten, die bis 1900 abgebohrt wurden, die Gesamtleistung nur  $2\frac{1}{4}$  m monatlich betragen. Diese Zahlen können schon um deswillen nicht mehr als maßgebend angesehen werden, weil in ihnen die allmählich gemachten Fortschritte nicht genügend zum Ausdruck kommen. Seit 1900 ist im Ruhrbezirke das Verfahren nur noch einmal angewandt worden, so daß also dort neuere Ergebnisse in genügender Zahl fehlen. Nach den Erfahrungen aber, die man bei dem Kalibergbau in den letzten 10 Jahren gesammelt hat, können jetzt etwa 6 m monatlich als Durchschnittsleistung angesehen werden. Am günstigsten schneidet wohl der Kalischacht Glückauf bei Sarstedt ab, der von der Firma Haniel und Lueg von 35 bis 160 m Teufe innerhalb eines Jahres abgebohrt, verkleidet und betoniert worden ist,<sup>1)</sup> so daß sich eine Gesamtmonatsleistung von etwas über 10 m ergibt.

**99. — Kosten.** Die Kosten des Abteufens hängen wesentlich von der Höhe des abgebohrten Schachtteils ab. Im Ruhrbezirk hat diese Höhe durchschnittlich 73 m betragen und zwischen 21,8 und 140,57 m geschwankt. Je höher dieser Schachtteil ist, um so mehr verteilen sich die Kosten für die Einrichtungen und Tagesanlagen, und um so weniger belasten sie ein Meter des Schachtes. Die Höhe dieser Kosten ist auf etwa 200 000—280 000 *M* zu veranschlagen. Da aber die Einrichtungen zum großen Teile noch wieder verwendet werden können, so ist davon etwa die Hälfte auf das einzelne Schachtabteufen zu rechnen. Ferner ist von erheblichem Einflusse auf die Kosten der Kütelage die Schachtteufe, weil mit wachsender Tiefe die Wandstärken der Schachtringe entsprechend größer genommen werden müssen und das einzubauende Eisengewicht steigt. Die Kosten von 1 m Kütelage schwanken etwa zwischen 1200 und 2600 *M* und steigen bei den größten Schachttiefen noch höher. Die Kosten der Betonierung schwanken nicht wesentlich und liegen zwischen 120 und 200 *M* je 1 m. Im übrigen sind die erzielten Leistungen von entscheidendem Einfluß auf die Höhe der Kosten. Nimmt man 6 m monatliche Leistung als Durchschnitt an, so sind zu veranschlagen: die Ausgabe für Löhne und Gehälter auf 900—1800 *M*, für Materialien und Dampf auf 600—1200 *M* und für Verschiedenes auf 500—1000 *M* je 1 m.

Danach kann man die Gesamtkosten unter Mitbenutzung der Zahlen des Sammelwerkes etwa wie folgt schätzen:

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- und Sal.-Wes. 1908, S. 136, unter Versuche und Verbesserungen.

Mittlere Bohrteufe	Kosten je laufendes Meter bei einer Höhe des abzubohrenden Schachtteils von	
	100 m	50 m
m	<i>M</i>	<i>M</i>
50	5000	6000
100	5200	6300
150	5500	6600
200	5900	7000
250	6700	7700
300	7500	8700
350	8500	9700

Weiteres über die Beurteilung des Verfahrens findet sich unter den Ziffern 149 u. 150 dieses Abschnittes.

### B. Das Schachtabbohren im lockeren Gebirge. Verfahren nach Honigmann, Deutscher Kaiser, Stockfisch.

100. — **Das Wesen des Verfahrens.** Das von dem Bergwerksbesitzer Honigmann zu Aachen zuerst angegebene Verfahren beruht auf dem Gedanken, daß es auch in lockerem Gebirge möglich ist, einen Bohrschacht ohne sofort folgende Verrohrung oder Auskleidung niederzubringen, wenn durch eine genügend hohe Wassersäule im Schachte ein Überdruck gegenüber dem im Gebirge stehenden Wasser erzeugt wird. Infolge des Überdruckes sucht nämlich das Wasser aus dem Schachtinnern in das Gebirge überzutreten, so daß ein Druck auf die Stöße ausgeübt wird und diese vor dem Zusammenrutschen und Abböscheln bewahrt werden. Zur Erzielung dieser Wirkung muß man den Wasserspiegel im Schachte möglichst weit über den natürlichen Grundwasserspiegel erhöhen. Außerdem kann man den Gegendruck dadurch verstärken, daß man das Wasser im Schachte durch Beimengung von Ton, Schwerspatmehl oder anderen Bestandteilen<sup>1)</sup> zu einer spezifisch schweren Flüssigkeit macht, die schon bei gleicher Höhe ein Übergewicht gegenüber dem Grundwasser besitzt. Ob dabei außerdem die kleinsten, festen Teilchen mit dem Wasser in das Gebirge dringen und die Stöße befestigen helfen, mag zweifelhaft bleiben. Die Verkleidung der Stöße erfolgt erst, wenn der Schacht wassertragende Schichten erreicht hat.

Das Verfahren ist später von der Gewerkschaft Deutscher Kaiser zu Hamborn und von dem Ingenieur Stockfisch wesentlich verbessert und vervollkommenet worden.

101. — **Die ältere Honigmannsche Ausführung.** Die Honigmannsche drehend wirkende Schachtbohrereinrichtung<sup>2)</sup> ist schematisch in der Fig. 276 dargestellt. Es ist *a* eine eiserne Bohrspindel von quadratischem

<sup>1)</sup> Das spez. Gewicht kann bei Tonrührbe bis etwa 1,3, bei Schlammkreidetrübe bis etwa 1,5 und bei Schwerspatmehltrübe bis ungefähr 1,7 gesteigert werden.

<sup>2)</sup> Glückauf 1896, Nr. 14, S. 257 ff. und ebenda 1895, Nr. 70, S. 1277.

Querschnitt, die im Wirbel *b* drehbar aufgehängt ist und an diesem mittels eines Seiles auf und nieder bewegt werden kann. Die Bohrspindel gleitet hierbei durch das Stirnrad *d*, das durch das Vorgelege *e*, *f*, *g* und die Riemenscheibe *h* angetrieben werden kann. Das Vorgelege *d*, *e*, *f* ist auf dem Bohrwagen *i* verlagert. Die Bohrspindel *a* trägt das Hohlgestänge *k*, in welches der Drehkopf *l* eingeschaltet ist. *s* ist der Bohrer, an dem die eigentlich arbeitenden Teile nicht zur Darstellung gelangt sind. Der Bohrschmand wird durch das Hohlgestänge *k* nach Art einer Mammutpumpe (s. diese) zutage gefördert, indem die Preßluft durch das Rohr *r* zugeführt wird. Die Bohrtrübe fließt durch den Ansatz *n* und das Rohr *o* nach *p* aus. Das mit Ton angerührte Füllwasser, wird bei *q* in solchem Maße zugeführt, daß der Wasserstand im Schachte den Grundwasserspiegel *tt* um etwa 10 m überhöht.

Der Erfinder hat das Verfahren bereits 8 mal mit Erfolg angewandt. Die von ihm auf Zeche Nordstern bei Aachen niedergebrachten 3 Schächte besitzen lichte Weiten von 3,4, 2,6 und 2,1 m, während die erreichte Teufe 75 m beträgt. Von den 5 bei Heerlen in Holland abgebohrten Schächten ist bekannt, daß der eine 4 m l. W. besitzt.<sup>1)</sup>

**102. — Das Verfahren der Gewerkschaft Deutscher Kaiser.** Statt des Honigmannschen Drehbohrers benutzt die Gewerkschaft Deutscher Kaiser eine Schlagbohrereinrichtung, wobei die Zahl der Schläge in der Minute etwa 45—50 und der Hub jedes Schlages 30 cm beträgt. Der Meißelkörper besitzt 3 unter Winkeln von  $120^{\circ}$  zueinander angeordnete Flügel, die mit Schneiden besetzt sind. Diese dreiflügelige Form soll bei Gestängebrüchen ein Kippen des Meißels ausschließen. Gebohrt wird in der Regel mit steifem Gestänge, also ohne Freifall oder Rutschschere. Wie die Fig. 277 veranschaulicht, ist *a* der Arbeitszylinder, der auf den Bohrschwengel *b* wirkt. An dessen anderem Ende ist mittels zweier Laschenkettens *c*, die zu beiden Seiten des Bohrschwengels über Rollen *d*<sub>1</sub>—*d*<sub>3</sub> geführt und durch die Zahnrolle *e* gehalten werden, das Hohlgestänge *f* unter Einschaltung einer Federbüchse *g* aufgehängt. Durch Drehung des Handrades *i* und der Schraube *k* kann das Gestänge während der Bohrarbeit nachgelassen werden, während der Hebel *l* zum Umsetzen des Bohrers dient. Die Spültrübe wird durch die Pumpe *m* in das Ge-

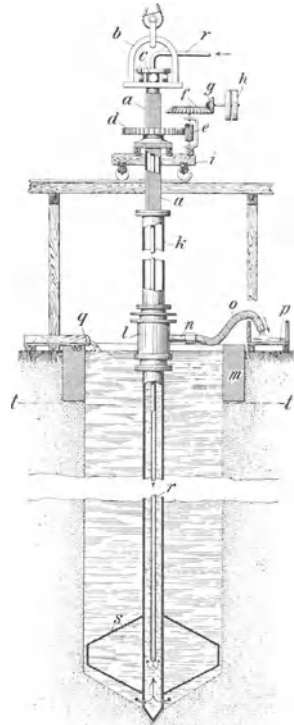


Fig. 276 Honigmannsche Schachtbohrereinrichtung.

<sup>1)</sup> Festschr. z. XI. Allgem. D. Bergmannstage 1910; Stegemann: Das Schachtabteufen usw., S. 77 u. 78.

stänge gedrückt, tritt unten im Meißel aus und steigt frei im Schachte wieder in die Höhe, wobei der Bohrschlamm so stark aufgerührt wird, daß er sich schwebend im Wasser hält, ebenfalls aufsteigt und mit hochgebracht wird. Das Schlammwasser fließt oben aus dem Schachte in Klärbehälter *n* und setzt sich in diesen ab. Dieselbe Trübe wird dann

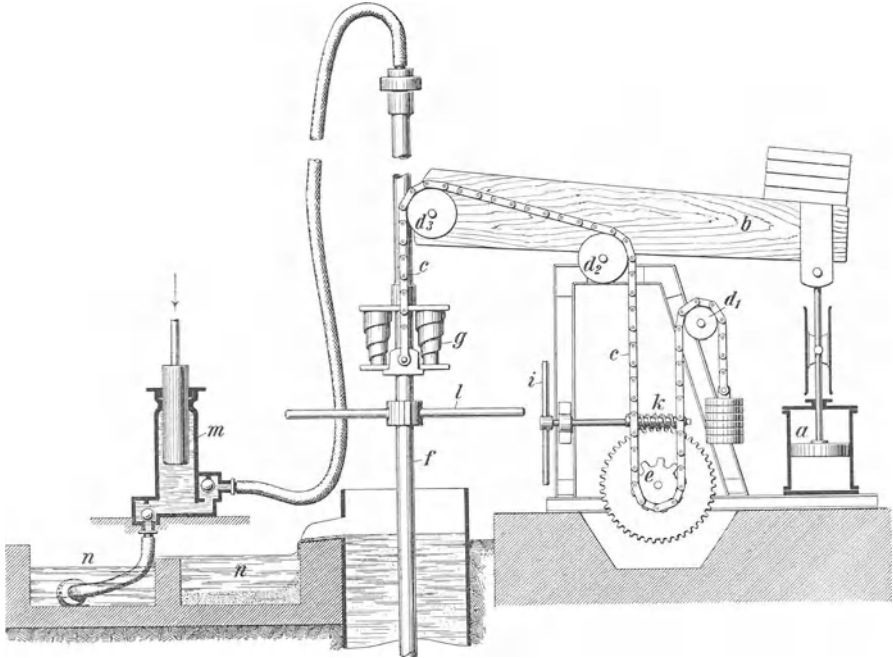


Fig. 277. Schema einer Schachtbohrereinrichtung der Gewerkschaft Deutscher Kaiser.

im Kreislaufe weiter benutzt. Der Schacht selbst wird in seinem oberen Teile auf 10—20 m Teufe verrohrt, um Nachfall zu verhüten.

Die Gewerkschaft Deutscher Kaiser hat auf diese Weise mehrere, Schächte niedergebracht und z. B. Schacht I der Anlage Wallach II der Deutschen Solvaywerke mit 2,2 m lichtigem Durchmesser bis 307,1 m Teufe und Schacht II derselben Anlage mit 2,4 m Durchmesser bis 340 m Teufe fertiggestellt.

**103. — Das Stockfische Verfahren.** Der Ingenieur Stockfisch benutzt wie die Gewerkschaft Deutscher Kaiser das Schlagbohr-Spülverfahren. Die Bohreinrichtung ist der in der Fig. 277 dargestellten ähnlich; jedoch steht der Bohrschwengel etwas seitlich des Schachtes und die Schlagbewegung wird durch ein Seil, das über Rollen geführt ist und ein bequemes Nachlassen gestattet, auf das Gestänge übertragen.<sup>1)</sup> Der Meißelkörper ist ebenfalls demjenigen der Gewerkschaft Deutscher Kaiser ähnlich.

<sup>1)</sup> Glückauf 1912, Nr. 14, S. 552 u. f.; Krecke: Das Schachtabbohrverfahren von Stockfisch und seine Anwendung usw.

Völlig neu ist die Art, wie nach Stockfisch die Abdichtung der einzulassenden Kùvelage gegen das Gebirge vorgenommen wird. Diese besteht aus deutschen Tubblings, so daß jeder Ring aus einer Anzahl von Segmenten zusammengebaut wird. Das untere Ende der Kùvelage bildet der Tragring *a* (Fig. 278), in den unter Zwischenschaltung eines flachen Ringes *b* der Gleichgewichtsboden *c* eingebaut wird. Auf dessen mittlere Öffnung wird das Rohr *d* aufgebaut, das als Spül- und Ausgleichsrohr dient.

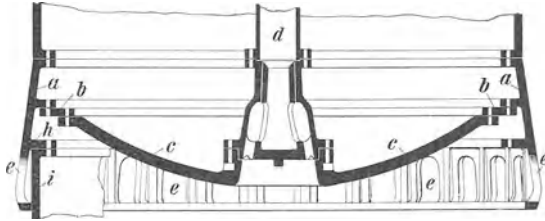


Fig. 278. Tragring nach Stockfisch.

Während des Einlassens der Kùvelage, das etwa ebenso wie bei dem Kind-Chaudronschen Verfahren (s. Ziff. 92 S. 225) erfolgt, muß in dem Schachte eine Spùlung mit dicker Trùbe aufrecht erhalten werden, um ein Absetzen des Schlammes zu verhüten. Hierfür dienen die Rohre *f* (Fig. 279), deren untere gekrümmte Querarme *g* in den Schacht ragen, die aber, sobald die Kùvelage unten ankommt, nach außen geschwenkt werden, so daß sie in den Ringraum zwischen Kùvelage und Gebirgstoß zu liegen kommen und hier zutage gezogen werden können. Nachdem der Tragring sich auf die Schachtsohle aufgesetzt hat, wird die solange für die Spùlung benutzte Tontrùbe durch eine spezifisch schwerere Schlàmmkreidetrùbe ersetzt und diese nicht allein durch die Spùlrohre *f*, sondern auch durch das Rohr *d* zugeführt. Auf diese Weise geht ein Schlàmmkreidespùlstrom unter dem Gleichgewichtsboden *c* hinweg durch die Løcher *e* und steigt in dem Ringraum zwischen Kùvelage und Gebirge wieder empor. Schlàmmkreidetrùbe ist gewàhlt, weil sie die Eigenschaft besitzt, daß ihre Anwesenheit das Abbinden des später einzuspùlenden Zementes nicht hindert. Sobald nun der Schacht von Schlamm und Tontrùbe befreit ist, beginnt man mit dem Zementieren, indem man zunàchst Zementmilch auf den bisher für die Schlàmmkreidetrùbe benutzten Wegen einführt. Sobald sich in dem Ringraum zwischen Kùvelage und Gebirge ein Zementniederschlag zu bilden

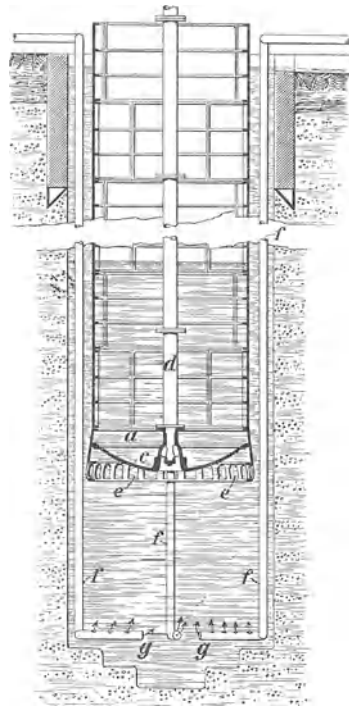


Fig. 279. Einlassen der Kùvelage nach Stockfisch.

dem Zementieren, indem man zunàchst Zementmilch auf den bisher für die Schlàmmkreidetrùbe benutzten Wegen einführt. Sobald sich in dem Ringraum zwischen Kùvelage und Gebirge ein Zementniederschlag zu bilden

beginnt, zieht man die Rohre  $f$  hoch, unterbricht auch die Spülung durch das mittlere Rohr  $d$  und spült nun eine Betonmischung durch besondere Rohre ein, die entsprechend der Auffüllung des Raumes mit Beton allmählich hochgezogen werden.

Auf dem Schachte II der Gewerkschaft Diergardt hat das Betonieren des 88 m tiefen und 3 m weiten Schachtes nur 3 Stunden in Anspruch genommen. Der Wasserabschluß war völlig gelungen. Das Weiterabteufen konnte mit Unterhängen der Tübbings erfolgen, zu welchem Zwecke der unterste Tragring konisch sich erweiterte. Die Fig. 278 zeigt links unten, wie der nächste Tübbingsring  $g$  an die Flansche  $h$  gehängt wird.

**104. — Leistungen, Kosten, Anwendbarkeit des Verfahrens.** Über die mit dem Verfahren erzielten Leistungen ist nur wenig bekannt geworden. Auf dem Schachte II der Zeche Diergardt betrug die Höchstleistung beim Abbohren an einem Tage 7 m. Leistungen bis zu 8 m hat an einzelnen Tagen die Gewerkschaft Deutscher Kaiser bei ihren Bohrschächten erreicht. Die durchschnittlichen Leistungen sind naturgemäß sehr viel geringer; sie werden hauptsächlich durch Betriebsstörungen (Gestängebrüche, Meißelklemmungen u. dgl.) beeinträchtigt.

Noch weniger als über die Leistungen ist über die Kosten zu sagen, da die ausführenden Firmen mit Mitteilungen hierüber noch zurückhalten.

Die tatsächlich erzielten Erfolge lassen jedenfalls erkennen, daß das Verfahren für enge Schächte (bis zu 3 m) sehr wohl anwendbar ist. Die Gebirgstöße stehen gut und leiden wenig unter Nachfall. Als ungünstig haben sich Tonschichten erwiesen, die zum Quellen neigen und bei nicht genügender Aufmerksamkeit leicht den Bohrer festklemmen. Es steht zu erwarten, daß z. B. am Niederrhein das Verfahren noch weitere Anwendung finden wird.

## V. Das Gefrierverfahren.

### *Einleitung.*

**105. — Geschichtliches.** Schon in den 40er Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde berichtet, daß man in Sibirien beim Abteufen kleiner Schächte, mit denen man an die vom Schwimmsand bedeckten Goldseifen zu gelangen suchte, sich der Hilfe des natürlichen Frostes bediente. Nachdem das Schächtchen durch die Frostdecke bis nahe an deren untere Grenze abgeteuft war, wurde es abwechselnd 2—3 Tage lang der Einwirkung der natürlichen Kälte ausgesetzt und sodann wieder um etwa 15—20 cm vertieft. In 3 Wochen kam man dabei ungefähr 1 m vorwärts.

Künstliche Kälte wurde beim Schachtabteufen zum ersten Male i. J. 1862, und zwar in England (Wales) beim Durchteufen einer nahe unter Tage befindlichen Schwimmsandschicht angewandt, indem man die Schachtsohle durch ein eingelegtes Schlangrohr, welches von künstlich abgekühlter Salzlauge durchflossen wurde, zum Gefrieren brachte und, nachdem dies geschehen war, vertiefte. Man vollendete die Durchteufung

der Schwimmsandschicht, indem man das Verfahren mehrfach absatzweise wiederholte.<sup>1)</sup>

Pötsch aus Aschersleben trat mit seiner Erfindung i. J. 1883 an die Öffentlichkeit.

**106. — Wesen und Anwendbarkeit des Pötschschen Verfahrens im allgemeinen.** Das Wesen dieses Verfahrens läßt sich wie folgt zusammenfassen. In einem gewissen Abstände von dem äußeren Umfange des abzuteufenden Schachtes werden Bohrlöcher in Entfernungen von etwa 0,9—1,0 m voneinander durch die zu durchteufenden, wasserreichen Schichten bis ins wassertragende Gebirge abgebohrt und sodann durch unten geschlossene Rohre (Gefrierrohre) ausgekleidet. In diese Rohre hängt man engere, unten offene Rohre (Einfallrohre) so weit ein, daß ihre Mündung sich nahe über dem Boden der Gefrierrohre befindet. Eine tief herabgekühlte Flüssigkeit (der Kälte Träger) wird durch die Einfallrohre heruntergeführt und steigt in den ringförmigen Räumen zwischen Einfall- und Gefrierrohren wieder in die Höhe, indem sie hierbei ihre Kälte an das umgebende Gebirge abgibt und diesem Wärme entzieht. Über Tage wird der Kälte Träger durch eine Kältemaschine von neuem abgekühlt, um im Kreislaufe wieder nach den Einfallrohren geführt zu werden. Das Gebirge gefriert zunächst um die einzelnen Gefrierrohre; die einzelnen Frostzylinder frieren allmählich zu einer geschlossenen, ringförmigen Wand und schließlich zu einem großen Frostzylinder zusammen, dessen Durchmesser 4—8 m größer als der Durchmesser des abzuteufenden Schachtes ist. Innerhalb dieses festen Frostzylinders wird der Schacht unter fortdauernder, weiterer Kältezufuhr in gewöhnlicher Weise mit Hand abgeteuft, wobei die unverritzte, äußere, 2—4 m starke Frostwand den Schacht gegen Wasserdurchbrüche schützt. Spätestens nach Erreichen des wassertragenden Gebirges wird der Schacht wasserdicht ausgekleidet, worauf die Kältezufuhr beendet wird und die Rohre gezogen werden.

Das Verfahren hat den Vorteil, daß es in gleicher Weise sowohl für lockeres, als auch für festes, wasserführendes Gebirge anwendbar ist, so daß es das Senkschachtverfahren ebenso wie das Schachtbohrverfahren ersetzen kann. Der Erfolg wird gefährdet, wenn das Gefrieren der unterirdischen Wasser erschwert ist, sei es, daß diese warm oder stark salzig sind oder daß sie infolge von Grundwasserströmungen oder infolge irgendeiner künstlichen, ständigen Wasserentziehung sich in Bewegung befinden. Das Tiefkälteverfahren (s. Ziff. 114) hat freilich auch für solche Fälle neue Aussichten eröffnet.

Das Pötschsche Verfahren wurde i. J. 1883 zum ersten Male durch Pötsch selbst auf Grube Archibald bei Schneidlingen mit Erfolg angewandt. Freilich gelang es in der Folge dem Erfinder nicht, die ersten mit der Einführung des Verfahrens verbundenen Schwierigkeiten zu überwinden.

#### *Tagesanlagen und vorbereitende Arbeiten.*

**107. — Tagesanlagen, Vorschacht, Bohr- und Fördergerüst.** Die Tagesanlagen für das eigentliche Abteufen im Frostzylinder unterscheiden

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. gesamte Kälteindustrie 1898; Schmidt: Die Benutzung des Gefrierverfahrens zur Ausführung bergmännischer Arbeiten.



sich nicht erheblich von denjenigen für das gewöhnliche Abteufen, so daß hier nicht näher darauf eingegangen zu werden braucht. Zu diesen Tagesanlagen kommt aber noch die Kälteerzeugungsanlage, deren Maschinen in einem besonderen Gebäude untergebracht werden. Die Kälteerzeugung wird in den Ziffern 111—117 besonders besprochen werden.

Das Abteufen nach dem Gefrierverfahren wird, falls der Grundwasserspiegel sich nicht ganz nahe unter der Tagesoberfläche befindet, in der Regel mit der Herstellung eines Vorschachtes begonnen, den man mit Hand so tief niederbringt, daß seine Sohle bei den Schwankungen des Grundwasserspiegels trocken bleibt. Diesem Vorschachte gibt man einen so großen Durchmesser, daß der Gefrierrohrkreis (d. i. der Kreis, auf dem die Gefrierbohrlöcher angesetzt werden) darin Platz findet und auch noch Raum für den Ansatz etwaiger Ersatzbohrlöcher etwas außerhalb dieses Kreises bleibt.

Der Vorschacht bietet die Annehmlichkeit, daß man für das Abbohren der Bohrlöcher und das Einlassen und Ziehen der Rohre freie Höhe gewinnt und daß in ihm die Verbindungen der Gefrier- und Einfallrohre mit den Leitungen der Kälteflüssigkeit untergebracht werden können, so daß die Rasenhängebank frei und von allen Seiten zugänglich bleibt.

Über dem Vorschachte wird das Bohrgerüst errichtet, das in der Regel später auch für die Förderung beim Abteufen benutzt wird. Damit alle Bohrlöcher vom Gerüste beherrscht werden können, muß dieses so geräumig sein, daß seine quadratische Grundfläche den ganzen Vorschacht und damit den gesamten Bohrlochkreis umfaßt. Demgemäß pflegt man das Gerüst aus langen und starken Hölzern aufzubauen, etwa wie dies Fig. 280 veranschaulicht.

Im Gerüste oder in einem seitlichen Anbau stehen 2—3 Bohrvorrichtungen (2,3), von denen aus die Bohrseile über Rollen geführt und mit Hilfe von verstellbaren Führungsschlitten (10,11) über die einzelnen Bohrlöcher geleitet werden können. Eine Antriebsmaschine (1), eine den Bohrvorrichtungen entsprechende Anzahl von Spülwasserpumpen (5,6) und Handhaspeln (8,9), sowie ein Dampfkabel (7) und ein Haspel (4) vervollständigen die Bohrausrüstung des Turmes.

Sind die Bohrarbeiten beendet, so erhält der Turm Seilscheiben und wird für die Kübelförderung mit Seilleitungen und Kippvorrichtung versehen.

**108. — Die Anordnung und Fertigstellung der Bohrlöcher.** Die Bohrlöcher werden gewöhnlich in einem Kreise um den abzuteufenden Schacht angeordnet. Der Abstand des Bohrlochkreises von dem in Aussicht genommenen Umfange des Schachtes schwankt je nach der Teufe des Schachtes und der Stärke der erforderlichen Frostwand zwischen 1,0 und 2,5 m, der Abstand der Bohrlöcher untereinander zwischen 0,75 und 1,2, in der Regel zwischen 0,9 und 1,0 m (vgl. Fig. 281). Um sicher zu sein, daß der Frostkörper im unteren Teile des Zylinders bis in die Mitte gefroren ist, bringt man auch wohl in der Schachtmitte ein Gefrierbohrloch nieder, das bei Beginn des Abteufens außer Betrieb gesetzt wird und dessen Rohre mit dem Abteufen allmählich ausgebaut werden.

Die Herstellung der Bohrlöcher erfolgt in der Regel mit dem Meißelbohrer da diese Bohrweise die billigste ist und die Löcher hierbei

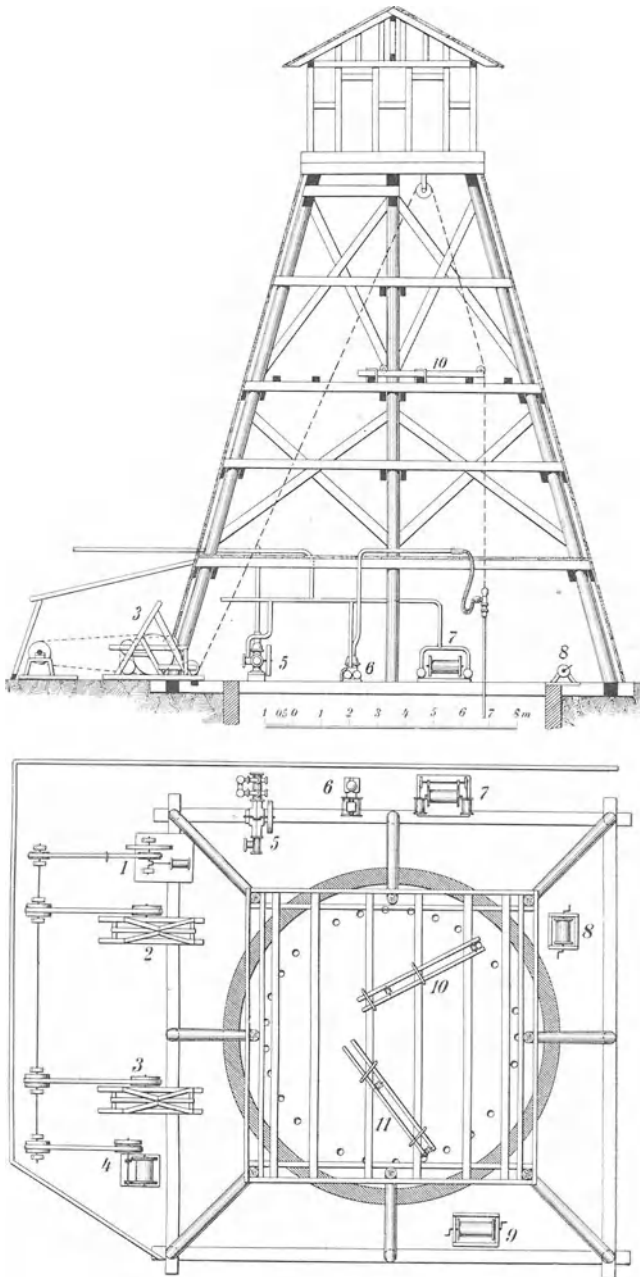


Fig. 280.<sup>1)</sup> Bohr- und Fördergerüst für Gefrierschächte.

<sup>1)</sup> Sammelwerk, Bd. III, Fig. 359.

auch am wenigsten von der senkrechten Geraden abweichen. Ist man aber über die Natur der zu durchteufenden Schichten und insbesondere über ihre wassertragenden Eigenschaften in derjenigen Teufe, bis zu der das Gefrierverfahren angewandt werden soll, nicht genau unterrichtet, so tut man gut, ein oder mehrere Bohrlöcher entweder trocken mit der Schappe oder, falls das Gebirge zu fest ist, mit der Diamantkrone abzubohren, um die Gebirgsproben unmittelbar in Augenschein nehmen zu können.

Die Bohrlöcher werden, insoweit das Gebirge es erfordert, vorläufig verrohrt. Wo es zugänglich ist, läßt man jedoch die Verrohrung fort und sucht die Bohrlöchstöße durch Anwendung einer schweren Bohrtrübe vor dem Hereinbrechen zu schützen. Sobald die Löcher die erforderliche Teufe erhalten haben, werden die an ihrem unteren Ende durch Zusammen-

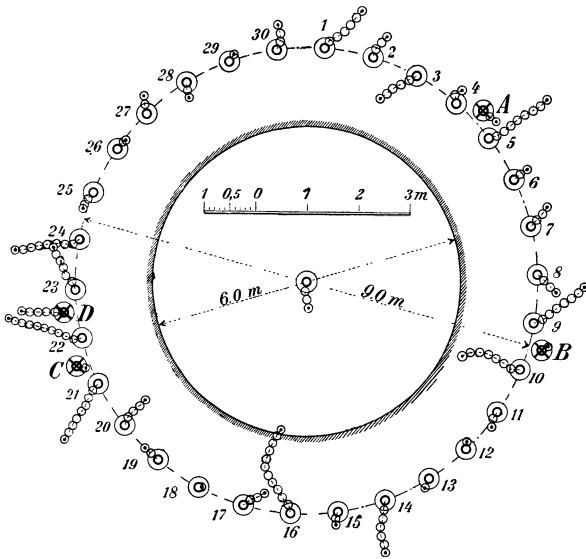


Fig. 281. Gefrierrohrkreis mit Darstellung der Bohrlöcherabweichungen bei einem 130 m tiefen Schachte. (A—D sind Ersatzbohrlöcher.)

schweißen geschlossenen Gefrierrohre eingelassen und danach die Bohrröhre gezogen, soweit dies möglich ist.

Von dem senkrechten und annähernd parallelen Niederbringen der Bohrlöcher hängt der Erfolg des ganzen Verfahrens ab. Weichen die Löcher allzusehr aus der Senkrechten ab und klaffen die Entfernungen zwischen zwei benachbarten Löchern zu weit, so wird hier der Frostkörper sich nicht schließen, so daß Wasserdurchbrüche unvermeidlich sind, sobald sich das Schachtabteufen dieser Stelle nähert. Es muß deshalb jedes einzelne Gefrierrohr sorgsam mittels eines Stratameters abgelotet und seine Abweichung von der Senkrechten und dem Nachbarbohrloch festgestellt werden (zu vgl. Bd. I, unter: Tiefbohrung, Überwachung des Bohrbetriebes). Abweichungen aus der Senkrechten um  $1-2\frac{0}{100}$  der Bohrlochteufe sind trotz aller Vorsicht beim Einbau der Führungen nicht ausgeschlossen. In Ausnahmefällen sind aber auch Abweichungen

bis zu 10 0/10 der Bohrlochteufe festgestellt worden. Erscheinen die Abweichungen zu groß, so werden Ersatzbohrlöcher gestoßen und ebenfalls mit Gefrierrohren ausgerüstet. Fig. 281 zeigt grundrißlich den Verlauf der Bohrlöcher ( $l-30$ ) und einiger Ersatzlöcher ( $A-D$ ) bei einem mittels des Gefrierverfahrens niederzubringenden Schachte von 130 m Teufe, wobei die kleinen Kreise den Stand der Bohrlöcher in den verschiedenen Teufen andeuten.

Es kommt öfter vor, daß das eine oder andere Gefrierbohrloch sich in die Schachtscheibe verläuft (s. Fig. 281, Loch Nr. 16). Das Loch muß dann, wenn durch das Abteufen das Rohr freigelegt wird, außer Betrieb gesetzt und das Rohr selbst abgehauen werden. In der Regel bleibt die Außerbetriebsetzung eines oder mehrerer Rohre während des Abteufens ohne nachteilige Folgen, da die übrig bleibenden Rohre zur Erhaltung der geschlossenen Frostmauer genügen.

**109. — Die Gefrierrohre.** Der lichte Durchmesser der Gefrierrohre schwankt zwischen 100 und 200 mm. Da die Bohrlöcher in größerer Tiefe enger werden, pflegt man den unteren Teil mit engeren, den oberen Teil mit weiteren Rohren zu besetzen. Hierbei ergibt sich auch der Vorteil, daß infolge der größeren Geschwindigkeit der aufsteigenden Gefrierlauge im unteren Teile der Rohre die Flüssigkeit kälter bleibt, dem Gebirge hier mehr Wärme entzogen wird und die Frostmauer stärker als oben wird (vergl. Ziff. 115, S. 249).

Sobald das Gefrieren beginnt, tritt infolge der Kältewirkung eine Längenverkürzung der Rohre ein, die allmählich bis zur Erreichung der tiefsten Temperatur zunimmt. Die Rohre können hierbei, namentlich wenn sie oben und unten bereits fest mit dem Gebirge zusammengefroren sind, reißen oder doch in den Verbindungen undicht werden. Es ist deshalb rätlich, nachgiebige Verbindungen einzubauen, und zwar so häufig, daß auf je 100 m Rohrlänge mindestens eine solche Verbindung entfällt. Bei der in Fig. 282 dargestellten Verbindung der Firma Gebhardt & König ist das obere Rohr  $G$  mit dem unteren Rohr  $G$  durch ein Endstück  $J$  und eine dieses umfassende Stopfbüchse  $S_1, S_2$  verbunden, deren Packung  $D$  den Austritt der Gefrierflüssigkeit in das Gebirge verhütet. In dieser Stopfbüchse kann sich das Rohrstück  $J$  bis zu einer gewissen Grenze frei verschieben. Der unten auf  $J$  aufgeschraubte Ring  $T$  setzt sich beim Eindrücken der Rohre in das Gebirge auf einen Absatz des unteren Rohres  $G$ , während andererseits beim Ziehen der Rohre der Ring unter den Stopfbüchsenteil  $S_1$  faßt, so daß die Nachgiebigkeit der Verbindung nach beiden Seiten hin begrenzt ist.

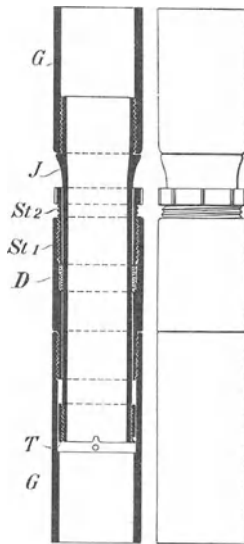


Fig. 282. Nachgiebige Verbindung für Gefrierrohre.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Dichtigkeit der Rohrverbindungen. Die Gewerkschaft Deutscher Kaiser pflegt bei schwierigeren Schachtabteufen die Gefrierrohre nicht allein zu verschrauben, sondern auch von außen zusammenzuschweißen. Tritt die Kälteflüssigkeit durch Undichtigkeiten der Gefrierrohre aus, so bilden sich sog. „Laugennester“ (der Name rührt von der zumeist als Kälteflüssigkeit gebrauchten Lauge her, s. Ziff. 115), in denen das Gebirge weich bleibt und nicht gefriert. Solche Laugennester sind öfters, namentlich in den ersten Jahren der Anwendung

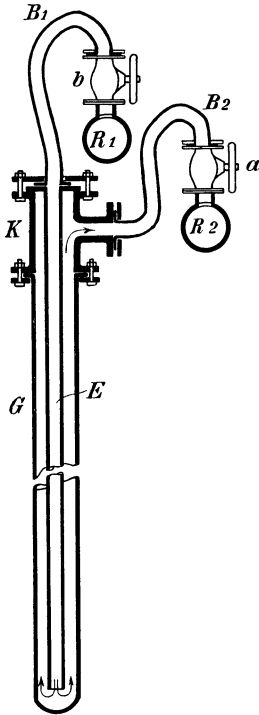


Fig. 283. Gefrier- und Fallrohr nebst Kopfstück, Sammel- und Verteilungsring.

des Verfahrens, die Ursache von Wasserdurchbrüchen in den Schacht gewesen. Die Prüfung auf die Dichtigkeit der Rohrverbindungen muß deshalb mit äußerster Sorgfalt geschehen. Sie erfolgt während des Einlassens der Gefrierrohre, indem immer wieder nach Aufsetzen eines Rohres der ganze eingelassene Rohrstrang einer Wasserdruckprobe unterworfen wird. Der dabei angewandte Überdruck liegt 10 bis 20 Atm. höher, als der Druck beträgt, den die Gefrierrohre während des Betriebes auszuhalten haben. Wird der Druck der Kälteflüssigkeit z. B. 200 m Wassersäule betragen, so muß man die untersten, zuerst eingelassenen Rohre mit 30—40 Atm. drücken, kann aber nach oben diesen Druck allmählich vermindern, bis nach Einbau des obersten Rohres die Prüfung nur noch mit dem angewandten Überdrucke von 10—20 Atm. erfolgt. Das Abdrücken der Rohre geschieht von einer Bühne des Bohrturmes aus.

Auch nach Ingangsetzung der Kälteerzeugungsanlage und nach bereits erfolgtem Beginn der Abteufarbeiten ist dauernd darauf zu achten, daß keine Verluste an Kälteflüssigkeit durch Austritt in das Gebirge eintreten. Insbesondere kann die Schießarbeit gefährlich werden, falls ein Rohr sich allzusehr dem Schachte nähert. Zeigt sich, daß ein Rohr

Lauge verliert, so ist es sofort außer Betrieb zu setzen. Unter Umständen ist dafür ein Ersatzbohrloch zu stoßen.

**110. — Die Einfallrohre und die Laugenverteilung.** In die Gefrierrohre werden die unten offenen Fallrohre, die einen inneren Durchmesser von 26—40 mm und einen äußeren von 34—48 mm besitzen, so weit eingelassen, daß sie nahe über dem Rohrtiefsten endigen. Die Verbindung der Fall- und der Gefrierrohre untereinander und die beiderseitige Verbindung mit der Zufluß- und Abflußleitung der Kälteflüssigkeit erfolgt durch das Kopfstück *K* in der durch Fig. 283 veranschaulichten Weise. Die gleichmäßige Verteilung der Lauge auf die einzelnen Bohrlöcher geschieht durch einen Verteilungsring  $R_1$ , der an die von der Kälteanlage

kommende Hauptleitung  $L_1$  (zu vgl. Fig. 284) angeschlossen ist und von dem die Verbindungsrohre  $B_1$  nach den sämtlichen Gefrierlöchern hin abzweigen. Durch das Ventil  $b$  kann der Zufluß geregelt werden. Die Abflußleitungen  $B_2$  sind ebenfalls mit einem Abschlußventil  $a$  besetzt und vereinigen sich in ähnlicher Weise zu einem Sammelring  $R_2$ , aus dem die Lauge durch eine gemeinsame Rückleitung  $L_2$  wieder zur Kälteanlage geführt wird. Die an das Kopfstück der Gefrierrohre unmittelbar angeschlossenen Zufluß- und Abflußleitungen sind Bleirohre, um sie leicht verlegen und in die gewünschte Form bringen zu können.

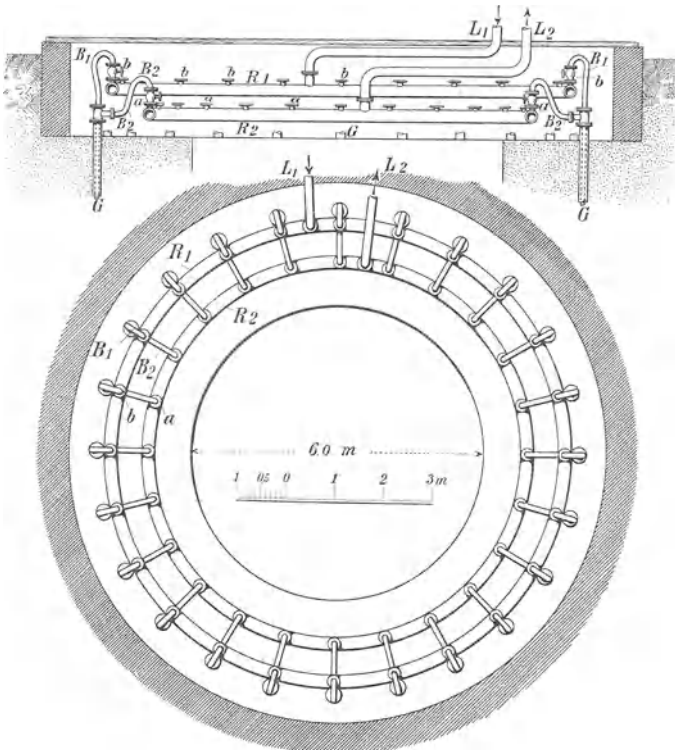


Fig. 284. Verteilungs- und Sammelring in der Anordnung über einem Gefrierschachte.

Der Sammel- und der Verteilungsring besitzen einen kleineren Durchmesser als der Gefrierrohrkreis, liegen also innerhalb des letzteren, damit die Gefrierrohre von oben her stets zugänglich bleiben.

Bei neueren Anlagen hat man auch den Sammelring fortgelassen. Statt dessen läßt man die Abflußleitungen frei in einen Sammelkasten ausgießen, an den die Rückleitung zur Kälteanlage anschließt. Dies Verfahren bietet den Vorteil, daß man mit dem Auge jederzeit die durch die verschiedenen Gefrierrohre fließende Laugenmenge unmittelbar beurteilen kann. Dafür wird aber auch ein gewisser Kälteverlust in den Kauf zu nehmen sein.

### *Die Kälteerzeugung.*

**111. — Die Anlage im allgemeinen.** Die Kälte wird in den Kälteerzeugungsanlagen der Gefrierschächte stets durch Verdunstung oder Verdampfung von Flüssigkeiten mit niedrigem Siedepunkte erzeugt, wobei die Verdampfungswärme der Umgebung der verdampfenden Flüssigkeit entzogen wird. Man benutzt als Kälteerzeuger Flüssigkeiten, deren Siedepunkt sehr tief liegt, insbesondere Ammoniak oder Kohlensäure. Die entstandenen, kalten Dämpfe werden wiederum verdichtet.

1 kg Ammoniak, das bei  $+15$  bis  $+20^{\circ}$  C verdampft, verbraucht hierbei etwa 290 Wärmeeinheiten, erzeugt also eine entsprechende Kältemenge; 1 kg Kohlensäure erfordert bei der Verdampfung unter derselben Temperatur etwa 35 Wärmeeinheiten. Um die zum Verdampfen des Kälteerzeugers erforderliche Wärmemenge dem Gebirge zu entziehen, bedient man sich der Vermittelung des Kälteträgers. Es ist dies eine schwer gefrierbare Flüssigkeit (z. B. Chlormagnesiumlauge, Alkohol), welche im „Refrigerator“ Wärme an den verdampfenden Kälteerzeuger abgibt und sie ihrerseits wieder dem Gebirge entnimmt. Da der Ersparnis halber sowohl der Kälteerzeuger als auch der Kälteträger bei dem Verfahren immer von neuem benutzt werden, kann man bei jedem von einem geschlossenen Kreisläufe sprechen. Beide Kreisläufe stehen durch Austausch der Temperaturen in Wechselwirkung.

Für das Verfahren ist außerdem noch Kühlwasser zur Aufnahme der bei der Verdichtung der kalten Dämpfe entstehenden Kompressionswärme und der bei der Verflüssigung freiwerdenden Verdampfungswärme erforderlich. Das Wasser wird Pumpanlagen oder Wasserläufen entnommen und fließt erwärmt wieder ab. Bei Mangel an frischem, kaltem Wasser wird das erwärmte Wasser wiedergewonnen und zur erneuten Verwendung gekühlt, so daß es in diesem Falle auch einen Kreislauf macht.

Bei der Verflüssigung des Kälteerzeugers wird dieselbe Wärmemenge an das Kühlwasser abgegeben, die später bei der Verdampfung dem Kälteträger entzogen wird.

**112. — Der Kreislauf des Kälteerzeugers.** Vier Vorrichtungen sind es hauptsächlich, die, miteinander durch Leitungen verbunden, diesen Kreislauf bilden, nämlich: Kompressor, Kondensator, Expansionsventil und Refrigerator oder Verdampfer (Fig. 285).

Wenn wir den Kreislauf des Kälteerzeugers vom Kompressor *C* aus verfolgen, so wird in diesem das verdampfte und wieder angesaugte Gas unter starker Erwärmung verdichtet, und zwar wird Ammoniak auf etwa 9 Atm., Kohlensäure auf 60—75 Atm. gepreßt. Das verdichtete und erhitzte Gas wird nun zum Kondensator *K*, einem vom Kühlwasser durchflossenen, zylindrischen Behälter, gedrückt und durchfließt diesen von oben nach unten in mehreren parallel geschalteten Schlangenrohren. Das Kühlwasser tritt unten ein und fließt oben ab, so daß es im Gegenstrom die Gasrohrleitung bestreicht und das jeweils kälteste Wasser auf die bereits abgekühlten Rohre trifft. Ein Rührwerk, das von oben her mittels Kegelradvorgelege angetrieben wird, setzt das Wasser in eine kreisende Bewegung.

Solche Kondensatoren heißen geschlossene oder Tauchkondensatoren. Neben diesen, die hauptsächlich von der Firma Gebhardt & König benutzt werden, gibt es auch Rieselkondensatoren, bei denen die Abkühlung und Verflüssigung des Kälteerzeugers in freiliegenden, von herabrieselndem Wasser umspülten Schlangenrohren bewirkt wird. Die Rohre werden unter freiem Himmel in einer Wand aufgebaut, die ihre Breitseite der vorherrschenden Windrichtung darbietet. Die unter diesen Umständen eintretende, starke Verdunstung des Wassers begünstigt die Kühlung. Rieselkondensatoren werden von der Firma Haniel & Lueg und von der Gewerkschaft Deutscher Kaiser bevorzugt.

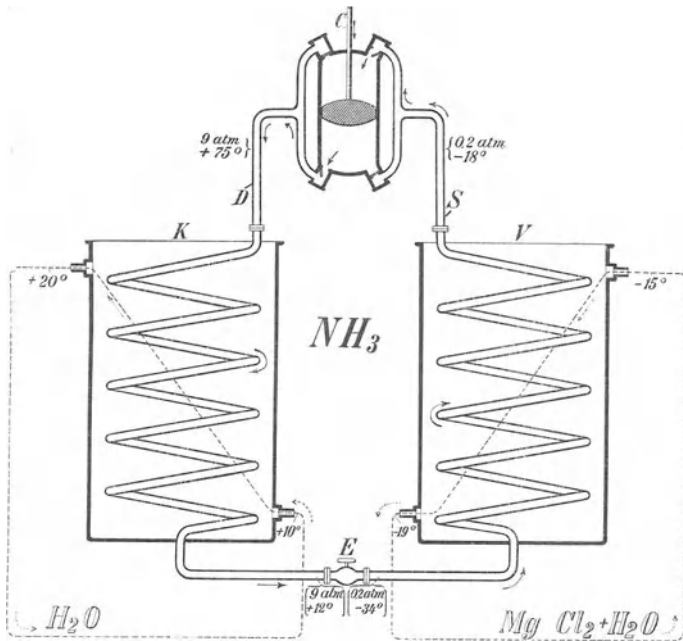


Fig. 285. Schematische Darstellung des Kreislaufes des Ammoniaks, des Kühlwassers und der Chlormagnesiumumlage unter Angabe der Temperatur- und Druckverhältnisse.

Unter der Einwirkung des Druckes einerseits und der niedrigen Temperatur des Kühlwassers andererseits wird das Gas flüssig und fließt so dem Expansionsventile  $E$  (Fig. 285) zu. Durch dieses strömt die Flüssigkeit in denjenigen Teil der Rohrleitung, der bereits wieder unter der Saugwirkung des Kompressors steht, und zwar gelangt sie zunächst in den Refrigerator oder Verdampfer  $V$ . Der Überdruck geht hier bei Benutzung von Ammoniak auf 0,2—0,5 Atm. und bei Verwendung von Kohlensäure auf etwa 8—12 Atm. zurück. Die plötzlich eintretende Druckentlastung hat eine lebhaftere Verdampfung und eine damit verbundene, durch Wärmeentziehung entstehende, starke Abkühlung des Kälteerzeugers zur Folge.

Der Refrigerator ist ähnlich wie der Kondensator mit konzentrisch in Parallelschaltung angeordneten Schlangenrohren, die von unten nach



oben von dem verdampfenden Gase durchflossen werden, ausgerüstet. Die Kälteflüssigkeit tritt, um die Vorteile des Gegenstromes auszunutzen, oben ein und fließt unten ab. Ein Rührwerk setzt die Flüssigkeit in Bewegung und bringt so alle ihre Teile mit den kalten Rohren in Verbindung. Um Kälteverluste zu vermeiden, ist der ganze Behälter ebenso wie die vor Erwärmung zu schützenden Rohrleitungen mit einer Wärmeschutzhülle umgeben. Aus dem Refrigerator fließt das noch immer kalte Gas wieder dem Kompressor zu erneutem Kreislaufe zu.

Bei diesen Vorgängen beruht die Kälteerzeugung in letzter Linie darauf, daß die bei der Verflüssigung des Kälteerzeugers und bei der Kompression entstehende Wärme ununterbrochen vom Kühlwasser gebunden und fortgeführt und daß dafür eine entsprechende Wärmemenge dem Kälteträger und durch seine Vermittelung dem Gebirge entzogen wird.

Da das durch die Kompression erhitzte Gas leicht Schmieröl mit sich fortnimmt, das bei der Abkühlung im Kondensator zu Verstopfungen Anlaß geben kann, baut man zwischen Kompressor und Kondensator gewöhnlich Ölabscheider ein.

Auch schaltet man, um eine ausgiebigere Kühlung zu erzielen, bisweilen zwischen Kompressor und Kondensator noch einen Vorkühler ein, bei dem die Rohrschlangen in der beschriebenen Weise entweder in einem zylindrischen Behälter oder frei an der Luft vom Wasser umspült werden.

Der Kreislauf des Kälteerzeugers muß, was Temperatur- und Druckverhältnisse betrifft, dauernd und sorgfältig durch Messungen mit Thermometern und Manometern überwacht werden. Würden z. B. die Schlangenhöhre des Kondensators durch erhärtete Schmieransätze sich teilweise verstopfen, so könnten hier Drosselungen und hinter diesen bereits Expansion und Abkühlung der Gase eintreten. Insbesondere ist ferner darauf zu achten, daß in der Gasleitung zwischen Verdampfer und Kompressor stets noch Überdruck herrscht, damit nicht etwa durch Undichtigkeiten Luft angesaugt wird.

**113. — Die verschiedenartige Eignung des Ammoniaks und der Kohlensäure als Kälteerzeuger.** Ammoniak läßt sich leicht verflüssigen, da es z. B. bei  $+16^{\circ}$  C bereits unter einem Drucke von 7 Atm. flüssig wird.<sup>1)</sup> Es genügt deshalb, mit Kompressionsdrücken von 9—11 Atm. zu arbeiten. Dagegen liegt der Siedepunkt bei 1 Atm. Überdruck bei  $-17^{\circ}$  und bei 2 Atm. Überdruck noch bei  $-8^{\circ}$ . Es sind dies die Drücke, die man höchstens im Verdampfer zu halten pflegt. Die Temperatur, die man bei den gewöhnlichen Betriebsverhältnissen ohne Schwierigkeit der Kälteflüssigkeit mitteilen kann, beträgt etwa  $-22^{\circ}$  C.

Ammoniak hat ferner den Vorteil, daß man Undichtigkeiten der Maschine und Leitungen durch den stechenden Geruch leicht merkt. Andererseits ist Ammoniak teurer als Kohlensäure; auch verunreinigt es sich leicht mit dem Schmieröl des Kompressors, so daß auf die Ölabscheidung Sorgfalt zu verwenden ist.

<sup>1)</sup> Die „kritische“ Temperatur, bei der Ammoniak sich überhaupt nicht mehr verflüssigen läßt, liegt erst oberhalb  $+130^{\circ}$  C.

Kohlensäure bedarf, um bei der Temperatur des Kühlwassers von  $15\text{--}25^\circ\text{C}$  flüssig zu werden, viel höherer Drücke, nämlich solcher von  $52\text{--}66\text{ Atm.}$  Gewöhnlich arbeitet man mit  $60\text{--}75\text{ Atm.}$  Die hohen Drücke haben mannigfache Betriebschwierigkeiten und stärkere Verluste durch Undichtigkeiten im Gefolge, die wegen der Geruchlosigkeit des Gases nicht leicht zu merken sind. Bei mehr als  $31^\circ\text{C}$  (kritische Temperatur) läßt sich eine Verflüssigung nicht mehr erreichen. Es muß also für viel und genügend kaltes Kühlwasser Sorge getragen werden. Dafür liegt der Siedepunkt bei  $8\text{--}9\text{ Atm.}$ , die man im Verdampfer zu halten pflegt, bei  $-45^\circ$  bis  $-40^\circ\text{C}$ , so daß man der Kälteflüssigkeit verhältnismäßig tiefe Temperaturen mitteilen kann. Ein Vorteil der Kohlensäure ist noch, daß Verunreinigungen durch Einwirkung auf das Schmieröl in geringerem Grade als bei Ammoniak eintreten.

Insgesamt zieht man Ammoniak der Kohlensäure vor, wenn die Kälteflüssigkeit nicht tiefer als auf  $-18^\circ$  bis  $-20^\circ$  herabgekühlt werden soll. Will man dagegen mit tieferen Temperaturen der Kälteflüssigkeit arbeiten, so benutzt man besser Kohlensäure. Namentlich in tiefen Schächten gibt man ihr neuerdings den Vorzug, um jederzeit in der Lage zu sein, die dem Gebirge zugeführte Temperatur zu erniedrigen.

**114. — Tiefkälteverfahren.** Um auch Salzwasser zum Gefrieren zu bringen, erniedrigt man die Temperatur der Kälteflüssigkeit bis auf  $-40^\circ$  und noch tiefer. Man spricht dann vom „Tiefkälteverfahren“. Wie aus den in Ziff. 113 angegebenen Zahlen hervorgeht, ist es möglich

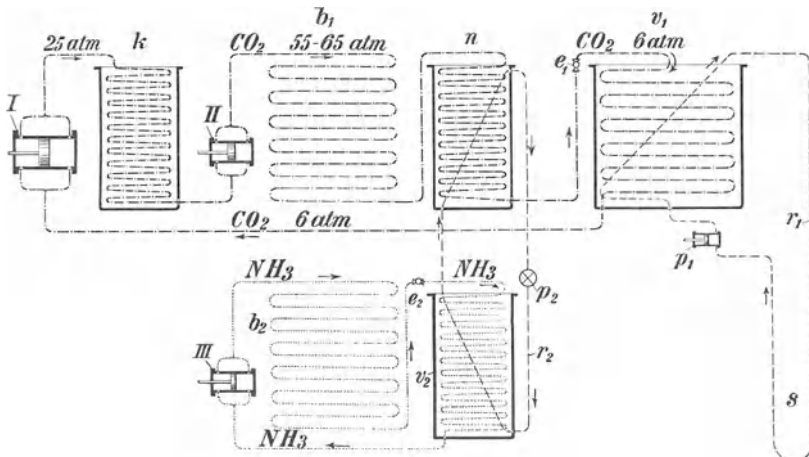


Fig. 286. Schema einer Tiefkälteanlage nach Haniel & Lueg.

diese Temperaturen bei Benutzung der Kohlensäure ohne weiteres zu erhalten. Um sie aber während des Betriebes dauernd sicher zu stellen, wendet man zweckmäßig künstliche Kühlung der Kohlensäure durch eine besondere Ammoniak-Kälteanlage an, wie dies seitens der Firma Haniel & Lueg auf dem Kalischachte Prinz Adalbert bei Oldau unweit Celle geschehen ist. Die Fig. 286 zeigt schematisch die Anordnung. Der obere Teil der Figur stellt die Kohlensäure-, der untere die Ammoniak-

Kälteanlage dar. Es ist  $I$  der erste Kompressor, der die mit etwa 6 Atm. Überdruck angesaugte Kohlensäure auf 25 Atm. preßt. Die Kohlensäure wird zunächst in dem Vorkühler  $k$  mit Wasser gekühlt, um sodann in dem Hochdruckkompressor  $II$  auf 55—65 Atm. gepreßt zu werden. Die Kohlensäure durchstreicht dann den Berieselungskühler  $b_1$ , um schließlich in den mit der Kälteflüssigkeit der Ammoniak-Kälteanlage gespeisten Nachkühler  $n$  zu gelangen. Hier sinkt die Temperatur der dem Expansionsventile  $e_1$  zufließenden flüssigen Kohlensäure auf etwa  $-20^\circ\text{C}$ , so daß im Verdampfer  $v_1$  unschwer Temperaturen von  $-45^\circ$  bis  $-50^\circ\text{C}$  gehalten werden können. Die durch die Pumpe  $p_1$  bewegte Kältelauge fließt in dem Kreislaufe  $r_1$  zum Schachte  $s$ .

Die besondere Ammoniak-Kälteanlage besteht in der üblichen Weise aus dem Kompressor  $III$ , dem Kühler  $b_2$ , dem Expansionsventile  $e_2$  und dem Verdampfer  $v_2$ . Der Umfluß der Kältelauge in dem Kreislaufe  $r_2$  wird durch die Pumpe  $p_2$  vermittelt.

Mittels einer solchen Anlage gelang es auf dem Schachte Prinz Adalbert mehrere Monate hindurch, die Temperatur der dem Schachte zufließenden Kältelauge auf  $-42^\circ$  bis  $-43^\circ\text{C}$  zu halten, während die rückkehrende Lauge sich auf etwa  $-36^\circ$  erwärmt hatte.<sup>1)</sup> Das Abteufen glückte, obwohl schließlich in etwa 170 m Teufe eine 25prozentige Sohle gefroren werden mußte.

**115. — Die Kälteflüssigkeit und ihr Kreislauf.** Die Kälteflüssigkeit darf bei den in Frage kommenden, tiefen Temperaturen weder fest, noch auch nur steif werden und darf auch nicht zur Bildung von Ansätzen neigen. Sie darf ferner Eisen und Metalle nicht angreifen, damit sie ihre Leitungen und die Pumpe nicht zerstört. Überdies ist, soweit irgend möglich, Wohlfeilheit erwünscht.

Meistens hat man als Kälteflüssigkeit Chlormagnesiumlauge mit 26 pCt.  $MgCl_2$  benutzt, die bei  $-33^\circ$  gefriert. Die tatsächlich angewandten Temperaturen liegen bei dem meist angewandten Ammoniakverfahren nicht so tief und sinken während des eigentlichen Gefrierens auf höchstens  $-22^\circ$  bei der Einströmung in die Fallrohre und  $-17^\circ$  bei der Ausströmung aus den Gefrierrohren. Während des Abteufens kann man in der Regel schon eine Entlastung der Gefriermaschinen eintreten lassen, indem etwas höhere Temperaturen (z. B.  $-18^\circ$  bei der Einströmung und  $-15^\circ$  bei der Ausströmung) für die Erhaltung der Frostmauer zu genügen pflegen.

Chlorkalziumlauge ist teurer, ist aber für das Tiefkälteverfahren gut geeignet, da sie noch bei  $-50^\circ\text{C}$  flüssig bleibt. Man wendet etwa 30prozentige Lösungen an.

Sehr tiefe Kältegrade lassen sich mit Alkohol erreichen, da dieser erst bei  $-112^\circ\text{C}$  gefriert. Freilich stellt sich Alkohol am teuersten.

Als bewegende Kraft in dem Kreislaufe der Kälteflüssigkeit dient eine Pumpe. Der Weg, den die Flüssigkeit macht, führt von dieser zum Verteilungsringe oberhalb des Schachtes und von hier in Parallelschaltung

<sup>1)</sup> Festschrift zum XI. Allgem. Deutschen Bergmannstage in Aachen 1910; Stegemann: Das Schachtabteufen usw.

durch die Fallrohre abwärts und durch die Gefrierrohre aufwärts. Infolge der Parallelschaltung der Gefrierrohre fließt jedem die Kälteflüssigkeit mit der gleichen Temperatur zu. Dadurch, daß man die Flüssigkeit zunächst durch die verhältnismäßig engen Fallrohre schnell mit geringem Kälteverluste nach unten führt, kommt die größte Kälte auf das Tiefste des Frostzylinders zur Wirkung. Es ist das erwünscht, weil einerseits die Frostmauer hier am stärksten sein muß, um dem Wasser- und Gebirgsdrucke widerstehen zu können, und weil anderseits gerade im Tiefsten infolge der Abweichungen der Bohrlöcher aus der Senkrechten schwache Stellen zu befürchten sind. Aus den Gefrierrohren gelangt die Kälteflüssigkeit zum Sammelring oder Sammelkasten, sodann weiter zum Refrigerator und schließlich wieder zur Pumpe.

**116. — Der Weg (Kreislauf) des Kühlwassers.** Einen eigentlichen Kreislauf des Kühlwassers braucht man nicht einzurichten, wenn so viel kaltes Wasser, z. B. aus Pumpwerken oder einem Bache, zur Verfügung steht, daß man das erwärmte einfach ablaufen lassen kann. Es sei aber darauf hingewiesen, daß es bedenklich ist, in der Nähe der Gefrierschächte Pumpanlagen herzustellen, die das Wasser aus dem Gebirge entnehmen, weil die in diesem entstehenden Wasserbewegungen einen nachteiligen Einfluß auf den Gefrierverlauf ausüben können.

Wenn das Wasser knapp ist, so kühlt man das im Kondensator erwärmte Wasser zurück, indem man es über Kaminkühler oder Dornwände nach Art der Gradierwände laufen läßt und danach wieder benutzt. In diesem Falle besteht auch für das Kühlwasser ein geschlossener Kreislauf, wobei aber dauernd ein Ersatz für die verdunsteten Mengen zugeführt werden muß.

**117. — Beispiel für den Bedarf an Ammoniak, Chlormagnesiumlauge und Kühlwasser.** Ein Gefrierschacht, der bei 5,5 m lichtigem Durchmesser 200 m Teufe erreichen soll und insgesamt etwa 5000 m Bohrlochlänge erfordert, bedarf etwa 950 kg Ammoniak, 80 000 kg Chlormagnesiumlauge und einer stündlichen Kühlwassermenge von 50 cbm.

#### *Theoretische Betrachtungen.*

**118. — Berechnung der erforderlichen Wärmeeinheiten.** Die für die Herstellung des Frostzylinders erforderliche Kältemenge läßt sich, wenn auch nur überschläglich und annähernd, berechnen. Die Kältemenge entspricht nach den obigen Ausführungen der dem Gebirge entzogenen und dem Kühlwasser zugeführten Wärmemenge, so daß man die Abkühlungswirkung durch diese Wärmemengen ausdrücken kann. Je nachdem man die eine oder andere, dem Wesen nach aber gleiche Wirkung meint, spricht man von Frigorien oder Kalorien. Im folgenden soll der Ausdruck Wärmeeinheiten benutzt werden. Da die spezifische Wärme des Wassers = 1, die des Eises = 0,5 und die des festen Gebirges etwa = 0,2 ist, wird die Abkühlung um je 1° C von 1 cbm Wasser (= 1000 kg) 1000 Wärmeeinheiten, von 1 cbm Eis<sup>1)</sup> 500 Wärmeeinheiten und von 1 cbm

<sup>1)</sup> Das etwas geringere spezifische Gewicht des Eises ist hier nicht berücksichtigt worden.

Gebirge, welches ein spezifisches Gewicht von 2,6 besitzt,  $0,2 \cdot 2,6 \cdot 1000 = 520$  Wärmeeinheiten erfordern. Außerdem sind für den Übergang des Wassers in Eis je 1 kg 79 Wärmeeinheiten notwendig.

Wenn 1 cbm Wasser von  $+10^{\circ}\text{C}$  in 1 cbm Eis von  $-15^{\circ}\text{C}$  verwandelt werden soll, so sind demnach:

$$10 \cdot 1000 + 79 \cdot 1000 + 15 \cdot 0,5 \cdot 1000 = 96\,500 \text{ Wärmeeinheiten}$$

nötig, während 1 cbm festes Gebirge, das um den gleichen Betrag abgekühlt werden soll, nur

$$25 \cdot 520 = 13\,000 \text{ Wärmeeinheiten}$$

erfordert.

Es möge das Gebirge in 1 cbm 1700 kg feste Bestandteile und 300 kg Wasser enthalten. Für die Abkühlung von  $+10^{\circ}\text{C}$  auf  $-10^{\circ}\text{C}$  sind alsdann je 1 cbm erforderlich:

$$1700 \cdot 0,2 \cdot 20 + 300 \cdot 10 + 300 \cdot 79 + 300 \cdot 0,5 \cdot 10 = 35\,000 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Ein Frostzylinder von z. B. 11,3 m Durchmesser und 100 m Höhe, der 10 000 cbm Gebirge umschließt, würde also zu seiner Herstellung und Abkühlung auf  $-10^{\circ}$  einer Gesamtleistung von

$$350 \text{ Mill. Wärmeeinheiten}$$

bedürfen.

Praktisch sind aber noch höhere Leistungen aufzuwenden, da Leitungs- und Strahlungsverluste auftreten und nicht allein der Frostzylinder, sondern auch das umliegende Gebirge sich abkühlt und diesem während der ganzen Dauer sowohl des Gefrierens wie des Abteufens Kälte zugeführt werden muß. Man kann annehmen, daß die Verluste durch Leitung und Strahlung über Tage etwa 25 pCt. und die Kälteverluste an das umgebende Gebirge während der Gefrierdauer etwa 50 pCt. der theoretisch erforderlichen Kälteleistung betragen, so daß insgesamt während der Gefrierdauer etwa  $350 + 0,75 \cdot 350 =$

$$612,5 \text{ Mill. Wärmeeinheiten}$$

abzugeben wären.

Soll der Schacht in 100 Tagen abgefroren sein, so müßten täglich 6 125 000 Wärmeeinheiten und stündlich 255 200 Wärmeeinheiten geleistet werden.

Nach Beginn des Abteufens kommt es nur noch darauf an, die Frostwand zu unterhalten und die Kälteverluste zu ersetzen, so daß eine weit geringere Kältezufuhr als zur Zeit des Gefrierens genügt.

Um nun nicht unnötig große Maschinen in Betrieb zu haben, wird man im vorliegenden Falle beispielsweise 3 Kältemaschinen für

$$160\,000 \text{ Wärmeeinheiten}$$

$$120\,000 \quad \text{„}$$

$$80\,000 \quad \text{„}$$

aufstellen können, wovon dann mindestens eine als Reserve verbleibt. In der letzten Zeit des Abteufens wird der Betrieb der schwächsten Maschine genügen.

In der Hauptsache wird, wie gesagt, die Kälte durch Erhöhung der Temperatur des Kühlwassers erzeugt; die außerdem noch erforderliche Kompressionsarbeit wird für je 100 000 Wärmeeinheiten stündlich von 48—60 PS. geleistet, so daß die Betriebsmaschinen eine entsprechende Stärke besitzen müssen.

**119. — Druckfestigkeit des gefrorenen Gebirges.** Über die Druckfestigkeit des gefrorenen Gebirges sind an verschiedenen Stellen mehrfach Versuche angestellt worden. Hierbei wurde festgestellt, daß die Druckfestigkeit mit sinkender Temperatur wächst und im übrigen von der Art des Gebirges abhängig ist. Ein voll mit Wasser gesättigter und sodann gefrorener, reiner Quarzsand liefert die höchsten Festigkeitszahlen, die von 20 kg/qcm bei 0° auf etwa 120 kg/qcm bei -10° und auf annähernd 200 kg/qcm bei -25° ansteigen. Die in Fig. 287 dargestellte Kurve<sup>1)</sup> veranschaulicht den Zusammenhang zwischen Festigkeit und Temperatur des gefrorenen Sandes.

Gefrorener, reiner Ton mit Wasser besitzt Festigkeiten, die nur etwa halb so hoch wie die des gefrorenen Sandes sind, so daß solche Schichten den Erfolg des Abteufens gefährden können. Sandiger Ton und tonige Sande liefern Mittelwerte. Im großen und ganzen wird man für tonig-sandiges Gebirge Festigkeiten annehmen können, die etwa  $\frac{2}{3}$  derjenigen des gefrorenen, reinen Sandes betragen.

Reines Eis, das auch unter Tage, z. B. beim Ausfrieren von Spalten, vorkommen kann, besitzt eine noch geringere Festigkeit. Bei -15° zersplittert es bereits bei 18 kg/qcm Belastung.<sup>3)</sup>

Sehr geringe Festigkeiten besitzt auch gefrorene Braunkohle.

Die angegebenen Zahlen treffen nicht zu, wenn man es mit Salzwasser zu tun hat, da gesättigte Sole erst bei -22° C gefriert. Aber auch in diesem Falle kann man bei genügend tiefen Temperaturen noch hohe Druckfestigkeiten des gefrorenen Gebirges erzielen. Z. B. hat die Firma Wegelin & Hübner zu Halle (Saale) bei einem mit vollgesättigter Sole getränkten Sandblock bei -47° bis -49° C eine Druckfestigkeit von 188 kg/qcm festgestellt.

**120. — Die erforderliche Stärke der Frostwand und die Abteufgrenzen.** An der Hand der Festigkeitszahlen hat man die erforderliche

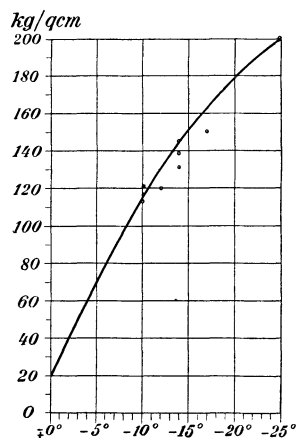


Fig. 287. Druckfestigkeiten gefrorenen Sandes in Beziehung zur Temperatur nach Alby.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Zu vgl.: Zeitschr. f. d. gesamte Kälteindustrie 1898, S. 107 u. f.; Schmidt: Die Benutzung des Gefrierfahrens usw.

<sup>2)</sup> Bull. d. l. soc. de l'ind. min. 1895, 3. Série, Tome IX, S. 319; Schmidt: L'emploi de la congélation etc.

<sup>3)</sup> Bericht des Internat. Kongresses f. Bergbau usw. 1910, Düsseldorf; Zärlinger: Das Gefrierverfahren und seine neueste Entwicklung.

Stärke der Frostwand für die verschiedenen Teufen zu berechnen versucht. Hierbei ist freilich zu beachten, daß jede solche Rechnung wegen der unvermeidlichen Ungleichmäßigkeiten in der Gestalt des Frostzylinders und wegen der je nach der Temperatur an den verschiedenen Punkten des Frostkörpers verschiedenen Festigkeit nur ganz rohe und stets unzuverlässige Ergebnisse liefern kann.

Es kommt hinzu, daß über die Zunahme des Druckes im schwimmenden Gebirge mit wachsender Teufe etwas Zuverlässiges nicht bekannt ist. Man wird deshalb mit Recht jede Rechnung anzweifeln müssen. Immerhin ist es nützlich, mangels einer bisher allgemein anerkannten Erfahrungsformel die bekannten Gesetze der Mechanik für den vorliegenden Fall anzuwenden.

Der Druck, den die Frostwand auszuhalten hat, hängt von der Teufe und dem von dem schwimmenden Gebirge ausgeübten Drucke ab. Letzteren kann man auf etwa das 1,7 bis höchstens das 1,8fache des der Teufe entsprechenden Wasserdruckes annehmen.<sup>1)</sup> Die Temperatur des Frostkörpers, die ja für seine Druckfestigkeit hauptsächlich maßgebend ist, sinkt von  $0^{\circ}$  an der äußersten Grenze bis zu etwa  $-16$  bis  $-17^{\circ}$

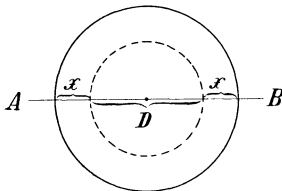


Fig. 288. Veranschaulichung der Frostwandberechnung.

unmittelbar an den Gefrierrohren, wobei die Verfahren zur Erzeugung tieferer Kältegrade nicht in Rücksicht gezogen sind. Nach dem Inneren des Schachtes zu steigt sodann die Temperatur bis auf etwa  $-9$  bis  $-10^{\circ}$  unmittelbar am Schachtstöße wieder an. Durchschnittlich wird man also eine Temperatur der Frostmauer von rund  $-10^{\circ}$  annehmen dürfen.<sup>2)</sup> Dem würde eine durchschnittliche Druckfestigkeit von  $120 \text{ kg/qcm}$  entsprechen.

Zur Berechnung der für die Frostwand erforderlichen Stärke soll angenommen werden, daß durch die Frostwirkung ein ganz regelmäßiger, oben und unten den gleichen Durchmesser besitzender Frostzylinder entstanden ist. Denken wir uns den Zylinder durch eine beliebig durch die Seelenachse gelegte Ebene in zwei gleiche Hälften geteilt, so erhalten wir grundrißlich das Bild der Fig. 288, worin der äußere Kreis den Umfang des Frostzylinders, der punktierte innere Kreis den Umfang des abzuteufenden Schachtes und die Linie  $AB$  die senkrechte Ebene durch die Mitte des Frostzylinders bedeuten.<sup>3)</sup> Die gesuchte Frostmauerstärke möge mit  $x$  und der Durchmesser des abzuteufenden Schachtes mit  $D$  bezeichnet sein. Entsprechend den auf S. 143 bei der Berechnung der Tübbingswandstärke gemachten Ausführungen können wir nun setzen:

$$2x \cdot k = (D + 2x) \cdot H \cdot 1,8$$

worin  $k$  die Bruchfestigkeit des gefrorenen Gebirges und  $H$  den Wasserdruck in Atmosphären bedeuten. Um den Druck des schwimmenden Ge-

<sup>1)</sup> S. S. 143 dieses Bandes.

<sup>2)</sup> Glückauf 1904, Nr. 50; Joosten: Die neueste Anwendung des Gefrierverfahrens auf der Zeche Auguste Viktoria i. W.

<sup>3)</sup> Nach Glückauf 1904, Nr. 50; Joosten; und Bergbau 1907, Nr. 38; Kegel: Das Schachtabteufen nach dem Gefrierverfahren von Poetsch.

birges in die Rechnung einzuführen, ist  $H$  noch mit 1,8 multipliziert. Löst man die Gleichung nach  $x$  auf, so erhält man:

$$x = \frac{D \cdot H \cdot 1,8}{2(k - H \cdot 1,8)}.$$

Nimmt man eine zulässige Belastung von 120 kg/qcm an und berechnet man die erforderliche Frostwandstärke für  $666\frac{2}{3}$  m Schachtteufe, so wird  $x$  bereits  $= \infty$ . Rechnet man mit doppelter Sicherheit und demgemäß mit 60 kg/qcm zulässiger Belastung, so wird  $x$  bereits bei  $333\frac{1}{3}$  m Schachtteufe  $= \infty$ . Für tonige Sande sind infolge der geringeren Bruchfestigkeiten die erreichbaren Teufen noch geringer, da sie nach dem oben Gesagten nur etwa  $\frac{2}{3}$  betragen, also im äußersten Falle bei 444 und unter Voraussetzung einer doppelten Sicherheit bei 222 m liegen würden.

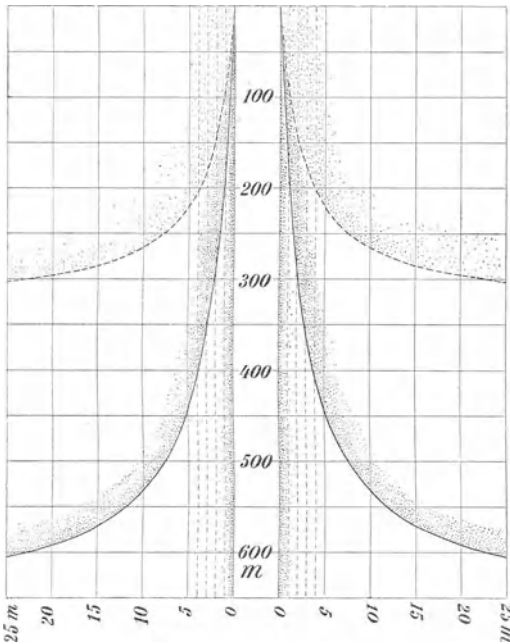


Fig. 289.  
Zunahme der erforderlichen Frostwandstärke mit der Schachtteufe.

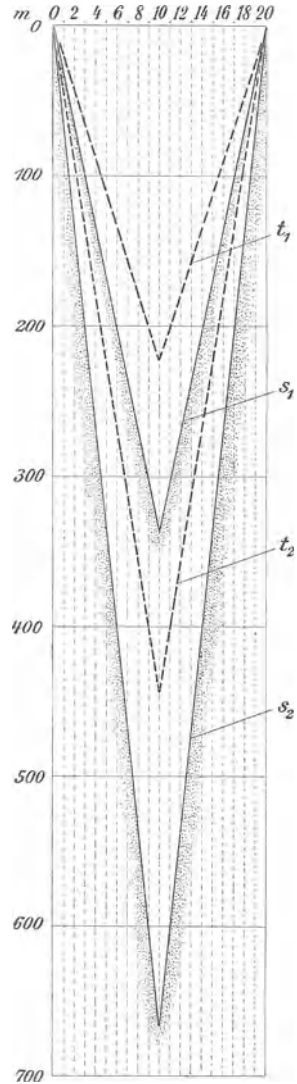


Fig. 290.  
Abnahme des zulässigen Schachtdurchmessers mit der Schachtteufe in einem zylindrischen Frostkörper.

Berechnet man für einen im Schwimmsand niederzubringenden Schacht von 5 m lichtigem Durchmesser für verschiedene Schachtteufen die erforderliche Stärke der Frostmauer, so erhält man, zeichnerisch dargestellt,



das Bild der Fig. 289, in der die ausgezogene Linie die Wandstärken bei einfacher und die punktierte bei doppelter Sicherheit veranschaulicht. Es ist leicht einzusehen, daß man praktisch einen Frostkörper nicht herstellen kann, der sich nach untenhin in solcher Weise verbreitert. Deshalb erhält man ein die wirklichen Verhältnisse besser widerspiegelndes Bild, wenn man umgekehrt einen zylindrischen Frostkörper von einem bestimmten Durchmesser des Schachtes in den verschiedenen Teufen noch möglich erscheint. Fig. 290 veranschaulicht diese Betrachtungsweise. Der äußere Umfang des Rechtecks stellt einen Frostzylinder von z. B. 20 m Durchmesser dar. In ihm würde man in der Voraussetzung eines sandigen Gebirges bei doppelter Sicherheit den Schacht  $s_1$  und bei einfacher Sicherheit den Schacht  $s_2$  herstellen können. In tonig-sandigem Gebirge wäre der Schacht  $t_1$  bzw.  $t_2$  möglich.

Die gefundenen Werte, nach denen die Abteufgrenze mittels des Gefrierverfahrens in tonig-sandigem Gebirge, selbst wenn man mit keinem Sicherheitskoeffizienten rechnet, bereits bei 444 m Teufe liegen würde, sind überraschend gering.

Die Prüfung der Rechnungsergebnisse durch tatsächliche Beobachtungen stößt auf Schwierigkeiten. Allerdings sind bereits Schächte etwa bis zu den errechneten Grenzteufen niedergebracht worden, so daß die rechnungsmäßig sich ergebende, zu geringe Stärke der Frostmauer zu Durchbrüchen des schwimmenden Gebirges hätte führen müssen. Die Widerstandsverhältnisse der Frostwand werden aber durch eine gewisse Nachgiebigkeit des gefrorenen Gebirges verschleiert. Gerät die Gebirgswand nur wenig in Bewegung, so wird das in etwa entstehende Risse eintretende Wasser wegen der hier vorhandenen tiefen Temperatur sofort gefrieren, und die Frostwand bleibt trotz geringer Bewegung dicht. Ein überlasteter, gefrorener Gebirgsstoß von immerhin einigen Metern Dicke wird also in der Regel nicht plötzlich hereinbrechen, sondern wohl stets allmählich hereinschieben. Es wird dies dadurch zum Ausdruck kommen, daß der hergestellte Schachtraum in einigen Tagen oder Wochen merklich enger geworden ist. Wenn man dann sofort nach dem Abteufen von einigen Metern die Schachtstöße durch untergehängte Tübbings sichert, die den Gebirgsdruck zu tragen imstande sind, so wird man häufig trotz Überlastung der Frostwand noch zum Ziele gelangen. Tatsächlich hat man die angedeuteten Bewegungen der Schachtstöße, ohne daß Gebirgsdurchbrüche eingetreten wären, in tiefen Gefrierschächten feststellen können.<sup>1)</sup>

~~Ein anderer, schon in Ziffer 108 erwähnter Umstand, der der Anwendbarkeit des Gefrierverfahrens in großen Teufen entgegensteht, liegt in der Schwierigkeit, die Gefrierbohrlöcher genau senkrecht und parallel zueinander abzubohren. Diese Schwierigkeit wächst bei Teufen von 300 bis 400 m zu einem recht bedenklichen Grade an. Durch sorgsames Abloten und Stoßen von Ersatzlöchern kann man den Übelstand mildern, aber~~

<sup>1)</sup> Bergbau 1911, Nr. 41, S. 655; Ehrenberg: Interessante Erscheinungen aus dem Gefrierschachtbau.

nicht ganz beseitigen. Zur Vermeidung dieser Schwierigkeit wurde das absatzweise Gefrieren vorgeschlagen, das in der Ziffer 125 besprochen ist.

Die tiefsten, nach dem Gefrierverfahren in einem Absatze bisher niedergebrachten Schächte sind die Lohbergsschächte bei Hiesfeld der Gewerkschaft Deutscher Kaiser mit 413 m Teufe. Nächstdem kommen in Deutschland wohl der Schacht Rhein I derselben Gewerkschaft mit 335 m, ferner der Schacht der Deutschen Solvaywerke bei Borth mit 327 m Teufe und die Schächte Friedrich Heinrich bei Lintfort, die 315 m tief abgefroren worden sind. In Bau begriffen ist ein Schacht der Deutschen Solvaywerke bei Wallach am Niederrhein, der 540 m Teufe im Frostkörper erreichen soll, während für belgische Gefrierschächte bei Winterslag, Limburg und Zwartberg Teufen von 428, 470 und 560 m vorgesehen sind.<sup>1)</sup>

*Der tatsächliche Gefrierverlauf und das Abtaufen.*

**121. — Bildung des Frostkörpers.** Sobald die Kälteerzeugung begonnen hat, bedecken sich die Gasleitungen zwischen dem Refrigerator und dem Kompressor und die Laugeleitungen, insbesondere der Verteilungs- und der Sammelring und deren über Tage befindliche Abzweigungen, mit Reif. Das Gebirge gefriert zunächst in gleichmäßigen, kreisförmigen Schichten um die einzelnen Gefrierrohre, bis diese so entstehenden Frostzylinder

zusammenstoßen und sich zu einem Ringe schließen. Sobald das geschehen ist, schreitet der Frost nach dem Schachtinneren erheblich schneller als nach dem Umfange hin fort, weil im Inneren des Frostringes die Kälteverluste durch Strahlung und durch Erwärmung des benachbarten Gebirges viel geringer als außen sind. Man kann annehmen, daß einer Zunahme der Frostmauerstärke nach innen um 1 m eine Zunahme nach außen um etwa 60 cm entspricht. Fig. 291 stellt dieses allmähliche Fortschreiten

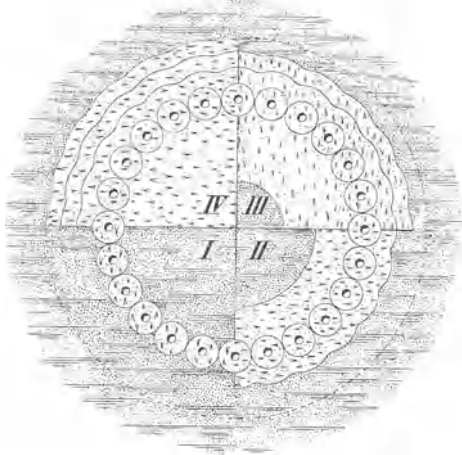


Fig. 291. Fortschreiten der Frostkörperbildung im wagerechten Schnitt.

des Gefrierens nach der Schachtmitte hin dar. Die einzelnen Quadranten zeigen die Froststärke nach verschiedenen, gleichen Zeiten, z. B. 1, 2, 3 und 4 Monaten. Es ist angenommen, daß nach dieser Frist der Schacht an der Schnittstelle bis zur Mitte gefroren ist.

Im senkrechten Schnitt (Fig. 292) betrachtet, nimmt der Frostkörper nach unten allmählich an Stärke zu; nur im Tiefsten verschwächt er

<sup>1)</sup> Ann. d. min. d. Belgique 1911, S. 369 u. f.; Breyre: Le développement récent etc.

sich etwas. Es liegt dies einerseits daran, daß die aus den Fallrohren tretende Kältelauge unten ihre tiefste Temperatur besitzt und deswegen dem Gebirge mehr Kälte als im oberen Teile der Gefrierrohre zuführen kann, während andererseits die Verschwächung des Frostkörpers im Tiefsten darauf zurückzuführen ist, daß hier ein Ausstrahlen der Kälte nicht nur nach den Seiten, sondern auch nach unten stattfindet. Beim Ausfrieren des Schachtinnern wird naturgemäß unten und oben der Frostkörper die Form eines Flaschenbodens annehmen, wobei der ungefrorene Teil sich nach dem Gesagten oben tiefer einsenken als er unten emporsteigen wird (Fig. 292 *b*). Ist unten festes, leicht gefrierendes Gebirge vorhanden, so wird hier die Stärke des Frostkörpers verhältnismäßig groß sein (Fig. 292 *c*).

Um das Fortschreiten des Gefrierens zu beobachten, pflegt man in einiger Entfernung vom Gefrierrohrkreise Löcher bis in das wasserführende Gebirge zu bohren, die mit unten geschlossenen Rohren besetzt werden. Die Rohre werden mit Kältelauge etwa bis zur Höhe des Grundwasserspiegels gefüllt und dienen nun zur Beobachtung der Temperatur.

Einen Anhalt dafür, ob die Frostwand rundum und auch nach unten hin geschlossen ist, bietet der Stand des Grundwasserspiegels innerhalb und außerhalb des Gefrierrohrkreises. Solange die Frostwand noch nicht geschlossen ist, steht der Wasserspiegel innen und außen gleich hoch, und etwaige Schwankungen machen sich hier wie dort bemerkbar. Sobald aber die Frostwand geschlossen ist, fängt der Wasserspiegel innerhalb des Frostringes an, gleichmäßig und anhaltend über den äußeren Wasserspiegel zu steigen, weil bei der Eisbildung eine Volumenvermehrung eintritt und das Wasser im Schachte nach außen keinen Abzug mehr findet.

Bald danach pflegt man mit dem Abteufen zu beginnen, um mit dem Schachte so tief wie möglich zu kommen, solange das Gebirge in der Schachtmitte noch ungefroren und weich ist.

**122. — Das Abteufen.** Das Abteufen selbst verläuft sodann nach Art des gewöhnlichen Abteufens mit Hand. Solange der Schachtkern noch weich ist, wird das Gebirge mit der Schaufel oder der Keilhau hereingewonnen, während die gefrorenen Stöße fortgespitzt werden. Ist der Kern fest, so wendet man in vorsichtiger Weise Schießarbeit an. Hierbei ist Zeitzündung zu empfehlen, da die Erschütterung des Gebirges bei den einzeln kommenden Schüssen geringer ist und man das Kommen der Schüsse leichter durch Zählen überwachen kann. Die Einbruchschüsse pflegt man nicht tiefer als 1,5 m und die Stoßschüsse nicht tiefer als 1 m zu bohren. Besonders die letzteren Schüsse sollen keine allzu große Vorgabe erhalten und sollen nicht nach dem Stoße zu verlaufen.

Früher glaubte man, als Sprengstoff stets Schwarzpulver benutzen zu müssen, um nicht durch die heftigere Wirkung der brisanten Sprengmittel die Frostwand allzusehr zu erschüttern. Es hat sich aber gezeigt, daß bei einiger Vorsicht auch andere Sprengstoffe verwandt werden können. Zweckmäßig benutzt man solche aus der Gruppe der Ammonsalpetersprengstoffe, deren Brisanz nicht allzu hoch liegt und die außerdem den gerade in diesem Falle wichtigen Vorzug besitzen, daß sie nicht gefrieren.

Die Lufttemperatur in den Gefrierschächten pflegt bei dem gewöhnlichen Verfahren etwa bei  $-8^{\circ}$  bis  $-10^{\circ}$  C zu liegen, so daß bei

der Arbeit die Kälte nicht unangenehm empfunden wird. Bei dem Tiefkälteverfahren dagegen sinkt die Temperatur unter Umständen bis auf  $-30^{\circ}$  und tiefer. Derartige Temperaturen behindern die Arbeit sehr, und es ist sorgfältiger Frostschutz für die Belegschaft nötig.

**123. — Der Ausbau.** Der endgültige Ausbau in Gefrierschächten wird in der Regel der Ausbau mit deutschen Tübbings sein, da diese die sicherste Gewähr für die Wasserdichtigkeit der Auskleidung nach Auftauen des Gebirges bieten.

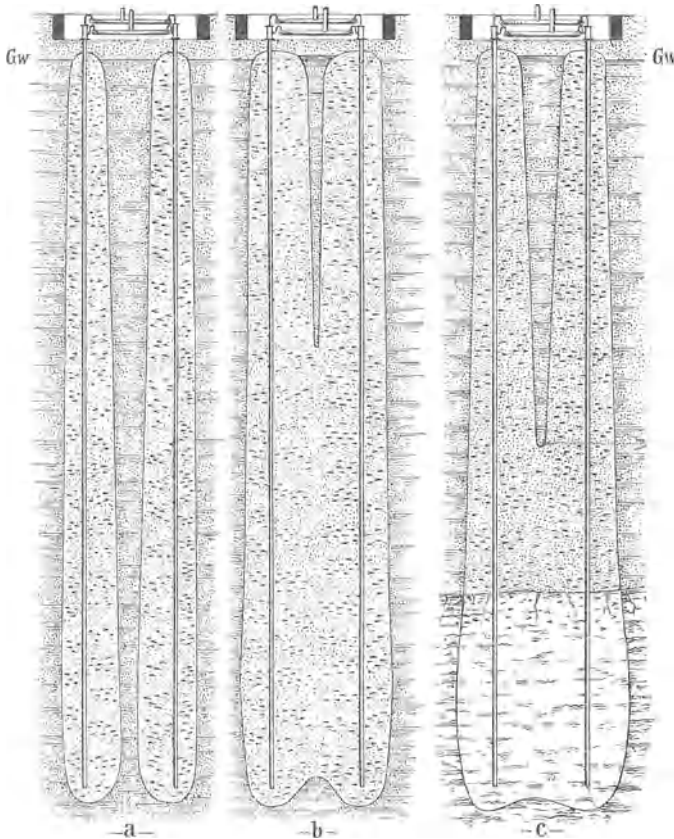


Fig. 292. Bildung des Frostkörpers, dargestellt im senkrechten Schnitt.

Früher pflegte man die Küvelage von unten nach oben aufzubauen, nachdem Keil- oder Tragekränze gelegt waren. Neuerdings hat man mehrfach mit gutem Erfolge von dem Verfahren des Unterhängens der Tübbings (s. S. 137 u. f.) Gebrauch gemacht.

Bei dem ersten Verfahren erhält der Schacht während des Abteufens entweder einen vorläufigen, aus eisernen Ringen und Verzughölzern bestehenden Ausbau, der die auf der Sohle beschäftigten Arbeiter vor etwa sich lösenden und abstürzenden Schalen sichern soll, oder er bleibt bis zur

endgültigen Sicherung der Stöße durch Tübbings ohne jede Verkleidung: Erfahrungsgemäß lösen sich im sandigen Gebirge Frostschalen nicht ab, wie man bei einer großen Zahl von Gefrierschächten hat beobachten können, in denen die Stöße z. T. bis 100 m Höhe völlig unverkleidet ohne Gefahr für die auf der Sohle beschäftigte Belegschaft geblieben sind. Anders verhält sich rissiger Ton, in dem unter Umständen Schalen sich lösen und abstürzen,<sup>1)</sup> so daß ein sofortiger Ausbau notwendig sein kann. Die weitere Gefahr, daß durch eine schwache Stelle der Frostwand Wasser in den Schacht bricht, nachdem vielleicht ein Laugenaustritt durch eine Undichtigkeit der Gefrierrohre erfolgt ist, wird durch den vorläufigen Ausbau mit Ringen und Verzughölzern freilich nicht verhindert. Man kann vielleicht sogar sagen, daß diese Gefahr schneller und sicherer an dem Dunkelwerden der mit Lauge getränkten Stoßstellen erkannt wird, wenn die Stöße bloß liegen, als wenn sie ganz oder teilweise durch den vorläufigen Ausbau verkleidet sind.

Das Unterhängen der Tübbings schützt die Belegschaft nicht allein vor dem etwaigen Fall von Frostschalen, sondern auch gegen plötzliche Wasserdurchbrüche aus den Stößen. Es hat ferner den Vorteil, daß bei Wasserdurchbrüchen aus der Sohle der Schacht bis zum jeweiligen Tiefsten gesichert bleibt.

Gegen das Unterhängen der Tübbings wendet man insbesondere ein, daß das Einspülen des Betons hinter die Kùvelagewand nicht so gut und gleichmäßig wie das Einstampfen beim Aufbau der Kùvelage erfolgen könne. Es erscheint zweifelhaft, ob dieser Einwand berechtigt ist. Jedenfalls hat bisher der Zustand und die Wasserdichtigkeit der mit Unterhängetübbings abgeteufte Gefrierschächte nach dem Auftauen zu keinerlei Bedenken Anlaß gegeben.

Die Gewerkschaft Deutscher Kaiser hat bei mehreren, ihr selbst gehörigen Schächten eine äußere Tübbingswand sofort beim Abteufen untergehängt und nach Erreichen des wassertragenden Gebirges noch unter dem Schutze der Frostwand eine zweite innere Tübbingswand von unten nach oben eingebaut (s. Fig. 187 auf S. 149). Hierbei wurde der Raum zwischen der äußeren Wand und dem Gebirgstöße mit Beton hinterspült und der Raum zwischen den beiden Tübbingswänden mit Beton ausgestampft. Auf diese Weise erzielte man beim Abteufen eine sofortige vorläufige Sicherung des Schachtes, ohne daß die untergehängten Tübbings mit Rücksicht auf die Frostwand schon die dem Drucke des ungefrorenen Gebirges entsprechende Stärke zu besitzen brauchten, während die innere, mit aller Sorgfalt aufgebaute Tübbingswand den Schacht endgültig sicher stellte. Das Verfahren bietet zweifellos eine hohe Sicherheit, und die Festigkeit der Schachtwandung ist außergewöhnlich groß; freilich sind auch die Kosten entsprechend hoch.

Für die Betonierung des Zwischenraumes zwischen der Kùvelage und den Gebirgstößen pflegt man Betonmischungen von 1 Teil Zement und 2—3 Teilen Sand anzuwenden. Da gefrorener Zement nicht abbindet,

<sup>1)</sup> Ann. d. min. d. Belgique 1911, S. 359 u. f.; Breyre: Le développement récent usw.

hat man versucht, durch Zusatz von Alkalien zum Mischwasser das Abbinden in der Kälte zu erreichen. Doch ist hierbei ein voller Erfolg nicht erzielt worden, da auch solcher Zement unter Frostwirkung schwer abbindet. Nach Joosten<sup>1)</sup> verliert der gewöhnliche Beton während des Frostes seine Abbindefähigkeit nicht. Taut er später auf, so bindet er alsdann noch in der gewöhnlichen Weise ab. Es erscheint also im allgemeinen unbedenklich, gewöhnlichen Beton und süßes Mischwasser zu benutzen. Die „Langsambinder“ (s. S. 81) bewähren sich am besten; nur wo es darauf ankommt, daß der Zement oder Beton noch bei Frost abbindet, wird man stark alkalisches Wasser und schnellbindenden Zement benutzen.

In einigen wenigen Fällen hat man Gefrierschächte, um die hohen Kosten der Tübbings zu ersparen, auf andere Weise ausgebaut. So wurden in Galizien zwei Schächte der Steinkohlengewerkschaft Brzeszcze, die etwa 40 m tief waren, mit gutem Erfolge ausgemauert.<sup>2)</sup> Als Mörtel verwendete man 1 Teil Zement (Schnellbinder) und 3 Teile Sand; zum Anrühren benutzte man eine Lösung von kalzinierter Soda. In Rußland wurden zwei 180 m tiefe Gefrierschächte mit Betonsteinen ausgebaut.<sup>3)</sup> Auch hier soll der Wasserabschluß nach Angabe der ausführenden Firma (Tiefbau- und Kälte-Industrie A.-G. zu Nordhausen) gut gelungen sein.

**124. — Ziehen der Gefrierrohre.** Nachdem man den Frostzylinder durchteuft hat, werden die Gefrierrohre gezogen. ~~Um nicht monatlang auf das Auftauen des Gebirges warten zu müssen,~~ macht man die einzelnen Rohre dadurch aus den Klammern des Frostes frei, daß man erwärmte Kältelauge hindurchströmen läßt. ~~Dampf darf man zu diesem Zwecke nicht benutzen, weil er sich sofort niederschlagen und weil das entstehende Wasser in den Rohren gefrieren und diese verstopfen würde.~~

Das Ziehen der Rohre hat die unerwünschte Folge, daß das Gebirge rund um den Schacht etwas nachsinkt und in Bewegung kommt. Es wird hierdurch auch das regelmäßige Abbinden des Betons zwischen Küvelage und Gebirgstöß in Frage gestellt. Man hat deshalb in Vorschlag gebracht, den Fuß der Gefrierrohre vor dem Ziehen abzuschneiden und das Loch während des Ziehens des nunmehr unten offenen Rohres mit Ton oder Sand zu verfüllen.

#### *Absatzweises Gefrieren.*

**125. — Absatzweises Abteufen mittels des Gefrierverfahrens.** Wegen der Schwierigkeiten, die das senkrechte und parallele Niederbringen der Gefrierbohrlöcher macht, hat man für größere Teufen mehrfach vorgeschlagen, den Gefrierschacht in einzelnen Absätzen abzuteufen, indem man nach Erreichen einer gewissen Teufe unter Anwendung besonderer Vorkehrungen neue Gefrierbohrlöcher stößt und das ganze Verfahren

<sup>1)</sup> Glückauf 1904, Nr. 51, S. 1587; Joosten: Die neueste Anwendung des Gefrierfahrens auf der Zeche Auguste Viktoria i. W.

<sup>2)</sup> Montanistische Rundschau 1911, Nr. 1, S. 1 u. f.; Drobnik: Das Gefrierverfahren beim Schachtabteufen.

<sup>3)</sup> Bericht über den Intern. Kongreß f. Bergbau usw. 1910, Düsseldorf; Zäringer: Das Gefrierverfahren usw.

wiederholt.<sup>1)</sup> Wegen der hiermit verbundenen Umständlichkeiten hat man freilich bisher sich noch nicht zur Ausführung dieser Vorschläge entschließen können, sondern hat in allen Fällen von vornherein in einem Absatze das wassertragende Gebirge zu erreichen gesucht.

Für einen anderen Fall, nämlich den, daß man sich erst nachträglich zum Weiterabteufen mittels des Gefrierverfahrens entschließen mußte,

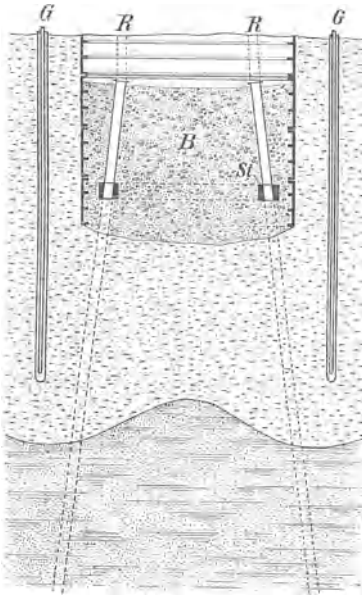


Fig. 293. Absatzweises Gefrieren nach Gebhardt & König.

Durchmesser zurückkehren konnte. Es gelang sogar, beim Aufbauen der Tübbings die untere Kùvelage mit dem vollen Durchmesser an die obere anzuschließen, da die Frostmauer für die kurze Zeit, die man zum Erweitern des Schachtes an der engen Stelle und zum Aufbau und Anschluß der Tübbings an die obere Tübbingsäule brauchte, eine genügende Widerstandsfähigkeit auch nach der Außerbetriebsetzung und dem Abhauen der unteren Gefrierrohre beibehielt.

#### 126. — Absatzweise Einwirkung des Kälteträgers auf das Gebirge.

Wenn man den oberen Teil des Schachtes möglichst schnell zum Gefrieren bringen will, so kann man dies dadurch erreichen, daß man die Fallrohre nicht bis in das Tiefste der Gefrierrohre, sondern nur bis etwa zur Hälfte einhängt. Die jeweilig unter dem Einfallrohre in dem Gefrierrohre stehende Lauge nimmt an dem Kreislauf nicht teil, so daß sich die Kältezufuhr im wesentlichen auf diejenige Teufe beschränkt, bis zu der die Einfallrohre reichen. Von diesem Verfahren hat man mit gutem Erfolge auf dem Kalischachte Schieferkaute bei Gödringen Gebrauch gemacht.

<sup>1)</sup> Zu vgl. die Deutschen Reichspatente 148614 und 155384.

hat die Firma Gebhardt & König auf dem Schachte I der Zeche Balduur bei Dorsten mit Erfolg das in Fig. 293 dargestellte Verfahren zur Anwendung gebracht. Sie brachte einen Betonpfropfen *B* in den Schacht und verlagerte darin einen eisernen Ringkörper *St*, in welchem Löcher für die Bohrungen des zweiten Gefrierabsatzes vorgesehen waren. Die Löcher und ebenso die nach oben daran anschließenden Standrohre verliefen nicht genau senkrecht, sondern gingen nach unten etwas schräg auseinander. Für das Abbohren der Gefrierbohrlöcher des zweiten Absatzes wurden die Standrohre nach oben durch die Rohre *R* bis über den Grundwasserspiegel verlängert.

Infolge des schrägen Ansatzes verließen die neuen Gefrierbohrlöcher bald die Schachtscheibe, so daß man beim Abteufen nach einer zeitweiligen Verminderung des Schachtdurchmessers allmählich wieder auf den alten

Da es öfter darauf ankommen wird, gerade das Schachttiefste durch die stärkste Frostwirkung zu sichern, so hat man auch von dem umgekehrten Verfahren Gebrauch gemacht und die Kältewirkung auf den untersten Teil der Gefrierrohre vermehrt. Dies erreicht man dadurch, daß man den oberen Flüssigkeitspiegel im Gefrierrohre durch einen Stopfen (Fig. 294a) oder durch Preßluft, die mittels des durch einen Verschuß eingeführten Röhrchens *P* (Fig. 294b) eingeleitet wird, niederdrückt. Im Falle der Fig. 294a kann das Gefrierrohr im oberen Teile durch eine Wärmeschutzmasse ausgefüllt werden.

Das letztere Verfahren hat man öfter bei den in der Schachtmitte niedergebrachten Bohrlöchern mit der Absicht angewandt, nur das Tiefste des Schachtes bis zur Mitte durchfrieren zu lassen und gegen Wasserdurchbrüche von unten zu sichern, während man im oberen Teile des Schachtes auf die Erhaltung des weichen Kernes zur Erleichterung des Schachtabteufens Wert legte. Das Verfahren nach Fig. 294b ist auf dem Schachte des Kaliwerkes Niedersachsen bei Wathlingen (Hannover) für alle Gefrierbohrlöcher zeitweise durchgeführt worden, um eine tunlichst hohe Kälte im Schachttiefsten zur Wirkung kommen zu lassen.

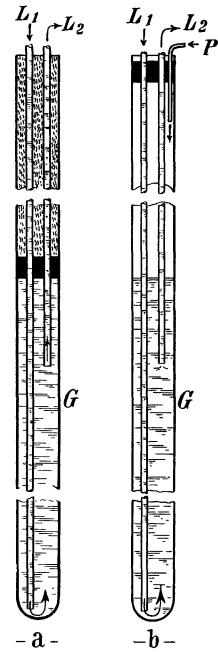


Fig. 294. Tiefhaltung des Flüssigkeitspiegels in Gefrierrohren.

### *Leistungen und Kosten.*

**127. — Leistungen.** Zur Veranschlagung der Leistungen, die mit dem Gefrierverfahren erzielbar sind, teilt man die gesamte Abteufzeit zweckmäßig in

- a) die Zeit für Herstellung und Ausrüstung der Bohrlöcher,
- b) die Zeit des Gefrierens bis zum Beginn des Abteufens,
- c) die Zeit des Abteufens und des Ausbaues.

Wenn das Abteufen beschleunigt werden soll, so pflegt man für die Herstellung der Bohrlöcher drei Bohrvorrichtungen gleichzeitig in Betrieb zu nehmen. Treten keine besonderen Schwierigkeiten auf, so kann man wohl annehmen, daß bei Tiefen von etwa 150 m jede Bohrvorrichtung durchschnittlich täglich 15—20 m Bohrloch leistet, so daß für 5000 m Bohrloch, die ein Schacht mit 6 m lichtigem Durchmesser bei 150 m Teufe etwa nötig hat, 100 Arbeitstage erforderlich werden. Da nun noch die Zeit für das Besetzen der Löcher mit den Gefrierrohren, das Ziehen der Futterrohre, das Einlassen der Fallrohre und die Herstellung der Verbindungen mit dem Sammel- und dem Verteilungsring hinzukommt, wird man insgesamt hierfür bei einem Schachte von 150 m Teufe 4—5 Monate rechnen können.



Soll der Schacht 300 m tief werden, so verläuft zwar das eigentliche Bohren verhältnismäßig schneller, weil weniger Pausen eintreten. Bei den 400 m tiefen Lohbergsschächten hat man sogar einen Tagesdurchschnitt von 40 m für jede Bohrvorrichtung erreicht. Da aber für einen derartig tiefen Schacht der Gefrierrohrkreis größer genommen werden muß, auch wegen des seitlichen Verlaufs der Bohrlöcher mehr Ersatzlöcher notwendig werden, wird man die Zeit für die Herstellung und Ausrüstung der Bohrlöcher immerhin auf 8—9 Monate annehmen können. In günstigem, weichem Gebirge mag man noch etwas darunter bleiben; in hartem oder sonst ungünstigem Gebirge wird man aber auch noch höher kommen.

Die Zeit des Gefrierens bis zum Beginn der Abteufarbeiten wird bei einem 150 m tiefen Schachte mindestens 2 und bei einem 300 m tiefen Schachte mindestens  $2\frac{1}{2}$ —3 Monate betragen.

Die reinen Abteufleistungen im Frostzylinder sind mit der Zeit sehr gestiegen. Insbesondere liegt dies daran, daß man allmählich zu immer umfangreicherer Verwendung der Sprengarbeit übergegangen ist. Auf Brassert II bei Marl hat man sogar in  $5\frac{1}{2}$  Monaten 175 m abgeteuft und gleichzeitig mit Unterhängetübbings ausgebaut. Wenn diese Leistung auch das übliche Maß überschreitet, so kann man bei glücklichem und störungsfreiem Verlaufe der Arbeiten doch rechnen, daß 150 m Schachtteufe in 6—7 Monaten und 300 m Schachtteufe in 11—13 Monaten niedergebracht und ausgebaut werden können.

Stellt man die angegebenen Zahlen zusammen, so erhält man für alle Arbeiten insgesamt monatliche Leistungen von 9—11 m. Diese Leistungen sind freilich für die große Mehrzahl der älteren Schächte nicht erreicht worden, für die man vielleicht 6—8 m als Durchschnitt annehmen kann. Andererseits hat man aber auch auf dem genannten Schachte Brassert II eine durchschnittliche Monatsleistung von 13 m erzielt. Stegemann veranschlagt<sup>1)</sup> für das tertiäre Deckgebirge der niederrheinischen Bucht, das allerdings für das Gefrierverfahren besonders günstig ist, die Leistungen im Höchsthalle auf 11,7—13,1 m, rechnet aber für den Kalibergbau, für welchen die Gebirgsverhältnisse ungünstiger liegen, mit wesentlich niedrigeren Zahlen.

**128. — Kosten.**<sup>1)</sup> Die Gesamtabteufkosten je 1 m Schacht können unter der Voraussetzung günstiger Gebirgsverhältnisse bei einem lichten Schachtdurchmesser von 5—6 m geschätzt werden auf:

3500—4000 M	bei Schachtteufen bis etwa	100 m
4000—6000	„ „	200 „
5800—7000	„ „	300 „
7000—9000	„ „	400 „

<sup>1)</sup> Glückauf 1912, Nr. 11, S. 417 u. f.; Stegemann: Leistungen und Kosten beim Schachtabteufen nach dem Gefrierverfahren.

Die Kosten steigen mit den wachsenden Teufen so erheblich, weil der Gefrierrohrkreis größer gewählt, ein umfangreicherer Frostkörper hergestellt und der Frost längere Zeit unterhalten werden muß, ferner weil die eigentlichen Abteufkosten steigen und die Kosten für die Kùvelage ganz erheblich wachsen und schließlich namentlich auch deshalb, weil die Abteuffirmen verhältnismäßig höhere Preise fordern müssen, da für sie wegen der größeren Gefahr des Mißlingens ein größerer Gewinn im Einzelfalle sich ergeben muß. Für den Kalibergbau mit seinen ungünstigeren Deckgebirgsverhältnissen werden die obigen Zahlen noch erhöht werden müssen.

Für Teufen bis 100 m gliedern sich die Kosten etwa wie folgt:

Für Herstellung der Bohrlöcher . . . . .	900 M
„ Aufwand beim Gefrieren . . . . .	1100 „
„ Schachtabteufkosten . . . . .	550 „
„ Ausbau . . . . .	1200 „
	<hr/>
Insgesamt:	3750 M.

## VI. Die Versteinung (Zementierung) des Gebirges.

**129. — Einleitende Bemerkungen.** Unter der Bezeichnung „Versteinungs- oder Zementierverfahren“ faßt man mehrere Arbeiten zusammen, die zwar in Art und Ausführung einander ähnlich sind, aber doch einen wesentlich verschiedenen Endzweck verfolgen.

Bei der einen Gruppe von Arbeiten handelt es sich nicht einmal unmittelbar um das eigentliche Schachtabteufen, sondern um die Sicherung bereits abgeteufter Schächte, die unter Wasserschwierigkeiten leiden, sei es, daß die Wasser durch die undichte Schachtwandung selbst hindurchtreten, sei es, daß sie, wie es namentlich bei Senk- und Kind-Chaudronschen Bohrschächten öfter vorkommt, unter dem Fuße der Schachtauskleidung auf oder nahe über der Schachtsohle ausbrechen. In dem einen Falle wird durch die Einführung flüssigen Zementbreies hinter die durchlässige Schachtwandung diese gedichtet, in dem anderen Falle wird durch wasserdichte Verfüllung des Raumes zwischen Schachtwandung und Gebirgstoß der Wasserabschluß nach unten hin bewirkt. In beiden Fällen wird außerdem das den Schacht umgebende Gebirge durch Schließung seiner Hohlräume und Klüfte mit Zement verfestigt.

Bei der zweiten Gruppe von Arbeiten erfolgt vor dem Abteufen des Schachtes oder auch während desselben eine Zementierung des Gebirges, d. h. eine künstliche Durchtränkung desselben mit Zement zu dem Zwecke, es zu versteinen und wasserundurchlässig zu machen, um so die Möglichkeit zu gewinnen, den Schacht trocken niederzubringen. Die Zementierung geht von eigens gestoßenen Bohrlöchern aus vor sich, die das wasserführende Gebirge gleichsam aufschließen und für die Einwirkung der Zementmilch zugänglich machen.

Wenn im folgenden Abschnitt beide Gruppen von Arbeiten besprochen werden sollen, so geschieht dies, weil sie nach der geschichtlichen Entwicklung, der Verwandtschaft ihres Wesens und der tatsächlichen Ausführung nicht gut voneinander zu trennen sind.

### A. Die Sicherung bereits abgeteufter Schächte durch Versteinung.

**130. — Geschichtliches.** Das Verfahren, Schachtwandungen aus Mauerung, Beton, Holz oder Gußeisen, die allmählich wasserdurchlässig geworden sind, durch Einpressen eines flüssigen Zementbreies hinter die Wandung wieder dicht zu machen und das Gebirge selbst zu befestigen, ist sehr alt und an vielen Stellen gelegentlich ausgeführt worden. Die erste derartige Anwendung festzustellen, dürfte unmöglich sein. Z. B. sind schon i. J. 1864 auf Schacht Rheinpreußen I bei Homberg Risse in der Schachtmauerung bei etwa 70 m Teufe dadurch wieder dicht gemacht worden, daß man mittels einer kleinen Pumpe, die einen Druck bis zu 14 Atm. erzeugen konnte, Zementbrei hinter die Mauer preßte.<sup>1)</sup> Ferner hat man schon vor dem Jahre 1873 nasse Tunnelgewölbe durch Hinterpumpen von Zementbrei gedichtet, ein Verfahren, von dem man noch des öfteren im Tunnelbau Gebrauch machte.<sup>2)</sup> Allgemeine Aufmerksamkeit erregte das Verfahren, als i. J. 1899 mittels desselben es dem französischen Ingenieur Portier gelang, einen alten, in Holzküvelage stehenden Schacht zu Courrières, der mit starken Wasserzuflüssen zu kämpfen hatte, mit vollem Erfolge abzudichten. Das Verfahren wurde bald danach zu gleichem Zwecke noch sehr häufig in Nordfrankreich und in Belgien angewandt.

Für die Abdichtung der Küvelage in neuen Schächten, wo in großer Teufe und gegenüber hohen Wasserdrücken die Dichtung der Tübbings auf gewöhnliche Weise durch Bleieinlagen, Verschraubung und Betonierung bisweilen ganz besondere Schwierigkeiten macht, ist das Zementierungsverfahren i. J. 1901 wohl zum ersten Male auf dem Kalischachte Wintershall bei Heringen angewandt worden, wo es in allen Stücken zum Ziele führte.<sup>3)</sup>

**131. — Ausführung der Zementtränkung bei undichten Schachtwandungen.**<sup>4)</sup> Für das Zementieren einer durchlässigen Schachtauskleidung wird diese angebohrt, wobei man das Bohrloch zweckmäßig bis in das Gebirge selbst vertieft, um die wasserführenden Klüfte unmittelbar aufzuschließen. Die Bohrung muß sodann durch ein mit einem Hahn versehenes Anschlußrohr wieder verschlossen werden. Die Firma Franz Schlüter zu Dortmund schiebt zu diesem Zwecke die von Trippe für das Kohlentränkverfahren angegebene Bohrlochabdichtung, die im 3. Abschnitt des I. Bandes beschrieben ist, in das Loch ein, wenn sie nicht vorher besondere Rohre gleich in die Schachtwandung einzementiert hat (s. Ziff. 115, S. 124). Bei Tübbings wird das Anschlußrohr eingeschraubt.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1869, S. 395 u. 396; Wagner: Die zweite Betriebsperiode der Schachtbohrarbeiten usw.

<sup>2)</sup> Handbuch der Ingenieurwissenschaften 1880, I. Band, S. 1044 u. 1045; Mackensen & Richard: Tunnelbau.

<sup>3)</sup> Intern. Zentralblatt für Baukeramik 1908, Berlin-Wien, S. 2359; L. Rosenstein: Über die Verwendung des Zementes bei Schachtanlagen.

<sup>4)</sup> Vgl. auch oben S. 92 u. f. „Betonausbau“.

Die Fig. 295 zeigt die Zementierung einer hölzernen Kùvelage. An das Anschlußrohr mit dem Hahn *h* wird ein biegsamer Schlauch *s* angeschraubt, dessen anderes Ende an ein im Schachte niedergeführtes Zementspùlrohr *r* anschlieÙt. Die Zementmilch wird über Tage in einem MischgefäÙe *m* durch Anrùhren bereitet und flieÙt von hier unter dem natürlichen Gefälle dem Spùlrohre zu. *w* ist die Frischwasserleitung, die je nach der Hahnstellung sowohl das MischgefäÙ speist als auch mit dem Spùlrohre in Verbindung steht.

Man beginnt beim Zementieren an dem unteren Teile der Schachtauskleidung und läÙt durch jede Bohrung so viel Zementtrùbe als möglich einflieÙen. Stockt der AbflüÙ, so fährt man an anderer Stelle der Schachtwand mit der Arbeit fort, nachdem vorher das Rohr durch eine Spùlung mit frischem Wasser gereinigt ist. Gewöhnlich spùlt man gleichzeitig an zwei gegenüberliegenden Stellen des Schachtes. Wie oft man diese anbohrt und das Einspùlen wiederholt, hängt von dem Zustande des Schachtes, der Wasserdurchlässigkeit der Wandung und dem Erfolge der vorhergehenden Spùlungen ab.

Man kann den Druck der Flüssigkeitsäule im Spùlrohre noch durch Einschalten einer Pumpe dicht hinter dem MischgefäÙ erhöhen. Im übrigen ist wegen des Spùldruckes das unter Ziffer 137 Gesagte zu vergleichen.

Falls die örtlichen Verhältnisse dazu zwingen, kann man das MischgefäÙ auch im Schachte selbst aufstellen und die hier bereitete Zementtrùbe durch eine Pumpe hinter die Schachtwandung drücken. Besser ist aber die Ausnutzung des natürlichen Druckes, da dann bei Herstellung und Lösung der Anschlüsse weniger die Gefahr von Rückströmungen, die den ruhigen Absatz des Zementes und das Abbinden hindern, eintritt.

### 132. — Wasserabschluß am FuÙe von Senk- und Bohrschächten.

Es ist oft mit besonderen Schwierigkeiten verknüpft, den FuÙ von Senkschächten und Kind-Chaudronschen Bohrschächten wasserdicht abzuschließen. Bei Senkschächten kann dies daran liegen, daß der Schneidschuh nicht genügend tief in wassertragendes Gebirge eingedrungen ist. Bei

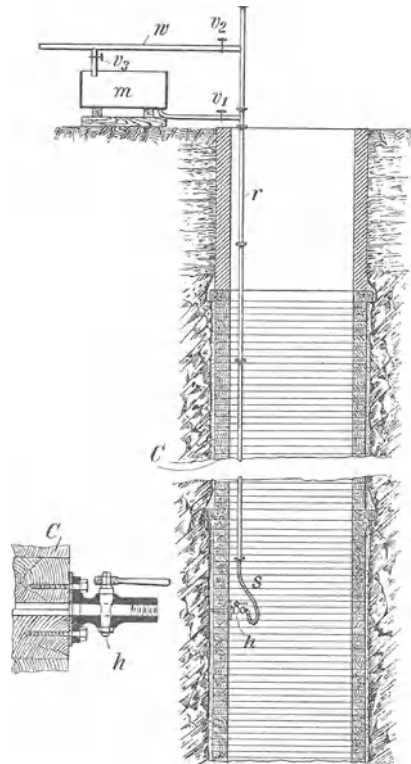


Fig. 295. Zementierung einer undichten Schachtwandung nach Portier.

Bohrschächten kann Nachfall oder der im Schachte befindliche Schlamm, dessen völlige Beseitigung nahezu eine Unmöglichkeit ist, die Moosbüchse umlagern und den Wasserabschluß verhindern.

In solchen Fällen war man unter ungünstigen Umständen gezwungen, bei Senkschächten einen zweiten Senkzylinder einzubauen und bei Bohrschächten innerhalb der Küvelage mit einem verminderten Durchmesser tiefer zu bohren, um eine zweite, engere Küvelage und eine zweite Moosbüchse einbringen zu können. Dies war jedesmal mit einer oft sehr unliebsamen Verengung des nutzbaren Schachtdurchmessers, mit erheblichen Kosten und Zeitverlust verbunden. Hier hat sich das Zementtränkungsverfahren ebenfalls als Retter in der Not bewährt.

Bei Senkschächten muß vor der Zement Einführung die Sohle gegen Wasserdurchbrüche durch Einbringen eines 4—6 m hohen Betonklotzes gesichert werden. Ist das geschehen, so wird der Schacht gesümpft und die Zementierung der Schachtwandung in der gleichen Weise durchgeführt, wie es oben für die Dichtung von durchlässigen Küvelagen beschrieben wurde. Beim späteren Durchteufen des Betonklotzes wird nach jedem Bloßlegen eines Tübbingsringes das Anbohren der Küvelage und das Hinterpressen von Zement fortgesetzt, bis die Sohle des Schachtes erreicht ist.

Das Verfahren ist z. B. auf dem Schachte Bismarckshall bei Samswegen (Prov. Sachsen) und dem Schachte der Adlerkaliwerke bei Oberröblingen mit Erfolg angewandt worden.

Bei Bohrschächten, aus denen der Gleichgewichtsboden noch nicht entfernt ist, kann unmittelbar mit dem Anbohren der Küvelage und nach Entfernung des Schlammes mit dem Einpressen des Zements begonnen werden, sobald bei dem allmählichen Ausbau des Gleichgewichtsrohres festgestellt ist, daß der Abschluß der Wasser durch die Moosbüchse nicht gelungen ist.

Als Beispiel seien zunächst die Wasserabschlußarbeiten auf dem Schachte Großherzog von Sachsen bei Dietlas genannt. Hier waren am Küvelagefuße so erhebliche Wassermengen durchgebrochen, daß man sie mit den vorhandenen Wasserhaltungseinrichtungen nicht dauernd hätte bewältigen können und man den Schacht bereits verloren gab. Durch die in der Tübbingswand hergestellten Bohrungen zapfte man zunächst große Mengen Schlamm ab, welche so lange die ordnungsmäßige Betonierung der Küvelage verhindert hatten und führte dann 69 t Portlandzement ein.<sup>1)</sup> Der Wasserabschluß glückte so völlig. Ähnlich verfuhr man auf den Schächten Friedrich Franz bei Lübtheen in Mecklenburg und Hildesia bei Hildesheim, bei denen ebenfalls der Wasserabschluß durch die Moosbüchse nicht gelungen war, nur daß hier wegen des Salzgebirges Magnesiazement (s. S. 81) zur Anwendung kam, der mittels Handpumpen hinter die Küvelage gepreßt wurde.

---

<sup>1)</sup> Festschrift zum X. Allgem. Deutschen Bergmannstag 1907; Löwe: Die bergmännische Gewinnung der Kalisalze.

## B. Die Versteinerung beim Schachtabteufen.

133. — **Geschichtliches.** Dr. Tietjens zu Staßfurt hat bereits in seinem Patente 36085 v. J. 1885 vorgeschlagen, die Wasserzuflüsse beim Schachtabteufen durch Zuschlämmen der Spalten mit erhärtenden Salzen, welche mittels versenkter Röhren eingespült werden, abzusperrn,

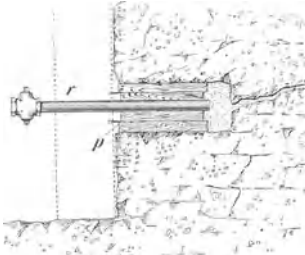


Fig. 296. Zementierung aufgeschlossener, wasserführender Klüfte nach Wiede.

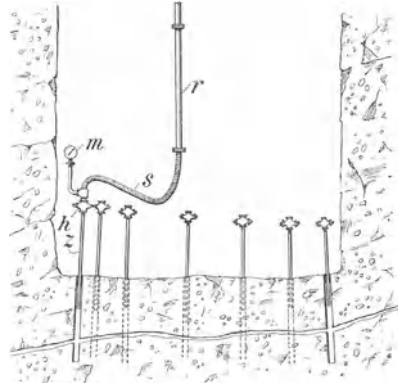


Fig. 297. Zementierung nicht aufgeschlossener, wasserführender Klüfte nach Wiede.

und gibt in der Patentschrift an, daß dies Verfahren besser als das Verschlämmen der Spalten mit Mörtel und Zement sei.

Nachweislich zum ersten Male unmittelbar für das Schachtabteufen benutzt ist das Verfahren wohl von dem Bergwerksdirektor A. Wiede zu Zwickau, der davon beim Abteufen des Pöhlauer Schachtes im Königreich Sachsen i. J. 1900 und 1901 Gebrauch machte.<sup>1)</sup> Da dem Schachte bei etwa 60 m Teufe durch mehrere Klüfte in dem aus Konglomerat bestehenden Gebirge Wasser zuflossen, die die Pumpen nicht mehr zu bewältigen vermochten, versuchte Wiede, durch Einführung eines dünnflüssigen Zementbreies unter Druck in die Wasseradern des Gebirges in diesen das Wasser zurückzudrängen und eine Versteinerung der wasserführenden Klüfte zu erzielen. Zu diesem Zwecke wurden die Wassereintrittsstellen durch Schrämen erweitert und vertieft. Alsdann wurde der Schram durch Holzklötze und Keile unter gleichzeitiger Einlegung von Rohrstücken

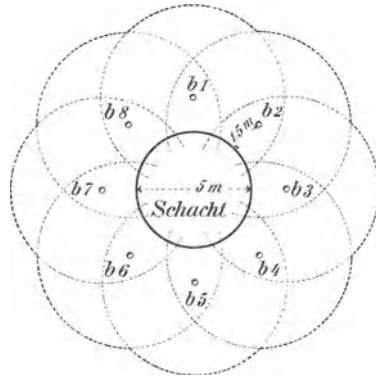


Fig. 298. Zementierung des Gebirges durch rings um den Schacht angeordnete Bohrlöcher.

<sup>1)</sup> Jahrbuch f. d. Berg- u. Hüttenwesen im Königr. Sachsen 1901, S. 66 u. f.; Wiede: Die Wasserabdämmung beim Abteufen des Pöhlauer Schachtes usw.

verschlossen, wie dies Fig. 296 darstellt. Mittels einer Handpumpe wurde Zementbrei eingepumpt, solange das Gebirge solchen aufnahm. Auf Grund des befriedigenden Erfolges änderte man für das weitere Abteufen das Verfahren dahin um, daß man nicht erst auf die völlige Bloßlegung der Wasseradern wartete, sondern auf der Schachtsohle regelmäßig vorbohrte. Sobald man mit diesen Vorbohrlöchern Wasser erschloß, trieb man in sie mit Hanf als Dichtung umwickelte Rohre  $z$  (Fig. 297) ein, die oben einen Hahn  $h$  besaßen und an die Zementleitung  $r$  mittels des Schlauches  $s$  angeschlossen werden konnten. Darauf ging das Einspülen der Zementtrübe vor sich, während noch eine schützende Gebirgsdecke zwischen der Schachtsohle und der Wasserkluft sich befand. Auch diese Arbeiten waren von Erfolg begleitet.

Unabhängig hiervon war i. J. 1900 auch der bereits genannte Ingenieur H. Portier auf den Gedanken gekommen, das von ihm für die Dichtung durchlässiger Küvelagen benutzte Verfahren (s. Ziffer 130) für das Schachtabteufen selbst anzuwenden und die wasserführenden Schichten vom Tage aus zu zementieren. Er schlug vor, ähnlich wie bei dem Gefrierverfahren eine Anzahl von Bohrlöchern rund um den Schacht bis zu den festen, wassertragenden Gebirgsschichten niederzubringen, wie dies Fig. 298 andeutet, nach welcher 8 Bohrungen  $b_1$ — $b_8$  um einen Schacht von 5 m Durchmesser angeordnet sind. Mittels der Löcher sollte durch Zement Einführung das ganze benachbarte Gebirge etwa in dem Umfange, wie dies die punktierten Linien der Fig. 298 darstellen, verfestigt und wasserundurchlässig gemacht werden. Nach Portiers Vorschlägen sind sodann tatsächlich mehrere Schächte niedergebracht worden, von denen der erste i. J. 1904 in Angriff genommen wurde.

### *Allgemeines.*

**134. — Wesen des Verfahrens und seine Anwendbarkeit in verschiedenem Gebirge.** Die Möglichkeit der Anwendung des Verfahrens für Schachtabteufzwecke beruht darin, daß die durch Bohrlöcher in das Gebirge gepreßte Zementmilch um so mehr ihre Strömungsgeschwindigkeit verlangsamt und den mitgeführten Zement ablagert, je weiter sie sich vom Bohrloche entfernt und sich in den Hohlräumen des Gebirges verliert. Nach einer gewissen Zeit binden diese Zementniederschläge ab, werden fest und verschließen so die Spalten, Klüfte, Risse und Hohlräume, die bisher dem Wasser einen Weg boten. In dem nunmehr trockenen Gebirge wird der Schacht abgeteuft. Auch wenn der Abschluß der Wasser nicht völlig gelingt, so ist schon jede Verringerung der Zuflüsse wertvoll.

Man hat die Meinung ausgesprochen, daß man bei Gelingen der Arbeit gänzlich der teuren Küvelage entraten könne. In der Tat ist dies in günstigem Gebirge möglich, wenn man auch nicht in jedem Falle die Küvelage wird entbehren wollen. Denn ganz abgesehen davon, daß die feinsten Klüfte und Gebirgsrisse nur unvollkommen vom Zemente erfüllt werden, bleibt immer noch das Bedenken, daß bei späteren Gebirgsbewegungen die zementierten Klüfte neu aufreißen und Wasser bringen können. Ohne Küvelage wäre man dann dem Wassereinbruche preisgegeben, während bei Vorhandensein einer Tübbingswand die Grube ge-

schützt ist und bei etwaigen Undichtigkeiten der Kùvelage eine neue Zementierung und Versteinung des Gebirges erfolgen kann.

Nicht jedes Gebirge ist für die Zementtrànkung geeignet. Am günstigsten liegen die Vorbedingungen für die Anwendbarkeit des Verfahrens, wenn es sich um klüftiges, im übrigen aber festes Gebirge handelt. In den von festem Gestein eingeschlossenen Hohlräumen verbreitet sich die Zementmilch leicht, indem sie frei weiter fließt, bis sich die Öffnungen allmählich durch den Zementabsatz schließen und das Ganze eine einheitliche, dichte Gebirgsmasse bildet. Auch bei groben, tonfreien Kiesen ist die Zementierung und Verfestigung des Gebirges möglich. In feinem Schwimmsande dagegen und in tonigen Schichten gelingt die Versteinung nicht, da der Zement wie durch ein Filter zurückgehalten wird und die Milch selbst in sehr dünnflüssigem Zustande und bei hohem Überdrucke nicht gleichmäßig in das Gebirge eindringt.

Anwesenheit von Ton und Schlamm gefährdet in jedem Falle den Erfolg des Verfahrens, weil der Zement in Gemisch mit Schlamm schlecht oder gar nicht abbindet und deshalb eine allgemeine Versteinung und Befestigung des Gebirges verhindert wird. Selbst der bei Herstellung der Zementierungs-Bohrlöcher im festen Gebirge erzeugte Bohrschlamm ist sehr schädlich und nach Möglichkeit ebenso wie anderer Schlamm vor der Zementierung durch Spùlung zu beseitigen.

**135. — Ausspùlen des Gebirges.** Die Spùlung kann dadurch geschehen, daß man größere Mengen reinen Wassers durch das Bohrloch in das Gebirge preßt und auf diese Weise den Schlamm in Bewegung setzt und zurückdràngt. Der Erfolg wird immerhin zweifelhaft bleiben, da ja der Schlamm nicht entfernt, sondern nur auf eine gewisse und vielleicht nicht einmal große Entfernung zurückbewegt wird. Besser ist es deshalb, den Schlamm in der Nähe des Bohrlochs gànzlich aus dem Gebirge zu entfernen, was durch Ansaugen und Auspumpen des Wassers aus dem Bohrloche oder, falls das Wasser unter Überdruck steht und in einen Schacht oder in Grubenräume ausspritzen kann, durch einfaches Strömenlassen geschieht. Mit dem Pumpen oder Fließenlassen des Wassers fährt man so lange fort, bis es völlig klar aus dem Bohrloche kommt. Am sichersten ist es, wenn man danach außerdem noch für einige Zeit die Spùlung umkehrt und reines Wasser in das Gebirge preßt, um die letzten Schlammreste aus der Nachbarschaft des Bohrlochs weiter in das Gebirge hineinzutragen.

**136. — Wahl des Zementes und des Mischungsverhältnisses.** Für das Verfahren benutzt man in der Regel gewöhnlichen Portlandzement (besonders beliebt ist die Marke Thuringia, s. S. 80), wobei auf feinste Mahlung des Kornes Rücksicht zu nehmen ist. Denn je feiner die Mahlung, um so leichter werden die Zementteilchen die Möglichkeit finden, in die engsten Spàltchen und Risse einzudringen.

Einen schnellbindenden Zement zu wàhlen, ist im allgemeinen nicht empfehlenswert, da beim Einspùlen unter Umständen längere Zeit vergeht, ehe die Aufnahmefähigkeit des Gebirges erschöpft ist. Solange aber die Zementmilch noch fließt, kommt der zum Teil im Gebirge bereits ab-



gelagerte Zement nicht zur Ruhe, so daß er nicht als geschlossene, feste Masse abbinden kann, sondern einen losen Schlamm bildet.

Die Zementmilch wird in verschiedenem Mischungsverhältnisse eingerührt, wobei man als Grenzen etwa 5—30 % Zementbeimischung zum Wasser ansehen kann. Enthält das Gebirge große und weite Hohlräume, so wählt man dicke Trüben mit hohem Zementgehalt. Je enger und verästelter die auszufüllenden Klüfte und Risse sind, um so leichtflüssiger stellt man die Zementmilch ein. Auch pflegt man zum Schlusse der Spülung, wenn bereits der Abfluß stockt, zu sehr leichtflüssigen, wenig Zement enthaltenden Mischungen überzugehen.

Trotz Wahl der feinsten Zementmahlung und der flüssigsten Milch findet die Zementierfähigkeit klüftigen Gebirge eine gewisse Grenze, da ganz feine Haarrisse, auf denen reines Wasser noch fließen kann, der Zementmischung den Eintritt verwehren. Die auf solchen engen Wegen etwa zusitzenden Wassermengen werden aber in jedem Falle nur gering sein.

**137. — Druck bei der Zementeinführung.** Der Druck, mit dem die Zementtrübe in das Gebirge gepreßt wird, braucht zum Beginne der Arbeit, solange die Trübe leicht aufgenommen wird, nur gering zu sein, muß aber in jedem Falle den im Gebirge vorhandenen Wasserdruck übersteigen. Je mehr der Widerstand durch Bildung von Zementniederschlägen im Gebirge wächst und je enger die auszufüllenden Hohlräume sind, desto höher wird zweckmäßig der angewandte Druck werden. Hierbei ist zu beachten, daß die Zementtrübe selbst ein höheres spezifisches Gewicht als Wasser besitzt. Geschieht also das Einspülen durch senkrechte Rohrleitungen von der Tagesoberfläche her, so wird schon das höhere spezifische Gewicht der Zementmilch einen gewissen Überdruck erzeugen. Genügt dieser Überdruck nicht, so kann man Pumpen anwenden. Man hat auf diese Weise Überdrücke bis zu 20, ja bis zu 80 Atm. zur Wirkung gebracht. Erst wenn das Gebirge gar keine Zementtrübe mehr aufnimmt, hört man mit dem Einpressen auf. Sofort danach werden die Rohrleitungen und die etwa vorhandene Pumpe durch Wasserspülung gereinigt, damit Ansätze in ihnen vermieden werden.

Im allgemeinen ist bei der Arbeit von Wichtigkeit, daß das Einspülen der Zementmilch in ununterbrochener Folge bis zur Beendigung vor sich geht, damit in Rohrleitung und Gebirge sich keine Stopfen bilden.

**138. — Zeitdauer des Erhärtens des Zementes und räumliche Ausdehnung der Versteinung.** In den engen Gebirgspalten erhärtet der Zement schnell. Gewöhnlich gibt man ihm nur 4—5 Tage Zeit zur Erhärtung, da nach dieser Zeit das Gebirge bereits dicht und wasserundurchlässig zu sein pflegt.

Über die Verbreitung des Zementes um das Bohrloch lassen sich naturgemäß bestimmte Angaben nicht machen, da hierbei die Natur des Gebirges und der Zusammenhang der Hohlräume entscheidend sind. Auf den Schächten der Grube Édouard-Agache hat man festgestellt,<sup>1)</sup> daß sich der Zement bis zu 50 m um den Schacht verbreitet hatte.

<sup>1)</sup> Ann. d. min., Paris 1908, Tome XIII; Saclier: Sur le creusement etc.

*Handhabung des Verfahrens beim Schachtabteufen.*

**139. — Einteilung.** Ein in den Einzelheiten feststehendes Schachtabteufverfahren mittels der Zementtränkung hat sich bisher noch nicht herausgebildet. Vielmehr weichen die an verschiedenen Orten durchgeführten Arbeiten mehr oder weniger voneinander ab. Die schon in der geschichtlichen Entwicklung erkennbaren Hauptunterschiede liegen darin, daß die Herstellung der Bohrlöcher und die Zementtränkung entweder

- a) von der Tagesoberfläche her oder
  - b) absatzweise von der Schachtsohle aus
- vorgenommen werden.

Das Verfahren, die Herstellung der erforderlichen Bohrlöcher und die Zementtränkung von der Tagesoberfläche aus vorzunehmen, hat insbesondere in Frankreich Aufnahme gefunden. In Deutschland ist man bisher fast allgemein absatzweise von der Schachtsohle aus vorgegangen.

**140. — Zementierung von der Tagesoberfläche her. Auskleidung und Fassung der Bohrlöcher.** Das Verfahren eignet sich besonders für den Fall, daß die wasserführenden Schichten nahe unter Tage liegen. Man setzt die Löcher in einem Kranze um den abzuteufenden Schacht an und hat dann den Vorteil, daß das Gebirge in einem größeren Umkreise, als dies bei der Arbeit von der Schachtsohle aus möglich ist, versteint wird. Die Zahl der Bohrlöcher kann wesentlich geringer als beim Gefrierverfahren sein. Man hat sich bisher mit etwa 6 bis 8 Löchern begnügt (s. Fig. 298, S. 267).

Die für die Zementierung zu benutzenden Bohrlöcher bleiben am besten, soweit das Gebirge es gestattet, unverkleidet. Ist Nachfall zu befürchten, so werden sie mit gelochten Rohren besetzt.

Das oberste Stück des Bohrlochs wird jedoch, damit die unter Druck gebrachte Zementflüssigkeit nicht nach oben hin durchbricht, fest verrohrt

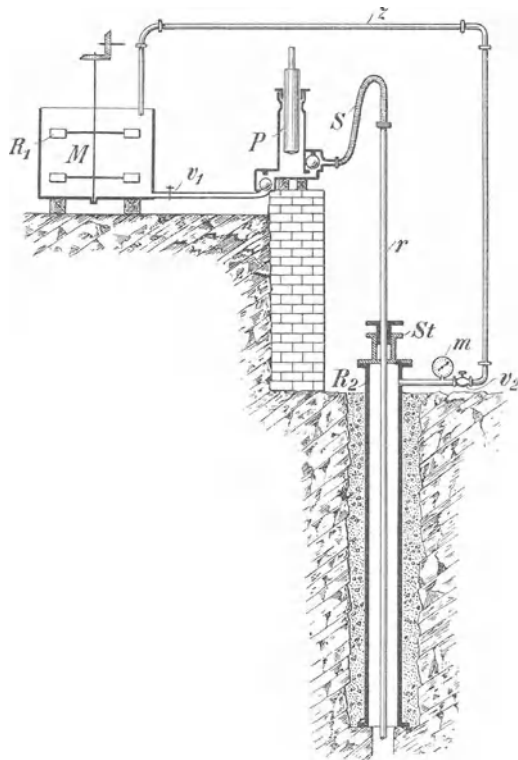


Fig. 299. Fassung der Bohrlöcher und sonstige Einrichtungen für das Zementierverfahren.

und gesichert. Zu diesem Zwecke wird das Kopfende des Futterrohres in der Regel auf eine gewisse Länge (etwa 6 m) fest in das Gebirge einzementiert, was durch Feststampfen geschehen kann, falls das Loch weit genug ist (Fig. 299), oder auch auf die in Ziff. 145 angegebene Weise.

**141. — Tränkung der Bohrlöcher.** Was die Behandlung des einzelnen Loches angeht, so pflegt man es gewöhnlich auf die volle Teufe abzubohren und danach als Ganzes zu tränken. Freilich werden die Löcher hierbei nicht allzu tief sein dürfen. Denn wenn die Zementmilch an vielen Stellen zugleich aus dem Bohrloche in das umgebende Gebirge übertreten kann, wird ihre Strömungsgeschwindigkeit allzu schnell verlangsamt, und die Folge ist, daß die Zementniederschläge nur in der unmittelbaren Nähe des Bohrlochs stattfinden. Um dies zu vermeiden, bringt man wohl die Löcher in einzelnen Absätzen (von z. B. je 8 m) nieder und tränkt jedesmal danach sofort das durchstoßene Gebirge.<sup>1)</sup> Es findet also ein fortschreitendes Zementieren des Gebirges von oben nach unten statt.

Das Einpressen des Zements kann in allen Löchern gleichzeitig oder nacheinander erfolgen. Es mag vorteilhafter erscheinen, die Arbeit gleichzeitig vorzunehmen, solange noch sämtliche Wasserklüfte offen stehen, damit die Zementmilch sich gleichmäßig weit nach allen Seiten hin um den Schacht verbreiten kann. Auf diese Weise wird verhindert, daß der Wirkungskreis des ersten zementierten Bohrloches denjenigen der Nachbarlöcher durch vorzeitiges Schließen der Verbindungskanäle schädigt. Andererseits erfordert das Verfahren der gleichzeitigen Zementierung mehrerer Löcher besondere Vorrichtungen<sup>2)</sup> und wird in seiner Wirkung unübersichtlich, da Stockungen der Arbeiten bei einem Bohrloche auch den Betrieb der anderen beeinträchtigen. In der Regel zieht man deshalb im Interesse der Einfachheit vor, ein Loch nach dem anderen zu zementieren. Die Aufnahmefähigkeit der einzelnen Löcher ist dabei außerordentlich verschieden.

**142. — Rückleitung der überschüssigen Zementtrübe.** Gewöhnlich pflegt man für ein Rückfließen der Zementtrübe, sobald das Gebirge die weitere Aufnahme versagt, nicht Sorge zu tragen, sondern die Flüssigkeit so lange in das Bohrloch einzupressen, als dieses sie aufnimmt, und damit aufzuhören, sobald kein Abfluß mehr besteht. In diesem Falle dient das Futterrohr, mit dem das Bohrloch gefaßt ist, gleichzeitig als Zuleitung für die Zementtrübe.

Man kann aber auch die Möglichkeit eines Rückflusses der überschüssigen Flüssigkeit vorsehen, indem man nach Fig. 299 ein besonderes Fallrohr  $r$  in das Futterrohr  $R_2$  einführt und an letzteres seitlich eine Abflußleitung  $z$  anschließt, die die Trübe z. T. wieder in das Mischgefäß  $M$  zurückführt.<sup>2)</sup> Diese Leitung kann durch den Hahn  $v_2$  mehr oder weniger abgesperrt werden. Solange das Gebirge noch gut aufnahmefähig ist, bleibt der Hahn verschlossen. Sobald der Abfluß nachläßt und der Druck ansteigt, öffnet man allmählich den Hahn, so daß die Trübe unter dem

<sup>1)</sup> Ann. d. min., Paris 1908, Tome XIII; Saclier: Sur le creusement etc.

<sup>2)</sup> Bull. d. l. soc. d. l'ind. min. 1908, IV. Livr.; Fagniez: Emploi de la cimentation etc.

eingestellten Höchstdrucke auch dann noch einige Zeit in dem Bohrloche umfließt, wenn schon das Gebirge nur noch sehr wenig oder nichts mehr aufnimmt. Dieses Verfahren ist zwar umständlicher, aber auch wirksamer.

**143. — Angaben über tatsächliche Ausführungen und Kosten.** Mittels des vorbeschriebenen Verfahrens sind in Frankreich mehrere Schächte niedergebracht worden. Die Zementierung erfolgte z. B. auf den Schächten der Grube Édouard-Agache<sup>1)</sup> bis 53 m Teufe, auf den Schächten der Gruben bei Béthune<sup>2)</sup> bis 95 m Teufe.

Die tatsächlichen Kosten haben nach Saclier<sup>1)</sup> für die beiden Schächte von 3,65 und 5 m lichtem Durchmesser der Grube Édouard-Agache, die bis 53 m im zementierten Gebirge niedergebracht und bis 80 m Teufe in Küvelage gesetzt wurden, etwa 1500 *M* je 1 m betragen, wovon rund 315 *M* auf die Zementierung (175 *M* Bohrungen, 50 *M* Einrichtungen, 90 *M* Zement) und 1185 *M* auf das Abteufen, die Küvelage und Sonstiges entfallen. Lombois<sup>3)</sup> veranschlagt die eigentlichen Zementierungskosten von der Tagesoberfläche aus für einen Schacht von 100 m Teufe auf etwa 500 *M* je 1 m.

**144. — Absatzweise Zementtränkung von der Schachtsohle aus. Allgemeines.** Diese Art der Zementierung wird stets dann angewandt werden, wenn die wasserführenden Schichten unter einem trockenen Deckgebirge von größerer Mächtigkeit lagern, so daß das Niederbringen der Bohrlöcher von Tage aus einen erheblichen und an sich unnützen Aufwand an Kosten und Zeit bedingt. Fälle solcher Art liegen z. B. vor, wenn man im Ruhrbezirke unter dem Emscher Mergel in den klüftigen und öfter wasserreichen weißen Mergel gelangt oder wenn man in Thüringen den gefürchteten Plattendolomit im Zechstein zu durchteufen hat. Auch wenn im festen Gebirge nur vereinzelte Klüfte ausnahmsweise und unregelmäßig als Wasserzubringer auftreten, wird man dem einfacheren und billigeren Verfahren der Zementtränkung von der Schachtsohle aus den Vorzug geben.

Die Herstellung der Bohrlöcher muß wegen der Gefahr des Einbruches der Wasser in den Schacht in jedem Falle unter Anwendung besonderer Vorsichtsmaßnahmen geschehen. Das einfache Wiedesche Verfahren (s. Ziff. 133 S. 267), daß man die Wasserklüfte ohne weiteres anbohrt und das Bohrloch erst danach durch das Zementeinführungsrohr selbst verschließt, würde bei bedeutenderen Wasserdrücken nicht mehr ausführbar und zu gefährlich sein. Nur wo man zur planmäßigen Zementierung noch nicht entschlossen ist, aber damit rechnet, daß man schon die eine oder andere wasserführende Kluft anbohren kann, wendet man ein ähnliches Vorgehen an, indem man auf der Sohle des Schachtes mehrere Holzpflocke oder auch eiserne Abschlußpfähle<sup>4)</sup> vorrätig hält,

<sup>1)</sup> S. Anm. 1 auf S. 272.

<sup>2)</sup> S. Anm. 2 auf S. 272.

<sup>3)</sup> Bull. d. l. soc. d. l'ind. min. 1908, 4. Série, S. 109; Lombois: Sur la cimentation etc.

<sup>4)</sup> Glückauf 1911, Nr. 21, S. 809 u. f.; Morsbach: Das Abteufen der Westfalenschächte bei Ahlen.

die man schnell mit Treibfäusteln in das wasserbringende Bohrloch ein-treiben kann. Die Verschlußpflocke besitzen seitlich angeschraubte Arme, damit sie von mehreren Leuten gehalten und gehandhabt werden können.

Vorsichtiger ist es, überall da, wo man Wasser erwartet, die sog. „Standrohre“ zur Anwendung zu bringen, die vor Erreichung der Wasserklüfte fest und sicher im Gebirge einzementiert werden (s. Ziff. 145). Die Rohre erhalten an ihrem Kopfe einen Verschluß, der einerseits die Fertigstellung des Zementierbohrloches nicht hindert, aber andererseits auch nach Anbohren der Wasser diese ohne Gefahr abzuschließen gestattet.

Den ersten Zementierabsatz sucht man möglichst noch im trockenen Gebirge anzusetzen. Ist bereits ein Wasserdurchbruch erfolgt, so bringt man einen Zementklotz auf die Schachtsohle, damit der Schacht wieder gesümpft werden kann. Alsdann werden in dem Klotze die Standrohr-löcher hergestellt. Um ganz sicher zu gehen, kann man auch mit untergehängten Tübbings arbeiten und einen falschen Boden anwenden, der die für das Abbohren des nächsten Kranzes von Zementierlöchern erforderlichen Durchbohrungen besitzt.<sup>1)</sup> In Deutschland hat man von diesem ziemlich umständlichen und teuren Verfahren allerdings noch nicht Gebrauch gemacht.

**145. — Die Standrohrlöcher und das Einzementieren der Standrohre.** Für die Standrohrlöcher genügt eine lichte Weite von 70—80 mm. Bei den ersten Anwendungen des Verfahrens glaubte man ihnen eine Tiefe von 6 m geben zu müssen; man ist aber jetzt in festem, gutartigem Gebirge bis auf 2—3 m zurückgegangen, ohne daß die Festigkeit der Verlagerung der Rohre zu Bedenken Anlaß gibt.

Die Herstellung der Standrohrlöcher kann mit Diamant-Drehbohrmaschinen erfolgen; meistens verwendet man jetzt Bohrhämmer, die erheblich billiger arbeiten. Sobald das Loch die beabsichtigte Teufe erreicht hat, wird es mit flüssigem Zement gefüllt und das unten mit einem Zementpfropfen verschlossene Standrohr eingeschoben. Man benutzt zum Einzementieren der Rohre entweder Magnesia-zement, der den Vorteil besitzt, daß er bereits in 4 Stunden erhärtet<sup>2)</sup>, oder einen schnellbindenden Portlandzement, der zwar etwa 14—16 Stunden zum Erhärten gebraucht, aber auch fester hält. Die Einrichtung der Standrohre ergibt sich aus den Figuren 300 und 301. Damit sie im Zement möglichst festsitzen, erhalten sie ringförmige Einfräsungen (Fig. 300) oder am Fuße eine konische Aufweitung (Fig. 301). Der Abschlußhahn am Kopfe ist in beiden Fällen mit  $h_2$  bezeichnet.

**146. — Die Zementierlöcher.** Nachdem die Standrohre befestigt und mit einem den zu erwartenden Wasserdruck übersteigenden Drucke abgepreßt sind,<sup>3)</sup> geht man an die Fertigstellung der Zementierlöcher. Ihr Durchmesser wird auf 28—45 mm, ihre Tiefe auf 8—12 m bemessen.

<sup>1)</sup> Ann. d. min. 1907, Paris, 10. Série, Tome 12, S. 493; Morin: L'emploi de la cimentation etc.

<sup>2)</sup> S. Anm. 4 auf S. 273.

<sup>3)</sup> Auf Zeche Emscher-Lippe bei Datteln unterwarf man bei etwa 500 m Schachttiefe die mit Portlandzement festgemachten Standrohre einem Probedrucke von 100 Atm.

Die Herstellung kann wie die der Standrohlöcher durch Diamant-Drehbohrmaschinen oder durch Bohrhämmer erfolgen.

Die Fig. 300 stellt eine Vorrichtung dar, wie sie von der Allgemeinen Tiefbohr- und Schachtbau-A.-G. zu Düsseldorf für die Arbeiten auf Zeche Viktoria bei Lünen benutzt wurde. Eine Drehbohrmaschine, die das Bohrrohr  $r$  in Umdrehung versetzt, greift bei  $B$  an. Die durch die Bolzen  $K$  miteinander verbundenen Klammern  $k_1$  und  $k_2$  stellen eine nachgiebige Verbindung zwischen dem Bohrrohr  $r$  und dem Standrohr  $R$  her und dienen dazu, beim Anbohren von Wasser, das unter starkem Drucke steht, ein allmähliches Abbremsen des sich herauschiebenden Bohrgestänges zu ermöglichen.

Die Fig. 301 zeigt die Verwendung von Bohrhämmern. Mit ihnen kann in mittelfestem Gestein ein Loch von 12 m Tiefe in etwa einer Stunde fertig gestellt werden. Man arbeitet mit Hohlbohrern und Luft- oder Wasserspülung. In der Fig. 301 ist letztere angedeutet.

Die Löcher werden senkrecht nach unten oder auch in schräger Richtung und gleichzeitig etwas auswärts gerichtet (Fig. 302) abgebohrt. Letzteres erscheint ratsamer, weil infolge der wechselnden Richtung der Löcher die Gefahr, daß Klüfte nicht getroffen werden, verringert wird. Der in Fig. 302 dargestellte Ansatz und Verlauf der Bohrlöcher kam bei den Zementierungsarbeiten der Zeche Viktoria bei Lünen zur Anwendung.

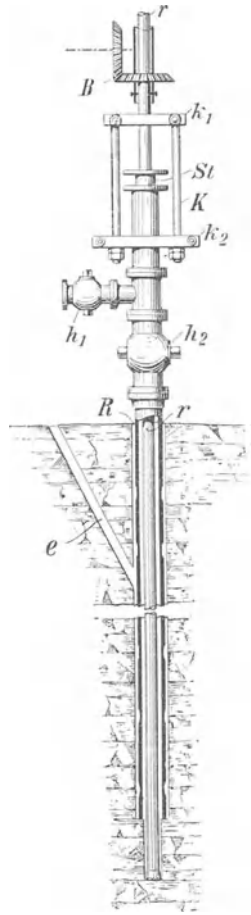


Fig. 300. Standrohr mit Drehbohrereinrichtung.

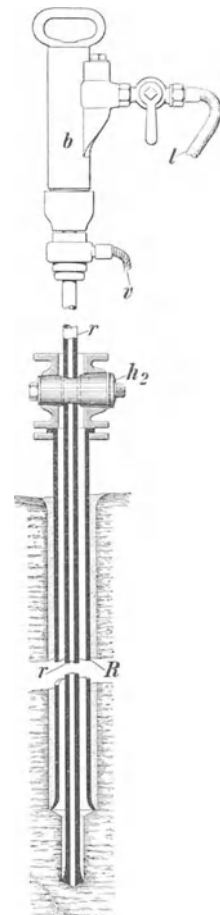


Fig. 301. Standrohr mit Bohrhämmer.

147. — Die Tränkung der Zementierlöcher. Das Zementieren kann von über Tage aus erfolgen, wie dies auf der linken Hälfte der Fig. 303 dargestellt ist. Die Zementtrübe wird durch einfaches Umrühren in dem Behälter  $b$  bereitet und mit Eimern in den

Trichter  $t$  übergefüllt. Sobald der Abfluß aus dem Trichter stockt, ist

das Loch gesättigt. Man schließt dann unten im Schachte den Hahn  $h_2$ , löst die Verbindung der Rohrleitung  $l$  mit dem Standrohr  $R$ , so daß die Trübe aus der Rohrleitung auslaufen kann, ehe ein Niederschlagen und Erhärten des Zementes eintritt. Zwecks Reinigung spült man sofort mit klarem Wasser nach. An Einfachheit ist dieses Verfahren kaum zu übertreffen.

Auf der Heinrichsgrube bei Nikolai (O.-S.) hat man allerdings dem Zementieren von der Schachtssole aus den Vorzug gegeben.<sup>1)</sup> Die Zementtrübe wurde im Schachttiefsten in einem 800 l haltenden Mischgefäß  $m$ , dessen Einrichtung Fig. 304 zeigt, hergestellt. Die Welle  $b$  mit den Rührarmen  $c$  wurde von Hand mittels des Vorgeleges  $d$ ,  $e$  und später durch einen kleinen Elektromotor in Umdrehung versetzt und auch in Bewegung gehalten, nachdem das Gefäß (s. rechte Seite der Fig. 303) einerseits an die Preßluftleitung  $l_1$  und andererseits an das Standrohr  $R$  angeschlossen war. Selbstverständlich muß hierbei der Preßluftdruck den Druck der Wassersäule im Gebirge übersteigen. Zu diesem Zwecke war auf der Heinrichsgrube am Schachte ein Hochdruckkompressor  $c$  aufgestellt, der die Luft aus der Preßluftanlage der Grube mit  $6\frac{1}{2}$  Atm. ansaugte

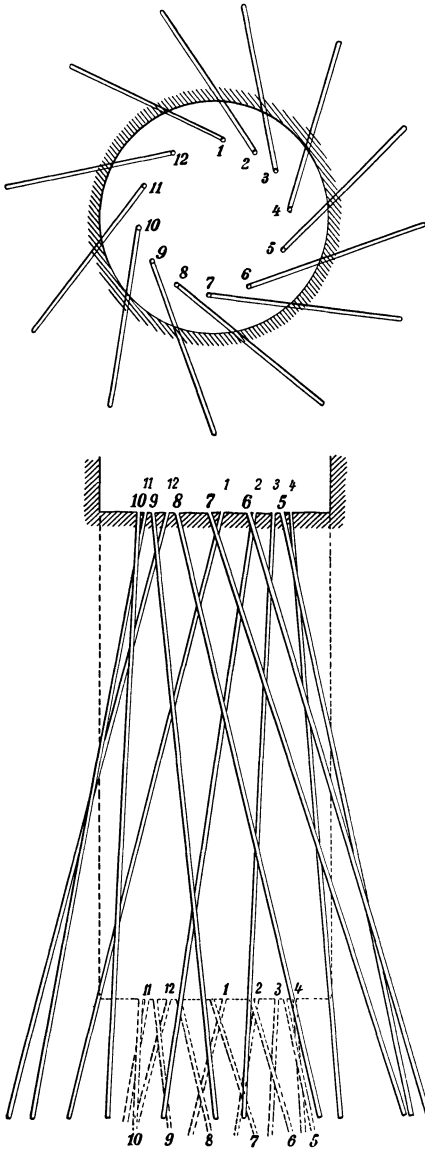


Fig. 302. Schräger Ansatz und Verlauf der Bohrlöcher für Zementierung des Gebirges bei Schachtabteufen.

der die Luft aus der Preßluftanlage der Grube mit  $6\frac{1}{2}$  Atm. ansaugte

<sup>1)</sup> Glückauf 1911, Nr. 32, S. 1245 u. f.; Ebeling: Neue Erfahrungen mit dem Zementierverfahren usw.

und sie auf 15—18 Atm. verdichtete. Die Einrichtung bot insbesondere den Vorteil, daß man den Druck, mit dem die Zementtrübe in das Gebirge überführt wurde, beliebig einstellen konnte.

Nachdem alle Löcher mit Zement gesättigt sind, gibt man diesem 4—5 Tage Zeit zum Abbinden. Sodann wird der Absatz in gewöhnlicher Weise abgeteuft und wenn möglich gleich ausgebaut. Etwa 4 m oberhalb der Teufe, die die Zementierlöcher erreicht haben, unterbricht man das Abteufen, um von neuem die Standrohrlöcher in dem noch fest zementierten Gebirge des ersten Absatzes anzusetzen (s. Fig. 302).

**148. — Angaben über tatsächliche Ausführungen und Kosten.** Mittels des absatzweisen Zementierverfahrens wurde auf dem Schachte Sachsen-Weimar bei Unterbreizbach (Thüringen) der Plattendolomit von 529—550 m Teufe zementiert, wobei die in ihm enthaltenen Wasser unter einem Drucke von 50 Atm. standen. Bei den ganz unregelmäßig durcheinander laufenden Klüften und Spalten dieser

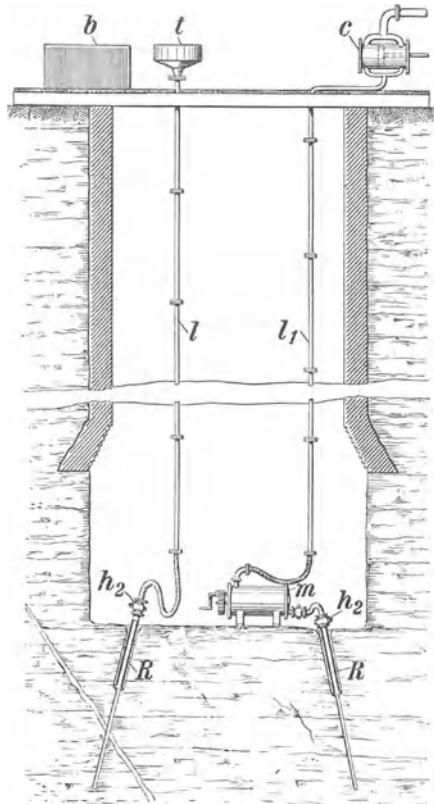


Fig. 303. Tränkung der Zementierlöcher von Tage und von der Schachtsohle aus.

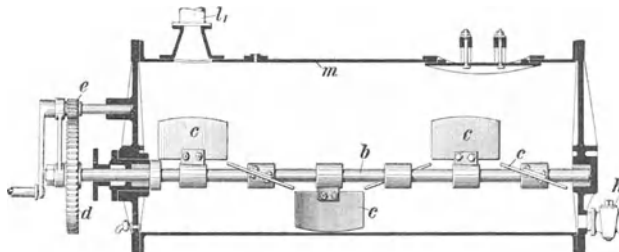


Fig. 304. Mischgefäß für Schachtzementierungen.

Schicht gelang freilich mit den 16 angesetzten, engen Bohrlöchern von nur 40 mm Weite die völlige Versteinung und der Wasserabschluß nicht. Immerhin gingen die Wasserzufüsse auf 3 cbm minutlich zurück, so daß es möglich wurde, den Schacht mit Hand durch den Plattendolomit abzuteufen.



Auf Zeche Viktoria bei Lünen teufte man nach dem Verfahren, wie es durch die beiden Figuren 300 u. 302 gekennzeichnet ist, von 342,75 bis 437,75 m, also insgesamt einen Schachtteil von 95,5 m mit vollem Erfolge in 194 Tagen ab, wobei die Gesamtkosten auf 3276 *M* je 1 m berechnet wurden.<sup>1)</sup>

Auf der Heinrichsglückgrube bei Nikolai (O.-S.) wurde etwa dasselbe Verfahren, wobei nur die Drehbohrmaschinen durch Bohrhämmer ersetzt waren, von rund 38—95 m Teufe ebenfalls mit gutem Erfolge angewandt. Die durch das Abteufen mit dem Zementierverfahren entstandenen Mehrkosten berechneten sich für 1 m auf nur 142 *M*.<sup>2)</sup>

Teurer wird das Zementieren, wenn man auf die umständlicheren Verfahren zurückgreift und unter Verwendung einer Kùvelage mit falschem Boden (s. Ziff. 144) vorgeht. Nach Morin<sup>3)</sup> hat in diesem Falle die Zementierung des Gebirges bis 98 m Teufe bei dem Schachte III der Kohlenbergwerksgesellschaft zu Liévin je 1 m etwa 720 *M* Kosten (ohne die Aufwendungen für Abteufen und Kùvelage) verursacht. Die Kosten, die das Gefrieren des Gebirges in diesem Falle veranlaßt haben würde, werden auf 1840 *M* je 1 m geschätzt.

Insgesamt läßt sich über Leistungen und Kosten nur sagen, daß das Verfahren bisher unter verschiedenen Umständen und örtlichen Verhältnissen mit mehr oder minder gutem Erfolge ausgeführt worden ist, daß es aber unmöglich scheint, allgemein gültige Angaben zu machen, die in einer auch nur annähernd gültigen Weise für alle Verhältnisse zuträfen.

## VII. Vergleichender Rückblick auf die Anwendbarkeit der verschiedenen, an Stelle des gewöhnlichen Abteufens verwendbaren Verfahren.

**149. — Überblick.** Bereits in Ziff. 2 dieses Abschnittes ist gesagt, daß das gewöhnliche Abteufverfahren stets in erster Linie in Betracht kommen wird und daß nur allzu starke Wasserzuflüsse dazu zwingen können, auf die sonstigen Verfahren zurückzugreifen. Von diesen ist das Abteufen mittels der Ansteckarbeit, möge sie mit hölzernen Pfählen oder mit eisernen Spundwänden durchgeführt werden, nur für wenig tiefe und verhältnismäßig enge Schächte geeignet, so daß es schon aus diesem Grunde einen allgemeinen Vergleich nicht zuläßt. Auch das Abteufen unter Verwendung von Preßluft beschränkt sich auf die obersten Teufen, weshalb ihm ebenfalls die Vergleichsfähigkeit im allgemeinen fehlt.

Was das Honigmannsche Schachtbohrverfahren betrifft, so ist es zweifellos auch für größere Teufen anwendbar, namentlich wenn es sich um enge Schächte handelt. Aller Voraussicht nach ist seine Entwicklung nicht abgeschlossen, so daß es in Zukunft wohl in größerem Umfange als

<sup>1)</sup> Berichte über den Intern. Kongreß f. Bergbau usw. 1910, Düsseldorf; Bruchhausen: Schachtabteufen nach dem Versteinungsverfahren.

<sup>2)</sup> Siehe Anm. 1 auf S. 276.

<sup>3)</sup> S. Anm. 1 auf S. 274.

bisher Anwendung finden wird. Leider ist aber über die mit ihm zu erzielenden Ergebnisse erst so wenig bekannt geworden, daß ein beurteilender Vergleich mit den übrigen Verfahren nicht durchgeführt werden kann.

Scheidet man so die vorgenannten Verfahren aus, so stehen als Ersatz des gewöhnlichen Abteufens für lockeres Gebirge das Senkschacht- und das Gefrierverfahren und für festes Gebirge das Abbohren nach Kind-Chaudron, das Gefrier- und das Versteinungsverfahren zur Verfügung.

Die hauptsächlichsten Gesichtspunkte für die Wahl des einen oder anderen Verfahrens sind, abgesehen von der Rücksicht auf das Gebirge, die Kosten, die Schnelligkeit des Abteufens oder die Leistungen, die Wahrscheinlichkeit des Gelingens und die Größe des erzielbaren Schachtdurchmessers.

Was die Kosten und die Leistungen betrifft, so mag darüber die folgende Zusammenstellung einen ungefähren Überblick geben:

Bei Teufen von m	Senkschachtverfahren		Abbohren nach Kind-Chaudron		Gefrierverfahren		Versteinungsverfahren
	Kosten je 1 m M	Monatliche Leistungen m	Kosten <sup>2)</sup> je 1 m M	Monatliche Leistungen m	Kosten je 1 m M	Monatliche Leistungen m	
0—50	3 500	3 (7) <sup>1)</sup>	5000	6	3750	10	Die Zementierungskosten betragen je 1 m Schacht 200—500 M, die Kivellagekosten je nach der Teufe und dem Durchmesser des Schachtes 1000—2000 M und die eigentlichen Abteufkosten etwa 1000 M. Die Leistungen sind bei gutem Gelingen der Arbeiten höher als für das Gefrierverfahren einzuschätzen.
50—100	7 500	2 (5)					
100—150	11 000	1,4 (4,5)	5500	6	5000		
150—200	Nicht mehr anwendbar						
200—300			6700	8000			
300—400			8500				

**150. — Vergleichende Einzelbesprechung.** Die vorstehende Zusammenstellung lehrt unmittelbar, daß das Senkschachtverfahren nur bis ungefähr 50 m Teufe dem Gefrierverfahren gleichwertig ist und daß sich für dieses schon bei 50—100 m eine zweifellose Überlegenheit herausstellt. Tatsächlich wachsen auch für den Senkschachtbetrieb mit Teufen über 50 m die Schwierigkeiten unverhältnismäßig schnell, und es wird immer ungewisser, ob und mit welchem Schachtdurchmesser man das in Aussicht genommene Ziel erreicht. Mit Recht hat man deshalb neuerdings das Senkschachtverfahren für solche Teufen kaum noch angewandt.

Das Bohrverfahren nach Kind-Chaudron bietet zunächst den Vorteil, daß man es für das Durchteufen einer einzelnen, besonders wasserreichen Schichtengruppe anwenden kann, wobei man bis zur Erreichung

<sup>1)</sup> Die in Klammern angegebenen Zahlen sind die vom Sammelwerke geschätzten Leistungen, die mit dem Pattberg'schen Stoßbohrverfahren (zu vgl. Ziff. 60, S. 198) erzielbar sind.

<sup>2)</sup> Falls Schachtteile von 100 m Höhe abgebohrt werden.

des wasserführenden Gebirges das billigere gewöhnliche Abteufen zu benutzen pflegt. Hierdurch wird die Gesamthöhe der Abteufkosten in günstigem Sinne beeinflusst. Auch wachsen Kosten und Schwierigkeiten mit zunehmender Teufe nicht erheblich. Dabei spricht für das Abbohren eine besonders große Wahrscheinlichkeit des Gelingens. Diese Vorteile werden, obwohl die Leistungen nicht gerade hoch sind, dem Verfahren immer eine besondere Bedeutung sichern. Diese Bedeutung wird sich noch steigern, sobald man sich entschließen wird, von der Verwendung ganzer Schachtringe abzusehen und zur Erzielung größerer Schachtdurchmesser zum Aufbau der Küvelage aus einzelnen Segmenten überzugehen.

Das Gefrierverfahren ist hinsichtlich der Leistungen sowohl dem Senkschacht- wie dem Schachtbohrverfahren erheblich überlegen. Auch hinsichtlich der Kosten wird es in den meisten Fällen sich günstiger stellen. Von der Art des Gebirges ist es nur in geringem Grade abhängig. Es ist ferner hervorzuheben, daß das Gefrierverfahren verhältnismäßig mit nur wenig Fehlschlägen zu rechnen gehabt und in den meisten Fällen zum Ziele geführt hat. Es steht in dieser Beziehung nur dem Schachtbohrverfahren nach. Ein besonderer Vorteil des Gefrierverfahrens ist aber weiter, daß der Schachtdurchmesser beliebig gewählt werden kann. Alle diese Vorteile haben ihm eine steigende Beliebtheit in den letzten Jahren verschafft. Freilich wachsen die Schwierigkeiten mit zunehmender Teufe schnell. Immerhin hat man bereits Teufen über 400 m erreicht, und es ist anzunehmen, daß man damit noch nicht an der Grenze des Möglichen steht.

Das Versteinungsverfahren schließlich hat den Vorzug, sehr vielseitig zu sein und die verschiedensten Anwendungsmöglichkeiten zu gestatten. Es versagt freilich dann völlig, wenn es sich um toniges, schlammiges Gebirge oder Schwimmsand handelt. Wo es anwendbar ist, besitzt es eine Reihe besonderer Vorzüge. Die zu treffenden Einrichtungen sind einfach, billig und schnell zu beschaffen. Auch verläuft das Verfahren selbst verhältnismäßig schnell, da nur wenige Tage zur Erhärtung des Zements in den Gebirgspalten notwendig sind. Abweichungen der Bohrlöcher aus ihrer Richtung sind unbedenklich; auch ist die Zahl der erforderlichen Bohrungen weit geringer als beim Gefrierverfahren. Als günstige Nebenwirkung stellt sich heraus, daß das Gebirge ebenso wie die Schachtwandung befestigt und gesichert werden. Ganz besonders dann wird das Verfahren mit Vorteil anwendbar sein, wenn es sich darum handelt, in festem, geschlossenem Gebirge einzelne wasserführende Klüfte zu schließen oder eine nicht allzu mächtige, wasserführende Schichten- gruppe zu überwinden. Gegenüber dem Bohrverfahren nach Kind-Chaudron besitzt in solchen Fällen das Versteinungsverfahren den Vorteil der Billigkeit, der höheren Leistung und der Möglichkeit, den vollen Schachtdurchmesser beizubehalten.

## Achter Abschnitt.

# Förderung.

---

1. — **Einleitung.** Die Lehre von der Förderung beschäftigt sich mit denjenigen Anlagen und Vorrichtungen, deren Zweck einerseits die Fortschaffung der gewonnenen Mineralien vom Gewinnungspunkt bis zur Übergabe an eine öffentliche Transporteinrichtung (Eisenbahn, Schiffe) oder an eine mit dem Bergwerk zusammenhängende Verwertungsanlage (Aufbereitung, Kokerei, Hütte u. dgl.) und andererseits die Hineinschaffung der für den Grubenbetrieb erforderlichen Stoffe wie Versatzberge, Grubenholz, Ziegel und Mörtel, Schienen, Rohre u. dgl. darstellt.

Aus dieser Begriffsbestimmung ergibt sich ohne weiteres eine Zerlegung des Abschnitts in zwei Hauptteile: die Förderung unter Tage oder Grubenförderung und die daran anschließende Förderung über Tage oder Tagesförderung. Die letztere soll hier jedoch, da sie gegenüber den Fördereinrichtungen für Fabriken, Hüttenwerke u. dgl. nur wenig Besonderheiten bietet, nicht als besonderer Abschnitt behandelt, sondern nur dort, wo das ihre Beziehungen zur Grubenförderung ergeben, erwähnt werden.

Wie für so manche anderen Abschnitte gilt auch für die Förderung, daß sie von ganz besonderer Bedeutung für den Steinkohlenbergbau ist. Die Größe der in ihm zu bewältigenden Fördermengen macht sehr umfangreiche Vorkehrungen erforderlich. Außerdem muß der unterirdische Betrieb, um die nötigen Fördermengen liefern zu können, ein weitverzweigter sein, so daß mit den Fördermengen auch die Förderwege groß werden. Es ergeben sich also bedeutende Förderleistungen, und kleine Ersparnisse, die im einzelnen durch Verbesserungen erzielt werden, machen bedeutende Gesamtbeträge aus, die hier um so mehr ins Gewicht fallen, als der verhältnismäßig geringe Wert des Fördergutes keine große Belastung zuläßt. Erschwerend tritt hierzu noch die Notwendigkeit, das Fördergut möglichst sanft zu behandeln, um einerseits eine zu starke Entwertung durch Zerkleinerung, andererseits eine lästige und gefährliche Staubeentwicklung zu verhüten.

2. — **Überblick über die Grubenförderung.** Die Einteilung der Grubenförderung im einzelnen ergibt sich zunächst aus ihrer verschiedenen Richtung, da die Fördereinrichtungen ganz verschiedenartige werden, je nachdem es sich um die Fortschaffung der Massen auf söhlicher oder annähernd söhlicher Bahn oder nach oben oder

unten in schräger oder seigerer Richtung handelt. Nahezu die gleiche Gruppierung erhält man, wenn man nach den Räumen, in denen die Förderung vor sich geht, die Abbau-, Strecken-, Bremsberg- und Schachtförderung unterscheidet.

Im folgenden soll zunächst die in söhlicher oder nahezu söhlicher Richtung bewirkte Förderung, sodann die unter stärkerem Neigungswinkel erfolgende Förderung in Bremsbergen und Abhauen und schließlich die seiger nach unten oder oben gehende Förderung in Brems-, Haspel- und Hauptförderschächten besprochen werden. Man erhält auf diese Weise eine Reihenfolge, die sich im großen und ganzen dem Wege des zu fördernden Minerals von der Gewinnungstelle bis zur Tagesoberfläche anschließt.

## I. Die Förderung auf söhlicher oder annähernd söhlicher Bahn.

**3. — Vorbemerkung.** Eine söhliche oder schwach geneigte Lage können die Förderwege zunächst im Abbau auf söhlichen oder unter geringem Winkel einfallenden Lagerstätten und sodann in Strecken aller Art (Grund- und Teilsohlen-, Abbau-, Hauptförder- und Richtstrecken, Diagonalen und Querschlägen) haben.

### A. Abbauförderung (bei flacher Lagerung).

**4. — Bedeutung der Abbauförderung.** Die Abbauförderung umfaßt die Förderung des gewonnenen Gutes vom Abbaustoß bis zur nächsten Förderstrecke. Sie hat mit der fortschreitenden Entwicklung der Technik in erster Linie beim Steinkohlenbergbau mit seinen schwierigen Lagerungsverhältnissen und großen Fördermengen zu besonderen Maßregeln geführt, wogegen im Braunkohlen- und Salzbergbau in der Regel mit den gewöhnlichen Förderwagen auf söhlicher Bahn aus dem Abbau selbst bzw. aus Stürzrollen gefördert werden kann und beim Erzbergbau, wenigstens in Deutschland, wegen der geringen zu bewältigenden Mengen durchweg einfache Vorkehrungen genügen.

Beim Steinkohlenbergbau verlangen wiederum nur diejenigen Flöze besondere Fördervorrichtungen, die so flach gelagert sind, daß die gewonnenen Massen nicht mehr auf dem Liegenden rutschen, also nicht schon durch die Schwerkraft der nächsten Förderstrecke zugeführt werden können.

#### a) Einfache Förderverfahren.

**5. — Tragen und Schleppen.** Die älteste und einfachste Art des Fortschaffens von Fördergut im Abbau ist die des Tragens durch Menschen in Körben, Säcken u. dgl. Sie wird in Ländern mit sehr niedrigen Löhnen oder wenig entwickeltem Bergbau, wie z. B. in den Schwefelgruben Siziliens, im südamerikanischen Erzbergbau, im Kohlenbergbau in China, auch noch zur Förderung in Strecken und Schächten benutzt.

Eine bequemere Art der Fortschaffung wird durch die schleppende Förderung ermöglicht, indem die zu fördernden Massen in Körbe oder Kasten gefüllt und diese auf Schlitten gesetzt und so über die Sohle gezogen werden. Ihre große Verbreitung bei uns in früherer Zeit wird durch die Ausdrücke „Schlepper“ und „schleppen“ bekundet. Heute hat dieses Förderverfahren für unseren Bergbau wie überhaupt für denjenigen aller in der Entwicklung etwas vorgeschrittenen Länder wegen des dabei nötigen großen Kraftaufwandes sehr an Bedeutung verloren. Außerhalb des Abbaues kommt es überhaupt nicht mehr in Frage.

Ein wesentlicher Fortschritt ergab sich mit dem Ersatz dieser gleitenden durch die rollende Förderung, bei der das Fördergefäß auf Räder gesetzt wird.

**6. — Karrenförderung.** Den Übergang von der tragenden zur rollenden Förderung vermittelt die Karrenförderung, bei der kleine Schiebekarren verwendet werden und so die Last zwar zum Teil von den Armen und den Schultern des Arbeiters getragen wird, zum größeren Teil aber auf dem Rade ruht. Derartige Karren wurden früher auch im Steinkohlenbergbau verwandt, wo sie etwa 100 kg Kohle fassten und durch Erhöhung des Kastens mit Hilfe von Aufsatzbrettern auf einen Fassungsraum für 150—170 kg gebracht werden konnten. Heute beschränkt ihre Anwendung im deutschen Bergbau sich im allgemeinen auf die Förderung im Erzbergbau und auf einigen Braunkohlengruben. Auf Erzgruben dienen Karren zur Förderung der verhältnismäßig kleinen Mengen, um die es sich hier handelt, vom Abbaustoß bis zur nächsten Stürzrolle. Ihr Fassungsraum beträgt 0,1 bis 0,2 cbm. Im Braunkohlenbergbau finden sie noch dort eine Stätte, wo man wegen nur vorübergehender Benutzung von Strecken die Kosten für die Einrichtung einer Schienenbahn mit Wagenförderung nicht aufwenden will. Namentlich ist das der Fall, wenn oberhalb der eigentlichen Fördersohle kleinere Flächen abzubauen sind, sei es, daß mächtigere Flözteile durch Etagenbau abgebaut werden sollen, oder daß einzelne Flözstücke infolge von Verwerfungen oberhalb der Sohle auftreten. In solchen Fällen wird mit Karren gefördert, die durch Stürzrollen oder Schurren in die Förderwagen, die in den Hauptstrecken fahren, entleert werden.

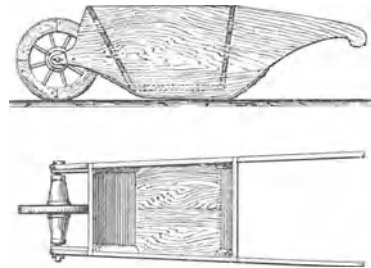


Fig. 305. Karre.

Ein Bild einer der am häufigsten benutzten Karren gibt Fig. 305. Die Karren laufen auf „Karrenstegen“ oder „Laufbohlen“, falls die Sohle nicht hart und glatt genug ist.

Ein Bild einer der am häufigsten benutzten Karren gibt Fig. 305. Die Karren laufen auf „Karrenstegen“ oder „Laufbohlen“, falls die Sohle nicht hart und glatt genug ist.

**7. — Einfache Wagenförderung im Abbau.** In Lagerstätten, deren Mächtigkeit größer als die Förderwagenhöhe ist, wird bei genügend flachem Einfallen (bis zu etwa 3°) einfach die Schlepperförderung bis an den Abbaustoß fortgeführt, während bei steilerer Lagerung kleine fliegende Bremsen mit hochgenommen werden (*b* in Fig. 306). Letztere werden

bei schwebendem Verhieb absatzweise unter entsprechender Verlängerung des Gestänges höher gesetzt. Die dabei notwendig werdende Seilverlängerung wird entweder durch Aufwickeln des überschüssigen Seilendes auf dem Gegengewichtswagen (bei Scheibenbremsen wie in Fig. 306) oder durch Verwendung eines Rundbaums, von dem nach Bedarf Seil abgewickelt werden kann, ermöglicht (vgl. auch den Abschnitt über Bremsbergförderung). Bei streichendem Verhieb muß das Gestänge in seiner ganzen Länge von Zeit zu Zeit parallel zum Abbaustoß verschoben werden.

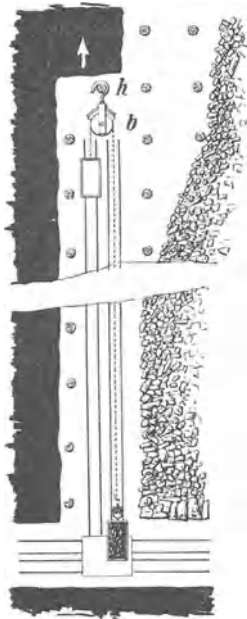


Fig. 306.  
Fliegende Bremse im Abbau.

Für diejenigen Lagerstätten, deren Mächtigkeit unterhalb der Förderwagenhöhe bleibt, benutzt man im Mansfelder Bergbau schon seit längeren Jahren besonders gebaute „Streb-Räderhunde“ (Fig. 307), langgestreckte, niedrige Wagen von ca. 1,4 m Länge, 0,5 m Breite und 0,3 m Höhe, die höchstens 150 kg zu fassen vermögen und von den Schleppern mittels eines an den rechten Fuß gehängten Lederriemens über das Liegende gezogen werden. Dabei liegt der Förderjunge auf der Seite, und sein Knie ruht auf einem an den Oberschenkel geschnallten Brette, während er ein zweites, als Unterlage für den Arm dienendes Brett mit der Hand hält.

Dieses mühsame Schleppverfahren kommt jedoch wegen seiner geringen Leistungsfähigkeit für den Steinkohlenbergbau nicht in Frage, ganz abgesehen davon, daß es heute dort, wo es nicht

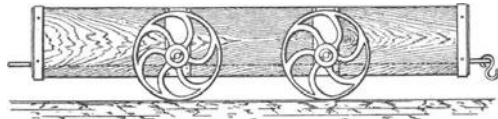


Fig. 307. Mansfelder Streb-Räderhund.

von alters her besteht, nicht mehr würde eingeführt werden können.

Auf englischen Gruben hat man daher für die Bewegung solcher niedrigen Wagen Seilzug statt des unmittelbaren Ziehens durch Schlepper benutzt. Die Einrichtung besteht<sup>1)</sup> aus einem von Hand bewegten und am vorderen und hinteren Ende über Umkehrscheiben geführten Seil, an das niedrige, langgestreckte Wagen, etwa von der Gestalt der eben erwähnten Strebäderhunde, angekuppelt werden, die mit Bodenschieber versehen sind. Diese Wagen, die auf dem Liegenden laufen, werden nach Füllung im Abbau über die im Liegenden nachgerissene Strecke gezogen und dort in einen untergeschobenen Förderwagen entleert.

**8. — Rutschenförderung und andere einfache Hilfsmittel.** Ferner sind schon seit Ende des vorigen Jahrhunderts festliegende Rutschen aus Eisenblech mit halbkreisförmigem Querschnitt, wie sie namentlich von der

<sup>1)</sup> Glückauf 1907, S. 256; Fördereinrichtungen vor Ort auf englischen und amerikanischen Steinkohlengruben.

Firma Würfel & Neuhaus in Bochum hergestellt werden, in Gebrauch. Solche Rutschen werden gemäß Fig. 308 durch Winkeleisen  $w$  versteift und werden ineinander gesteckt, so daß die einzelnen Rutschenstücke sich schuppenartig überdecken. Sie ermöglichen zunächst wegen ihrer glatten Flächen ein Rutschen der Kohlen noch bei geringeren Neigungswinkeln (ca.  $15^{\circ}$ — $20^{\circ}$ ). Ferner gestatten sie in Flözen, die schwach muldenartige Einsenkungen und infolgedessen im unteren Teile ein zu flaches Einfallen haben, die Herstellung einer Bahn von mittlerem Gefälle durch Überbrückung solcher Stellen sowie überhaupt eine gewisse Ausgleichung von wellenartigen Unebenheiten im Liegenden. Zu diesem Zwecke versieht die genannte Firma sie mit umgebörtelten Blechrändern  $r$ , mittels deren sie im Bedarfsfalle an Drahtseile gehängt werden können, die nach einer solchen mittleren Linie gespannt sind.

Derartige Rutschen können auch bei Fallwinkeln von  $10^{\circ}$ — $15^{\circ}$  noch nützlich sein, indem das Rutschen von den Hauern eingeleitet und unterstützt werden kann, die sich zu diesem Zwecke in die Rutschen setzen und mit den Füßen gegen die Kohlen stemmen.

Am unteren Ende werden die Rutschen, solange keine Wagen zu beladen sind, durch einfache Schieber verschlossen gehalten.

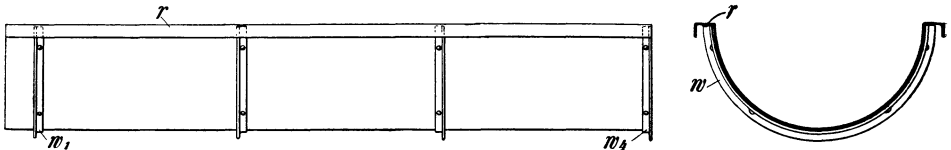


Fig. 308. Blechrutsche von Würfel & Neuhaus.

Ebenso wie zur Kohlenförderung können die Blechrutschen auch zur Zuführung von Bergen von oben her benutzt werden.

Diese Blechrutschen scheiden naturgemäß in allen solchen Fällen aus, in denen die Neigung des Flözes unter einen gewissen Grenzwinkel herabgeht. Aber auch bei günstigem Gefälle gestatten die Rutschen nicht die Erzielung befriedigender Förderleistungen, wenn die flache Bauhöhe über etwa 30 m hinausgeht, weil dann infolge der größeren Fördermengen zu leicht Stauungen eintreten, deren Beseitigung zu viel Zeit erfordert. Daher hat man auf der Zeche Schlägel und Eisen<sup>1)</sup> bei Disteln i. W. für flache Lagerung derartige Rutschen durch einfache Rädergestelle fahrbar gemacht und an einem Seile fortbewegt.

Endlich ist noch eine Abbauförderung mit „fliegender Drahtseilbahn“ zu erwähnen, die zu Anfang der 1880er Jahre auf der Grube Neu-Prick<sup>2)</sup> bei Aachen zeitweise in Betrieb gewesen ist. Vor dem Abbaustoß war hier ein Drahtseil gespannt, auf dem sich Kohlenkübel mittels Rollen bewegten. Ein ähnliches Verfahren ist in den letzten Jahren auch auf einer niederschlesischen Grube<sup>3)</sup> zur Bewegung der in die Förderwagen zu entleerenden Kohlenträge benutzt worden.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1907, S. 102; Versuche u. Verbesserungen.

<sup>2)</sup> Dasselbst 1882, S. 243.

<sup>3)</sup> Dasselbst 1910, S. 106; Versuche und Verbesserungen.



## b) Mechanische Abbauförderungen für größere Leistungen.<sup>1)</sup>

### 9. — Arten und Bedeutung der mechanischen Abbauförderungen.

Die gegenwärtig für die möglichst vollkommene Bedienung langer Abbaustöße im Vordergrund stehenden Abbauförderungen können ihrem Grundgedanken nach in drei Gruppen geschieden werden, nämlich in Förderungen mit

1. Schleppkette (Mitnehmerrutschen),
2. Förderbänder (Gurtförderer),
3. Schüttelrutschen („Schüttelrinnen“ oder „Schwingrutschen“).

Die mit solchen Fördervorrichtungen angestrebten Vorteile sind sowohl unmittelbare als auch mittelbare. Erstere bestehen für dünne Flöze darin, daß das Kohlenwerfen mit der Schaufel fortfällt, das gerade in solchen Flözen eine sehr anstrengende Arbeit ist, die Förderleistung wesentlich herabdrückt, den Stückkohlenfall verringert und zu starker Staubbildung Anlaß gibt. Aber auch dort, wo man mit den Wagen in den Abbau fahren könnte, erzielt man mit den mechanischen Fördereinrichtungen den Vorteil, daß an die Stelle der Füllung der hohen Förderwagen die bedeutend bequemere Beschickung der niedrigeren Fördereinrichtungen tritt und die Förderung mit Schleppern oder fliegenden Bremsen entbehrlich wird.

Von mittelbaren Vorteilen ist für dünne Flöze zunächst zu erwähnen, daß größere Abbauhöhen genommen werden können, wodurch die Ausgaben für Streckenauffahrung und -Unterhaltung sich wesentlich ermäßigen. Für die dadurch wegfallenden Versatzberge aus den Strecken können fremde Berge mittels der gleichen Fördereinrichtungen in den Abbau geschafft werden. Bei größerer Länge (80—120 m) der Abbauförderungen wird ihre Bedeutung auch für Flöze mit größerer Mächtigkeit noch wesentlich größer, da sie dann ganze Bremsberge mit ihren wesentlichen Herstellungs- und Unterhaltungskosten und mit der teuren Schlepperförderung auf den einzelnen Abbaustrecken auszuschalten gestatten.

Dazu kommt, daß das Vorgehen mit breitem Blick, wie es bei der mechanischen Abbauförderung Voraussetzung ist, seinerseits wieder verschiedene Vorteile bringt. Es ermöglicht ein gleichmäßiges Setzen des Hangenden auf große Flächen und damit eine Milderung der schädlichen Abbauwirkungen auf die Erdoberfläche, um so mehr, als keine Strecken im Versatz ausgespart zu werden brauchen, dieser also vollständig wird. Außerdem zeichnet sich dieses Abbauverfahren bekanntlich durch seine vorzügliche Wetterführung aus. Ferner wird noch die Gefahr des Steinfalls verringert, da durch das schnelle Vorrücken des Abbaustoßes auf große flache Höhen mit Nachfolgen des Versatzes die Gebirgsbewegungen unschädlich gemacht werden.

**10. — Förderung mit Schleppkette (Mitnehmerrutschen).** Diese in England als Blacketteconveyor<sup>2)</sup> u. a. eingeführte Fördereinrichtung ist

<sup>1)</sup> Vgl. außer den unten angeführten Aufsätzen hierzu auch: Verhandl. d. Düsseldorfer Kongr. usw. 1910, Abteilung Bergbau, S. 76; Franke: Abbauförderung.

<sup>2)</sup> Glückauf 1907, S. 257; Fördereinrichtungen vor Ort usw. — Gerke: Die maschinelle Förderung im Abbau (Kattowitz 1910), S. 46 u. f.

im Ruhrbezirk auf Zeche Dorstfeld bei Dortmund<sup>1)</sup> und in anderer Ausführung nach dem Vorschlage des Betriebsführers Töniges von der Firma Würfel & Neuhaus in Bochum für die Zeche Oberhausen bei Oberhausen<sup>2)</sup> mehrfach ausgeführt worden und einige Zeit in Betrieb gewesen. Sie ist dadurch gekennzeichnet, daß in einer auf dem Liegenden verlagerten Blechrutschenleitung eine Kette ohne Ende bewegt wird und durch Mitnehmerschaukeln, die an ihr befestigt sind und über den Boden der Rutschen streichen, das in die letzteren geworfene Fördergut mitnimmt.

Der Antrieb erfolgt durch einen Preßluft- oder Elektromotor, der je nach den örtlichen Erfordernissen auf die obere oder untere Scheibe arbeitet, während die andere als Umkehr- und Spannscheibe dient. Sollen nur Kohlen gefördert werden, so ist nur eine Rutschenleitung vorhanden, und das Zugmittel wird leer zurückgeführt.<sup>1)</sup> Und zwar werden in diesem Falle 2 Ketten verwendet und die leer laufenden Kettenstücke über senkrecht stehende Umkehrscheiben oberhalb der arbeitenden

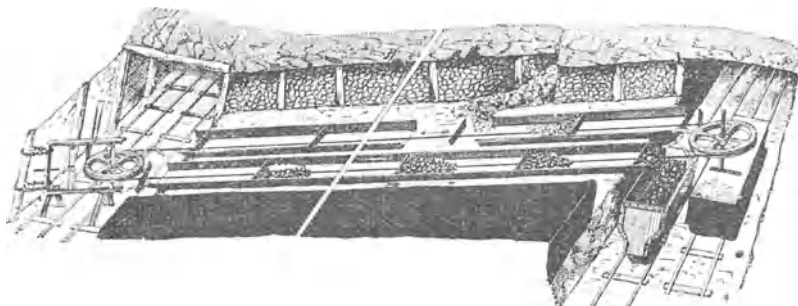


Fig. 309. Schleppkettenanlage für gleichzeitige Kohlen- und Bergförderung.

Kettentrümme zurückgeführt. Handelt es sich dagegen um gleichzeitige Zuführung fremder Berge, so kann eine zweite Rutschenanlage eingebaut und von der rückkehrenden Schleppvorrichtung bestrichen werden. Es müssen dann nach Fig. 309 die Endscheiben wagerecht verlagert und mittels Lenkbügel die Mitnehmerbleche aus der liegenden in eine aufrechte Stellung abgelenkt werden, damit sie um die Scheibe geführt werden können. In diesem Falle kann und darf nur eine Kette verwendet werden.

Die Leistung einer solchen Mitnehmer-Rutsche hängt nur von der Geschwindigkeit der Kette und dem Grade der Ausfüllung des Troges ab; der Abstand der einzelnen Mitnehmer voneinander und damit ihre Anzahl ist nur durch die Rücksicht auf die Verteilung der Förderlast auf eine zweckentsprechende Anzahl von Angriffspunkten bedingt. Mit einer Rutsche von 40 cm Breite lassen sich Leistungen von 200—250 t in der 8-stündigen Schicht, die auch für größere Flözmächtigkeiten und Abbauhöhen vollkommen ausreichen, ohne Schwierigkeiten erzielen.

**11. — Gurtförderer.** Die Förderband- oder Gurtförderanlagen sind den über Tage verwandten ganz ähnlich. Sie bestehen (Fig. 310 u. 311) aus dem aus Hanf, Kamelhaar u. dgl. gewebten, breiten Bande *g* bzw. *b*,

<sup>1)</sup> Glückauf 1908, S. 1289; Forstmann: Maschinelle Fördereinrichtungen vor Ort usw.

<sup>2)</sup> Mitteilung der Firma.

das oben und unten über Wenderollen  $u$  geführt und durch die auf den Trageböcken  $s_1$  bis  $s_{14}$  verlagerten Walzen getragen wird. Der Antrieb erfolgt durch einen kleinen Haspel  $c$ . Dieser wird am besten, damit das rückkehrende Bandtrumm das gezogene ist, also nicht durchhängt und auf dem Liegenden schleift, am oberen Ende aufgestellt und dreht die dortige Antriebwalze mittels des Stirnradgetriebes  $z_1 z_2$ , während die Umkehrwalze  $u$  am unteren Ende mit der Schraubenspannvorrichtung  $n$  verbunden ist. Durch die Anordnung der zu je dreien verlagerten Tragrollen  $h$  (Fig. 311) wird das Band in Trogförmigkeit gebracht, so daß es mehr Fördergut aufnehmen und insbesondere auch die größeren Stücke besser festhalten kann. Das

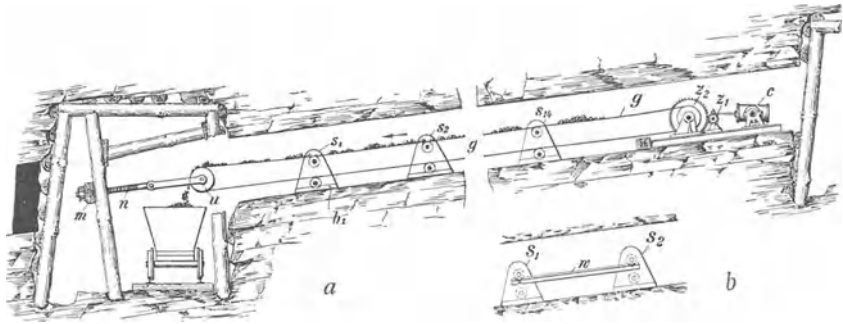


Fig. 310. Gurtförderanlage.

leer zurückkehrende Band wird, um das Schleifen auf der Sohle infolge des Durchhängens zu verhüten, ebenfalls geführt, und zwar genügen hier einfache, breite Rollen  $e$ . Die Figur zeigt außerdem eine zweckmäßige Form der Lagerböcke mit Rollen für das volle sowohl wie für das leere Trumm bei möglichst geringer Höhe des Bandes über dem Liegenden.

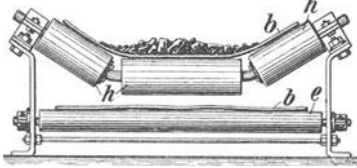


Fig. 311. Tragebock für die Rollen eines Fördergurtes.

Das Vorrücken solcher Förderbänder kann in der Weise erfolgen, daß sie an der Naht aufgetrennt, abgenommen und für sich aufgewickelt werden, worauf das Verschieben der Lagerböcke geschieht. Letzteres kann dadurch erleichtert werden, daß die Böcke untereinander nicht starr, sondern durch lose eingelegte Stangen  $w$  (Fig. 310 b) verbunden werden, die sich mit Aussparungen über Zapfen an den Böcken legen. Doch wird man in allen Fällen, wo die Beschaffenheit des Hangenden es ermöglicht, für kurze Zeit ohne die Stempelreihe zwischen Förderband und Kohlenstoß auszukommen, das Verschieben des Bandes im ganzen vorziehen.

Die Leistungsfähigkeit von Bandförderanlagen ist trotz der verhältnismäßig nur dünnen Schicht von Fördergut, die sie mitnehmen können, vollkommen ausreichend, da wegen der geringen Bewegungswiderstände mit größeren Geschwindigkeiten, besonders bei flachem Einfallen, gearbeitet werden kann. Ein Band von 40 cm nutzbarer Breite kann, auch wenn

man die durchschnittliche Beschickungshöhe mit nur 5 cm annimmt, auf eine Leistung von 200—250 t in der 8stündigen Schicht gebracht werden.

**12. — Förderung mit Schüttelrinnen. Allgemeines.** Bei der Förderung mit Schüttelrinnen werden Blechrutschen verwendet, die in der ganzen Länge des Rutschenstranges in hin- und hergehende Bewegung versetzt werden. Bei dieser Bewegung handelt es sich um eine Nachahmung des Schaufelwurfes, d. h. es muß der Rutschenstrang zunächst mit zunehmender Geschwindigkeit in der Förderungsrichtung bewegt und sodann mit einem Ruck zurückgezogen werden. Der Ruck bewirkt, daß das in der Rutsche befindliche Fördergut, das infolge seiner Trägheit in der ihm erteilten Bewegung verharret, noch eine kurze Strecke weiter bewegt wird. Derartige Rutschen sind für anderweitige Förderzwecke über Tage bereits seit längerer Zeit bekannt. Ihre Verwendung unter Tage wird dadurch erleichtert, daß fast immer eine gewisse Neigung in der Förderrichtung vorhanden ist, so daß in der Regel keine verwickelten Antriebsvorrichtungen notwendig sind, sondern die Schwerkraft für die erforderliche Stoßwirkung mit zu Hilfe genommen werden kann.

Die Leistungsfähigkeit einer Förderrutsche von gegebenem Querschnitt ist bei einer bestimmten Hubzahl lediglich durch die Größe des „Sprunges“ gegeben, den das Fördergut im Augenblick der Umkehr der Bewegung macht. Die Größe dieser Bewegung hängt einerseits von der lebendigen Kraft ab, die dem Fördergut mitgeteilt worden war, und anderseits von der Reibung zwischen diesem und der Rutsche, da durch die Reibung diese lebendige Kraft allmählich aufgezehrt wird.

Die Reibung ist ihrerseits wieder verschieden je nach der Art des Fördergutes, nach seiner Korngröße und nach seiner größeren oder geringeren Feuchtigkeit. Bei grobem Korn und trockenem Fördergut ist die Reibung geringer, bei feinem Korn und einem gewissen Feuchtigkeitsgehalt ist sie größer. Außerdem wird sie durch die Rutschenform bedingt, indem bei flacherer Ausbreitung des Fördergutes auf den Rutschenwandungen das Rutschen leichter erfolgt, weil die Reibung zwischen Fördergut und Blech kleiner ist als diejenige zwischen den einzelnen Schichten des Fördergutes unter sich. Auch die Oberflächenbeschaffenheit der Rutsche spielt eine Rolle; so haben sich z. B. verzinkte Rutschen gut bewährt, da sie nicht rosten und infolgedessen eine sehr glatte Oberfläche durch den Betrieb erhalten. Im übrigen ist naturgemäß die kraftverzehrende Wirkung der Reibung um so geringer, je größer die Neigung des Rutschenstranges ist. So zeigt die Rechnung, daß bei einer Endgeschwindigkeit des Fördergutes von 1 m im Augenblick des Stoßes sich bei verschiedenen Neigungswinkeln die folgenden Sprunglängen ergeben, wobei mit einem Reibungsfaktor von 0,4 gerechnet worden ist:

Neigung	0°	5°	10°	15°	20°
Sprunglänge	12,7	16,3	23,2	40,1	150,0 cm.

Man kann also bei größeren Neigungen mit bedeutend geringeren Beschleunigungen, d. h. mit kleineren Hüben des Antriebmotors auskommen.

Eine Rutsche von nur 40 cm Breite kann bei einer Sprungweite von jedesmal 10 cm ohne Schwierigkeiten 70 t, bei einer Sprungweite

von 25 cm also 175 t in der 8stündigen Schicht leisten. Andererseits liefert ein Kohlenstoß von 60 m flacher Höhe, wenn er so stark belegt wird, daß er in der Schicht 0,8 m vorrückt, bei einer Flözmächtigkeit von 2,5 m erst 150 t. Man sieht also, daß die Leistungsfähigkeit von Schüttelrutschen auch für größere Abbauhöhen und Flözmächtigkeiten vollkommen ausreicht.

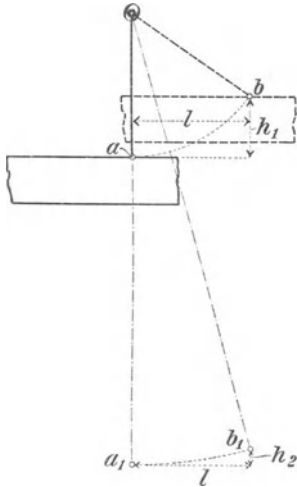


Fig. 312. Wirkungsweise der Pendelrutschen.

dann ein Fallenlassen stattfindet. Die zu erzielende Beschleunigung wächst mit der Hubhöhe  $h_1$ . Die größte Geschwindigkeit erlangt die

**13. — Bewegungsvorgänge bei Schüttelrutschen.** Die Schüttelrutschen können entweder aufgehängt oder auf Rollen verlagert werden; danach unterscheidet man Pendelrutschen einerseits und Rollenrutschen andererseits. Bei den Pendelrutschen wiederum ist ein Unterschied danach zu machen, ob sie an der Zimmerung am Hangenden oder an besonderen Gestellen oder Böcken aufgehängt werden. Rutschen der ersteren Art kann man als „Hängerutschen“, solche der letzteren Art als „Gestellrutschen“ bezeichnen.<sup>1)</sup>

Bei den Pendelrutschen erfolgt die Bewegung meist dadurch, daß zunächst ein Anheben des Punktes  $a$  bis nach  $b$  (Fig. 312), d. h. auf eine Höhe  $h_1$ , und

(Fig. 312), d. h. auf eine Höhe  $h_1$ , und

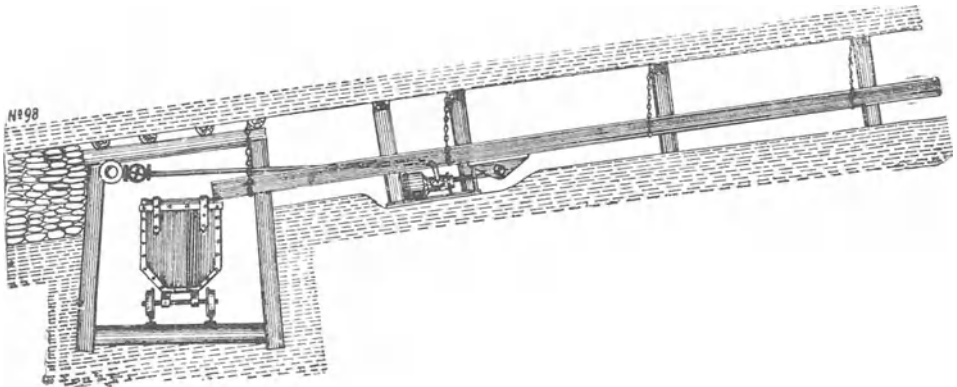


Fig. 313. Neuhaussche Hängerutsche, an Ketten aufgehängt, mit Antrieb von unten.

Rutsche und damit das Fördergut in der Mittellage des Pendels, also in der tiefsten Stellung. Doch kann man, da die Beschleunigung in der Nähe dieser Pendellage immer geringer wird, den Stoß auch schon vorher erfolgen lassen. Es wird dann die Periode der stärksten

<sup>1)</sup> Vgl. auch Glückauf 1911, S. 685; Pieper: Über die Arbeitsweise der Schüttelrutschen usw.

Beschleunigung besser ausgenutzt, allerdings auch Rutsche und Motor stärker beansprucht. Man arbeitet bei solchem Betrieb mit kürzeren, aber zahlreicheren Hüben. Übrigens werden wegen des fast stets ungleichmäßigen Einfallens immer einige Pendel anders als beabsichtigt schwingen.

Wie die Figur erkennen läßt, ist auch die Länge des Pendels wichtig, da bei einer großen Länge der gleiche Hub  $l$  die Rutsche nur um die Höhe  $h_2$  anhebt, also ein sehr großer Hub der Rutsche erforderlich wird, um eine ausreichende Hubhöhe zu erzielen. Wird andererseits das Pendel zu kurz, so werden die Hübe zu zahlreich, und Rutsche und Motor werden durch den schnellen Gang und die Stöße zu stark beansprucht.

Da auch bei ganz söhlicher Lagerung die Hubhöhe  $h_1$  für die Beschleunigung der Rutsche nutzbar gemacht wird, so können die Pendelrutschen für jedes Einfallen Verwendung finden.

Für die Hängerutschen gibt Fig. 313 ein Beispiel. Die Aufhängung erfolgt an Ketten oder Seilen, die an der Zimmerung befestigt werden. Bei Verwendung von Ketten wird das Geräusch und der Verschleiß größer, wogegen sich bei Benutzung von Seilen die Schwierigkeit ergibt, die Länge je nach Einfallen und Mächtigkeit entsprechend einzustellen. Ein Mittel, wie diese Einstellung erfolgen kann, zeigt Fig. 314 für Gestellrutschen nach einer Ausführung der Firma Glückauf zu Gelsenkirchen.

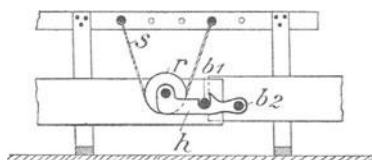


Fig. 314. Gestellrutsche nach Klerner mit Seilaufhängung und Hebelverbindung.

Die Hängerutschen haben den Vorteil einer einfachen Ausführung und einer gewissen Unabhängigkeit von der Lagerung, indem Wellen im Einfallen durch entsprechende Längenbemessung der Aufhängungen ausgeglichen werden können, auch bei ganz flachem Einfallen

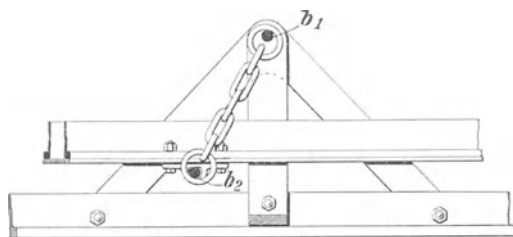


Fig. 315. Hinselmansche Gestellrutsche mit Kettenaufhängung.

künstlich eine gewisse Neigung in die Rutsche durch Verkürzung der Aufhängung am oberen Ende gebracht werden kann, um die Förderleistung zu erhöhen.

Nachteilig ist andererseits, daß man sehr viele einzelne Aufhängepunkte erhält, so daß die Verlegung der Rutschen entsprechend dem Vorrücken des Abbaustoßes nur nach Zerlegung der Rutschenanlage möglich und daher umständlich wird. Auch wird die Zimmerung durch die Erschütterungen des Rutschenbetriebes ungünstig beansprucht. Ferner können infolge ungleichmäßiger Längung der Ketten oder Seile Schiefstellungen der einzelnen Rutschenstücke eintreten. Bei der Aufhängung an Ketten macht sich außerdem das Geräusch unangenehm bemerkbar. Endlich sind naturgemäß solche Rutschen nur in Flözen mit mäßiger Mächtigkeit anwendbar, weil sonst die Pendellängen zu groß und die Stöße zu schwach werden.

Bei den Bock- oder Gestellrutschen ergibt sich der Vorteil einer einfachen Aufstellung und einer vollständigen Unabhängigkeit von der Flözmächtigkeit. Nachteilig ist auf der andern Seite ihr höherer Preis und der Umstand, dass eine Zerlegung in einzelne Teile zum Zwecke der Umlegung umständlich, ein Vorschieben im ganzen aber nur bei gutem Hangenden möglich ist, da nur dann vorübergehend die zwischen Rutsche und Abbaustoß stehende Stempelreihe beseitigt werden kann. Außerdem ist die Gestellrutsche von dem Einfallen abhängig, indem sie den Wellen

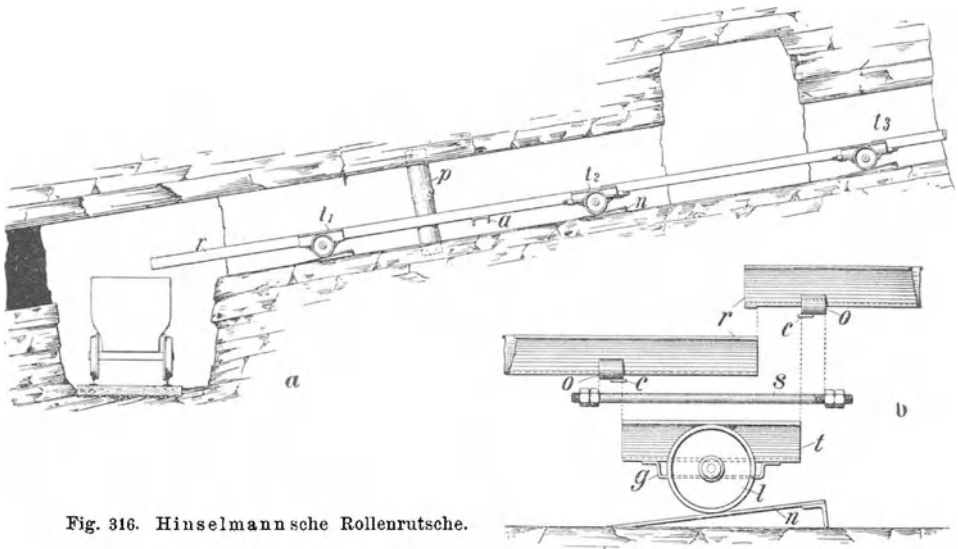


Fig. 316. Hinselmannsche Rollenrutsche.

desselben sich anpassen muß. Es können also Mulden und Sättel in den Rutschenstrang hineinkommen. Beispiele für die Ausführung geben die Figuren 314 und 315. Zur Verringerung der Reibung wird zweckmäßig die Zapfenreibung nach Möglichkeit durch die wälzende Reibung ersetzt, was bei der Aufhängung nach Fig. 315 dadurch erreicht ist, daß die Ketten oben und unten in Ringen endigen, die sich auf den Aufhängebolzen abwälzen.

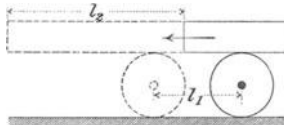


Fig. 317. Bewegungsvorgang bei Rollenrutschen.

Die Rollenrutschen, die in der letzten Zeit zu großer Bedeutung gekommen sind, werden durch die Figuren 316 und 318 in 2 verschiedenen Ausführungen gekennzeichnet. Bei der Hinselmannschen Rutsche (Fig. 316) sind in Abständen von etwa 4 m Tragschalen  $t_1-t_3$  untergebaut, die gleichzeitig die Stoßstellen zwischen den einzelnen Rutschen unterstützen. Diese Tragschalen, die sich dem Rutschenquerschnitte anpassen, sind an beiden Seiten mit Gleitlagern ( $g$  in Fig. 316 *b*) versehen, in denen die Achsen der Laufrollen  $l$  sich frei verschieben können. Die letzteren stützen sich oben gegen den umgebogenen Rand der Tragschale, unten gegen die Laufbleche

$n$ , so daß bei der Bewegung der Rutsche der Rand der Tragschale auf der Laufrolle und die letztere auf dem Laufblech sich abwälzt, die Achse also vollständig entlastet wird. Dadurch wird die Reibung, soweit sie überhaupt neben der wälzenden Bewegung noch auftritt, lediglich von den Laufrollen aufgenommen, verteilt sich also auf größere Flächen und wirkt außerdem an sich weniger schädlich, da eine größere Abnutzung der Rollen zugelassen werden kann. Wie die schematische Darstellung der Fig. 317 erkennen läßt, ist der Hub der Rutsche ( $l_2$ ) stets doppelt so groß wie die Bewegung des Rollen-Mittelpunktes ( $l_1$ ), da nicht nur die Rutsche auf der Rolle, sondern auch diese wieder um ein gleiches Maß auf ihrer Unterlage sich abwälzt.

Ein Anheben der Rutsche findet durch diese Bewegung nicht statt, weshalb der Bewegungsvorgang bei söhlicher Lagerung nur durch einen sehr kräftigen Stoß seitens des Motors zur Fortbewegung des Fördergutes führen kann. Man verwendet daher je nach dem Einfallen verschiedenartige Laufbleche als Unterlage, indem man sich bei genügendem Fallwinkel mit einfachen Flacheisen begnügt, bei zu schwachem Einfallen aber durch Winkelbleche mit entsprechender Schrägstellung künstlich schiefe Ebenen schafft  $n$  in Fig. 316), die eine gewisse Beschleunigung ermöglichen. Da der Weg der Rutsche doppelt so lang ist wie derjenige der Rolle, so ist die Neigung der Rutschenbahn nur halb so steil wie die Neigung der Laufbleche.

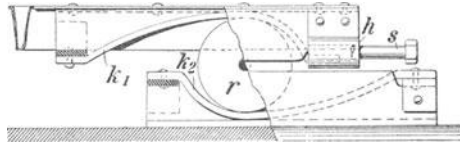


Fig. 318. Bewegungsvorgang bei der Eickhoff'schen Rollenrutsche.

Bei der Rollenrutsche von Gebr. Eickhoff in Bochum wird die Rolle gegen Ende des Hingangs eine steile Kurve hinaufgezogen, um die stoßweise Umkehr der Bewegung zu erleichtern und den Motor zu entlasten. Aus dem gleichen Grunde beginnt auch die Bahn für den Rückgang der Rutsche mit einer ganz schwachen Steigung und steigt erst allmählich an. Die Rutsche liegt mit einer ganz entsprechend, aber umgekehrt gekrümmten Fläche auf der Rolle, damit dadurch die vorhin erwähnte Verflachung der Rutschenbahn durch den doppelt so langen Weg der Rutsche im Vergleich zu demjenigen der Rollen wieder ausgeglichen wird.

Bei einer Flottmannschen Rollenrutsche wird im Gegensatz zu den beiden erwähnten Rollenrutschen durch eine entsprechende Krümmung der an die Rutsche angenieteten Tragflächen bewirkt, daß die Rutsche während des Hingangs in der Förderrichtung angehoben, also der nach oben gerichtete Schaufelwurf genau nachgeahmt wird.

Andere Rollenrutschen haben Rollen mit festen Lagern, so daß an die Stelle der wälzenden Reibung die Zapfenreibung tritt. Die Lager sind dann als Rollen- oder Kugellager ausgeführt.

Die Rollenrutschen haben den Vorteil einer sehr geringen Höhe, so daß sie auch für geringmächtige Lagerstätten Verwendung finden können



und ihre Beschickung mit geringstem Kraftaufwande erfolgen kann, um so mehr, als auch die Oberfläche der Rutsche vollständig frei liegt und nicht durch Aufhängeteile versperrt wird. Aus letzterem Grunde ist auch der Verkehr zwischen beiden Seiten der Rutsche sehr erleichtert. Dazu kommt, daß ihr Verschleiß gering und das von ihnen verursachte Geräusch kleiner ist als bei den Pendelrutschen. Allerdings muß auf sorgfältige Verlagerung geachtet werden. Wegen der einfachen Bauart sind außerdem die Anlagekosten gering.

Nachteilig ist auf der anderen Seite die Abhängigkeit vom Einfallen und dessen Unregelmäßigkeiten, wie bei den Gestellrutschen.

**14. — Ausführung der Rutschen selbst.** Während man anfangs Rutschen von halbkreisförmigem Querschnitt verwendete, ist man bald allgemein zu Rutschen mit flach-trapezförmigem Querschnitt (s. die verschiedenen Figuren) übergegangen. Man kann nämlich diese in sehr geringer Höhe mit genügend großem Fassungsraum bauen, und die Reibung wird wesentlich verringert, indem das Fördergut sich in einer flachen Schicht ausbreiten kann und eine Berührung großenteils nur zwischen Fördergut und Blech stattfindet. Aus letzterem Grunde verdient der trapezförmige Querschnitt auch vor dem rechteckigen den Vorzug. Die Abmessungen schwanken etwa zwischen 30 und 60 cm unterer Breite und 8—20 cm Höhe; doch kommt man für die meisten Fälle mit Höhen unter 15 cm aus, die zur Erzielung beträchtlicher Förderleistungen schon völlig ausreichen. Fig. 319 *a* zeigt das Profil einer Eickhoffschen Abbaurutsche für mäßige Leistungen, Fig. 319 *b* dasjenige einer Sammelrutsche

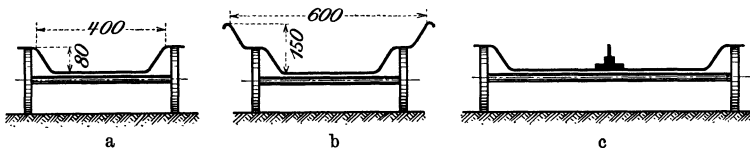


Fig. 319. Profile von Rollenrutschen.

der gleichen Firma, die einen Bremsberg in einem mächtigen Flöz ersetzen soll und daher sehr leistungsfähig sein muß. Die in Fig. 319 *c* dargestellte Rutsche ist eine solche der Firma Degenhard in Unna für gleichzeitige Kohlen- und Bergeförderung (Ziff. 19).

Die Blechstärke beträgt 2—4 mm, doch sind die größeren Stärken vorzuziehen, da dann die Rutschen weniger schnell verschleßen und nicht so leicht Verbiegungen und Einbeulungen ausgesetzt sind. Die Länge eines Rutschenstückes beträgt 3—4 m, das Gewicht je nach der Blechstärke und den Abmessungen etwa 15—40 kg je laufenden Meter.

Von besonderer Wichtigkeit sind die Verbindungen der einzelnen Rutschen. Diese sollen einerseits starr sein, um den Erschütterungen und der wechselnden Druck- und Zugbeanspruchung während des Betriebes Widerstand leisten zu können und möglichst wenig Geräusch zu verursachen. Andererseits sollen sie leicht lösbar sein, damit der Rutschenstrang nach Bedarf in einzelne Stücke zerlegt werden kann, um dem

Vorrücken des Abbaues entsprechend vorgeschoben werden zu können. Die einfachste Verbindung ist die Schraubenverbindung. Da sie aber den Nachteil der Starrheit und einer gewissen Umständlichkeit hat, auch die Muttern leicht verloren gehen können, so hat man sich vielfach bemüht, andere Kuppelungen zu finden. Bei den Pendelrutschen werden am besten die Verbindungen mit den Aufhängestellen zusammengelegt und in der Regel so eingerichtet, daß sie durch den Zug der Aufhängung selbst festgezogen

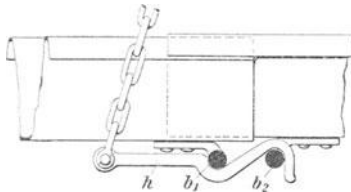


Fig. 320. Hebelverbindung bei Hängerrutschen.

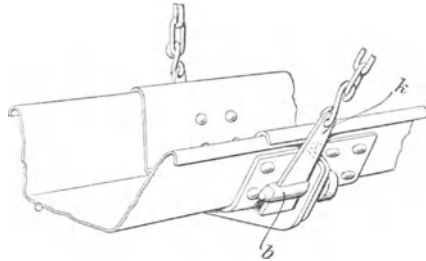


Fig. 321. Keilverbindung nach Flottmann.

werden. Danach sind die Hebelverbindungen der Figuren 314 u. 320 und die Keilverbindung nach Fig. 321 ausgeführt. In Fig. 314 und 320 werden durch Vermittelung der beiden Bolzen  $b_1$  und  $b_2$  die Rutschen, an denen sie befestigt sind, durch Verdrehung des Hebels  $h$ , an dem die Aufhängung angreift, gegeneinander gepreßt. In Fig. 321 sind an jeder Rutsche Winkeleisenbleche befestigt, die durch das Keilstück  $k$  mit Hilfe des Bolzens  $b$ , in welchem letzteren der Keil sich in einem Schlitz führt, aneinander gepreßt werden.

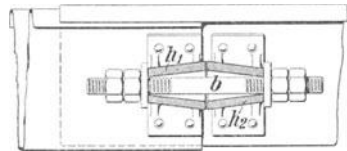


Fig. 322. Schraubenverbindung von Gebr. Eickhoff.

Allerdings haben diese Verbindungen den Nachteil, daß bei nicht genügend straff gespannter Kette infolge von ungleicher Längung der einzelnen Ketten oder von Unregelmäßigkeiten im Einfallen die Verbindung locker wird. Daher

sind andere Hersteller bei der Schraubenverbindung geblieben, haben aber durch entsprechend kräftige Ausführung die Zahl der Schrauben je

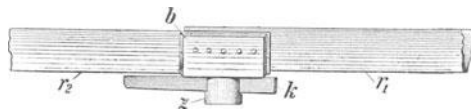


Fig. 323. Keilverbindung nach Würfel & Neuhaus.

Verbindungsstelle auf 2 herabgedrückt. Fig. 322 zeigt eine Schraubenverbindung der Firma Gebr. Eickhoff, bei der die Hülsen für die Schraubenbolzen nicht zylindrisch, sondern konisch sind. Dadurch wird der Verschraubung die Starrheit genommen, indem die Rutschen sowohl in der Horizontal- als auch in der Vertikalebene stumpfe Winkel miteinander bilden und so sich Krümmungen in Strecken und „Wellen“ im Einfallen anschmiegen können.

Bei der Verbindung nach Fig. 323 greift die Rutsche  $r_1$  mit einem Zapfen  $z$  durch eine Bodenöffnung der Rutsche  $r_2$ . Diese Verbindung wird durch den Keil  $k$  gesichert.

Bei größerer Flözneigung (etwa 20°) ergibt sich der Übelstand, daß größere Stücke des Rutscheninhalts ins Rollen kommen und voreilen oder aus der Rutsche herausspringen. Man kann dem aber vorbeugen, indem man entweder Winkelleisen auf dem Boden der Rutsche in regelmäßigen Abständen festnietet oder von oben her Pendelbleche in die Rutsche hineinhängen läßt, deren Drehachsen von den Rändern der Rutsche getragen werden und die durchgehende Stücke aufhalten.

**15. — Vorschieben des Rutschenstranges.** Das Vorschieben der Rutschen mit dem Fortschreiten des Abbaues wird man, wenn es eben möglich ist, immer im ganzen vornehmen. Es ist dazu aber eine gute Beschaffenheit des Hangenden erforderlich, da die nahe am Kohlenstoß stehende Stempelreihe vorübergehend entfernt werden muß. Ein „wandernder“ Grubenausbau kann hier gute Dienste leisten (vgl. Fig. 90 auf S. 74). Im übrigen ist zu berücksichtigen, daß gerade durch ein rasches Vorrücken des Stoßes, wie es durch die Rutschenförderung ermöglicht wird, das Hangende gewissermaßen verbessert werden kann, indem es schon durch den Versatz abgefangen wird, ehe es noch recht in Bewegung gekommen ist. Dort, wo das Vorrücken im ganzen möglich ist, sind Bock- und Rollenrutschen den Hängerutschen entschieden überlegen. Der Zeitbedarf für ein solches Vorschieben im ganzen beträgt nur 15—30 Minuten. Gestattet die Rücksicht auf das Hangende dieses Verfahren nicht, so muß der Rutschenstrang zerlegt werden, was bei den Hängerutschen am einfachsten, bei den Gestellrutschen am umständlichsten ist.

**16. — Antrieb der Schüttelrutschen.** Für die Art des Antriebs ist die Flözlagerung wesentlich. Ist diese ganz oder fast söhlig, so hängt die Wurfweite des Fördergutes wesentlich von der Stärke des Motors ab, da dieser wegen der stärkeren Reibung zwischen Rutsche und Inhalt dem letzteren eine größere Beschleunigung erteilen muß (vgl. die Zahlen auf S. 289). Beträgt dagegen z. B. das Einfallen 10°—15°, so genügt das Anheben des Rutschenstranges, worauf ein einfaches Fallenlassen folgen kann, so daß es nur notwendig wird, den Motor so zu steuern, daß am Ende der Fallbewegung die Rutsche mit einem Ruck wieder angehoben werden kann. Eine größere Stärke des Motors hat hier nur die Bedeutung, daß sie ein rascheres Anheben, also eine größere Hubzahl, ermöglicht; für geringere Leistungen kann man also mit schwächeren Motoren als bei ganz flacher Lagerung auskommen.

Im Steinkohlenbergbau werden meistens Preßluftmotoren verwendet. Bei diesen unterscheidet man solche mit einfacher und doppelter Wirkung. Die einfach wirkenden Motoren ziehen die Rutsche aufwärts und lassen sie dann mit Hilfe der Schwerkraft fallen. Bei doppelt wirkenden Motoren wird dagegen sowohl der Hingang als auch der Rückgang der Rutsche durch den Motor veranlaßt.

Aus dem eben Gesagten ergibt sich, daß die einfach wirkenden Motoren vorzugsweise für stärkere, die doppelt wirkenden für schwächere Flözneigungen geeignet sind. Werden die ersteren bei flachem Fallen verwendet, so empfiehlt es sich, beim Rückgange durch Anheben eines Gegengewichtes oder Spannen einer Feder ( $f$  in Fig. 327) eine Zusatzkraft zu erzeugen, die den Vorstoß der Rutsche stärker zu beschleunigen gestattet.

Die einseitig wirkenden Motoren haben außerdem die Besonderheit, daß sie mit Seilantrieb arbeiten können, da bei ihnen nur eine Zugbeanspruchung des Angriffsmittels stattfindet, wogegen dieses bei zweiseitigem Arbeiten abwechselnd auf Druck und Zug beansprucht wird.

Als Beispiel eines einseitig wirkenden Motors sei derjenige von Eickhoff (Fig. 324) genannt. Die Preßluft tritt von dem Schieberkasten aus durch den oberen Kanal auf die volle Kolbenfläche, die allein Druck erhält, während die ringförmige Gegenfläche druckfrei bleibt. Die Steuerung erfolgt durch einen einfachen Muschelschieber  $m$ , dessen Einstellung es gestattet, je nach dem Einfallen mit größerer oder geringerer Kompression beim Rückgange des Kolbens, d. h. mit stärkerem oder schwächerem Stoß zu arbeiten. Der Schieber wird mit Hilfe der Zugstange  $z$ , des Hebels  $h$ , der Schwinge  $s$ , der Anschlagrollen  $b_1 b_2$  und der auf der Kolbenstange sitzenden Nocken  $n_1 n_2$  von dieser selbst umgesteuert. Die Nocken sitzen auf Gewindehülsen, die durch den Handgriff  $k$  verdreht werden können, womit die Nocken einander genähert oder voneinander entfernt werden

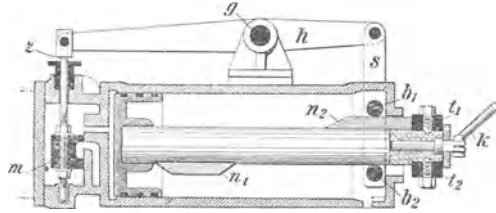


Fig 324. Eickhoffscher Motor für Schüttelrutschen.

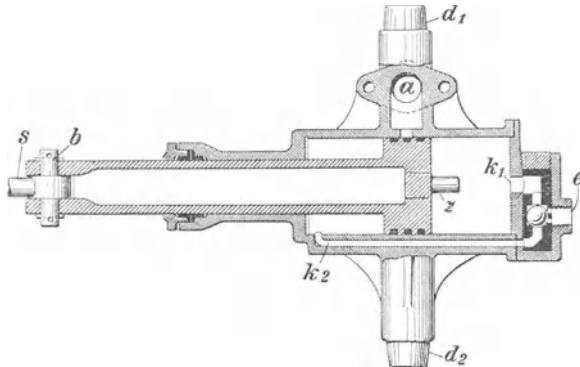


Fig. 325. Schüttelrutschenmotor von Flottmann & Co.

Man erhält so eine einfache Möglichkeit, den Hub je nach Einfallen und Beschickung der Rutsche zu ändern.

Ein doppelt wirkender Motor einfacher Bauart ist derjenige von Flottmann & Co. in Herne (Fig. 325). Entsprechend der verschiedenen großen Arbeitsleistung beim Hin- und Rückgange ist er als Differentialmotor gebaut; die volle Kolbenfläche dient zum Anheben des Rutschenstranges, die ringförmige Gegenfläche zur Beschleunigung des Rückganges. Die Steuerung ist die bekannte Flottmannsche Kugelsteuerung.

Auch die Motoren der Carlshütte (Altwasser i. Schl.) und der Maschinenfabrik Franz Graafen Söhne in Eschweiler sind als Differen-

tialmotoren gebaut. Sie teilen mit dem Flottmannschen Motor den Vorzug, daß die Steuerungsteile innen liegen und so vor Staub geschützt sind. Der nach dem Patent von Klein (D. R.-P. Nr. 175563) ausgeführte Motor der Carlshütte<sup>1)</sup>, der durch eine besonders sorgfältig durchgebildete Steuerung ausgezeichnet ist, hat außerdem die Besonderheit, daß er die Expansion der Preßluft ausnutzt. Die bei ihm sehr kleine ringförmige Fläche erhält Preßluft von Betriebsspannung, während gegen die volle Fläche nur der Expansionsdruck der Luft wirkt, die zu diesem Zwecke durch die Umsteuerung am unteren Hubende aus dem Ringraum in den Niederdruckraum übergeleitet wird.

Wichtig ist bei allen Motoren die Erzielung einer kräftigen Stoßwirkung und raschen Umsteuerung am unteren Hubende des Rutschenstranges. Dieses Ziel wird durch eine kräftige Pufferwirkung mittels Luftkompression oder einer Feder oder aber durch raschere Zulassung der Preßluft am unteren Ende im Vergleich zum oberen Ende erreicht.

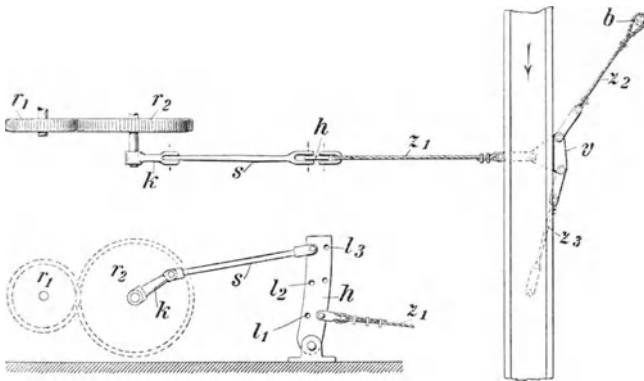


Fig. 326. Rutschenantrieb mit Schwinde nach Hinselmann.

Beim Flottmannschen Motor wird eine besonders hohe Kompression dadurch erzielt, daß ein am Kolben befestigter kleiner Zapfen ( $z$  in Fig. 325) gegen das Ende des Hubes sich in die entsprechende Bohrung  $k_1$  im Zylinderdeckel schiebt und dadurch den Raum hinter dem Kolben gegen die Luftleitung  $e$  abschließt. Es kann also die Kompression hier nicht durch Zurückströmen der Luft in die Leitung abgeschwächt werden. — Die raschere Umsteuerung am unteren Ende kann dadurch bewirkt werden, daß die Luftkanäle hier weiter oder kürzer als auf der anderen Seite gemacht werden.

Ferner ist es erwünscht, den Hub des Rutschenstranges je nach Einfallen und Leistung verstellen zu können. Das kann durch Veränderung des Hebelarmes geschehen, an dem der Motor bzw. die Rutsche angreift. So verfährt Hinselmann, der nach Fig. 326 das Seil, an dem die Rutsche hängt, durch eine Doppelschwinge  $h$  mit verschiedenen Bolzenlöchern antreibt. Wird der Bolzen für die Kurbelstange  $s$  in

<sup>1)</sup> Technische Blätter 1912, Nr. 14, S. 105; Tornow: Über Schüttelrutschen im Bergwerksbetriebe.

das oberste und derjenige für das Seil  $z_1$  in das unterste Loch gesteckt (s. den Aufriß in der Figur), so ist bei gleichem Kolbenhub der Hub der Rutsche am kleinsten, im entgegengesetzten Falle wird er am größten. Einfacher ist aber die unmittelbare Regelung des Kolbenhubes, wie sie beim Eickhoffschen Motor (Fig. 324) erwähnt worden und auch bei anderen Motoren durchgeführt ist.

Bei der Unwirtschaftlichkeit der Preßluft liegt der Gedanke an die Verwendung elektrischen Antriebs nahe. Jedoch hat der Elektromotor den Nachteil, daß er wegen seiner gleichmäßigen und schnellen Drehbewegung an und für sich nicht für einen solchen stoßenden Betrieb geeignet ist, sondern eine Kurbelübertragung und ein doppeltes Vorgelege für die Rutschenbewegung erfordert, wodurch sich eine umständlichere, teurere und empfindlichere Bauart ergibt. Naturgemäß scheidet dieses Bedenken aber für solche Gruben aus, die überhaupt nicht über Preßluft, wohl aber über elektrischen Strom verfügen, wie das z. B. im Kalibergbau durchweg, im Minette- und oberschlesischen Steinkohlenbergbau vielfach der Fall ist. Hier hat man mit elektrisch angetriebenen Schüttelrutschen von Gebr. Eickhoff, Würfel & Neuhaus, Degenhard u. a. bereits befriedigende Erfahrungen gemacht.

**17. — Die Aufstellung des Motors.** Der Motor kann entweder in unmittelbarer Nähe der Rutsche oder von dieser getrennt aufgestellt werden.

Im ersteren Falle ergibt sich der einfachste Antrieb dadurch, daß der Motor nach Fig. 313 auf S. 290 unterhalb der Rutsche steht und mit seiner Schubstange unmittelbar an Winkeleisen angreift, die an ein Rutschenstück angenietet sind. Da dann aber im Liegenden ein Raum für den Motor ausgeschossen werden muß, wenn man nicht die ganze Rutsche um die

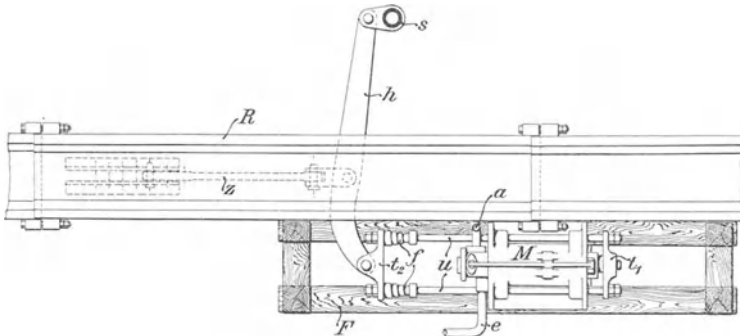


Fig. 327. Schüttelrutschenantrieb mit einarmigem Hebel.

Höhe des Motors höher legen will, so hilft man sich in Lagerstätten von geringer Mächtigkeit meist in der Weise, daß man den Motor seitlich aufstellt und mit Hilfe eines ein- oder zweiarmigen Hebels angreifen läßt. Das ist beispielsweise der Fall bei dem in Fig. 327 dargestellten Motor  $M$  von Gebr. Eickhoff, dessen Kolbenstange auf die Traverse  $t_1$  wirkt (s. auch Fig. 324 rechts). Diese nimmt durch Vermittelung des Umführungsgestänges  $u$  die Traverse  $t_2$  und damit den einarmigen Hebel  $h$  mit, der um den Stahlstempel  $s$  schwingt und an dem die Zugstange  $z$  für den Rutschenstrang  $R$

angreift. Die Federn  $f$  werden während des Anhebens des Rutschenstranges gespannt und liefern nachher eine Zuschußkraft zur Beschleunigung des Rückganges.

Wird der Motor ganz von der Rutsche getrennt aufgestellt, so erfolgt der Antrieb mit Hilfe eines Seiles, wodurch es möglich gemacht wird, den Motor unabhängig vom Vorschieben des Rutschenstranges an Ort und Stelle zu belassen, indem nur das Seil von einer zwischengeschalteten Seiltrommel entsprechend abgewickelt zu werden braucht. Der Motor kann in diesem Falle am oberen Ende des Rutschenstranges, also auf der Teilsohle, aufgestellt werden oder auch weiter unten in einem Blindort aufstellung finden. Ein Beispiel bildet zunächst der Hinselmannsche Seilantrieb (Fig. 326), der neuerdings in der Weise ausgebildet ist, daß das vom Motor kommende Seil  $z_1$  an einem Knotenstück  $v$  angreift, das mittels des Seiles  $z_2$  an dem Stempel  $b$  hängt und durch das Seil  $z_3$  die Rutsche faßt. Das Anheben der letzteren erfolgt dadurch, daß der Endpunkt von  $z_2$  bogenförmig nach oben schwingt. Da die Aufstellung des Stempels  $b$  beliebig ist, so kann man für diesen einen möglichst günstigen Punkt aussuchen, was bei Winkelhebelantrieb nicht der Fall ist.

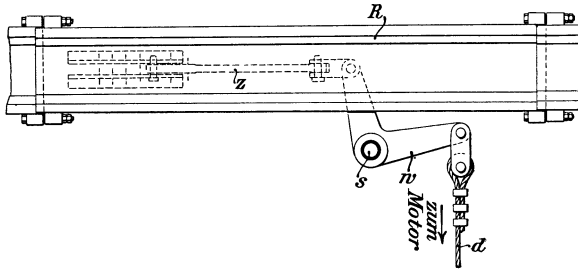


Fig. 328. Schüttelrutschenantrieb mit Winkelhebel und Seil.

Ein anderer Seilantrieb ist der in Fig. 328 dargestellte von Gebr. Eickhoff. Hier greift das vom Motor kommende Seil  $d$  an einem Winkelhebel  $w$  an, der um die Spreize  $s$  drehbar ist und den Rutschenstrang mittels der Zugstange  $z$  bewegt.

Der Seilantrieb bietet den Vorteil, daß man den Motor seltener umzusetzen braucht und daß dieser unter günstigeren Bedingungen arbeitet, weil er dem Staube des Abbaustoßes entzogen ist. Der erstgenannte Vorteil ist besonders für große Rutschenanlagen wichtig, die schwere Motoren erfordern. Außerdem wird das Geräusch der auspuffenden Preßluft, bezw. (bei elektrischem Antrieb) der Zahnräder für die vor dem Abbaustoß arbeitenden Teile beseitigt. Andererseits wird bei größeren Seillängen die Bewegung der Rutsche zu unsicher; auch ist die Überwachung des Motors auf der Teilsohle erschwert. Setzt man ihn aber in ein Blindort, so muß für dessen Bewetterung gesorgt werden, was umständlich ist.

Ein Mittelweg besteht darin, daß man nach dem Vorgange der Maschinenfabrik Flottmann & Co. die Schwinde, mit der der Motor die Rutsche angreift, nach Bedarf um zwei Drehpunkte in entgegengesetztem Sinne schwingen lassen kann (Fig. 329). In der Figur sind im Rahmen für

den Motor  $m$  zwei Löcher vorgesehen, durch die Schraubensäulen  $s_1$   $s_2$  gesteckt werden, die gleichzeitig sowohl zum Festspreizen des Rahmens wie auch als Drehzapfen für die Schwingen dienen. Beide Säulen liegen 1,2—1,5 m auseinander. Man kann die Schwinde zuerst in der ausgezogenen und nachher in der punktierten Stellung arbeiten lassen und daher den Motor an Ort und Stelle belassen für die zwei Stellungen der Rutschen, indem er einmal von rechts und einmal von links angreift. Der an sich für doppeltwirkende Motoren nicht geeignete Seilantrieb wird hier dadurch ermöglicht, daß von der Schwinde je ein Zugseil  $z_1$  bzw.  $z_2$  nach unten und nach oben geht.

Wenn der Motor im Abbau selbst aufgestellt wird, so ist eine sorgfältige Verlagerung erforderlich, die in der Regel durch Abspreizung des Motorrahmens gegen das Hangende mit Hilfe von Spannsäulen erfolgt, wie das in Fig. 328 u. 329 angedeutet ist. In mächtigeren Flözen oder bei schlechterem Hangenden ist die Aufhängung des Motors nach Fig. 325 mit

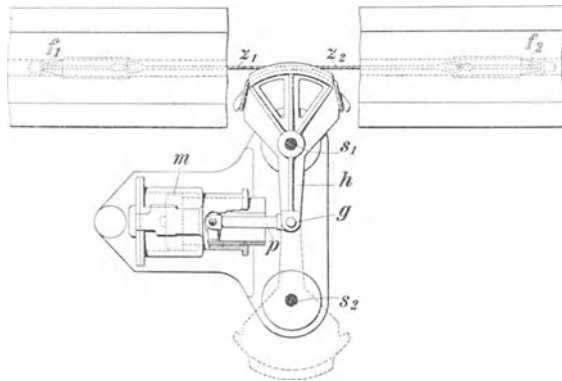


Fig. 329. Flottmann'scher Schwindebelantrieb mit 2 Seilen.

2 Schildzapfen  $d_1$   $d_2$  in einem besonderen Lagerbock oder seine Verlagerung auf einem gut abgespreizten hölzernen Balkenrahmen nach Fig. 327 vorzuziehen.

Eine andere Frage ist, ob der Motor am unteren oder oberen Ende des Rutschenstranges angreifen soll. Im ersteren Falle ergibt sich als Vorteil, daß der Motor nicht so hoch hinaufgeschafft zu werden braucht und daß er durch die unten arbeitenden Schlepper mit beaufsichtigt werden kann. Nachteilig ist aber, daß die Rutsche unterhalb ihres Schwerpunktes angegriffen wird und daher in schlingernde Bewegungen gerät. Bei Aufstellung am oberen Ende dagegen wird zwar ein ruhigeres Arbeiten des Rutschenstranges erzielt, andererseits aber die Überwachung des Motors erschwert, auch werden die oberen Rutschenverbindungen durch das Gewicht des ganzen Rutschenstranges stark beansprucht. Man wählt daher bei größeren Rutschenanlagen vielfach den Mittelweg, den Motor ungefähr in der Mitte des Stranges angreifen zu lassen. Für Rutschen von geringer Förderhöhe spielt die Stellung des Motors keine große Rolle.



Der Kraftbedarf der Motoren schwankt zwischen etwa 5 und 20 PS. Bestimmend für ihn ist außer der Förderhöhe und Fördermenge auch das Einfallen; je geringer dieses ist, um so stärker muß der Motor sein. Preßluftmotoren verbrauchen bei Arbeiten mit Volldruck in der Minute ca. 350—1400 l, bei Ausnutzung der Expansion 200—800 l Preßluft von 4 Atm. Überdruck, was am Kompressor einem Kraftbedarf von rd. 10—40 bzw. 6—24 PS. entspricht. Die Hubzahl beträgt 60—120 i. d. Min., die Hublänge etwa 80—140 mm, der Zylinderdurchmesser 200—350 mm.

**18. — Kosten der Schüttelrutschenförderung<sup>1)</sup>.** Die Ausgaben für die Schüttelrutschenförderung setzen sich hauptsächlich aus denjenigen für die Rutschen selbst, für die Motoren und für die Antriebskraft zusammen.

Der Rutschenverschleiß wird verschieden angegeben. Man rechnet für Kohle, daß eine Rutsche von 4 mm Blechstärke je nach Einfallen und Förderlänge die Förderung von 20 000—40 000 t aushält. Da eine Rutsche je lfd. Meter etwa 10—15 *M* kostet, so belastet der Verschleiß einer Rutschenanlage von 60 m Länge, unter Berücksichtigung der Kosten für Aufhängung oder Verlagerung der Rutschen, die Tonne Förderung mit 3—4 *Pf*.

Die Kosten für den Motor belaufen sich bei Preßluftmotoren auf etwa 500—1600 *M* je nach der Leistung und je nachdem, ob der Angriff unmittelbar oder durch Vermittelung von Schwingen, Winkelhebeln u. dgl. erfolgt. Die Leistungsfähigkeit eines Motors kann auf 60 000—80 000 t veranschlagt werden, so daß sich für Tilgung und Verzinsung eine Ausgabe von etwa 1—2 *Pf* je Tonne Kohlen ergibt.

Die Kosten der verbrauchten Preßluft, auf die Tonne Kohlen berechnet, wachsen mit den Rutschenlängen, da mit diesen auch die mittleren Förderwege zunehmen. Sie betragen bei Nichtausnutzung der Expansion für mittlere Fallwinkel bei Rutschen von 30—50 m Länge etwa 3—5 *Pf* je t, bei Rutschen von 80—100 m Länge 5—12 *Pf* je t.

Zu diesen Ausgaben kommen noch kleine Beträge für Schmierung u. dgl., so daß sich die Gesamtkosten bei regelrechter Ausnutzung der Rutschenförderung auf etwa 9—18 *Pf* für die Tonne berechnen.

Bei elektrischem Antrieb betragen die Ausgaben für den Motor das 2—2 $\frac{1}{2}$  fache, wogegen die Kosten für die Antriebskraft auf  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$  heruntergehen.

**19. — Bergförderung im Abbau.** Die Zuführung fremder Berge ist aus den in Ziff. 9 angeführten Gründen bei allen Abbauförderungen wichtig. Sie muß naturgemäß gleichfalls durch die letzteren erfolgen. Sollen fremde Berge in größerer Menge von der oberen Teilsohle aus zugeführt werden, so empfiehlt sich bei jeder der verschiedenen Förderanlagen eine Trennung zwischen Kohlen- und Bergförderung, indem man

<sup>1)</sup> s. auch Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- und Sal.-Wesen 1911, S. 418; Hochstrate: Abbaufördereinrichtungen auf den staatlichen Steinkohlenbergwerken bei Saarbrücken. — Glückauf 1910, S. 863; Jüngst: Kritik des Schüttelrutschenbetriebes.

diese Strecken zweispurig auffährt oder noch besser in Lagerstätten von geringer Mächtigkeit die Bergeföhrstrecke *b* im Hangenden, die Kohlenföhrstrecke *k* im Liegenden nachreißt (Fig. 330), so daß das Füllen der Bergerutsche und das Entleeren der Kohlenrutsche möglichst erleichtert wird.

Am besten eignen sich für die Bergeföhr die Schüttelrutschen. Hier ergeben sich folgende Möglichkeiten:

1. Benutzung derselben Rutsche in einer besonderen Schicht nur für die Bergeföhrung. Man muß dann, wenn man in 2 Schichten föhrern will, die Nachtschicht für die Bergeföhrung benutzen, was nur bei gleichzeitigem Betriebe einer großen Anzahl von Abbauföhrungen lohnend ist.

2. Gleichzeitige Kohlen- und Bergeföhrung in derselben Rutsche:

a) nach Fig. 331. Hier werden zunächst die Berge am unteren Ende ausgetragen, sodann wird die Austragstelle entsprechend den Nummern in der Figur nach und nach höher gelegt, worauf die unter der Absperrung liegenden Rutschenteile zur Kohlenföhrung ausgenutzt werden können. Dieses Verfahren hat den Übelstand, daß die weiter oben arbeitenden Hauer länger auf die Abföhrung ihrer Kohlen warten müssen und die

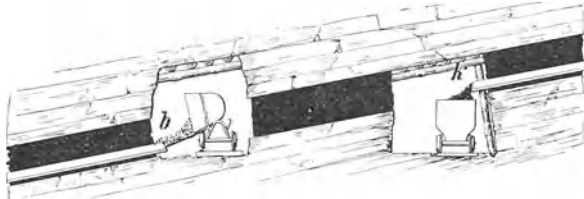


Fig. 330. Kohlen- und Bergeföhrstrecken bei mechanischer Abbauföhrung.

Beanspruchung der Rutschen sich fortgesetzt ändert. Außerdem müssen die Rutschen sehr leistungsfähig sein, werden also breit und schwer.

b) mit Verwendung von Doppelrutschen, die nach dem Vorschlage von Bergassessor B. Meyer<sup>1)</sup> dadurch geschaffen werden, daß man durch einen Mittelsteg die Rutsche in eine Kohlen- und eine Bergeföhrabteilung teilt (Fig. 319 *c* auf S. 294). Auch hier erhält man sehr breite und schwere Rutschenanlagen, doch ist die Beanspruchung des Motors wenigstens gleichmäßig.

3. Verwendung von 2 selbständigen Rutschensträngen, deren einer für die Kohlen-, der andere für die Bergeföhrung dient. Hinselmann treibt neuerdings in dieser Weise 2 Rutschenstränge gleichzeitig durch einen Motor an.

Bei dieser Anordnung kann man mit leichteren Rutschen auskommen und sich den Erfordernissen des Betriebes durch gesonderte Regelung des Ganges jedes einzelnen Motors am besten anpassen. Das Vorschieben der Rutschen mit dem Vorrücken des Abbaustoßes kann, wenn das Hangende nicht das geschlossene Vorschieben beider Rutschen gestattet, in der Weise erfolgen, daß immer die hintere Rutsche aus- und vor der vorderen

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1911, S. 124; Versuche und Verbesserungen.

wieder eingebaut wird, so daß jede Rutsche zunächst zur Kohlen- und dann zur Bergförderung dient.

Bei den unter 2. u. 3. genannten Verfahren werden wegen der größeren Breite der Rutschenförderungen größere Ansprüche an die Festigkeit des Hangenden gestellt. Auch die Erhöhung des Geräusches, das die Beobachtung der Gebirgsbewegungen erschwert, und die Übertragung der Erschütterungen durch den Motor auf das Gebirge wirkt in gleichem Sinne. Ist das Hangende nicht sehr gut, so wird man daher die Bergförderung in einer besonderen Schicht oder in einem besonderen Abschnitt der Schicht vorziehen.

In allen Fällen muß dafür gesorgt werden, daß die Berge an beliebigen Stellen seitlich ausgetragen werden können. Das wird nach dem Hinselmanschen Verfahren dadurch ermöglicht, daß in jedem Rutschenstück ein etwa 1,5 m langer Teil der einen Seitenwand drehbar eingerichtet ist, so daß man

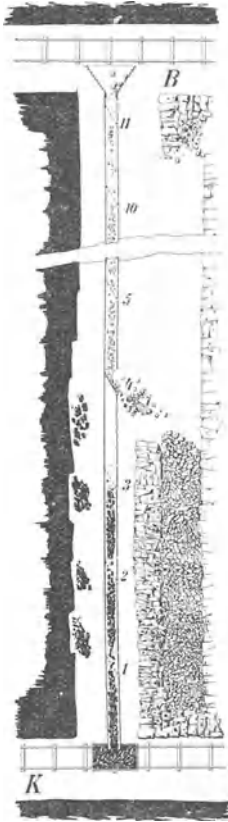


Fig. 331. Gleichzeitige Berge- und Kohlenförderung bei Hinselmanschen Schüttelrutschen.

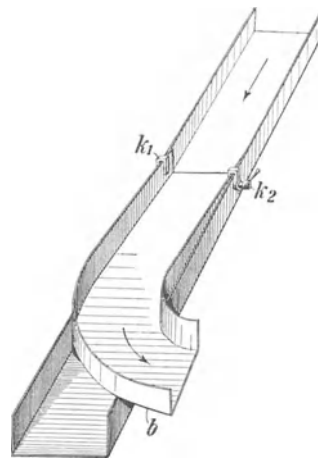


Fig. 332. Bergeaustrag bei Neuhauschen Schüttelrutschen.

ihn nach Bedarf schräg an die gegenüberliegende Wand anlegen und damit gleichzeitig die andere Wand öffnen kann (Fig. 331 bei 1—11). Eine andere Möglichkeit ist die, daß in die Rutschen an ganz beliebigen Stellen ein Trog mit ansteigendem Boden und seitlicher Austragrinne eingesetzt wird, wie das bei Anlagen von Würfel & Neuhaus geschieht (Fig. 332). Dieser Trog wird dann durch Schraubenbügel  $k_1$   $k_2$  an die Rutschenwandungen angeklemt; das kurze ansteigende Stück wird auch bei flachem Einfallen von den Bergen ohne Schwierigkeiten überwunden. Neuerdings hat Hinselmann auch beide Verfahren vereinigt, indem er

Tröge benutzt, die an beliebiger Stelle an die Rutschenwandungen angeklemt und mit drehbaren Seitenklappen ausgerüstet werden.

Bei den beiden anderen Förderarten ist die Bergezufuhr schwierig und umständlich. Gurtförderer können durch Aufrichtung einer der seitlichen Tragrollen zum Abwerfen von Bergen an der betreffenden Stelle gezwungen werden, zu welchem Zweck diese Rolle beweglich angeordnet wird. Ein anderes Mittel ist die Benutzung von Abstreichblechen an beliebigen Stellen. Doch muß dann das Band flach gelegt werden, wodurch seine Leistungsfähigkeit gegenüber den Troghändern sehr beeinträchtigt wird. Bei beiden Verfahren leiden überdies die Bänder stark. — Schleppkettenförderungen ermöglichen die Bergförderung in einer besonderen Schicht ohne Schwierigkeiten. Dagegen ist das Austragen an beliebiger Stelle unbequem, da man dort entweder ein ganzes Rutschenstück herausnehmen (Fig. 309) oder doch eine Seitenwand ganz niederklappen muß, in beiden Fällen aber die Berge nicht selbsttätig seitlich ausgetragen werden können, sondern mit der Schaufel herübergeholt werden müssen. Die Zufuhr von Bergen während der Kohlenförderung ist hier nur dadurch möglich, daß neben der Kohlen- eine Bergerutsche angeordnet wird. Dadurch aber ergibt sich einerseits ein größerer Raumbedarf und andererseits die Notwendigkeit, entweder die Berge oder die Kohlen aufwärts zu fördern, wodurch sich der Arbeitsaufwand entsprechend erhöht.

**20. — Beurteilung und Verwendungsgebiet der mechanischen Abbau-Fördereinrichtungen.** Sämtliche Abbaufördereinrichtungen sind für Lagerstätten bestimmt, die eine so geringe Neigung haben, daß das Fördergut auf dem Liegenden oder auf festverlagerten Rutschen nicht gleitet. Sie kommen daher höchstens noch für einen Fallwinkel von  $20^{\circ}$ — $22^{\circ}$  in Frage.

Was die Mächtigkeit der Lagerstätten betrifft, so ist zu berücksichtigen, daß der Nutzen der Abbauförderung einmal ein unmittelbarer ist, indem bei geringer Flözmächtigkeit das mehrmalige Schaufeln der Kohlen von Hand bis zur nächsten Förderstrecke fortfällt, bei größerer Mächtigkeit aber wenigstens die Arbeit des Füllens der Förderwagen im Abbau durch die bedeutend bequemere Arbeit der Beschickung der Rutsche ersetzt wird. Auf der anderen Seite ergeben sich mittelbare Vorteile durch das Wegfallen von Bremsbergen und Förderstrecken. Hiernach ist der Nutzen der Abbauförderungen am größten in dünnen Flözen, weil sich hier vergleichsweise hohe Kosten für Bremsberge und Strecken und namentlich auch für deren Unterhaltung ergeben, und andererseits der Bedarf an Versatzbergen verhältnismäßig gering ist. In letzterer Hinsicht sei daran erinnert, daß durch die Abbauförderung die Strecken und damit auch die durch den Bahnbruch zu gewinnenden Berge wegfallen, auf der anderen Seite aber ein vollständiger Versatz notwendig ist, da ja keine Strecken im Versatz offen bleiben.

Bei etwas größerer Flözmächtigkeit werden die Abbauförderungen besonders nützlich sein für Flöze, die eigene Bergemittel führen und infolgedessen die Zuführung fremder Berge in nur geringem Maße erfordern.

Anders liegen die Bedingungen, wenn die Lagerstätte so mächtig ist, daß Förderwagen im Abbau verkehren können. Es fällt dann sofort der große Vorteil weg, daß das mehrmalige Kohlenschaukeln durch die

Abbauförderung entbehrlich gemacht wird. Außerdem spielt das Nachreißen der Strecken keine Rolle mehr, die Bremsberge werden billiger und die Unterhaltung der Strecken ist in der Regel, da von vornherein große Querschnitte vorgesehen werden können, erheblich billiger, als in geringmächtigen Lagerstätten. Besonders bei ganz flacher Lagerung liegen die Bedingungen für die Abbauförderung nicht sehr günstig, da ihre Kosten dann wesentlich höher werden und andererseits die Schlepper mit Wagen unmittelbar in den Abbau hineinfahren können. Bei größerer Neigung dagegen verschieben sich die Bedingungen zu Gunsten der mechanischen Abbauförderung und zu Ungunsten der Wagenförderung.

Mangel an Schleppern begünstigt aber naturgemäß in allen Fällen die mechanische Förderung.

Wird der Verhieb einer Lagerstätte schwebend geführt, so werden die mechanischen Abbauförderungen nicht genügend ausgenutzt, da ein schwebender Betrieb nur eine geringe Förderleistung ergibt, wenn nicht die Lagerstätte sehr mächtig ist. Man hat sich aber in solchen Fällen damit geholfen, daß man den Stoß in größerer Breite (20—40 m) in Angriff genommen und diese ganze Breite durch eine horizontal bewegte Förderung bedient hat, die auf eine zweite, im Einfallen liegende und allmählich nach oben verlängerte Rutschenanlage austrug.<sup>1)</sup>

Alle Abbauförderungen verursachen bei schwacher Beschickung nicht viel geringere Kosten als bei voller Ausnutzung. Arbeitet also z. B. eine Schüttelrutschenanlage nur mit halber Leistung, so gehen die Förderkosten auf nahezu das Doppelte der oben angegebenen Sätze herauf. Es muß demnach vor allen Dingen stets auf volle Ausnutzung gehalten werden, wenn man günstige Ergebnisse erzielen will. Nur dann lassen sich auch die Vorzüge der Abbauförderungen, die in der Beschleunigung des Verhiebes und in der dadurch bedingten Verringerung des Gebirgsdruckes und Erleichterung der Aufsicht liegen, voll zur Geltung bringen.

Außerdem ist die Empfindlichkeit der Abbauförderungen gegen Betriebsstörungen zu berücksichtigen. Da von einer einzelnen Rutschenanlage eine große Fördermenge geliefert wird, so wird durch einen Bruch aus dem Hangenden oder eine Betriebsstörung des Motors u. dgl. sofort ein erheblicher Förderausfall herbeigeführt. Demgemäß muß bei druckhaftem Gebirge mit allem Nachdruck für die ausreichende Beschaffung von Versatzbergen gesorgt werden, damit der Abstand zwischen Abbaustoß und Versatz nicht zu groß wird. Die Bergebeschaffung hat also hier mindestens dieselbe Wichtigkeit wie die Kohlenförderung.

**21. — Vergleich der verschiedenen Abbauförderarten.** Ein Vergleich der besprochenen Abbauförderungen fällt durchaus zu Gunsten der Schüttelrutschen aus. Nachteilig ist allerdings bei ihnen der große Kraftverbrauch und der verhältnismäßig hohe Preis der Antriebmotoren. Denn bei ihnen arbeitet der Motor immer nur in der halben Zeit voll, wird also schlecht ausgenutzt und teuer, da er stark genug sein muß, um in dieser kürzeren Zeitspanne die ganze Arbeit des Aufwärtsziehens leisten

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1911, S. 125; Versuche und Verbesserungen.

zu können. Außerdem ist seine Arbeit wesentlich größer als bei den anderen Förderarten, da außer der Kohle auch die ganze tote Last der Rutschenstränge mitbewegt werden muß, die etwa die Hälfte des Kohlengewichts bei voller Füllung beträgt. Auch ist die ungleichförmige Bewegung mit ihrer abwechselnden Beschleunigung und Verzögerung für Kraftbedarf und Betriebsicherheit des Motors ungünstiger.

Dagegen ermöglichen die Schüttelrutschen am besten die Zuführung von Versatzbergen. Sie lassen sich ferner infolge ihrer starren, in sich geschlossenen Bauart leicht betriebsfertig verlagern und ausrichten, sei es, daß sie (bei gutem Hangenden) im ganzen mit dem vorrückenden Abbaustoß vorgeschoben werden können oder in zerlegtem Zustande umgelegt werden müssen. Ihr Verschleiß in den Rutschen selbst und in den Aufhänge- und Verbindungsstücken ist zwar infolge der Erschütterungen und wechselnden Beanspruchungen nicht unbedeutend, aber doch nicht wesentlich größer als derjenige der Schleppkettenförderungen und ganz erheblich geringer als derjenige der Förderbänder. Den verschiedenen, hier in Betracht kommenden Fallwinkeln lassen sie sich in einfacher Weise anpassen. Unregelmäßigkeiten im Einfallen lassen sich mit ihnen innerhalb gewisser Grenzen durch ihre Ausbildung als Hängerutschen überwinden. An die Mächtigkeit der Lagerstätte stellen sie die denkbar geringsten Anforderungen, wenn sie als Rollenrutschen gebaut werden. Andererseits reicht ihre Leistungsfähigkeit auch für größere Mächtigkeiten vollkommen aus. Auch die mit ihnen zu bestreichende flache Abbauhöhe ist durchaus groß genug, da sie ohne Schwierigkeiten mit Förderhöhen von 60—80 m betrieben werden und nötigenfalls auch noch größere Förderhöhen überwinden können.

Die beiden anderen Förderverfahren haben demgegenüber den Vorteil des günstigeren und billigeren Antriebs, da bei ihnen die Bewegung gleichmäßig erfolgt und nicht die tote Masse der ganzen Anlage mitbewegt zu werden braucht. Besonders günstig stehen die Gurtförderer mit ihrem sehr geringen Kraftbedarf da. Dagegen werden bei diesen die Verschleißkosten für die Bänder bei der mangelhaften Verlagerung, wie sie sich unter Tage meist nur erzielen läßt, sehr hoch. Ferner können sie nur bei geringen Fallwinkeln verwendet werden, da bei stärkerer Neigung die größeren Stücke infolge des Durchhängens der Bänder zwischen den Trageböcken ins Rollen kommen und seitlich abspringen. Auch lassen sie sich wegen ihrer größeren Höhenbeanspruchung nicht in ganz dünnen Flözen benutzen. In der Förderhöhe sind sie sehr beschränkt, da schon Höhen von etwa 30 m und bei unregelmäßigem Einfallen noch geringere Förderlängen wegen der schwierigen Ausrichtung der einzelnen Lagerböcke und wegen der Neigung der Bänder zum seitlichen Wandern die Grenze bilden, die nur mit großen Verschleißkosten überschritten werden kann. Für die Zuführung von Versatzbergen sind sie sehr wenig geeignet.

Die Schleppkettenförderungen sind hinsichtlich der Förderhöhe am wenigsten beschränkt, da bei ihnen mit wechselnder Höhe die Förderschwierigkeiten nur in geringem Maße zunehmen. Sie haben schon für Abbauhöhen von 100 m vorteilhaft Verwendung gefunden.<sup>1)</sup> Für dünne

<sup>1)</sup> Glückauf 1908, S. 1290; Forstmann: Maschinelle Fördereinrichtungen vor Ort auf rheinisch-westfälischen Gruben.

Flöze sind sie nur dann geeignet, wenn das Hangende so gut ist, daß die beiden Kettentrümme nebeneinander laufen können. Gegen Unregelmäßigkeiten im Einfallen sind sie wenig empfindlich. Ihre Verschiebung ist, wenn sie nicht im ganzen erfolgen kann, umständlicher als die der Schüttelrutschen, aber einfacher als bei den Gurtförderern. Die Zuführung von Versatzbergen stößt auf Schwierigkeiten. Ihr Verschleiß ist nicht unbedeutend, wenn er auch infolge der Bildung einer dünnen Feinkohlenschicht zwischen den Mitnehmern und den Rutschen nicht so groß ist, wie man zunächst annehmen möchte.

Alles in allem verdienen die Schüttelrutschen für die Lagerungs- und Abbauverhältnisse des Steinkohlenbergbaues entschieden den Vorzug. Sie eignen sich auch für den Erz- und Kalibergbau und für Verhältnisse, wie sie im Braunkohlentagebau herrschen. Doch ist nicht zu verkennen, daß hier die Bedingungen, sofern es sich um große Mächtigkeiten und flache Lagerung oder wenigstens, wie in steilgelagerten Kalisalzlagern, um söhliche Förderwege handelt, für die Gurtförderer nicht ungünstig sind. Denn wegen der großen Mächtigkeit kann und muß mit geringen Förderlängen gearbeitet werden, die Förderung von Versatzgut neben der Mineralienförderung ist nicht erforderlich, die größere Höhenbeanspruchung der Gurtförderer fällt nicht ins Gewicht, und die Möglichkeit, mit ihnen in bequemer Weise etwas ansteigend zu fördern, um auf die Höhe der Oberkante der Förderwagen zu kommen, macht sich vorteilhaft bemerklich. Auch tritt der Nachteil der Empfindlichkeit gegen unrichtige Ausrichtung zurück wegen der bequemen Raum- und Beleuchtungsverhältnisse und wegen der selteneren Verschiebung.

Die Schleppkettenförderungen eignen sich besonders für die Bestreichung größerer Förderhöhen in Lagerstätten mit nicht zu geringer Mächtigkeit. Ein besonderer Fall, der für sie günstige Bedingungen bietet, ist der systematische Unterwerksbau, dem man jetzt größere Beachtung zuzuwenden beginnt.<sup>1)</sup> Denn hier sind größere Förderhöhen erwünscht, damit die Förderung nicht zu sehr zersplittert wird. Die Zuführung von Versatzbergen aber erfolgt in naturgemäßer Weise von oben, also in entgegengesetzter Richtung zur Kohlenförderung. Man kann also, gute Beschaffenheit des Hangenden vorausgesetzt, beide Kettentrümme nebeneinander legen und das vordere zur Kohlen-, das hintere zur Bergförderung benutzen (vgl. Fig. 309).

## B. Streckenförderung.

**22. — Vorbemerkung.** Für die Streckenförderung kommt heute im deutschen Bergbau nur noch die rollende Förderung mit Hilfe von Wagen in Betracht. Bei ihr finden wir den zur Fortbewegung nötigen Kraftaufwand auf das Mindestmaß zurückgeführt.

Die Fortschritte der mechanischen Abbauförderung haben allerdings bereits zu dem Vorschlage geführt, auch die Streckenförderung durch Schüttelrutschen u. dgl. zu bewerkstelligen. In der Tat ist für die Förde-

<sup>1)</sup> Glückauf 1912, S. 581; Westermann: Die Wirtschaftlichkeit und Zweckmäßigkeit des Unterwerksbaues usw.

rung in Abbaustrecken dieser Gedanke bereits auf verschiedenen ober-schlesischen Gruben in die Tat umgesetzt worden, wo man Abbau- und Streckenrutschen durch Winkelhebel verbunden und gemeinsam angetrieben hat. Ergebnisse für einen genügend langen Zeitraum liegen noch nicht vor. Da die Kosten der Wagenförderung an sich erheblich geringer als die der mechanischen Fördereinrichtungen sind, so würde der Vorteil der letzteren nicht in der Verbilligung der Förderkosten, sondern in der wesentlichen Verringerung der Streckenquerschnitte liegen.

#### a) Förderwagen.

**23. — Allgemeine Erfordernisse.** Die wesentlichen Bestandteile eines Förderwagens<sup>1)</sup> sind der Wagenkasten und der Radsatz. Hierzu tritt vielfach ein beide Teile verbindendes Rahmengestell.

An einen guten Förderwagen sind eine ganze Reihe verschiedenartiger und sich teilweise widersprechender Anforderungen zu stellen, von denen als die wichtigsten zu nennen sind: Billigkeit, geringes Gewicht bei großem Fassungsraum, Widerstandsfähigkeit gegen Stöße einerseits, Verschleiß, Staub und saure Wasser andererseits, sichere Spurlhaltung, leichte Handhabung beim Schleppen und beim Wiedereinheben nach Entgleisungen, leichte und sichere Durchfahrung von Kurven, genügende Standfestigkeit, möglichst bequeme Füllung. Endlich muß der Wagen den besonderen Verhältnissen der Grube, namentlich der Mächtigkeit der Lagerstätten einerseits und dem Schachtquerschnitt andererseits, angepaßt sein. Die Erfüllung dieser Bedingungen in ihrer Gesamtheit ist nicht möglich. So ist z. B. der hölzerne Wagen billig, aber gegen Verschleiß und Stoß wenig widerstandsfähig. Niedrige Wagen sind standsicher, leicht zu schleppen und zu beladen, müssen aber zur Erzielung eines genügenden Fassungsraumes lang gebaut werden, wodurch sie mehr Raum im Schachte beanspruchen. Wagen mit breiter Spur sind standsicher, aber schwerer durch Kurven zu bringen. Wagen mit dicht nebeneinander stehenden Achsen können leicht durch Kurven gefahren und im Entgleisungsfalle wieder ohne große Mühe auf die Schienen gehoben werden, eignen sich aber wegen ihrer Neigung zum Kippen schlecht für mechanische Förderung usw. Besondere Schwierigkeiten verursacht auch die Notwendigkeit, bei der Wahl der Förderwagen Schachtquerschnitt und Verhältnisse unter Tage in gleichem Maße zu berücksichtigen.

**24. — Wagenkasten.** Beim Wagenkasten ist die Querschnittform, die Grösse der Abmessungen nach Länge, Breite und Höhe, der Fassungsraum und der zur Herstellung verwandte Stoff von Bedeutung. Die am meisten gebräuchlichen Querschnittformen werden durch Fig. 333 veranschaulicht. Wagen mit untergebauten Rädern (*f*) sind

<sup>1)</sup> In verschiedenen Bergrevieren werden die Förderwagen als „Hunde“ bezeichnet. Man hat dies Wort aus dem Slowakischen herleiten zu müssen geglaubt (hyntow) und daher die Schreibweise „Hunt“ vorgeschlagen. Jedoch finden sich im Bergbau und Maschinenwesen vielfach Tiernamen als Bezeichnungen, wie z. B. „Bär“ für „Gegengewicht“, „Katze“ oder „Laufkatze“ für kleine Wagen mit Flaschenzug, „Teckel“ für die kleinen Holzwagen in Westfalen; es erscheint daher nicht als notwendig, zu einer solchen Erklärung zu greifen.



jedoch wenig zweckmäßig, da sie wegen höherer Lage des Schwerpunktes wenig standsicher sind. Der Wagen *a* hat einen verhältnismäßig geringen Fassungsraum. Wesentlich mehr faßt bei gleicher Breite, Höhe und Länge der Wagen *e*, jedoch sind diesem trotz etwas geringeren Inhalts die Wagen *b* und *c* vorzuziehen, da die einspringenden Ecken von *e*, wenn auch abgerundet, dem Verschleiß stark ausgesetzt sind, namentlich bei Erz- und Bergförderung. Eine sehr zweckmäßige Bauart zeigt der Muldenwagen *d*, der den Vorzug guter Raumausnutzung mit den weiteren der Standsicherheit, des geringen Verschleißes und der leichten und vollständigen Entleerung vereinigt. Letztere beiden Vorteile ergeben sich aus dem Fehlen der Ecken, die immer die schwachen Stellen des Wagens sind und zum Festsetzen von Teilen des Inhalts Veranlassung geben, namentlich bei Förderung feuchter Massen, zu denen z. B. Kohle aus Abbauen mit Berieselung stets zu rechnen ist.

Was die Abmessungen betrifft, so sind vom Standpunkte einer guten Ausnutzung der Schachtscheibe hohe Wagen mit entsprechend verringerten Abmessungen im Grundriß vorzuziehen. Auf der anderen Seite ist es günstig, wenn man mit den Wagen bis unmittelbar vor den Abbaustoß fahren kann, was allerdings nur für flachere Lagerung in Frage kommt. Für diesen Zweck verdienen die niedrigen Wagen, seien sie nun kurz und breit oder schmal und lang, durchaus den Vorzug, zumal bei

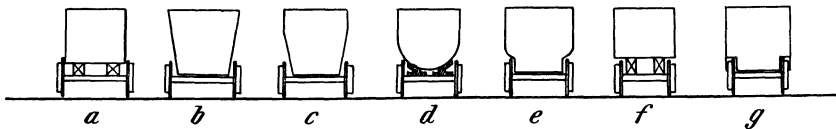


Fig. 333. Verschiedene Förderwagenformen.

ihnen auch das Einladen geringere Mühe verursacht. Bei mechanischer Abbauförderung verliert jedoch dieser Gesichtspunkt an Bedeutung, so daß man bei voller Durchführung einer solchen Abbauförderung die Abmessungen des Wagenkastens der Schachtförderung anpassen kann.

Der Fassungsraum der Wagen soll zu seinem Gewicht in möglichst günstigem Verhältnis stehen. Daher ist es erwünscht, nicht nur die Wagen so leicht zu bauen, wie es die Rücksicht auf die Festigkeit zuläßt, sondern auch in der Größe der Wagen so weit zu gehen, wie es die verfügbaren Streckenquerschnitte und die Rücksicht auf die Schlepperförderung ermöglichen. Denn mit der Verdoppelung des Wageninhalts steigt das Wagengewicht nicht etwa gleichfalls auf das Doppelte. Große Wagen sind besonders angebracht einerseits für Gruben, deren Verhältnisse für die Schlepperförderung günstig liegen, d. h. die auf mächtigen Lagerstätten bauen und deshalb überall über große Streckenquerschnitte verfügen, und in denen flach geneigte Wagenbremsberge mit Zwischenschlägen mit ihnen für das Anschlagen schwierigeren Verhältnissen von geringer Bedeutung sind, — und andererseits für Gruben mit tiefen Schächten. Mit zunehmender Schachttiefe wachsen nämlich die Ansprüche, die an das Förderseil gestellt werden müssen, sehr beträchtlich, da man zur Erzielung genügender Förderleistungen eine größere Anzahl von Förderwagen mit jedem Zuge zu heben bestrebt ist. Infolgedessen muß dann die im Wagen-

gewicht steckende tote Last möglichst herabgedrückt werden. Daher finden wir im deutschen Kalibergbau, der sich durch große Streckenquerschnitte und Zurücktreten der Bremsbergförderung auszeichnet, Wagen bis zu 1 t Fassungsraum, und im lothringischen Minettebergbau, der ähnliche Verhältnisse aufweist, geht man sogar bis zu 1,5 t; auch im ober-schlesischen Steinkohlenbergbau sind auf verschiedenen Gruben Wagen von ähnlicher Größe im Gebrauch. Dagegen ist es andererseits im Ruhrkohlenbezirk, wo auf den neuen Anlagen große Fördermassen aus bedeutenden Teufen gehoben werden müssen, die Rücksicht auf die Schachtförderung, die zur Verwendung größerer Wagenformen geführt hat. Zwar ist hier die obere Grenze wegen der geringeren Flözmächtigkeiten niedriger gesteckt als für die anderen Bergbaubezirke, doch ist man immerhin von den früher meist üblichen Wagen von 500 kg Inhalt auf vielen Gruben zu solchen für 600—650 kg übergegangen, vereinzelt werden auch Wagen für 750 kg benutzt.

Übrigens ist die Verwendung schwerer Wagen durch die leichtere Beweglichkeit infolge der Verbesserungen in der Bauart der Radsätze begünstigt worden.

Der Wagenkasten wird aus Holz oder Stahlblech hergestellt. Hölzerne Kasten (Fig. 334) haben den Vorteil der Billigkeit und des (in trockenem Zustande) geringeren Gewichtes. Sie verschleifen allerdings schneller, namentlich bei Erz- und Bergeförderung, können aber durch Erneuerung der betreffenden Bohlen leicht und billig ausgebessert werden.

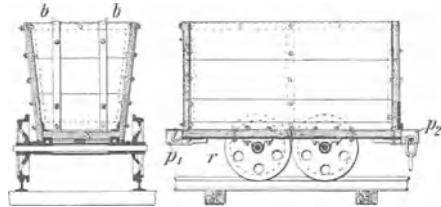


Fig. 334. Hölzerner Förderwagen (Saarbezirk).

Der betreffende Bohlen leicht und billig ausgebessert werden. Nachteilig ist dagegen ihr geringer Widerstand gegen Feuchtigkeit sowie ihr größerer Raumbedarf infolge der größeren Wandstärken, der, obwohl an sich nicht erheblich, doch für stark beanspruchte Schachtförderungen wegen des beschränkten Raumes auf den Gestellen ins Gewicht fällt. Daher bevorzugt der Steinkohlenbergmann namentlich bei größeren Tiefen und Fördermengen Wagen aus Stahl, während im Erzbergbau Holzwagen viel in Gebrauch sind. Jedoch hat auch der Saarbrücker Bergbau die Holzwagen durchweg noch beibehalten.<sup>1)</sup> Verschiedentlich wird aber auch eine Verbindung beider Stoffe angewandt, indem man die Wandungen aus Blech, den Boden als den am schnellsten abgenutzten Teil aus Holz herstellt.

Gegen Zugbeanspruchungen, wie sie bei der Zusammenkuppelung von Wagen zu größeren Wagenzügen auftreten, sind Holzwagen wenig widerstandsfähig. Man hilft sich dann nach Fig. 334 durch ein untergeschraubtes Flacheisen  $r$ , das die Kuppelringe oder -Haken trägt und den Wagenboden entlastet.

Stahlblechwagen (Fig. 335) kann man gegen Nässe durch Verzinkung schützen, diese kommt besonders für Steinkohlengruben mit Berieselung in Betracht, da diese dem Rosten wesentlich Vorschub leistet.

<sup>1)</sup> Der Steinkohlenbergbau des Preussischen Staates in der Umgebung von Saarbrücken (Berlin 1906), III. Teil; Mellin: Der technische Betrieb, S. 115.

Die Stärke der Wandungen beträgt für Holzwagen in den Seitenwänden ca. 40, im Boden etwa 60 mm, wogegen man bei Stahlwagen mit 3 bzw. 4 mm auskommt. Holzwagen werden durch Beschläge aus Flach- oder Winkeleisen zusammengehalten und gleichzeitig versteift; Stahlblechwagen bestehen aus einem Gerippe von Profileisen (in der Regel L-Eisen), an das die Bleche angenietet sind, und werden zweckmäßig durch ein um den oberen Rand gelegtes Flacheisen (s. Fig. 335) verstärkt.

Die Verbindung zwischen Wagenkasten und Radsatz kann mit oder ohne Vermittelung eines Rahmengestells erfolgen. Ein solches kann, einerlei, aus welchem Stoff der Wagenkasten besteht, aus Holz (Fig. 333 *a* und *f*) oder Eisen hergestellt werden. Die Gestelle machen den Wagen höher und beeinträchtigen dadurch seine Standsicherheit und seine Verwendung in niedrigen Abbaubetrieben; auch verteuern sie ihn etwas.

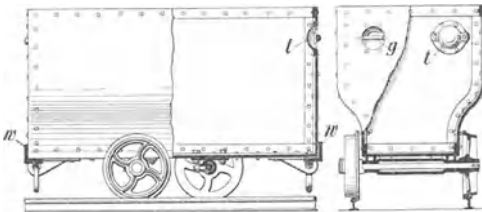


Fig. 335. Stählerner Förderwagen.

Andererseits bieten sie den Vorteil einer leichten Anbringung und Erneuerung der Lager und einer elastischen Verbindung zwischen Kasten und Radsatz. Auch stellen sie eine wirksame Versteifung des Wagenbodens dar und gewähren die

Möglichkeit zur Herstellung einfacher Puffervorrichtungen, da man zu diesem Zwecke nur die Gestellbäume über den Wagenkasten hinaus vorspringen zu lassen und durch Eisenbänder oder Blechkappen zu verstärken braucht, soweit sie nicht schon aus Eisen bestehen. Wenn kein Rahmengestell vorhanden ist, muß in anderer Weise

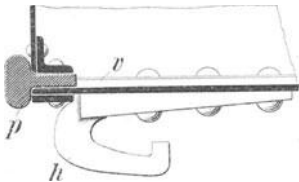


Fig. 336. Haken und Puffer eines Förderwagens.

für Puffervorrichtungen gesorgt werden, die bei den starken Stößen, denen die Wagen ausgesetzt werden, unerlässlich sind. Bei Stahlblechwagen kann man zu diesem Zwecke starke Winkeleisen (*w* in Fig. 335) außen anbringen oder zwischen Wagenboden und innerer Winkeleisenversteifung Pufferköpfe (*p* in Fig. 336) befestigen. Auch werden starke auswechselbare Prellhölzer außen angeschraubt. Prellhölzer mit Stahlblechschild zeigt Fig. 334 ( $p_1 p_2$ ).

Zwecks Verkuppelung miteinander zu Wagenzügen erhalten die Wagen Ringe (Fig. 335), Haken (*h* in Fig. 336) oder besondere Kuppelvorrichtungen (s. Fig. 377 auf S. 343).

Von anderen Bestandteilen der Wagen sind noch zu erwähnen:

a) Schutzvorrichtungen gegen Handquetschungen der Schlepper, wie sie leicht vorkommen können, wenn die Hände auf den Wagenrand gelegt werden müssen. Einfache Mittel dieser Art sind sog. „Schlepphaken“ (*h* in Fig. 337 *a*), Aussparungen in der Oberkante der Stirnwände (Fig. 337 *b*) oder „Taschen“ (*t* in Fig. 335, *s* in Fig. 337 *c*). Bei der letztgenannten Bauart, die vom Betriebsinspektor Droste auf Zeche ver. Constantin der Große bei Bochum angegeben ist, sind überdies die Wagenstirnwände

etwas nach innen geneigt, so daß der Schlepper die Hände bequemer in die Taschen als auf die Wagenoberkante legen und an Füllrörtern u. dgl.

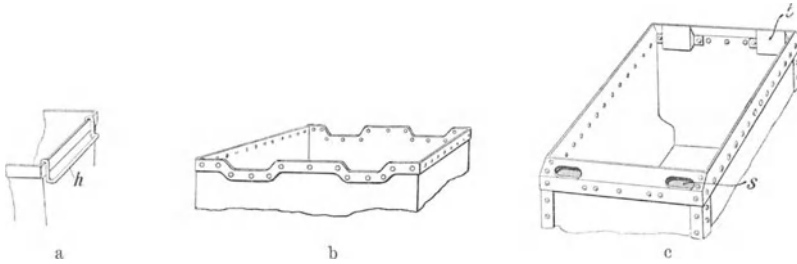


Fig. 337 a—c. Fingerschutz-Einrichtungen bei Förderwagen.

seitwärts neben dem Wagen gehend diesen nach sich ziehen kann, ohne verletzt werden zu können.

b) Vorrichtungen gegen betrügerischen Austausch der die Kameradschaft kennzeichnenden Wagennummern. Fig. 338 zeigt z. B., wie die außen hängende Wagennummer durch einen durchgesteckten gekrümmten Riegel *b*, der an der Kette *k* hängt, festgehalten wird; das Herausziehen des Riegels wird durch die auf ihm ruhende Last des Wageninhalts verhindert.



Fig. 338. Sicherung des Nummertäfelchens.

25. — **Radsatz.** Eine besondere Wichtigkeit kommt dem „Geläufe“ oder Radsatz zu, der aus den Achsen und Rädern besteht.

Man kann sowohl die Achsen in ihren Lagern als auch die Räder um ihre Achsen sich drehen lassen. Im ersteren Falle ergibt sich jedoch die Schwierigkeit, daß die Räder sich nicht unabhängig voneinander drehen können und daß infolgedessen beim Durchfahren von Kurven das über die äußere Schiene laufende Rad, da es den größeren Weg zu machen hat, durch das innere Rad gebremst wird, was Reibung und Verschleiß erhöht. Bei lose laufenden Rädern dagegen besteht der Übelstand, daß die Reibungsflächen zwischen Rädern und Achsen schwer unter Schmiere zu halten und gegen das Eindringen von Staub zu schützen sind; infolgedessen ergeben sich rasche Abnutzungen und große Ölverluste. Man sucht daher jetzt in der Regel die Vorteile beider Anordnungen zu vereinigen, indem man die „über Kreuz“ liegenden Räder lose laufen läßt und im übrigen die Achsen ihrerseits drehbar verlagert. Ein Beispiel gibt Fig. 339, die gleichzeitig die im Ruhrbezirk meist übliche Art der Verbindung zwischen Achsen und Rädern erkennen läßt. Die an einem Ende mit einem Bund *d* versehene Achse wird durch beide Räder und Lager hindurchgesteckt und nun das auf dem entgegengesetzten Ende sitzende Rad durch einen Splint *f* fest mit der Achse verbunden, die an dieser Seite schwach konisch abgedreht ist. Zur Sicherung der genauen Parallel-

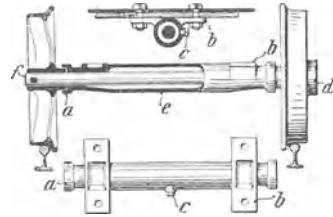


Fig. 339. Achslagerbüchse.

Zur Sicherung der genauen Parallel-

richtung beider Achsen werden vielfach die Achsen selbst, (wenn sie fest sind), oder die Lagerbüchsen beider Achsen, wenn diese beweglich sind (s. Fig. 340), zu einem Rahmen zusammengelassen, wodurch gleichzeitig eine gute Versteifung des Wagenbodens erzielt wird.

### 26. — Lagerung und Schmierung von Achsen und Rädern.

**Offene Lager.** Die richtige Lagerung beweglicher Achsen und Räder bietet Schwierigkeiten, da sie bei möglichst billiger und leichter Ausführung wenig Verschleiß ergeben soll und dazu eine möglichst gute Ausnutzung und daher sparsame Verwendung der Schmiermittel anzustreben sind.

Die einfachsten, aber auch unvollkommensten Lager sind die offenen. Derartige Lager für Achsen sind in Fig. 340 dargestellt; die Achse  $a$

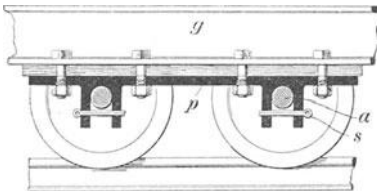


Fig. 340. Offene Lager, als Rahmen zusammengelassen.

ist durch einen vorgesteckten Splint  $s$  gegen das Herausfallen beim Anheben des Wagens gesichert. Bei Rädern kann von offenen Lagern gesprochen werden, wenn die Räder lose auf den Achsen laufen. Die Schmierung erfolgt durch Eingießen der Schmiere in die Lagerstellen oder einfach durch Bestreichen mit einem Quast, je nachdem dünn-

flüssiges Öl oder eine zähe Wagenschmiere verwandt wird. Letztere wird vielfach bevorzugt, weil das Bestreichen rasch erfolgen kann und die Schmiere weniger schnell wieder verloren geht. Die Achsen werden von unten,

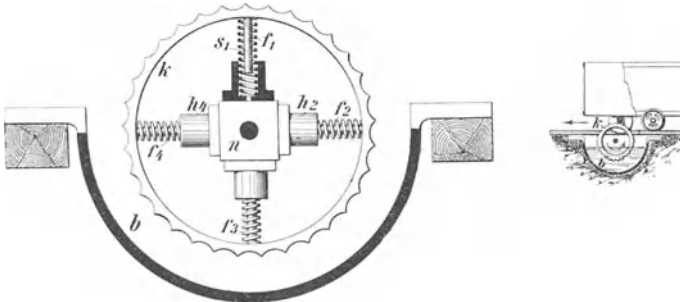


Fig. 341. Schmierrad für offene Achslager.

die Räder von der Seite geschmiert. Es muß also zu diesem Zweck der Wagen um  $180^\circ$  oder  $90^\circ$  gedreht werden, was bei kleinerer Förderung während des Ausstürzens des Inhalts der vollen Wagen auf die Schwingsiebe usw. an der Hängebank, bei starker Förderung, wo diese Aufenthalte zu vermeiden sind, mit Hilfe besonderer „Schmierwipper“ geschieht, die zwischen Sturzwipper und Schachtmündung in den Rücklauf der leeren Wagen eingeschaltet werden. Diese Schmierung muß bei dem schnellen Auslaufen der Schmiere aus den offenen Lagern genügend häufig, mindestens einmal in jeder Schicht stattfinden.

Eine wesentliche Vereinfachung und Beschleunigung des Schmierens von offenen Achsenlagern wird durch die in Fig. 341<sup>1)</sup> dargestellte Einrichtung erreicht. Ein mit seinem unteren Teile durch die in einem Behälter  $b$  untergebrachte Schmiere streichendes Rad  $k$  mit welliger Außenfläche wird von der Achse mitgenommen und ein Stück weiter gedreht, wobei es die an ihm haftende Schmiere an die Achse abgibt. Der Durchgang der Achse wird dadurch ermöglicht, daß das Schmierrad auf Federn  $f_1-f_4$  verlagert ist, also sich seitwärts und nach unten drücken läßt. Jedoch lassen sich die lose auf der Achse laufenden Räder nicht in dieser Weise schmieren.

Diese Verfahren der Schmierung offener Lager sind naturgemäß roh und mit großen Verlusten an Schmiere verbunden. Ihre Nachteile sollen vermieden werden bei dem in Fig. 342 abgebildeten Radsatz der „Fahrendeller Hütte“ (Winterberg & Jüres) in Bochum, der offene Lager mit geschlossenen Schmierbehältern verbindet und so einen Übergang zu den geschlossenen Lagern darstellt. Die beiden Schmierbüchsen sind in der Längsrichtung des Wagens an seinen beiden Seiten angeordnet. Jede ist mit 2 angegossenen offenen Lagern versehen; der Austritt der Schmiere zu diesen wird durch die Schlitze  $s$  vermittelt, die so hoch liegen, daß sie auch nach eingetretenem Verschleiß der Achse immer noch von dieser verschlossen werden. Ein Festsetzen der Schmiere in den Büchsen soll durch Kugeln  $k$  in diesen verhindert werden, die durch die Erschütterungen während der Förderung ins Rollen kommen und die Schmiere den Schlitzen zudrängen. Die Füllöffnung wird durch die Schraube  $f$  verschlossen gehalten.

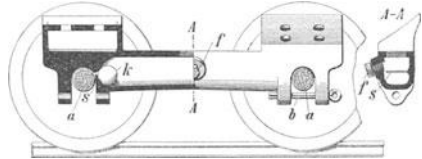


Fig. 342. Lagerbüchse von Winterberg & Jüres für offene Achslager.

**27. — Geschlossene Lager.** Bei den eigentlichen geschlossenen Lagern ist die Lagerstelle selbst ein Teil der Schmierbüchse. Und zwar kann entweder jede Lagerstelle von einer besonderen Büchse umschlossen werden, so daß sich für einen Wagen 4 Lagerbüchsen ergeben; oder es können die beiden Lagerstellen einer jeden Achse durch eine die letztere auf ihre ganze Länge umgebende Büchse verbunden sein. Die Übertragung der Schmiere an die Achsen wird vielfach durch eingelegte Filzringe oder Filzstreifen vermittelt. Als Beispiel sei das Lager von Lenz (Fig. 343) erwähnt, das aus 2 zusammengegossenen Teilen besteht. Der hintere ist vierkantig und dient zur Befestigung am Wagen, die bei der in der Figur dargestellten Ausführung durch Vermittelung von  $\square$ -Eisen bewirkt ist, die vierkantige Öffnungen zum Durchstecken der Büchsen haben. Die durch beide Teile sich erstreckende Schmierbüchse ist in ihrem unteren Teil mit 2 durch Querkanäle  $c_1-c_4$  unter sich verbundenen Kanälen  $b_1 b_2$  versehen. Die Kanäle dienen als Ölbehälter. Die Längskanäle  $b_1 b_2$  sind mit Filzstreifen ausgelegt. Zum Schutz gegen das Eindringen von Kohlen-

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1896, Taf. 7, Fig. 6 u. 7; Versuche u. Verbesserungen.

staub usw. von der Vorderseite her ist die Büchse hier mit einem halbzylindrischen Ansatz  $e$  versehen, der über die Radnabe greift.

Beispiele für Lagerbüchsen, welche die ganze Achse umschließen, bieten die Figuren 339 (S. 313) und 344. Als Schmierbehälter dient der ganze, die Achse umgebende Raum. Zur Verringerung des Verschleißes wird vielfach der obere Teil des Lagers mit Lagermetall ausgegossen; auch greift wie beim

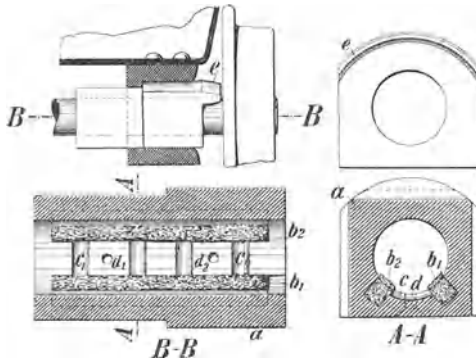


Fig. 343. Geschlossenes Lager von Lenz.

der Bauarten als Rollenlager gebaut werden, indem man die Achse in Stahlrollen laufen läßt und so an die Stelle der gleitenden Reibung zwischen Achse und Lager diejenige der viel geringeren rollenden

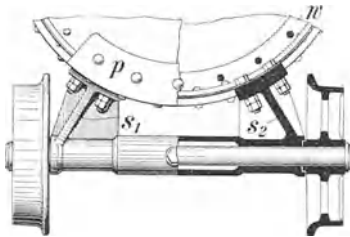


Fig. 344. Geschlossene Lagerbüchse mit angegossenen Lagerstühlen für Muldenwagen.

Reibung zwischen der Achse und den Rollen treten läßt. Die Schwierigkeit besteht bei einem solchen Lager in der Erhaltung der Rollen in genau paralleler Lage trotz aller Stöße und Erschütterungen, weil sonst Klemmungen eintreten, die sofort eine sehr starke Vergrößerung der Reibung zur Folge haben und leicht zu Brüchen führen. Zwei Bauarten von Rollenlagern werden durch die Figuren 345  $a$  u.  $b$  veranschaulicht, die Ausführungen der „Wittener Stahlformgießerei“ darstellen. Bei beiden liegen die Rollen  $r$  zwischen Ringen  $s_1$  und  $s_2$ , die durch Längsbolzen  $b$  miteinander verbunden sind. Die Ringe in Fig. 345  $a$  haben Aussparungen, in die sich die Rollen hineinlegen, während die Ringe in Fig. 345  $b$  mit Einbuchtungen versehen sind, in denen die Rollen mit konischen Enden laufen. Die letztere Figur zeigt auch die Abdichtung nach außen durch einen Filzring  $f$  und den die Nabe umfassenden Ringansatz  $n$ . Andere Rollenlager sind diejenigen von der „Bergischen Stahlindustrie“ in Remscheid, von Schulze-Vellinghausen in Düsseldorf und von Halstrick in Herne. — Ein Rollenlager-Radsatz kostet etwa 40—50  $M$ .

Auch Kugellager hat man neuerdings angewandt, wie Fig. 346<sup>1)</sup> zeigt; hier sind in den beiden Lagerstellen der Lagerbüchse  $l$  je 2 Reihen von Stahlkugeln  $k$  untergebracht, die zwischen je 2 Ringen  $r_1 r_2$  laufen. Die Lager umschließen die Radnaben mit den Angüssen  $z_1 z_2$ .

Die Kosten eines solchen Radsatzes betragen 70—80 *M.* Nun ist allerdings (s. auch Ziff. 38) nach Versuchen von Schulte u. a. der Reibungswiderstand von Wagen mit Kugellagern um 20—25 % geringer

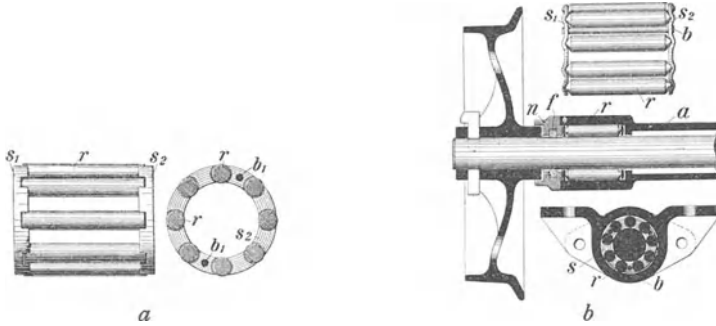


Fig. 345 a u. b. Rollenlager der Wittener Stahlformgießerei

als derjenige von Wagen mit Rollenlagern; auch brauchen die ersteren nur einmal jährlich neu gefüllt zu werden, während die letzteren alle 4—6 Wochen einer Neufüllung bedürfen. Trotzdem ist aber der Preisunterschied so groß, daß die Verwendung von Kugellagern keine Vorteile bringt, wenn nicht die Betriebskraft für die Förderung sehr teuer ist.<sup>1)</sup>

Die geschlossenen Lager bieten zweifellos den großen Vorzug einer bedeutenden Ölersparnis und einer Verringerung der Reibung und des Verschleißes wegen der dauernden Zuführung von

Schmieröl und der besseren Fernhaltung von Staub und Schmutz von den Lagerstellen. Auch verringern sich die Ausgaben für Löhne, da der Schmieresvorrat nur alle 3—6 Wochen erneuert zu werden braucht. Nachteilig ist jedoch, namentlich bei den die ganze Achse umschließenden Büchsen, daß Verschmutzungen und Beschädigungen der Lager und Achsen länger verborgen bleiben und so starken Verschleiß und große Kraftverluste bewirken können. Die Vermeidung dieser Nachteile erfordert durchaus eine sorgfältige Überwachung der sämtlichen Wagen. Zu diesem Zwecke ist der Tag

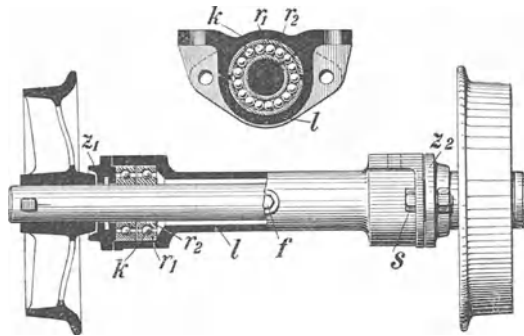


Fig. 346. Radsatz mit Kugellagern.

<sup>1)</sup> Glückauf 1910, S. 240; Schulte: Kugel- und Rollenlagerradsätze für Förderwagen.



der letzten Schmierung in irgendeiner Weise am Wagen zu vermerken, sei es nun, daß das Datum selbst auf ihm verzeichnet wird oder daß alle Wagen, die am 1., am 10., am 20. des Monats usw. mit Schmiere neu versehen werden müssen, eine gemeinsame Marke oder Kerbe u. dgl. erhalten. Ein anderes Mittel der Überwachung ist die öftere Feststellung des Reibungswiderstandes durch einfache Mittel, über die weiter unten (Ziff. 40) gesprochen werden wird.

Die Füllung der Lagerbüchsen mit Schmiere erfolgt von Hand oder auf mechanischem Wege. Bei letzterem Verfahren kann man sich der Zylinder von abgeworfenen Dampf- oder Preßluftmaschinen als Schmierebehälter bedienen und die Schmiere durch den Kolben, der von der Kolbenstange eines zweiten Zylinders vorgeschoben wird, oder einfacher durch unmittelbaren Luftdruck von wenigen Bruchteilen einer Atmosphäre heraus- und in die Lager pressen lassen.

Die Schmiere darf nicht zu dünnflüssig sein, weil dann leicht Verluste eintreten, und andererseits nicht zum Festwerden oder Verharzen neigen, weil sie dann im Laufe der Zeit die Reibung eher vergrößert als verringert. Auch muß sie säurefrei sein. Statt flüssiger Schmiere wird vielfach auch „konsistentes Fett“, d. h. Schmiere von butterartiger Festigkeit, zum Füllen der Lagerbüchsen benutzt.

**28. — Achsen und Räder.** Die Achsen werden ihrer starken Beanspruchung halber jetzt stets aus Stahl hergestellt. Für die Büchsen kommt getempertes, d. h. durch nachträgliche Entziehung von Kohlenstoff zäh gemachtes Gußeisen oder getemperter Stahlguß in Betracht. Von Wichtigkeit ist jedoch, daß für Büchsen und Achsen nicht völlig gleichartiges Material benutzt wird, da dann der Verschleiß sehr groß wird. Man muß also entweder ein weiches Material für die Büchsen verwenden oder deren Lagerstellen mit Lagermetall besonders auskleiden.

An die Förderwagenräder werden ganz besonders hohe Ansprüche gestellt, da sie nicht nur durch die Stöße bei der Streckenförderung, sondern auch durch hartes Aufsetzen bei der Bremsberg- und Schachtförderung beschädigt werden können. Zudem sind sie dem Verschleiß erheblich unterworfen, da ihre Laufflächen in der Grube besonders leicht verschmutzen und sie wegen ihres geringen Durchmessers eine verhältnismäßig sehr große Menge Umdrehungen machen müssen.

Infolgedessen sind an die Stelle der einfach und billig herzustellenden Gußeisenräder, die wegen ihrer Sprödigkeit leicht zerbrechen, Räder aus Gußstahl und später solche aus getempertem Gußstahl getreten. Nach Erfahrungen im Saarbezirk<sup>1)</sup> verhielt sich die Lebensdauer von Rädern aus Temperstahl zu solchen aus Gußstahl bzw. Gußeisen ungefähr wie 100 : 6,13 : 2,0.

Ein Rad der gebräuchlichsten Form besteht aus der Radnabe, dem Laufkranz und den diese verbindenden Speichen (daher „Speichenrad“). Die Speichen wurden früher S-förmig gegossen, um in sich etwas federn und so dem Rad eine gewisse Elastizität geben zu können. Heute ist diese Form infolge der vorzüglichen Beschaffenheit des Materials als unnötig

<sup>1)</sup> Sammelwerk, Bd. V, S. 26.

erkannt und wegen des größeren Gewichts derartiger Räder verlassen worden. Außer diesen Rädern werden auch die sog. „Scheibnräder“ verwandt, bei denen an die Stelle der Speichen eine volle Scheibe tritt, die jedoch mit kreisförmigen Aussparungen versehen ist. Diese Löcher sollen einmal das Gewicht verringern, ferner die Haltbarkeit erhöhen, indem schädliche Spannungen beim Guß vermieden werden, und endlich das Durchstecken von Bremsknüppeln ermöglichen.

Die Radnabe darf nicht zu schmal sein, sondern soll den Radruck zwecks besserer Schmierung und geringeren Verschleißes auf eine größere Fläche verteilen. Der Laufkranz wird schwach konisch hergestellt, damit er sich fest gegen den Innenrand der Schiene legt und so ein seitliches Schlingern der Wagen vermieden wird; auch wird auf diese Weise der Spurkranz vor seitlichem Verschleiß geschützt.

Besondere Aufmerksamkeit erfordern die auf der Achse lose laufenden Räder, da bei ihnen eine befriedigende und dauernd wirksame Schmierung bedeutend schwieriger ist als bei den Achsen. Infolgedessen sind im Laufe der Zeit eine ganze Reihe verschiedener Bauarten von Rädern mit geschlossenen Schmierbehältern vorgeschlagen worden, von denen Fig. 347 ein Beispiel veranschaulicht. Der Schmierbehälter *o* ist hier im Radkörper selbst schon beim Guß ausgespart worden, so daß seine Wandung als ringförmiges Gehäuse *n* die auf der Achse laufende Schleißbüchse *h* umgibt. Für die Hochförderung der immer im tiefsten Teile sich sammelnden Schmiere sorgt nach Art der Ringschmierlager die Kette *k*, die in den Hohlraum herabhängt und die an ihr haftende Schmiere durch die Schlitz *s* der Achse zufließen läßt. Andere derartige „Patenträder“ enthalten die Schmiere in einem besonders angeschraubten Behälter aus Stahlblech oder Temperguß. Der allgemeinen Einführung dieser Räder steht bei uns der hohe Preis im Wege; dagegen sind sie in Bergwerksgebieten, in denen mit sehr schweren Wagen gefördert wird, viel in Gebrauch, weil sich dort höhere Ausgaben für die Räder lohnen.

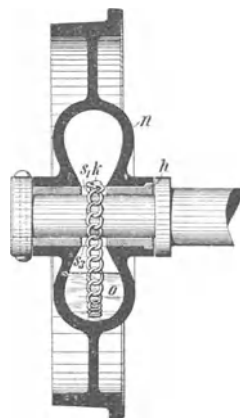


Fig. 347. Patentrad von Frantz.

Der Durchmesser der Räder wird zur Verringerung der Umlaufzahlen so groß genommen, wie es die Rücksicht auf die Standsicherheit der Wagen und auf die Höhe der Grubenräume zuläßt. Er schwankt im Ruhrbezirk etwa zwischen 270 und 400 mm, im Laufkranz gemessen.

Beim Geläuf, im ganzen betrachtet, sind 2 Maße von besonderer Wichtigkeit: der Abstand der Achsen oder der „Radstand“ und der Abstand der Spurkränze auf beiden Seiten oder die „Spurweite“. Ein enger Radstand bewirkt bei schnellem Fahren von Pferde- und Lokomotivzügen ein starkes Schaukeln der Wagen, erleichtert allerdings das Wiedereinheben entgleister Wagen und das Kippen in Kopfkippeln. Wagen mit großer Spurweite sind sehr standsicher, erfordern aber breitere Strecken und sind schwerer durch Kurven, namentlich solche von kleinem Halb-

messer, zu bringen. Im Ruhrkohlenbezirk bilden Spurweiten von 55—60 cm die Regel.

**29. — Besondere Wagenformen.** Die Verwendung von Wagen mit abweichender Bauart wird teils durch die Rücksicht auf ungünstige Querschnitt- oder Höhenverhältnisse von Strecken und Abbauräumen, teils durch die Rücksicht auf besondere Zwecke, denen die Wagen dienen sollen, wünschenswert.

In ersterer Hinsicht sind zu erwähnen Wagen, die besonders schmal oder niedrig gebaut sind. Beispiele liefern die aus Holz hergestellten langen und niedrigen Wagen, die verschiedentlich auf Ruhrkohlenruben mit steilgelagerten dünnen Flözen (unter dem Namen „Teckel“ benutzt werden (Fig. 348). Die Kopfwände werden der bequemen Entleerung halber durch Schieber *s* (Fig. 348 *a*) gebildet. Mit der zunehmenden Verbreitung des Abbaues mit Bergeversatz sind solche Wagen mehr und mehr zurückgedrängt worden, da entweder das Nachreißen der Strecken beim Abbau mit Versatz für die Gewinnung von Bergen vorteilhaft ist (wie beim Strebbau), oder (beim Firstenbau) besondere Abbaustrecken gänzlich wegfallen. Im übrigen haben sie auch den Nachteil, daß sie an Ort und Stelle

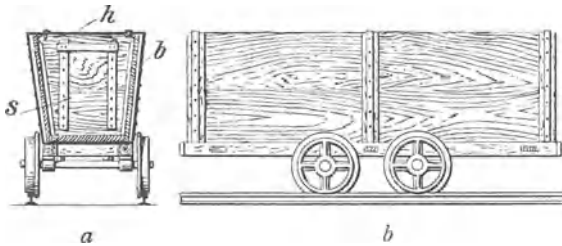


Fig. 348. Hölzerne kleine Förderwagen („Teckel“).

bleiben müssen und daher mindestens ein einmaliges Umladen notwendig machen, was für Kohlengruben unerwünscht ist.

Wagen für besondere Zwecke sind im Steinkohlenbergbau in erster Linie die für die Bergförderung bestimmten und für bequeme Entleerung eingerichteten Förderwagen. Gekennzeichnet sind diese durch bewegliche Kopf- oder Seitenwände oder durch Beweglichkeit des ganzen Wagenkastens in Verbindung mit Beweglichkeit der einen oder anderen Wandung. Zu erwähnen sind von derartigen Wagenformen folgende:

1. Gewöhnliche Förderwagen mit beweglicher Stirnwand, die für gewöhnlich durch eine einfache Riegelvorrichtung festgehalten wird. Sie eignen sich besonders für Kopfkipper, haben aber den schwerwiegenden Nachteil, daß die Klappe, namentlich wenn sie im Betriebe verbogen worden ist, nie ganz dicht schließt und dadurch zu Kohlenverlusten Anlaß gibt.

2. Wagen mit beweglichen Seitenwänden, aber festem Wagenkasten. Sie erhalten einen ein- oder zweiseitig schrägen Boden und erinnern in ihrer Bauart an die über Tage vielfach benutzten Selbstentlader. Ein für mächtigere Flöze geeigneter Wagen ist der Sattel- oder Eselsrückwagen, wie ihn Fig. 349 darstellt, die auch ein Beispiel für eine einfache

Verriegelung gibt: der drehbare Längsriegel *s* wird durch die festen Haken *r* gehalten.

3. Wagen mit beweglichem Wagenkasten<sup>1)</sup>. Sie können so gebaut sein, daß der Kasten nach vorn oder nach der Seite gekippt werden kann. Sie müssen, wenn man von der gewöhnlichen Kastenform nicht abgehen will, mit beweglicher Kopf- oder Seitenklappe versehen werden, deren Auslösung zweckmäßig mit derjenigen des Kastens gleichzeitig erfolgt. Seitenkipper sind namentlich im Tagebaubetrieb und im lothringischen Minettebergbau sehr verbreitet, da man hier wegen der günstigen Raum- und Förderverhältnisse Wagen von großem Fassungsraum bevorzugt, die

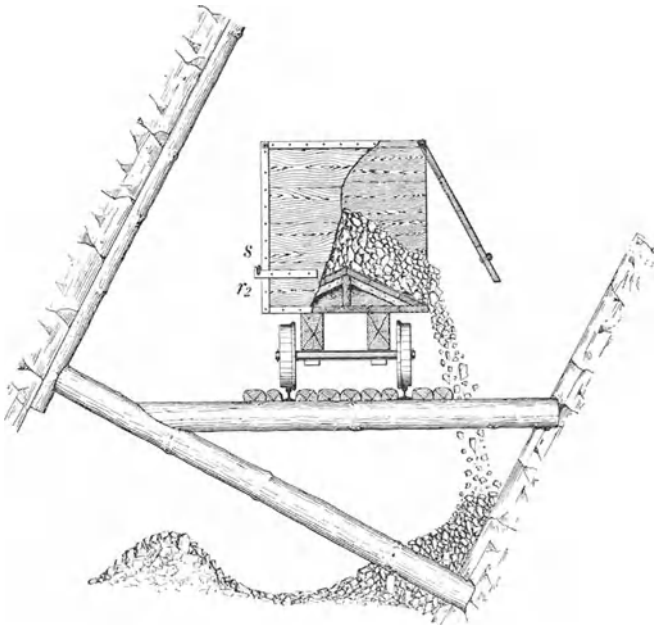


Fig. 349. Hölzerner Eselsrückenwagen.

für die Entleerung durch Kreiselwipper schlecht geeignet sind, und da bei Verwendung von Seitenkippern ganze Wagenzüge gleichzeitig entleert werden können.

Man kann von beweglichen Wandungen ganz absehen, wenn man den Wandungen eine schräge Neigung gibt, die in der Kippelage das Abwärtsrutschen des Wageninhaltes ermöglicht. Das ist der Fall bei den Muldenkippern, wie sie nach Fig. 350 in Anlehnung an die über Tage gebräuchlichen Muldenwagen, nur entsprechend kleiner, verschiedentlich für den Bergeversatz in Steinkohlengruben benutzt werden. Der Wagenkasten ist hier mit einer Winkeleisen-Leiste *c* versehen, die sich beim Kippen auf dem Bügel *b* abwälzt, wobei sie durch die gebogenen Seitenwangen *a*<sub>1</sub> *a*<sub>2</sub>

<sup>1)</sup> Näheres s. bei Bansen: Die Streckenförderung, S. 74 u. f.

geführt wird. Zum Festhalten während des Fahrens dient die Schwinge *d*, die mit 2 Bolzenlöchern versehen ist, welche den Augen an beiden Enden von *c* entsprechen. In der Kippstellung legt der Kasten sich auf die Abschrägungen *e* der Gestellbalken. Solche Wagen eignen sich nur für mächtigere Flöze, besonders bei flacher Lagerung. Sie haben den Nachteil, daß sie verhältnismäßig wenig Fassungsraum haben und wegen der hohen Lage des Schwerpunktes wenig standsicher sind, ermöglichen allerdings infolge des Fehlens von Ecken eine leichte und vollständige Entleerung.

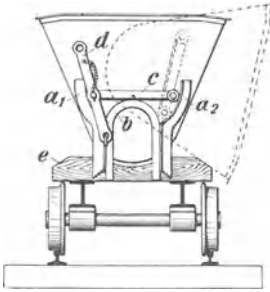


Fig. 350. Muldenkippwagen.

### 30. — Mittel zum Umwerfen von Förderwagen beim Bergeversatz.

Der Verwendung der unter 2. und 3. genannten Wagenformen zur Förderung von Versatzbergen in Steinkohlengruben haftet immer der Nachteil an, daß solche Wagen nicht zur Kohlenförderung benutzt werden können und daher nur schlecht ausgenutzt werden. Daher zieht man es vielfach vor, die gewöhnlichen Förderwagen auch zur Zuführung von Bergen zu benutzen, um sie dann mit Kohlenfüllung zurücksenden zu können. Man muß in solchen Fällen dort, wo Kopf- oder Kreiselwipper nicht zweckmäßig sein würden, die Entleerung durch einfaches Umwerfen der

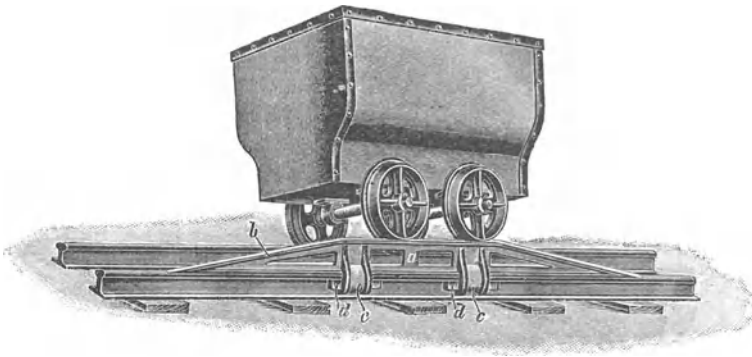


Fig. 351. Schienenaufsatz der Westfalia zum Umwerfen von Bergewagen.

Wagen bewirken. Zur Erleichterung des Umwerfens der schweren Bergewagen sind verschiedene Vorkehrungen in Gebrauch<sup>1)</sup>.

Einfacher ist der Schienenaufsatz der Westfalia in Gelsenkirchen (Fig. 351), bei dem allerdings das Umwerfen selbst von Hand erfolgt und die damit verbundene Erschütterung der Zimmerung und Beschädigung des Wagens bestehen bleibt. Durch diesen Aufsatz wird nur das Anheben des Wagens erleichtert. Er wird durch Vermittelung von Hakenfüßen *c*

<sup>1)</sup> Z. B. Glückauf 1906, S. 255 (D. R. P. Boeke, 165889).

und Keilen *d* an die Schienen angeklemt und ist mit schrägen Bahnen *b* zum Auflaufen der Wagen versehen.

**31. — Wagenbeschaffung und -Behandlung.** Die Zahl der zu beschaffenden Wagen (der „Wagenpark“ der Grube) hängt außer von der Größe der Förderung auch von der Länge der Förderwege und von den verschiedenen Fördergeschwindigkeiten ab. Denn je mehr Zeit bis zur Rückkehr des leeren Wagens zur Füllstelle verstreicht, um so mehr Wechselwagen müssen vorhanden sein, wenn die Förderung nicht leiden soll. Neuzeitliche Tiefbaugruben mit ihren großen Schachtteufen und hohen Schachtbau- und Förderkosten, die mit möglichst wenig Schächten auszukommen suchen und daher große Förderlängen unter Tage haben, werden vielfach mit einer nur 1—2 maligen Benutzung eines und desselben Wagens in der 8 stündigen Schicht rechnen dürfen. Dazu tritt aber noch die Berücksichtigung der unvermeidlichen Förderstockungen bei der Kohlen- und Bergeförderung. Ferner ist auf die in der Ausbesserung befindlichen und auf die zwischen Aufbereitung und Landverkaufstelle und zwischen Aufbereitung und Bergehalde laufenden Wagen Rücksicht zu nehmen. Endlich verlangt das vielfach gebräuchliche Ansammeln einer größeren Anzahl voller Wagen am Füllort vor der Förderschicht („Vollsetzen“), das die sofortige Aufnahme der Schachtförderung vor Beginn der Streckenförderung ermöglichen soll, einen größeren Bestand an Wechselwagen. Daher muß bei doppelschichtigem Betriebe unter Verhältnissen, die denjenigen des Ruhrkohlenbergbaues entsprechen, im großen Durchschnitt für je 1 t täglicher Förderung 1 Wagen beschafft werden, so daß sich eine Jahresleistung von 300 t je Wagen ergibt. In ungünstigen Fällen kann diese Zahl auf 125 t herabgehen, wogegen sie bei guter Ausnutzung auf 500 t steigen kann.<sup>1)</sup>

Bei den großen Fördermengen des Steinkohlenbergbaues ist die Reinigung der Wagenkasten von anhaftendem Fördergut, besonders bei feuchter Beschaffenheit desselben nicht unwichtig. Wird durch sorgfältiges Abkratzen auch nur eine Menge von etwa 5 kg jedesmal gewonnen, so ergibt das bei einer Tagesförderung von 3000 Wagen bereits 15 t Kohlen im Werte von etwa 100 *M*, wogegen die Mehrausgabe an Löhnen nur gering ist, da jugendliche Arbeiter das Reinigen besorgen können. Mechanisch betätigte Reinigungsvorrichtungen in Gestalt rotierender Fräser oder Bürsten haben sich bisher nicht sonderlich bewährt.

**32. — Gewichte und Kosten der Förderwagen.** Die durchschnittlichen Gewichte und Kosten von eisernen Förderwagen ergeben sich aus folgender Zahlentafel:

Gewicht der Kohlenladung:	500	550	600	750 kg
Gewicht des Wagens:	300	340	370	420 kg
Preis des Wagens:	80—90	90—100	100—120	110—130 <i>M</i> .

Hiernach steckt auf einer Grube von 2000 t Tagesförderung allein in den Förderwagen ein Kapital von rd. 200 000 *M*.

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. Festschrift z. XI. Deutschen Bergmannstag, Bd. III, S. 198; Hamel: Die Förderung.

Der Anteil der toten Last an der Gesamtlast beträgt nach den oben gegebenen Zahlen etwa 36—38 pCt. Bei größerem spezifischen Gewicht der Ladung (z. B. im Kali- und Erzbergbau sowie bei der Bergförderung) wird dieser Anteil entsprechend niedriger. Im einzelnen Falle ergeben sich jedoch naturgemäß viele Abweichungen je nach Form des Wagenkastens, Bauart der Radsätze usw.

Hölzerne Wagen sind 10—20 *M* billiger als eiserne. Ihr Gewicht schwankt stark je nach der Feuchtigkeit des Holzes, so daß ein Wagen, der in trockenem Zustande bei 500 kg Ladegewicht 250 kg wiegt, in nassem Zustande 350—400 kg wiegen kann, also dann bedeutend schwerer als ein eiserner Wagen ist. Mit nassen Wagen muß aber in der Grube durchweg gerechnet werden.

Die jährlichen Unterhaltungskosten eines Förderwagens sind im Saarbrücker Bergbau mit 10—15 *M* ermittelt worden.<sup>1)</sup> Da die Förderleistung dabei 180—300 t jährlich betrug, so belastete die Unterhaltung der Förderwagen die Tonne Kohlen mit 5—6 *Pf*.

### b) Gestänge.

**33. — Allgemeines.** Es hat lange Zeit gedauert, ehe die heute fast ausschließlich in Anwendung stehende Doppel-T- oder Flügelschiene (nach ihrem Erfinder auch „Vignoles-Schiene“ genannt) zur Herrschaft gelangte. In früheren Jahrhunderten kannte man überhaupt keine Eisen- und Stahlschienen, sondern verwandte Laufbohlen mit Spurhaltung durch außen oder innen befestigte Leitbäume.



Fig. 352. Deutsches Gestänge.

Ein derartiges Holzgestänge wurde als „deutsches Gestänge“ (Fig. 352) bezeichnet. Diesem wurde später das Schienengestänge mit Spurhaltung durch die Spurkränze an den Wagenrädern als „englisches Gestänge“ gegenübergestellt, das heute allein noch in Betracht kommt.

**34. — Schienen.** Die Flügelschienen werden jetzt durchweg aus Stahl hergestellt und je nach dem besonderen Zweck, für den sie bestimmt sind, in Profilen von verschiedener Stärke gewalzt, die am einfachsten nach der Höhe und nach dem Gewicht für das laufende Meter bezeichnet

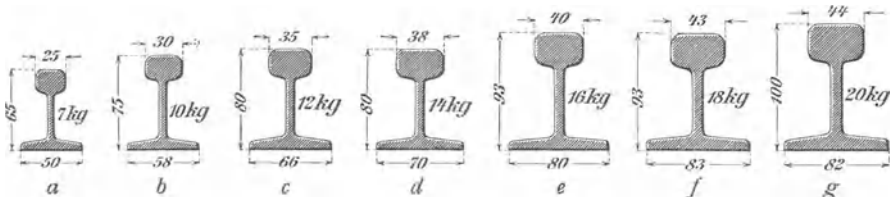


Fig. 353. Westfälische Flügelschienen-Normalprofile mit Angabe der Gewichte für das lfd. Meter.

werden. Die im Ruhrbezirk gebräuchlichsten Profile, die neuerdings, um die Herstellung verbilligen zu können, dort als Normalprofile angenommen worden sind<sup>2)</sup>, ergeben sich aus der Fig. 353, aus der auch die Haupt-

<sup>1)</sup> Der Steinkohlenbergbau des preußischen Staates in der Umgebung von Saarbrücken 1906 (Berlin), Bd. III, Seite 114; Mellin: Der technische Betrieb.

<sup>2)</sup> Glückauf 1911, S. 782; Normalien für Grubenschienen.

abmessungen und die Gewichte zu entnehmen sind. Die leichtesten Schienen (*a* u. *b*) sind die für Abbaustrecken bestimmten. Schienen von größerem Gewicht (*c* u. *d*) werden für Bremsberge (namentlich für Gestellbremsberge) und für die Förderung mit Pferden und mit Seil ohne Ende in Hauptförderstrecken und -Querschlägen erfordert. Zu noch schwereren Profilen (*e—g*) nötigt die Lokomotivförderung, für die man schon bis zu 20 kg, im Minettebergbau sogar schon bis zu 44 kg je lfd. m gegangen ist. Je wichtiger eine Förderstrecke und je größer infolgedessen der durch Betriebstockungen infolge von Entgleisungen u. dgl. verursachte Schaden ist, um so weniger sollte man vor der Beschaffung schwererer Profile zurtückschrecken, und um so mehr sollte man den Grundsatz, verringerte Betriebskosten durch höhere Anlagekosten zu erkaufen, befolgen (s. Ziff. 42).

Der Ruhrkohlenbezirk verbraucht gegenwärtig etwa 45 000 t Grubenschienen jährlich.

An der Flügelschiene unterscheidet man den Kopf, den Steg und den Fuß. Von der Härte des Kopfes hängt die Schnelligkeit der Abnutzung, von der Höhe des Steges (weniger von seiner Dicke, da die Biegefestigkeit im einfachen Verhältnis mit dieser, aber im quadratischen Verhältnis mit der Höhe wächst) die Tragfähigkeit, von der Stärke und Breite des Fußes die Sicherheit der Verlagerung und der Widerstand gegen Kippen ab.

**35. — Schwellen.** Die Verlagerung der Schienen erfolgt auf den Schwellen (in Westfalen „Stege“ genannt). Ihre Befestigung auf den letzteren ist verschieden, je nachdem hölzerne oder eiserne Schwellen zur Verwendung kommen.

Für Holzschwellen wird am besten ein Holz verwendet, das bei genügendem Widerstand gegen Feuchtigkeit hart und zäh genug ist, um nicht zu spleißen und um die zur Schienenbefestigung dienenden Nägel und Schrauben dauernd festzuhalten. Daher eignet sich Eichenholz für stärker beanspruchte Grubenschwellen in erster Linie. Eine Tränkung mit fäulniswidrigen Stoffen ist durchaus zweckmäßig, und zwar erfolgt sie am besten durch ein Kerntränkungsverfahren (s. 6. Abschnitt, Ziff. 25), da die Schwellen aus behauenen Holze bestehen und infolgedessen der durch die einfacheren Verfahren nicht tränkbarer Kern an die Oberfläche kommen kann. Für leichtere Gestänge, wie sie insbesondere in Abbaustrecken und fliegenden Bremsbergen Verwendung finden, genügen auch roh zugehauene Schwellen aus Eichenknüttelholz; auch kann hier das billigere Buchen- und Fichtenholz verwandt werden.

Die Abmessungen der Schwellenquerschnitte sind im Ruhrbezirk meist  $15 \times 10$  cm für schwereres,  $10 \times 8$  cm für leichteres Gestänge.

Auf den Holzschwellen werden die Flügelschienen bei geringerer Beanspruchung durch Hakennägel (Fig. 354) befestigt, deren Festhalten durch Widerhaken und durch dreikantigen Querschnitt erleichtert wird. Für stärker beanspruchte Gestänge sind widerstandsfähigere Befestigungen vorzuziehen, wie sie z. B. Fig. 355 in der Ausführung von Kornfeld in

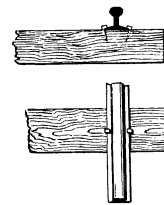


Fig. 354. Schienenbefestigung auf hölzernen Schwellen.



Essen-Ruhr darstellt. Die Schienen werden hier von beiden Seiten durch Fußlaschen gehalten, die über den Fuß greifen und ihrerseits durch

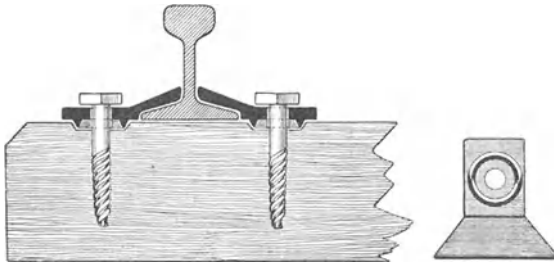


Fig. 355. Schienenbefestigung nach Kornfeld.

Schrauben mit den Schwellen verbunden sind. Außerdem aber drücken diese Laschen sich mit einem angegossenen, nach unten spitz zulaufenden Ring in die Schwellen ein, so daß dieser Ring die Seitendrucke aufnimmt und die Schrauben davon entlastet.

Eiserne Schwellen bestehen meist aus gewalztem und an beiden Enden umgebördeltem Profileisen oder -Stahl (Fig. 356 und 357). Die Befestigung der Schienen auf ihnen kann erfolgen durch eingewalzte Lagerstühle oder Nasen oder durch angenietete Fußklauen. Für die letztere Befestigungsart gibt Fig. 357<sup>1)</sup> ein Beispiel mit abwechselnd außen und innen sitzenden Klauen  $p$ ; sie zeigt, wie dabei die Schwellen von der Seite her eingeschwenkt werden können.

Die eisernen Schwellen, die sich über Tage für Haupt- sowohl wie für Feldbahnen in großem Umfange eingeführt haben, sind für die Grubenförderung nur mit gewissen Einschränkungen geeignet. Zunächst rosten sie leicht und sind insbesondere gegen saure Wasser sehr empfindlich. Ver-



Fig. 356. Eiserne Schwelle.

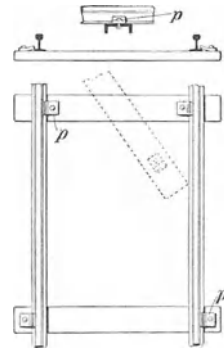


Fig. 357.  
Befestigung von Schienen auf  
eisernen Schwellen.

zinkung bietet einigen Schutz dagegen, erhöht aber die Kosten nicht unwesentlich. Die geringe Wandstärke läßt die Eisenschwellen für Strecken mit Pferdeförderung als wenig geeignet erscheinen, da sie durch die Pferdehufe bald durchgetreten werden. Außerdem ist die Einbettung der eisernen Schwellen in die Packung, da sie Hohlkörper bilden, weniger einfach als bei den Holzschwellen. Man wird daher sagen müssen, daß Eisenschwellen in erster Linie für trockene Förderstrecken und Querschläge mit wenig Druck und maschineller Förderung geeignet sind. Außerdem

<sup>1)</sup> Demanet: Der Betrieb der Steinkohlenbergwerke, deutsche Ausgabe, II. Auflage, S. 396, Fig. 334.

können im Abbau leichte eiserne Schwellen mit Vorteil für „fliegendes“, d. h. dem Abbaustöß ständig nachzuschiebendes Gestänge verwandt werden, da sie hier von den eben genannten schädlichen Einwirkungen wenig zu leiden haben und sich auf der anderen Seite wegen ihrer geringen Höhe und ihrer dauerhaften Verbindung mit den Schienen empfehlen.

Die Entfernung der Schwellen voneinander richtet sich nach der Beanspruchung und Betriebsdauer des Gestänges. In Hauptförderwegen sind Entfernungen von 70—90 cm zu wählen, die aber bei Wechsellern und Kreuzungen bis auf wenige Zentimeter herabgehen oder ganz wegfallen können, falls man hier nicht Eisenplatten als Unterlage (Ziff. 37) vorzieht. In Abbaustrecken dagegen kann man mit Abständen von 1—1,2 m auskommen. In doppelspurigen Förderstrecken nimmt man am einfachsten Schwellen von solcher Länge, daß sie für beide Gestänge ausreichen. Jedoch zieht man bei nicht ganz zuverlässiger Sohle vielfach die Befestigung der beiden Gestänge auf gesonderten Schwellen vor, da dann eine Schiefstellung der letzteren durch das größere Gewicht der vollen Förderwagen vermieden wird und überdies (bei quellendem Liegenden) das Senken der Gestänge einzeln erfolgen kann und dadurch erleichtert wird. — In Bremsbergen müssen bei steilerer Lagerung die Schwellen dadurch, daß man sie sämtlich oder doch in gewissen Abständen hinter die Stempel legt, gegen Abrutschen gesichert werden (vgl. Fig. 29 auf S. 42).

Eine für die Förderung im Abbau geeignete Verlagerung der Schienen ganz ohne Schwellen, also mit der geringstmöglichen Höhe, zeigt Fig. 358. <sup>1)</sup> Die Schienen kommen hier unmittelbar auf das Liegende zu liegen und werden durch Bolzen *b* verbunden und durch Gasrohre *r* in der richtigen Entfernung gehalten.

Die Verbindung der einzelnen Schienenstücke miteinander durch Laschen ist nicht unbedingt notwendig, wenn wie in Abbaustrecken an das Gestänge nur geringe Anforderungen gestellt werden; man legt dann einfach eine Schwelle unter die Verbindungstelle und nagelt auf diese beide Schienen fest. Bei den stärker beanspruchten Gestängen in Bremsbergen und wichtigen Förderstrecken ist dagegen eine Laschenverbindung erforderlich. Die Verbindungsstellen („Stöße“) werden dann nicht auf die Schwellen, sondern als „schwebende Stöße“ zwischen zwei Schwellen gelegt, einmal wegen der bequemerer Anbringung der Laschen zwischen den Schwellen, sodann aber besonders wegen der stoßfreien Förderung. Da nämlich beide Schienenenden infolge der Laschenverbindung gleichzeitig durch das Wagenrad niedergedrückt werden, wird der Anprall beim Übergange von einer Schiene zur anderen, im Gegensatz zu den festen Stößen, auf das geringste Maß herabgedrückt.

Es ist darauf zu achten, daß das Gestänge für die leeren Wagen auf die Seite der Wasserseige zu liegen kommt. Zunächst wird hierdurch eine Verstopfung der letzteren durch herunterfallendes Fördergut verhütet. Ferner würde das größere Gewicht der vollen Wagen leichter die Strecken-



Fig 358. Verlagerung von Schienen ohne Schwellen.

<sup>1)</sup> Glückauf 1907, S. 382; Grubengleise ohne Schwellen.

sohle nach der Wasserseige hin abdrücken. Endlich ist ein entgleisender voller Wagen, der in die Wasserseige fällt, sehr schwer wieder einzuheben.

**36. — Verbindung von Schienensträngen miteinander. Wendeplätze.** Die einfachste Verbindung zweier Schienenstränge ist eine solche durch Wendeplätze, die mit Wechselplatten belegt werden und für rechtwinklige Kreuzungen bestimmt sind. Am häufigsten werden die bekannten Kranzplatten aus Gußeisen oder Gußstahl benutzt (Fig. 359), die durch die kreisförmige Mittelrippe und die Segmentrippen in den Ecken ein sicheres Schwenken des Wagens ermöglichen. Der Raum innerhalb der Mittelrippe kann zur Verringerung des Gewichts hohl gelassen werden. Sie werden auf einen Holzrahmen gelegt (s. d. Fig.) oder in Beton eingebettet. Statt der Kranzplatten werden auch Nutenplatten verwendet und zwar vorzugsweise bei der Streckenförderung mit endlosem Seil (s. Ziff. 65); die Wagenräder laufen dann für gewöhnlich mit ihren Spurkränzen in den Nuten, ohne daß dadurch das Heraus- und Hereinschwenken der Wagen sehr erschwert würde. Im übrigen läßt man in

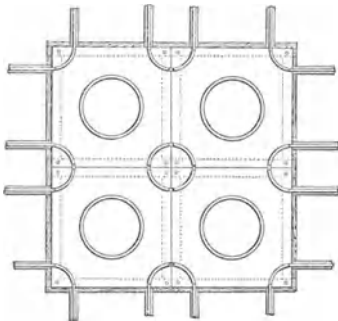


Fig. 359. Wendeplatz mit 4 Kranzplatten.

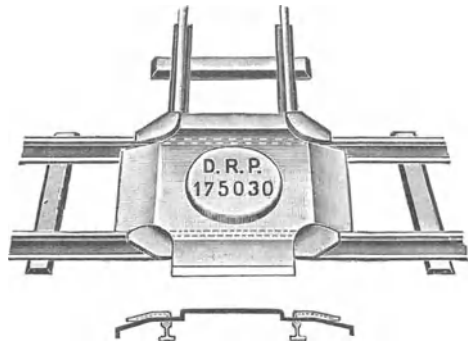


Fig. 360. Kletter-Wendeplatte.

solchen Strecken an den Abzweigstellen auch die Schienen durchgehen und legt zwischen und beiderseits neben sie einfache Holz- oder Eisenplatten, die mit der Kopffläche der Schienen abschneiden und an den Innenseiten der Schienen Raum für die Spurkränze lassen. Bei Verwendung einfacher Kranzplatten in Förderbahnen mit endlosem Seil legt man wohl auch Flacheisenstücke zur Verbindung der Schienen auf die Platten; diese Zwischenstücke werden für gewöhnlich durch Zapfen, die in entsprechende Löcher passen, festgehalten und zum Herausholen oder Hereinschieben eines Wagens aus der oder in die Seitenstrecke weggenommen.

Drehscheiben, die auf Kugeln oder Rollen laufen, finden namentlich auf solchen Gruben Anwendung, die, wie z. B. im lothringischen Eisenerzbergbau, besonders große und schwere Förderwagen benutzen, deren Schwenkung auf gewöhnlichen Kranzplatten sehr anstrengend ist. Im Ruhrkohlenbergbau haben sie wenig Verbreitung gefunden.

Eine zweckmäßige Neuerung ist die „Kletterwendeplatte“ der Firma Klemp, Schultz & Co. in Düsseldorf, die sich auch in der Grubenförderung rasch eingebürgert hat. Diese Platte (Fig. 360) besteht aus einer Kranzplatte, die an jeder beliebigen Stelle ein Quergestänge anzuschließen gestattet,

ohne daß das Hauptgestänge unterbrochen zu werden braucht. Sie ist zu diesem Zwecke nach den 4 Außenkanten hin geneigt, um ein leichtes Auf-  
laufen der Wagen zu ermöglichen. Solche Platten eignen sich besonders  
für Förderung und Versatzarbeit in den Abbauräumen mächtiger Flöze  
mit flacher Lagerung. Sie können auch mit Drehscheiben ausgerüstet und  
dadurch für das Drehen schwerer Förderwagen geeignet gemacht werden.

Größere Wendeplätze werden an den Kreuzungen mehrgleisiger  
Förderstrecken sowie an den Füllörtern der Schächte und an den An-  
schlügen von Stapelschächten erforderlich. An Kreuzungen können 4 Kranz-  
platten in der in Fig. 359 dargestellten Weise zusammengelegt werden.  
Doch ist eine solche Anlage für Pferde- und Lokomotivförderung, wie sie  
in zweigleisigen Strecken die Regel bildet, nicht geeignet. Von den an  
den Schachtanschlügen in größerer Zahl gelegten Platten werden die dem  
Schachte und die den Streckengleisen benachbarten als „Einlaufplatten“  
mit Zungen („Einweisern“) versehen, die eine sichere Überführung der Wagen  
auf die Gleise des Fördergestelles und der Förderstrecke ermöglichen.

**37. — Wechsel.** Während die Wendeplatten nur für Schlepper-  
förderung geeignet sind, sollen die Weichen oder Wechsel eine Über-  
führung auf ein anderes Gestänge ohne Unterbrechung der Spurhaltung  
ermöglichen und eignen sich daher auch für die Förderung mit Pferden  
oder Maschinen und für die Förderung in flachen Bremsbergen, deren  
Gestängeanlagen hier, da sie von denen der söhlichen Förderstrecken nicht  
nennenswert abweichen, gleich mit besprochen werden sollen.

Nach der Bauart unterscheidet man feste Wechsel (Fig. 361 und  
369—371) und solche mit beweglichen Teilen, welche letzteren wieder  
„Zungenweichen“ (Fig. 362 u. 363, 365—368) oder „Stoßweichen“ sein

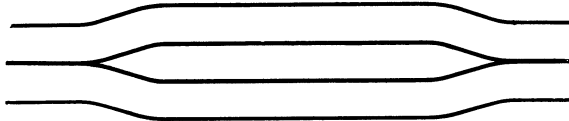


Fig. 361. Dreischieniges Gestänge mit Ausweichestelle.

können. Die Zungen legen sich mit ihren zugeschärften Spitzen an die Innen-  
seite des Gestanges, von dem der Wagen abgelenkt werden soll, während die  
beweglichen Stücke der Stoßweichen eine Lücke im Gestänge ausfüllen und  
stumpf vor das mit ihnen zu verbindende Gestänge gelegt werden. Die  
Zungen sind offen, wenn sie den Spurkranz des Wagens durchlassen, so  
daß keine Ablenkung stattfindet; andernfalls ist die Weiche nach der be-  
treffenden Richtung hin geschlossen. Die Zungenweichen werden wieder  
je nach der Richtung, nach der hin sie ablenken, als Rechts- und Links-  
weichen bezeichnet. Ferner werden die einfach von Hand umzustellenden  
Weichen unterschieden einerseits von solchen, die mittels eines mit Gegen-  
gewicht versehenen Hebels umgelegt werden („Bockweichen“), und ander-  
seits von solchen, bei denen die Umstellung selbsttätig mit Hilfe einer  
federnden Zugvorrichtung („Federweichen“) erfolgt. Solche Federweichen  
lassen die von ihrer hinteren Seite her kommenden Wagen durch, werden  
aber dann durch die Federkraft wieder in die Schlußstellung gebracht.

Weiterhin ist auch der Zweck der Wechsel, obwohl im allgemeinen der gleiche, doch im einzelnen verschieden. Der einfachste Fall ist derjenige, wo der Wechsel als Ausweichstelle dient (Fig. 361, 366 u. 367). Solche Wechsel schaltet man in denjenigen Strecken ein, wo die Begegnungstellen der vollen und der leeren Wagen genau festgelegt werden können, also z. B. in zweitrümmigen Bremsbergen (s. u.) oder in Strecken mit schwacher Zugförderung, wo der beladene Zug an der Weiche auf den leeren warten kann und umgekehrt. Man kann dann für den übrigen Teil der Förderstrecke mit 2 oder 3 Schienen auskommen. Weichen der letzteren Art (Fig. 361) zeichnen sich durch ihre Betriebsicherheit aus, da sie keine beweglichen Teile haben; sie werden deshalb für Bremsbergförderung öfter benutzt.

Im weiteren Sinne gehören zu den vorbeschriebenen Weichen auch alle diejenigen, die eine wechselseitige Verbindung nebeneinander liegender Gestänge ermöglichen sollen, wie das besonders bei der Lokomotivförderung zum Zwecke des Verschiebebetriebs (s. Ziff. 82) erforderlich ist.

Wechselanlagen für seitliche Abzweigungen von Strecken sind naturgemäß am einfachsten, wenn lediglich an ein einspuriges Gestänge ein oder zwei Zweiggleise angeschlossen werden sollen oder wenn bei Doppelgleisen die Abzweigung

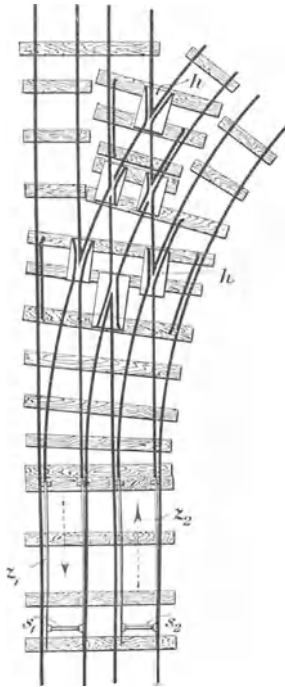


Fig. 362. Rechtsweiche (Zungenweiche) für zweispurige Strecken.

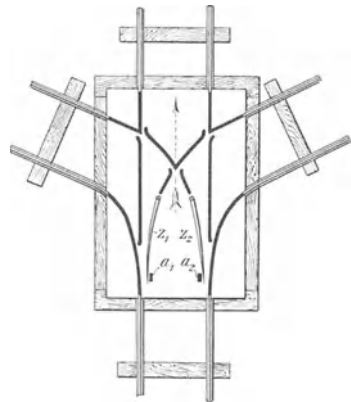


Fig. 363. Plattenweiche für einspurige Strecken.

(Fig. 362) nur nach einer Seite hin erfolgt. Verwickeltere Anlagen ergeben sich, wenn von beiden Seiten Strecken in die durchgehende Strecke einmünden (Fig. 363), besonders wenn die eine der 3 Strecken oder gar alle 3 zweispurig sind (Fig. 365). Im letzteren Falle kann man den Wechsel dadurch vereinfachen, daß man je 2 mittlere Schienen zu einer einzigen vereinigt, so daß der Wechsel eine Kreuzung von dreischienigen Bahnen darstellt.

Weichen von größerer Bedeutung erfordern selbstverständlich, wenn Betriebsstörungen vermieden werden sollen, eine besonders sorgfältige Verlagerung. Will man die Schienen auf Schwellen legen, so müssen diese in sehr geringen Abständen unter den Schnittpunkten der Gestänge, am besten dicht anschließend, gelagert werden. Besser ist es aber, die ganze Weichelanlage auf einer Platte oder, wenn das wegen der schwierigeren Fortschaffung nicht angängig ist, doch auf einer möglichst geringen Anzahl von Platten zu befestigen, was durch Herstellung der ganzen Weiche aus Gußeisen in einem Stück oder durch Vernietung der als Flacheisen hergestellten Einzelteile mit den Platten in der Schmiede geschieht. Derartige „Plattenweichen“, wie sie in den Figuren 363 und 365 dargestellt sind, empfehlen sich besonders für den Fall, daß die Sohle zum Quellen neigt. Es wird dann nicht nur die Verschiebung der einzelnen Zungen usw. gegeneinander

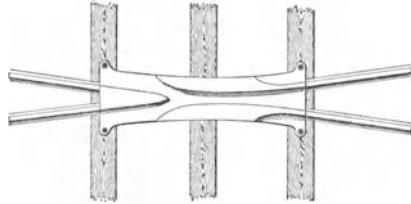


Fig. 364. Herzstück.

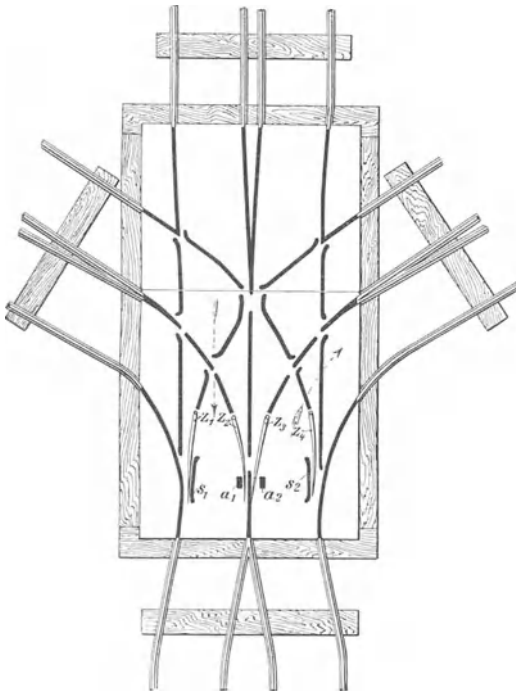


Fig. 365. Plattenweiche für zweispurige Strecken.

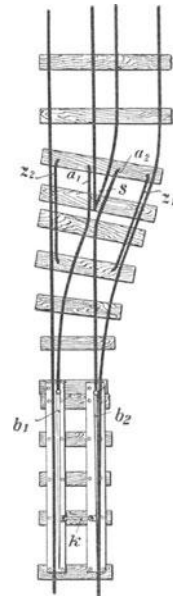


Fig. 366. Rechtsweiche (Zungenweiche) einer Ausweichstelle.

verhütet, sondern auch das von Zeit zu Zeit notwendige Senken der ganzen Anlage wesentlich erleichtert.

Im einzelnen besteht eine Zungenweiche (vgl. Fig. 366) aus der die beiden Mittelschienen vereinigenden Weichenspitze *s* und aus den beiden

Zungen, die an dieser Spitze etwas umgebogen sind (bei  $a_1 a_2$ ). Da diese inneren Zungenenden starken Stößen ausgesetzt sind, so werden sie besser mit der Spitze zu einem Stück, dem sog. „Herzstück“ (Fig. 364, s. auch  $h$  in Fig. 362), vereinigt, das in der Regel aus Stahlguß hergestellt wird. Die beweglichen Spitzen der Zungen ( $b_1 b_2$  in Fig. 366,  $z_1-z_4$  in den vorhergehenden

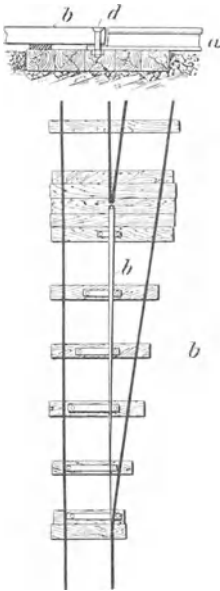


Fig. 367.  
Weiche mit Wechselbaum.

Figuren) bestehen in Anbetracht ihrer starken Beanspruchung zweckmäßig ebenfalls aus Stahl. Für einfache Wechsel empfiehlt sich der Ersatz der 2 Zungen durch eine einzige, die dann nach Fig. 367 als sog. „Wechselbaum“  $b$  möglichst lang hergestellt wird, um den Übergang der Wagen durch sehr flache Gestaltung der Krümmung nach Möglichkeit zu erleichtern. Das Entgleisen der Wagen in den Weichen, das an den Schnittpunkten der einzelnen Schienen, also an den Herzstücken, am leichtesten eintritt, wird durch die diesen Stellen gegenüber angebrachten Zwangsschienen ( $z_1 z_2$  in Fig. 366, s. auch die Figuren 362, 369 u. 371) verhütet, welche die äußeren Räder auf ihren Schienen festhalten. Bei den Plattenweichen sind außerdem nach innen hin noch Anschläge für die Zungen in Gestalt von angegossenen oder angeschweißten Nasen ( $a_1 a_2$  in Fig. 363 und 365,  $s_1 s_2$  in Fig. 365) erforderlich.

Wieder andere Wechselanlagen ergeben sich aus der Notwendigkeit, mehrere Förderbahnen zu einer einzigen zusammenzuziehen oder, was dasselbe bedeutet, ein Einzelgestänge in mehrere Gestänge zu verzweigen. Dieser Fall liegt besonders bei größeren Füllörtern vor, wo die an die Einlaufplatten sich anschließenden zahlreichen Gestängestücke mit den 2 oder 3 Gestängen des zum Füllort führenden Hauptförderweges verbunden

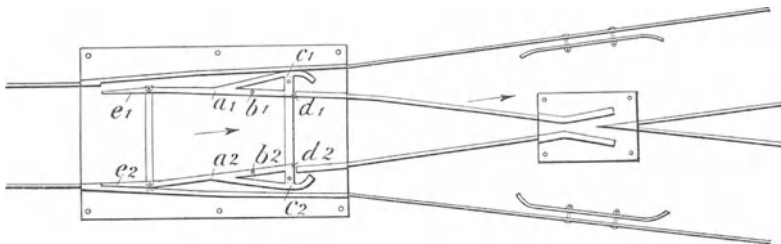


Fig. 368. Selbsttätige Weiche zur gleichmäßigen Beschickung zweier Geleise.

werden müssen. In solchen Fällen werden verschiedentlich Wechsel mit selbsttätiger gleichmäßiger Verteilung der in einem Gleis ankommenden Wagen auf 2 Gleise benutzt. Eine einfache Vorrichtung dieser Art ist in Fig. 368 dargestellt<sup>1)</sup>. Hier ist eine Doppel-Zungenweiche  $a_1 a_2$  vorgesehen,

<sup>1)</sup> Österr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1899, S. 278; Gössel: Neue Fördereinrichtungen.

deren Zungen unter sich verbunden und um die Gelenkzapfen  $b_1 b_2$  drehbar sind. An ihren Enden sind die Zungen mit Krümmungstücken  $c_1 c_2$  versehen. In der gezeichneten Stellung ist die Weiche für das linke Zweiggleis geöffnet. Der in dieses einfahrende Wagen drückt mit seinem

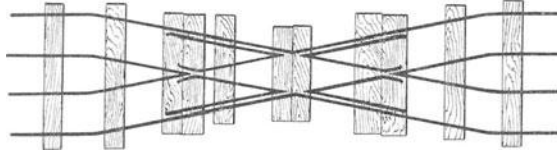


Fig. 369. Schienenkreuzung.

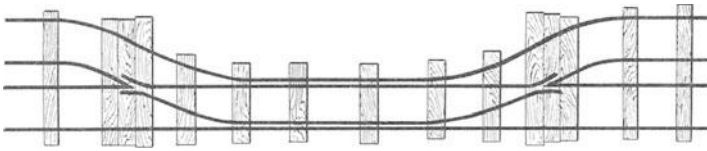


Fig. 370. Zusammenziehung von Doppelgestängen.

vordersten linken Spurkranz das Bogenstück  $c_1$  zurück und öffnet damit durch Drehung der Doppelzunge um die Bolzen  $c_1 c_2$  die Weiche für das rechte Zweiggleis. In gleichem Sinne wirkt auch sein rechtes Vorderrad, da das Zungenstück  $b_2$  der äußeren linken Schiene nicht genau parallel, sondern nach dieser hin etwas eingezogen ist und somit durch die Verengung des Geleises bei  $d_2$  dem Rade ein Widerstand entgegengesetzt wird.

Den Fall einer einfachen Durchkreuzung zweier Gestänge in einer zweisepurigen Förderstrecke veranschaulicht Fig. 369. Es handelt sich hier darum, die auf dem rechten Gestänge laufenden Wagen auf das linke hinüberzuführen und umgekehrt.

Bei dem Wechsel nach Fig. 370 liegt keine Verbindung zweier Gestänge zu einem einzigen, sondern nur eine Zusammendrängung der 4 Schienen auf einen möglichst schmalen Raum vor. Solche Anlagen zeichnen sich, da bewegliche Teile fehlen und jeder Wagen auch ohne Nachhilfe seitens eines Bedienungsmannes auf seinem Gestänge bleibt, durch große Betriebssicherheit aus. Es handelt sich hier z. B. um eine Strecke, in der eine Dammtür vorgesehen und innerhalb derselben, um eine möglichst kleine Tür mit geringer Druckfläche zu erhalten, die doppelspurige Strecke auf den Querschnitt einer einspurigen zusammengezogen ist. Ähnliche Fälle können in Bremsbergen vorliegen, wenn einzelne Stellen in ihnen besonders druckhaft sind und daher möglichst schmal gehalten werden sollen. So

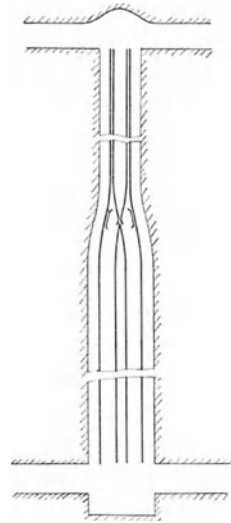


Fig. 371. Zusammenziehung eines Doppelgestanges im druckhaften oberen Teile eines Bremsberges.



z. B. zeigt Fig. 371 einen Wagenbremsberg mit zusammengezogenem Gestänge im oberen Teile.

c) Allgemeine Erwägungen über die Bewegung von Förderwagen auf Schienenbahnen.

38. — Die bei der Bewegung von Förderwagen auf Schienen zu überwindenden Widerstände. Der bei der Bewegung eines Förderwagens zu überwindende Widerstand möge zunächst für den einfachsten Fall, nämlich eine söhlige Strecke, betrachtet werden. Er wird hier allein durch die Reibung verursacht. Diese setzt sich zusammen aus der rollenden Reibung zwischen den Rädern und den Schienen und aus der Zapfenreibung zwischen den Achsen und Radnaben. Letztere Reibung ist in der Regel eine gleitende, bei Verwendung von Rollen- oder Kugellagern (s. S. 317) aber ebenfalls eine rollende. Ohne auf diese beiden Arten der Reibung näher eingehen zu wollen, sei hier nur bemerkt, daß der Reibungskoeffizient  $f$  eines Förderwagens mittlerer Größe im großen und ganzen zwischen 0,004 und 0,008 für Kugellager<sup>1)</sup>, zwischen 0,007 u. 0,012 für Rollenlager und zwischen 0,012 u. 0,022 für gewöhnliche Lager schwankt. Der in kg ausgedrückte Reibungswiderstand beträgt hiernach 0,4—2,2%, meistens 1,0—1,5% der Förderlast. Rechnen wir mit einem Reibungswiderstande von 1,5%, so ist, um einen Wagen von 800 kg Gewicht in Bewegung zu halten, ein

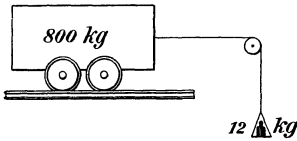


Fig. 372. Veranschaulichung des Reibungswiderstandes.

Druck oder eine Kraft von  $\frac{800 \cdot 15}{100} = 12$  kg erforderlich. Fig. 372 deutet dies schematisch an.

Die Arbeit, die verrichtet wird, um einen Wagen fortzuschieben, ist das Produkt aus Kraft  $\times$  Weg. Wenn der Wagen von 800 kg Gewicht mit einem Reibungswiderstande von  $1\frac{1}{2}\%$  20 m weit geschoben ist, so ist dabei eine Arbeit von  $20 \cdot 12 = 240$  mkg geleistet worden.

Zur Ermittlung der dabei erzielten Leistung ist dann noch die Zeit zu berücksichtigen. Ist diese Arbeit von 240 mkg in 10 Sekunden geleistet worden, so berechnet sich die Leistung zu:

$$\frac{240}{10} = 24 \text{ mkg in der Sekunde, also zu } \frac{24}{75} = 0,32 \text{ PS.}$$

Hiernach muß ein Pferd, das 8 solcher Wagen mit 0,8 m Geschwindigkeit zieht,

$$8 \cdot 12 \cdot 0,8 \sim 77 \text{ mkg/Sek.,}$$

also etwas mehr als 1 PS. leisten. Eine Seilbahn ferner, die 50 volle Wagen in dem einen und 50 leere in dem anderen Gleise gleichzeitig bewegt, hat (ohne Berücksichtigung der Nebenwiderstände) bei einem Gewicht der leeren Wagen von 300 kg, einer Geschwindigkeit von 0,7 m/Sek. und einem Reibungswiderstand von 1,5% zu leisten

$$50 \cdot 800 \cdot 0,015 \cdot 0,7 + 50 \cdot 300 \cdot 0,015 \cdot 0,7 \sim 577 \text{ mkg/Sek.} \sim 7,7 \text{ PS.}$$

<sup>1)</sup> Schulte: Die Grubenbahnen (Essen), S. 11 u. f. — Glückauf 1910, S. 240; Schulte: Kugel- und Rollenlagerradsätze für Förderwagen.

Eine Lokomotive, die 30 volle Wagen und ihr Eigengewicht von 5000 kg mit 3 m Geschwindigkeit bewegt, leistet

$$(5000 + 30 \cdot 800) \cdot 0,015 \cdot 3 = 1300 \text{ mkg/Sek.}, \text{ also } 17,3 \text{ PS.}$$

Bewegt sich ein Wagen nicht auf söhlicher, sondern auf schwach geneigter Bahn, ohne daß aber die Neigung so stark ist, daß der Wagen selbsttätig zu rollen beginnt, so muß bei der Ermittlung des Bewegungswiderstandes sowohl für die Fahrt abwärts wie für die Fahrt aufwärts noch der Neigungswinkel  $\alpha$  der Bahn berücksichtigt werden. Nach den Gesetzen der schiefen Ebene zerlegt sich in solchem Falle die durch das Wagen-gewicht  $P$  ausgeübte Schwerkraft in eine parallel und eine senkrecht zur Ebene der Bahn gerichtete Komponente, welche letztere mit dem Reibungskoeffizienten zu multiplizieren ist. Die erstere Komponente läßt sich durch die Beziehung  $P \cdot \sin \alpha$

ausdrücken und kommt für die Bewegung des abwärts laufenden Wagens fördernd, für die Bewegung des aufwärts gehenden Wagens hemmend in Betracht. Die zweite Komponente ist gleich

$$P \cdot \cos \alpha.$$

Sie muß mit dem Reibungskoeffizienten  $f$  multipliziert und muß für abwärts und aufwärts laufende Wagen in gleicher Weise als Widerstand gerechnet werden.

Legt man nun den gewöhnlichen Fall zugrunde, daß die vollen Wagen abwärts, die leeren aufwärts gefördert werden müssen, und bezeichnet man das Gewicht eines leeren Wagens mit  $G$  und dasjenige der Nutzlast mit  $N$ , so sind folgende Kräfte für die Bewegung notwendig:

a) beim vollen Wagen

$$(G + N) \cdot f \cdot \cos \alpha - (G + N) \cdot \sin \alpha, \text{ also} \\ (G + N) \cdot (f \cdot \cos \alpha - \sin \alpha);$$

b) beim leeren Wagen

$$G \cdot f \cdot \cos \alpha + G \cdot \sin \alpha, \text{ also} \\ G \cdot (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha).$$

Nun handelt es sich bei der Streckenförderung um sehr geringe Neigungen, da ein Gefälle von 1 : 150 erst einem Winkel von 23 Minuten entspricht. Infolgedessen kann man  $\cos \alpha = 1$  setzen, und die beiden obengenannten Ausdrücke vereinfachen sich, wie folgt:

$$\text{a) } (G + N) \cdot (f - \sin \alpha) \text{ und} \\ \text{b) } G \cdot (f + \sin \alpha).$$

Die Größe  $\sin \alpha$  ist aber weiter nichts als das Gefälle. Mithin ergeben sich für verschiedene Gefälle und für die beiden Werte  $f = 0,012$  und  $f = 0,015$  die folgenden Zahlenbeziehungen:

Gefälle $\sin \alpha$	1 : 50		1 : 150		1 : 200		1 : 500	
	0,020		0,0067		0,005		0,002	
	$f$		$f$		$f$		$f$	
	0,012	0,015	0,012	0,015	0,012	0,015	0,012	0,015
$f - \sin \alpha$	- 0,008	- 0,005	0,0053	0,0083	0,007	0,010	0,010	0,013
$f + \sin \alpha$	0,032	0,035	0,0187	0,0217	0,017	0,020	0,014	0,017
d. h. für je 1000 kg Gesamtgewicht sind an Zugkraft erforderlich:								
abwärts	— 8	— 5	5,3	8,3	7	10	10	13
aufwärts	32	35	18,7	21,7	17	20	14	17

Folglich hat beispielsweise ein Pferd, das 8 Wagen zu je 900 kg mit einem Gefälle von 1 : 200 abwärts zu ziehen hat, eine Zugkraft von  $8 \cdot 0,9 \cdot 7 = 50,4$  kg für  $f = 0,012$  und eine solche von  $8 \cdot 0,9 \cdot 10 = 72$  kg für  $f = 0,015$  zu entwickeln. Kann es in der Sekunde eine Arbeit von 70 mkg leisten, so vermag es diesen Zug mit

$$\frac{70}{50,4} = 1,39 \text{ m (bezw. } 0,97 \text{ m für } f = 0,015) \text{ Geschwindigkeit}$$

zu ziehen.

Eine Seilbahn, die zu gleicher Zeit 43 volle Wagen von 950 kg abwärts und 43 leere Wagen von 350 kg aufwärts zu ziehen hat, muß bei einem Gefälle von 1 : 200 an Nutzarbeit leisten:

$$43 \cdot 0,95 \cdot 7 + 43 \cdot 0,35 \cdot 17 = 542 \text{ kg (bezw. } 710 \text{ kg)}$$

Soll sie dabei eine Geschwindigkeit von 0,8 m entwickeln, so beträgt ihre Nutzarbeit

$$\frac{542 \cdot 0,8}{75} = 5,78 \text{ PS. (bezw. } 7,57 \text{ PS.)}$$

Eine Lokomotive, die 15 PS. Nutzarbeit (also ohne Berücksichtigung ihres Eigengewichtes) zu leisten imstande ist und mit einer Geschwindigkeit von 4 m fahren soll, kann eine Zugkraft am Haken (s. Ziff. 79) ausüben von

$$\frac{15 \cdot 75}{4} = 281 \text{ kg.}$$

Folglich kann sie bei einem Gefälle von 1 : 150 ziehen:

1. volle Wagen (je 900 kg)

a) abwärts:

$$\frac{281}{0,9 \cdot 5,3} = 59 \text{ (bezw. } 38)$$

b) aufwärts:

$$\frac{281}{0,9 \cdot 18,7} = 17 \text{ (bezw. } 14)$$

2. leere Wagen (je 350 kg)

a) abwärts:

$$\frac{281}{0,35 \cdot 5,3} = 151 \text{ (bezw. } 97)$$

b) aufwärts:

$$\frac{281}{0,35 \cdot 18,7} = 43. \text{ (bezw. } 37)$$

Die in den Klammern für  $f = 0,015$ , also für eine um 25% höhere Reibung hinzugefügten Zahlen zeigen, welche Bedeutung der Reibungswiderstand insbesondere für die maschinelle Förderung hat und wie durch seine Verringerung der Arbeitsaufwand verringert und die Leistung erhöht werden kann.

Wie die obigen Zahlentafeln ferner lehren, wird bei stärkerer Neigung für den abwärts fahrenden Wagen der Ausdruck  $f - \sin \alpha$  negativ, d. h., der Wagen setzt der Bewegung überhaupt keinen Widerstand mehr entgegen, sondern entwickelt selbst eine gewisse Zugkraft, die für  $f = 0,012$  bei einem Gefälle von 1 : 50 schon 8 kg für je 1000 kg beträgt. Näheres darüber findet sich im Abschnitt „Bremsbergförderung“ (Ziff. 90).

Die vorstehenden Betrachtungen bezogen sich lediglich auf die für die Bewegung der Förderwagen mit und ohne Inhalt auf geradliniger Bahn zu leistenden Zugkräfte. Außer diesen hat jedoch die Antriebskraft noch zu leisten:

1. die Beschleunigung oder den „Anfahrwiderstand“, Diese Beschleunigungsarbeit ist um so größer, je größer die volle Geschwindigkeit ist und je rascher sie erreicht werden soll;
2. die beim Durchfahren von Kurven infolge der Ablenkung und einer gewissen Klemmung in den Kurven zu entwickelnde Zusatzkraft, die von dem Kurvenhalbmesser, der Spurweite und dem Radstand abhängt und die Zugkraft auf gerader Bahn leicht noch übertreffen kann;
3. das etwa mitzuziehende Gewicht der Antriebskraft selbst, also des Seiles, der Kette, der Lokomotive usw.;
4. die in der Antriebvorrichtung selbst auftretenden Widerstände.

### 39. — Gefälleverhältnisse bei Schienenbahnen in Förderstrecken.

Bereits in Band I dieses Werkes (Ziff. 30, Herstellung der Hauptquerschläge) ist darauf hingewiesen worden, daß die den Förderwegen — und damit auch den Schienenbahnen — zu gebende Steigung zweckmäßig so groß sein soll, daß die Abwärtsbewegung des vollen Wagens dieselbe Anstrengung erfordert wie die Aufwärtsbewegung des leeren. Diese Forderung läßt sich nun nach den obigen Ausführungen durch folgende Gleichung ausdrücken:

$$(G + N) \cdot (f - \sin \alpha) = G \cdot (f + \sin \alpha),$$

woraus folgt:

$$2 \cdot G \cdot \sin \alpha + N \cdot \sin \alpha = N \cdot f,$$

mithin: 
$$\sin \alpha = \frac{N \cdot f}{2 \cdot G + N}.$$

Nimmt man nun z. B. für  $G$  300 und für  $N$  500 kg an, so erhält man:

$$\sin \alpha = \frac{500 \cdot f}{1100} = 0,455 f.$$

Daraus leiten sich für einige Werte von  $f$  die folgenden Beziehungen ab:

	$f = 0,008$	$0,010$	$0,012$	$0,015$
	$\sin \alpha = 0,0036$	$0,0045$	$0,0055$	$0,0068$
theoretisch richtiges Gefälle ungefähr	1 : 280	1 : 220	1 : 180	1 : 150

Diese Steigungen entsprechen im allgemeinen den im Betrieb üblichen, die sich meist zwischen 1 : 150 und 1 : 250 bewegen. Doch kommen, wie im Band I des Näheren ausgeführt ist, vielfach noch andere Erwägungen hier in Betracht, so daß wir in Hauptquerschlägen häufig das ganz schwache Ansteigen 1 : 500, 1 : 800, 1 : 1000 und mitunter sogar eine totsöhliche Verlegung des Gestänges finden.

**40. — Überwachung der Reibungsverhältnisse im Betriebe.** Die große Bedeutung des Reibungswiderstandes läßt bei großer Förderung seine regelmäßige Feststellung und Nachprüfung im Betriebe als erwünscht erscheinen. Es wird dann ermöglicht, einerseits Wagen mit zu hohem Reibungswiderstande rechtzeitig auszusondern und andererseits schlechte Stellen der Bahn rasch festzustellen. Dem ersteren Zweck dient

der in Fig. 373<sup>1)</sup> dargestellte „Wagen-Ablaufberg“ der Zeche Shamrock I/II bei Herne, eine sehr einfache Vorrichtung, die es gestattet, durch Ablaufenlassen der Wagen von der 2 m langen Horizontalfläche in der Mitte auf einer schiefen Ebene von bestimmter Länge und Neigung — in der Figur beträgt die Länge 6,5 m, die Steigung 1 : 325 — den Reibungswiderstand möglichst oft von neuem festzustellen. Wagen, die wegen Verharzung der Schmierbüchsen, wegen unrund gewordener Räder oder wegen krummer oder gebrochener Achsen überhaupt nicht selbsttätig ablaufen oder auf halbem Wege stehen bleiben, werden sofort ausgeschaltet oder zur Schmiede geschickt.

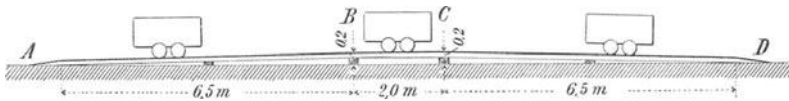


Fig. 373. Prüfung des Reibungswiderstandes von Förderwagen durch schiefe Ebenen.

Für den zweiten Zweck, bei dem es sich also um die Ermittlung der Widerstände der Bahn durch zu starke Steigungen, durch fehlerhafte Verlegung der Gestänge, durch Quellen des Liegenden usw. handelt,

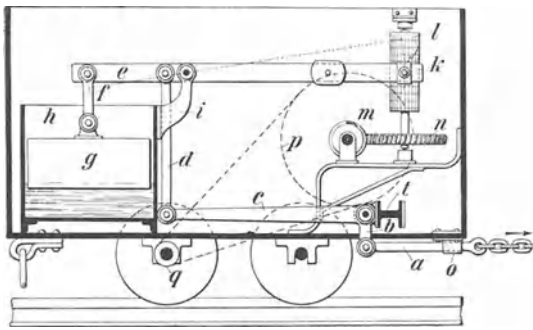


Fig. 374. Dynamometerwagen.

sind die sog. „Dynamometer-Wagen“ geeignet. Bei dem in Fig. 374 dargestellten Wagen dieser Art<sup>2)</sup> wird der Widerstand, den der Wagen auf seinem Wege findet, mittels der Zugstange *a*, des Winkelhebels *b c*, der vertikalen Zugstange *d* und des 2-armigen Hebels *e* auf einen Schreibstift *k* übertragen, der sich auf der Trommel *l* bewegt. Die letztere erhält ihre Drehung um die vertikale Achse durch Vermittelung des Schneckengetriebes *m n* und der Kettenscheibe *p* von dem Kettenrade *q* aus, das auf die hintere Wagenachse aufgekeilt ist. Zur Abschwächung der beim ruckweisen Anziehen erfolgenden Stöße dient der Schwimmer *g*, der sich in dem Wasserbehälter *h* auf und ab bewegt. — Ein solcher Wagen kann auch vor einen ganzen Wagenzug gehängt und so zur Ermittlung des Widerstandes ganzer Züge, zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Pferden und Lokomotiven u. dgl. benutzt werden.

**41. — Der Tonnenkilometer als Einheit.** Zur Beurteilung von Förderleistungen und Förderkosten im großen bedient man sich der Ein-

<sup>1)</sup> Glückauf 1909, S. 1312.

<sup>2)</sup> Glückauf 1897, S. 809; Honigmann: Wagen zur Bestimmung der Widerstände bei der Streckenförderung (Taf. 27).

heit des Tonnenkilometers (tkm, genauer Nutz-Tonnenkilometer) und versteht darunter eine Förderleistung, die sich als Produkt der geförderten Masse in t Nutzlast und des dabei zurückgelegten Weges in km darstellt. Ein tkm ist also z. B. geleistet, wenn eine Nutzlast von

	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0 t
auf eine Länge von . . . . .	2,0	1,0	0,5	0,2	0,1 km

gefördert worden ist. Da es sich bei der Streckenförderung nur um die Bewegung der Last auf ganz oder nahezu söhlicher Bahn handelt, so hat hier naturgemäß der Begriff des Tonnenkilometers für den erforderlichen Kraftaufwand eine ganz andere Bedeutung als bei der Schachtförderung, wo man gleichfalls mit dieser Einheit rechnet. Bei der Schachtförderung gleichen sich die toten Lasten in beiden Schachttrummen aus, so daß ein Nutz-tkm hier eine Arbeit von etwas über 1 Million mkg (unter Anrechnung der Reibungsverluste) darstellt, wenn man die Beschleunigungsarbeit außer Acht läßt. Bei der Streckenförderung dagegen ist diese Arbeit erheblich geringer und je nach der wechselnden Größe von  $\alpha$  und  $f$  verschieden. Sie beträgt z. B. bei  $f = 0,012$  und einem Gefälle von 1 : 200 (s. Zahlentafel auf S. 335) und einem Anteil der toten Last an der Gesamtlast von 37 % (vgl. S. 324), entsprechend rd. 590 kg auf 1000 kg Nutzlast:

für die Bewegung der vollen Wagen zum Schacht  $1,59 \cdot 7 \cdot 1000 \sim 11\,100$  mkg  
 für die Rückförderung der leeren Wagen  $0,59 \cdot 17 \cdot 1000 \sim 10\,000$  mkg  
 also insgesamt  $\sim 21\,100$  mkg

ohne Berücksichtigung der Beschleunigungsarbeit.

**42. — Bedeutung eines guten Zustandes der Wagen und Gestänge.** Die Bedeutung von Ersparnissen an laufenden Förderkosten, wie sie sich durch große einmalige Ausgaben, also durch sorgfältige Anlage der Schienenwege und sachgemäße Ausrüstung der Wagengeläufe erzielen lassen, ist beim Steinkohlenbergbau sehr groß, wie am besten aus folgender Gegenüberstellung einer Steinkohlen- und einer Erzgrube mit einer Hauptförderstrecke von 1500 m bzw. 700 m Länge zu ersehen ist. Es möge angenommen werden, daß beide Gruben diese Förderstrecke anstatt mit einem gerade ausreichenden mit einem sehr kräftigen Oberbau (Schienen und Schwellen) ausgerüstet und Wagen mit Geläufen von vorzüglichster Ausführung beschafft haben. Die dadurch verursachten Mehrausgaben mögen 2 *M* je m doppelspuriger Strecke und 40 *M* je Förderwagen betragen; die Wagenzahl sei 2000 für die Steinkohlen- und 250 für die Erzgrube. Die Ausgaben für Verzinsung und Tilgung sollen der starken Abnutzung wegen mit 20 % eingesetzt werden. Die Ersparnis je tkm durch die bessere Ausführung möge 2,5 *Pf* betragen.

	Steinkohlengrube	Erzgrube
Fördermenge je Tag in . t . . . . .	2 000	300
Jährliche Leistung in tkm . . . . .	900 000	63 000
Jährliche Ersparnis in <i>M</i> . . . . .	22 500	1 575
Mehrausgaben für Tilgung und Verzinsung		
in <i>M</i> . . . . .	16 600	2 280
Jährlicher Gewinn in <i>M</i> . . . . .	5 900	—
Jährlicher Verlust in <i>M</i> . . . . .	—	705

Während also das Steinkohlenbergwerk durch die an sich geringfügige Ersparnis von 2,5 *Pf* auf den tkm jährlich 5 900 *M* gewinnt, hat das Erzbergwerk einen jährlichen Verlust von 705 *M* gegen früher infolge der Belastung durch ein unnötig großes Anlagekapital zu verzeichnen.

#### d) Die Betätigung der Wagenförderung.

**43. — Überblick.** Die Bewegung der Wagen in den Förderstrecken kann durch Menschen, Tiere oder Maschinen erfolgen. Von diesen 3 Fördermitteln sind heute für den deutschen Bergbau die Maschinen das wichtigste; auch ist die Bedeutung der maschinellen Förderung bei uns noch ständig im Steigen begriffen. Im allgemeinen kann hinsichtlich der Arbeitsgebiete für die 3 Förderarten gesagt werden, daß in deutschen Steinkohlengruben heute die Förderung durch Menschen auf die Abbaue und Abbaustrecken beschränkt ist, daß Pferdeförderung in den Hilfsförderstrecken und -querschlägen herrscht und maschinelle Förderung in den Hauptförderwegen auf der Sohle überwiegt. Die Hauptgründe für die wachsende Bedeutung der mechanischen Fördermittel sind: stark gestiegene Löhne für Schlepper und Pferdetreiber, Anwachsen der Fördermengen und -längen und der Schachttiefen und dadurch Steigerung der lästigen Begleiterscheinungen der Pferdeförderung (Feuergefahr in den Ställen unter Tage, Erkrankungen der Pferde, Verschlechterung der Wetter), endlich bessere Ausnutzungsmöglichkeit für die maschinellen Fördermittel, besonders aber auch bedeutende Verbesserung und Verbilligung der letzteren.

#### α) Förderung durch Menschen und Tiere.

**44. — Menschenförderung.** Die Förderung durch Menschen begreift nach dem vorstehenden heute in sich die Bewegung der Wagen vom Abbauorte bis zum Bremsberg, Stapelschacht, Rolloch oder Abhauen oder, wenn es sich um Betriebe auf der Sohle handelt, bis zum nächsten Förderquerschlag.

Bei dieser Sachlage lassen sich über die Leistungen der Schlepperförderung und ihre Kosten keine Zahlen geben, da die Schlepper nicht lediglich als solche beschäftigt, sondern auch im Abbau als Lehrhauer zu leichteren Arbeiten vor Ort, an Füllörtern und sonstigen Anschlägen als Anschläger mit herangezogen werden. Auf anderen Gruben, auf denen in Sohlenstrecken Schlepperförderung ohne anderweitige Beschäftigung der Schlepper umgeht, kann man bei gutem Zustande der Wagen und des Gestänges auf eine Leistung von 3—4 tkm in der Schicht rechnen. Allerdings ist man in Ausnahmefällen, wo die Verwendung großer Wagen oder das gleichzeitige Schleppen mehrerer Wagen möglich war, bei bester Ausführung der Radsätze und vorzüglichster Verlegung und Instandhaltung der Gestänge auf 15 tkm und darüber gekommen<sup>1)</sup>. Die Kosten der Schlepperförderung sind demgemäß hoch und im allgemeinen, je nach den Förderverhältnissen und nach der Höhe der Löhne, mit 0,60—1,10 *M* je 1 tkm zu veranschlagen.

<sup>1)</sup> Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1895, S. 48.

**45. — Förderung mit Tieren. Allgemeines.** Für das Ziehen der Förderwagen kommen im deutschen Bergbaubetriebe von Tieren fast nur Pferde in Betracht.

Die Größe der zu verwendenden Pferde richtet sich nach der Höhe der Förderwege und nach der Förderleistung. Kleine Pferde, die nur eine geringere Anzahl von Wagen gleichzeitig ziehen können, kommen besonders für die Förderung auf Teilsohlenstrecken sowie für solche Fälle in Frage, in denen die Fördermenge nicht groß genug ist, um große und starke Pferde regelrecht auszunutzen.

Die Unterbringung der Pferde kann bei geringer Tiefe der Grubenbaue in Ställen über Tage erfolgen, indem die Pferde täglich im Schachte aus- und eingefördert werden. Die zunehmende Tiefe der Gruben und die verschärften gesetzlichen Bestimmungen über die Schichtdauer, die auf möglichste Beschränkung der Dauer der Seilfahrt hinwirken, haben im Ruhrkohlenbezirk die meisten Gruben zur Anlage unterirdischer Stallungen genötigt. Aus diesen werden die Grubenpferde nur in größeren Zwischenräumen (etwa jährlich oder halbjährlich einmal) ans Tageslicht gebracht, vielfach hält man sie aber auch dauernd unten. Die Ställe unter Tage haben vor den oberirdischen außer dem Wegfall des Zeitverlustes durch die Ein- und Ausförderung der Pferde auch den Vorteil voraus, daß Erkältungskrankheiten, die sich die Pferde beim Aus- und Einfördern in der kalten Jahreszeit leicht zuziehen, vermieden werden. Als Nachteile der unterirdischen Ställe sind hervorzuheben: schwierige Reinhaltung und daher leichter Ausbruch und schwierigere Bekämpfung ansteckender Krankheiten, ferner Verschlechterung der Grubenwetter durch die Ausdünstungen der Ställe, Brandgefahr wegen der Entzündlichkeit der Futtervorräte, leichtes Verderben der letzteren.

**46. — Unterirdische Pferdeställe.** Demgemäß muß bei der Anlage unterirdischer Pferdeställe wenigstens alles getan werden, um diese Nachteile so wenig wie möglich in die Erscheinung treten zu lassen. In erster Linie ist bei größeren Stallungen zu empfehlen, als Baustoffe nur Stein und Eisen zu verwenden, sowohl der Sauberkeit als auch der Feuersicherheit wegen. Ferner muß durch eine gut gepflasterte und nach einer Abflußrinne hin geneigte Sohle für schnellen und vollständigen Abfluß des Schmutzwassers bei den regelmäßigen Reinigungen gesorgt werden. Für diese letzteren ist außerdem ein Spritzschlauch mit Anschluß an eine Klarwasserleitung vorzusehen. Futtervorräte sind entweder in Mauernischen, die durch Eisenblechtüren geschlossen gehalten werden können, oder in Behältern aus Eisenblech unterzubringen. Für die Beleuchtung ist elektrisches Licht am besten, da es eine gute Überwachung des ordnungsmäßigen Zustandes des Stalles ermöglicht und die Wetter nicht verschlechtert. Endlich ist noch erforderlich ein im Längsgang vor den Ständen verlegtes Fördergestänge zur bequemen Anfuhr der Futtervorräte und Abfuhr des Düngers. Solche Ställe erhalten etwa 4 m Tiefe und 2—3 m Höhe. Für jedes Pferd rechnet man 1,3—1,4 m Breite.

Als Streu hat sich Torfstreu, die den Harn aufsaugt, besonders gut bewährt.



Bei der Ausschließung des nötigen Hohlraums kann unter Umständen ein Flöz benutzt werden. Die Kosten können dann bis auf 70—100 *M* für jedes Pferd heruntergedrückt werden; anderenfalls rechnet man im Ruhrbezirk auf den Stand 200—300 *M* einschließlich der Ausgaben für die Ausstattung mit Krippen, Raufen, Schlagbäumen usw.<sup>1)</sup> Meist finden die Pferdeställe ihren Platz in der Nähe des Schachtes. Ist jedoch durch größere maschinelle Förderanlagen die Pferdeförderung in den Hintergrund gedrängt, so daß sie nur noch als Zubringeförderung für diese dient, so wird man zweckmäßig den Stall weiter im Felde anlegen, damit die abzulösenden Pferde keine weiten Wege in kälteren Wettern zu machen haben. Insbesondere ist dann auch darauf zu achten, daß nur möglichst kurze Strecken in den Förderwegen mit maschineller Förderung von den Pferden durchlaufen werden müssen, was namentlich bei Förderung mit Seil ohne Ende oder mit elektrischen Lokomotiven mit Fahrdraht wichtig ist. Es kann dann zweckmäßig werden, die Pferde auf verschiedene, an den passenden Stellen angelegte Einzelstallungen zu verteilen.

**47. — Einrichtungen in den Förderstrecken.** Bei der Herrichtung von Strecken und Querschlägen für die Pferdeförderung ist darauf zu achten, daß Kopf- und Hufverletzungen vermieden werden und die Hufe genügenden Widerstand zum Anstemmen finden. Demgemäß müssen diese Förderwege genügend hoch sein. Bei knapper Höhe, wie sie namentlich in Strecken mit stark quellender Sohle sich leicht einstellen kann, nagelt man wohl Bretter unter die Kappen der Zimmerungen, damit die Pferde nicht mit dem Kopfe anstoßen. Die Sohle wird vielfach durch Pflasterung des Raumes zwischen den Schienen und Schwellen besonders widerstandsfähig gemacht. Das Pflaster kann durch Klinkersteine, die zur Schaffung möglichst zahlreicher Angriffspunkte für die Hufe auf Hochkant gestellt werden, oder in vorteilhafter Weise durch Klötze von altem Holz, die auf die Hirnseite zu stehen kommen, gebildet werden. Für ein solches Holzpflaster verwendet man am besten alte eichene Stempel, die in 10—15 cm lange Stücke geschnitten, auf die Hirnseite gelegt und durch Eintreiben von Holzkeilen in die Fugen zu einer festen Pflastersohle verbunden werden, wobei man darauf achtet, daß die Oberflächen der einzelnen Klötze abwechselnd höher und tiefer zu liegen kommen, damit das Pflaster nicht zu glatt wird. In vielen Fällen begnügt man sich aber auch mit einer Lage von Sandsteinkleinschlag oder Ziegelschrot, auf die Kesselasche geschüttet wird.

Zum Schutze der Schwellen gegen die Huftritte versieht man sie wohl mit Kappen aus verzinktem  $\square$ -Eisen.

Die Wasserseige wird am besten auf eine Seite gelegt und abgewölbt oder mit Bohlen abgedeckt. Man legt dann das Gestänge für die leeren Wagen neben die Wasserseige aus den oben (S. 327) angeführten Gründen. Wassersäcke in den Strecken sind zu vermeiden, ganz besonders bei sauren Wassern, weil diese die Hufe angreifen.

**48. — Wagenzüge.** Die Vereinigung der Förderwagen zu Zügen, wie sie für die Pferdeförderung (und für die weiter unten zu besprechende

<sup>1)</sup> Sammelwerk, Bd. V, S. 46.

Lokomotivförderung) notwendig ist, erfolgt mit Hilfe einfacher Kuppelvorrichtungen, die in die zu diesem Zwecke an beiden Enden des Wagenbodens angenieteten Ringe eingehängt werden. Gegen selbsttätige Auslösung werden solche Kuppelhaken oder Kuppelketten entweder durch einfache Ringe nach Fig. 375 gesichert, die sich vor den Wagenring

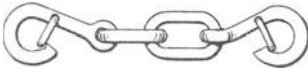
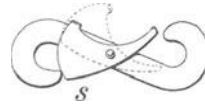


Fig. 375. Kuppelkette.

Fig. 376.  
Sicherheits-Kuppelhaken.

legen, oder durch ein Zungen- oder Pendelstück (*s* in Fig. 376), das sich infolge der Lage seines Schwerpunktes selbsttätig in die Verschlußstellung dreht.

Ein Übelstand solcher losen Kuppelhaken ist, daß sie leicht verloren gehen. Daher sind neuerdings Kuppelvorrichtungen eingeführt worden, die aus 2 gleichen Hälften bestehen, deren jede an Stelle des gewöhnlichen Wagenringes an einem Ende des Förderwagens befestigt ist. Eine solche Kuppelung ist z. B. die von Klever, die durch Fig. 377 veranschaulicht wird. Jede ihrer Hälften besteht aus einem Schäkel ( $s_1 s_2$ ) mit einem Haken ( $h_1 h_2$ ), der sich um einen Mittelbolzen im Schäkel dreht; es kann also nach Belieben  $h_1$  in  $s_2$  eingreifen oder umgekehrt.<sup>1)</sup>

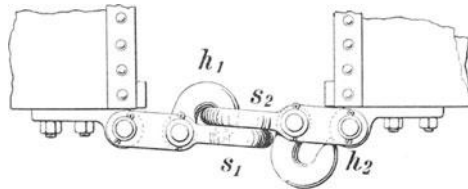


Fig. 377. Kleversche Kuppelung.

Die Zahl der zu einem Zuge zusammenzukuppelnden Wagen hängt von ihrem Gewicht, von dem mehr oder weniger guten Zustande der Geläufe und Schienen, von dem Gefälle der Bahn und der Leistungsfähigkeit der Pferde ab. Im Ruhrbezirk sind Züge von 10—14 Kohlenwagen und 5—8 Bergewagen üblich.

**49. — Ergebnisse der Pferdeförderung.** Die Leistungen und Kosten der Pferdeförderung hängen wesentlich mit von der richtigen Ausnutzung der Pferde ab, da sowohl bei zu geringer als auch bei zu großer Anstrengung derselben die Leistungen zurückgehen und die Ausgaben steigen. Da nun besonders das Anziehen eines vollen Zuges wegen der dabei zu leistenden Beschleunigungsarbeit das Pferd stark anstrengt, so sind diejenigen Förderverhältnisse die günstigsten, die bei verhältnismäßig seltenem Anziehen lange Förderwege mit sich bringen. Demgemäß sind umgekehrt kurze Förderlängen vom Übel, weshalb z. B. bei einer maschinellen Streckenförderung mit zu kurzen Zu-

<sup>1)</sup> S. auch Glückauf 1910, S. 1687; Schulz: Die auf den Zechen des rheinisch-westfälischen Industriebezirks gebräuchlichen Vorrichtungen zur Verbindung der Förderwagen.

bringestrecken, in denen Pferdeförderung umgeht, die Ersparnisse bei der maschinellen Förderung durch zu teures Arbeiten der Pferdeförderung größtenteils aufgezehrt werden können (s. S. 366). Ähnliches gilt von der Einteilung größerer Förderlängen durch Wechsel in kürzere Stücke, einer Maßnahme, die man früher befürwortete, um den Pferden öfter Gelegenheit zum Rasten zu geben. Jetzt zieht man es bei nicht zu großen Förderlängen vor, jedes Pferd den ganzen Weg gehen zu lassen, um das öftere Anziehen zu vermeiden.

Im Ruhrkohlenbezirk schwankten um 1900<sup>1)</sup> die Leistungen der Pferdeförderung in der 8 stündigen Schicht zwischen rd. 16 und 55 tkm und betragen im Durchschnitt etwa 35 tkm. Die Kosten für 1 tkm beliefen sich bei der billigsten Förderung auf rd. 13 Pf, bei der teuersten auf rd. 35 Pf, schwankten also innerhalb weiter Grenzen und waren im Durchschnitt mit 21—22 Pf anzusetzen. Im einzelnen setzten sich diese Kosten bei dem billigsten Satze (auf der Emscher-Schachanlage des Kölner Bergwerksvereins in Altenessen) wie folgt zusammen:

Kosten der Pferde selbst . . . . .	12,7	%	} der Gesamt- kosten
Futter . . . . .	43,3	"	
Löhne für Stallknechte und Pferdetreiber . . . . .	36,9	"	
Geschirr, Hufbeslag, Arznei . . . . .	7,1	"	

Jedoch ist bezüglich der Leistungen und Kosten zu berücksichtigen, daß auf denjenigen Gruben, auf denen gleichzeitig Pferde- und maschinelle Förderung umgeht, die erstere wesentlich ungünstiger gestellt ist. Nicht nur werden die Pferde, da ihre Förderwege sich der mechanischen Förderung anzupassen haben, schlechter ausgenutzt, sondern auch die Strecken- und Wetterverhältnisse sind für die Pferdeförderung besonders ungünstig. Denn der mechanischen Förderung bleiben naturgemäß die geraden und langen und dem einziehenden Schachte am nächsten liegenden Strecken und Querschläge vorbehalten, wogegen die Pferdeförderung in die engeren, schlechter bewetterten und beaufsichtigten Strecken weiter im Felde zurückgedrängt wird. Daher sind die oben gegebenen Zahlen, weil größtenteils schon ungünstig durch die mechanische Förderung beeinflusst, für die Pferdeförderung zu hoch. Besonders aber würde es aus diesem Grunde unrichtig sein, auf einer und derselben Grube die Kosten der Pferdeförderung mit denjenigen der auf derselben Sohle umgehenden Maschinenförderung zu vergleichen und daraus Schlüsse zu ziehen.

### β) Maschinelle Streckenförderung.

50. — **Einteilung.** Für den maschinellen Betrieb der Streckenförderung kommen feststehende und bewegte Maschinen in Frage. Im ersteren Falle bewegt die Maschine die Wagen mit Hilfe eines Seiles oder einer Kette, und zwar können die Wagen entweder zuvor zu Zügen zusammengestellt und dann mit dem Zugmittel verkuppelt, oder es kann jeder Wagen einzeln angeschlagen bezw. abgehängt werden. Es ist also bei der Förderung mit feststehenden Maschinen noch diejenige mit ganzen Zügen und einzelnen Wagen zu unterscheiden. Die Förderung mit

<sup>1)</sup> Vgl. Sammelwerk, Bd. V, S. 144 u. f.

beweglichen Maschinen, d. h. die Lokomotivförderung, kann dagegen naturgemäß nur zugweise erfolgen.

*Förderung mittels feststehender Maschinen.<sup>1)</sup>*

**51. — Vorbemerkung.** Soll eine Streckenförderung von einer feststehenden Maschine angetrieben werden, so sind wieder verschiedene Möglichkeiten gegeben. Zunächst werden je nach dem zur Verwendung kommenden Zugmittel Seil- und Kettenförderungen unterschieden. Derartige Förderungen können sowohl mit unterlaufendem als auch mit oberlaufendem (schwebendem) Zugmittel betrieben werden. Ferner gestaltet die Förderung mit Seil sich verschieden, je nachdem mit offenem oder geschlossenem Seile gearbeitet wird, d. h., je nachdem die Wagen an das freie Seilende angehängt bzw. in das zweiteilige Seil eingeschaltet oder aber mit Hilfe besonderer Kuppelungsvorrichtungen von einem geschlossenen oder endlosen Seile mitgenommen werden. Förderungen der letzteren Art werden daher auch als Förderungen mit Seil ohne Ende bezeichnet. Bei der Kettenförderung kommt nur die Förderart mit endloser Kette in Frage.

**1. Förderverfahren mit offenem Seil.**

**52. — Förderung mit Vorder- und Hinterseil.** Die Förderarten mit offenem Seile können hier, da sie für den deutschen Bergbau kaum noch Bedeutung haben, nur ganz kurz besprochen werden. Sie lassen sich alle auf das als „Förderung mit Vorder- und Hinterseil“ bezeichnete Verfahren zurückführen.

Eine Einrichtung für die Förderung mit Vorder- und Hinterseil im eigentlichen Sinne besteht nach Fig. 378 aus einer eingleisigen Förderstrecke, in der sich das Haupt- oder Vorderseil  $v$  bewegt, während seitlich das Neben-

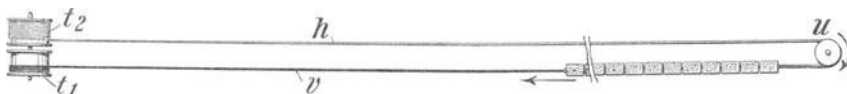


Fig. 378. Förderung mit Vorder- und Hinterseil.

oder Hinterseil  $h$  mittels der Umkehrscheibe  $u$  zur Maschine zurückgeführt wird. Diese ist mit zwei Trommeln  $t_1 t_2$  ausgerüstet, von denen jeweils die eine durch eine ausrückbare Kuppelung fest mit der Achse gekuppelt wird, während die zweite lose läuft. Der volle Zug wird durch Aufwicklung des Vorderseils herangeholt, wobei das Hinterseil sich selbsttätig von der lose mitlaufenden zweiten Trommel abwickelt. Die Bewegung dieser letzteren Trommel wird durch eine Bremse nach Bedarf geregelt, was namentlich für wechselndes Gefälle wichtig ist. Nach Ankunft der vollen Wagen am Schachte wird die Bewegungsrichtung der Maschine umgekehrt und mit Hilfe der jetzt mit der Welle gekuppelten zweiten Trommel der leere Zug durch das Hinterseil ins Feld gezogen. Erforderlich ist hiernach

<sup>1)</sup> Näheres s. bei Braun: Die Seilförderung auf söhlicher und geneigter Schienenbahn (Freiberg 1898), S. 9 u. f.; — Stein: Die verschiedenen Methoden der mechanischen Streckenförderungen (Gelsenkirchen 1898), S. 127 u. f.

eine Gesamt-Seillänge gleich der dreifachen Streckenlänge, jedoch kann das Hinterseil, da es nur leere Wagen zu ziehen hat, schwächer sein. Die Wagenzahl der Züge schwankt etwa zwischen 50 und 150.

**53. — Andere Förderverfahren.** Wird die vorstehend beschriebene Einrichtung dahin abgeändert, daß auf 2 Gleisen gleichzeitig gefördert wird, indem auf dem einen ein voller Zug zum Schachte, auf dem anderen ein leerer Zug ins Feld läuft, so sind zwei stärkere Förderseile nötig, während die beiden Züge hinten durch ein schwächeres Hinterseil verbunden sind. Diese Förderart wird als „Förderung mit zwei Vorderseilen und einem Hinterseil“ bezeichnet. Sie kann auch mit langen Gestellen durchgeführt werden, auf welche die Wagen von der Seite her aufgeschoben werden, und ist in dieser Form bei uns noch verschiedentlich über Tage als „Truckförderung“ in Gebrauch.

Steht von den beiden Trommeln nur die eine in der Nähe des Schachtes, die andere dagegen im Felde, so daß die Züge zwischen ihnen hin und her gehen, so spricht man von einer „Förderung mit Seil und Gegenseil“.

## 2. Förderung mit geschlossenem Zugmittel.

(Förderung mit Seil oder Kette ohne Ende.)

**54. — Wesen und Bedeutung.** Bei der Förderung mit einem in sich selbst zurücklaufenden Zugmittel bewegt dieses sich oberhalb oder unterhalb der Wagen und nimmt an den Endpunkten sowohl wie auch an Zwischenanschlagpunkten die mit ihm durch besondere Einrichtungen zu kuppelnden Förderwagen auf.

Dieses Förderverfahren hat für deutsche Förderverhältnisse jetzt die anderen Förderarten mit feststehenden Maschinen verdrängt und kommt daher für uns unter Tage neben der Lokomotivförderung nur noch allein in Frage.

**55. — Unterarten der Förderung mit endlosem Zugmittel.** Die bei diesem Förderverfahren gemäß Ziff. 51 möglichen Unterschiede kommen in der folgenden Aufzählung zur Geltung:

1. Förderung mit schwebendem Seil oder schwebender Kette und einzelnen Wagen,
2. Förderung mit unterlaufender Kette und einzelnen Wagen,
3. Förderung mit unterlaufendem Seil und ganzen Zügen.

Hierzu ist zunächst zu bemerken, daß das unter 3. genannte Verfahren zwar verschiedentlich auch in Deutschland angewandt worden, daß aber seine Anwendung vereinzelt geblieben und es heute wieder fallen gelassen worden ist, da durch die Vereinigung der Wagen zu Zügen ein Teil der Vorzüge der Förderung mit endlosem Zugmittel (s. Ziff. 71) geopfert und der Seilverschleiß wesentlich gesteigert wurde. Ferner ist die Besprechung des unter 2. angeführten Förderverfahrens hier nicht am Platze, da es sich fast nur für die Förderung über Tage eingebürgert hat und unter Tage nur an Schachtfüllörtern verschiedentlich Anwendung findet. Überhaupt ist darauf aufmerksam zu machen, daß unterlaufende Zugmittel sich für die Förderung über Tage weit besser eignen, da sie dort die erforderliche freie Bewegung der

Arbeiter quer zum Gleise am wenigsten hindern. Unter Tage dagegen spielt dieser Gesichtspunkt keine Rolle, hier ist vielmehr andererseits das unterlaufende Zugmittel wegen des starken Verschleißes infolge von Verschmutzung dem schwebend geführten unterlegen.

### 1. Förderung mit schwebendem Seil ohne Ende.

**56. — Antrieb.** Die Antriebsmaschine muß imstande sein, lediglich durch Reibung die ganze Bewegung auf das Seil zu übertragen. Dabei ist immer die größtmögliche Schonung des Seiles im Auge zu behalten, da der Seilverschleiß wesentlich zu den Kosten einer solchen Förderung beiträgt (vgl. die Zahlentafel auf S. 367). Zur Erzielung einer genügend rauhen Oberfläche werden die Rillen der Antriebscheiben mit Holz oder Leder ausgefüttert, wodurch gleichzeitig eine erhebliche Schonung des Seiles ermöglicht wird. Holzfutter wird durch eine Anzahl von Klötzen aus hartem Holz gebildet, die mit der Hirnseite nach außen zu liegen kommen. Beispiele liefern die Figuren 379 *a* und *b*<sup>1)</sup>. In Fig. 379 *a* sind Klötze von der Querschnittsform der Scheibennut in diese eingelegt und durch versenkte Schrauben *s* gehalten; in Fig. 379 *b* sind am Kranz der Scheibe mittels der Schraubenbolzen *b*<sub>2</sub> Wangenstücke *w*<sub>1</sub> *w*<sub>2</sub> befestigt,

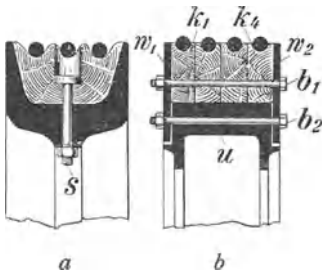


Fig. 379. Holzfutter bei Treibscheiben für endloses Seil.

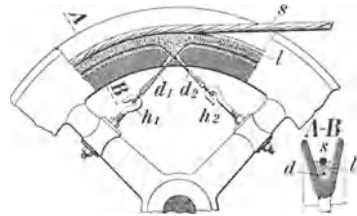


Fig. 380. Heckelsches Lederfutter für Treibscheiben.

zwischen denen segmentförmige Holzscheiben *k*<sub>1</sub>—*k*<sub>4</sub> durch die Schraubenbolzen *b*<sub>1</sub> festgehalten werden. Eine empfehlenswerte Lederausfütterung ist diejenige der Gesellschaft für Förderanlagen Ernst Heckel in Saarbrücken nach Fig. 380. In den Lederstreifen *l*, der aus lauter einzelnen Querscheiben besteht, ist hier ein Draht *d* eingebettet, dessen Enden *d*<sub>1</sub> *d*<sub>2</sub> nach innen geführt und mittels der Haken *h*<sub>1</sub> *h*<sub>2</sub> an 2 Speichen der Treibscheibe befestigt sind.

Statt einer mehrrilligen Antriebscheibe können auch mehrere einrillige Scheiben benutzt werden. Bezüglich der Zahl der Rillen bzw. Scheiben ist zu berücksichtigen, daß jede Rille infolge der in ihr herrschenden Reibung einen gewissen Unterschied in die auf das ablaufende und auf das auflaufende Seilende wirkenden Zugkräfte bringt, und zwar hat man im allgemeinen bei einer halben Umschlingung (180°) die Spannung im ablaufenden Seiltrumm mit 2,2—2,6,<sup>2)</sup> je nach den Reibungsverhältnissen,

<sup>1)</sup> Sammelwerk, Bd. V, S. 118.

<sup>2)</sup> Die Ableitung dieses Faktors kann bei dem beschränkten Raum dieses Buches hier nicht gegeben werden.

zu multiplizieren, um die Spannung im auflaufenden Trumm zu erhalten. Soll also z. B. bei einem Reibungsfaktor von 2,5 eine Gesamtlast von 5000 kg auf der Seite der vollen Wagen („Vollseil“) herangeholt werden, so würde bei nur einer Rille im ablaufenden Trumme („Leerseil“) noch eine Spannung von  $\frac{5000}{2,5} = 2000$  kg herrschen müssen, die man als „tote Spannung“ bezeichnet. Derartig große tote Spannungen müssen aber vermieden werden, da sie eine sehr hohe Beanspruchung der verschiedenen Ablenk- und Kurvenrollen und damit einen starken Verschleiß dieser Rollen und besonders des Seiles selbst im Gefolge haben würden. Man vermehrt daher die Zahl der Antriebrillen so lange, bis man auf eine tote Spannung von einigen Hundert Kilogramm, je nach der Länge der Strecke und der Zahl der Krümmungen, herunterkommt. Im vorliegenden Falle würde man z. B. diese Spannung durch eine weitere Rille auf  $\frac{2000}{2,5} = 800$  kg, durch eine dritte auf  $\frac{800}{2,5} = 320$  kg herabdrücken können.

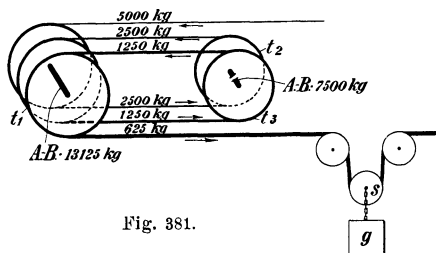


Fig. 381.

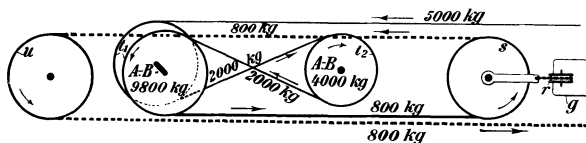


Fig. 382.

Schematische Darstellung verschiedener Anordnungen von Treibscheiben nebst Gegen- und Spansscheiben.

Aus den schematischen Figuren 381 und 382 sind für verschiedene Anordnungen sowohl die Seilspannungen in den verschiedenen Seiltrummen wie auch die diesen Spannungen entsprechenden Belastungen der Achsen zu entnehmen. Dabei ist durch verschiedene Stärken der Linien angedeutet, daß mit der wachsenden Zugspannung eine Dehnung des Seiles und daher eine kleine Verringerung des Seildurchmessers Hand in Hand geht. Der Reibungsfaktor ist in Fig. 381 mit 2,0, in Fig. 382 mit 2,5 angenommen. Die Treibscheiben sind mit  $t_1$ , die Gegenscheiben mit  $t_2$   $t_3$ , die Spansscheiben (Ziff. 57) mit  $s$ , die Gegengewichte mit  $g$  bezeichnet. Die auf die einzelnen Achsen wirkenden Gesamtkräfte sind bei  $A.-B.$  angegeben.

Zwischen den einzelnen Rillen der Treibscheiben  $t_1$  und der Gegenscheiben  $t_2$   $t_3$  findet eine seitliche Ablenkung des Seiles statt. Da diese das

Seil und die Rillenwangen infolge der seitlichen Reibung stark beansprucht, so legt man vielfach die Gegenscheiben-Achse etwas schräg, um so zu erreichen, daß das von der einen Scheibe ablaufende Seil ohne Ablenkung in die entsprechende Rille der anderen Scheibe einlaufen kann. Das empfiehlt sich namentlich bei geringem Scheibenabstand (vgl. Fig. 389 auf S. 354 sowie auch die Beiensche Anordnung in Fig. 463 auf S. 422).

Die mehrrilligen Antriebscheiben haben den Übelstand, daß auf die einzelnen Rillen und Seilstücke verschieden große Kräfte einwirken. Da nämlich die Seilspannung von der Auflaufseite her nach der Ablaufseite hin abnimmt, so unterliegt die der ersteren entsprechende Rille der Treibscheibe einem bedeutend stärkeren Drucke und damit auch einer stärkeren Abnutzung als die Rille am Ablaufende. Infolgedessen wird der Umfang der ersten Rille allmählich kleiner als derjenige der letzten, d. h., die erste Rille wickelt in der Zeiteinheit weniger Seil auf, als die letzte aufnehmen will. In demselben Sinne wirkt das Verhalten des elastischen Seiles selbst. Der ersten Rille wird nämlich in der Zeiteinheit das längste, weil am stärksten ausgereckte, der letzten Rille das kürzeste Seilstück zugeführt; also gerade die letzte Rille, die ihrem Umfange nach das längste Stück in der gleichen Zeit durchziehen mußte, erhält das kürzeste. Dadurch entstehen immer stärkere Spannungen, die sich schließlich in einem Rutschen des Seiles, wodurch dieses naturgemäß stark leidet, oder noch ungünstiger in dem Bruch einer Scheibe äußern. Man mildert

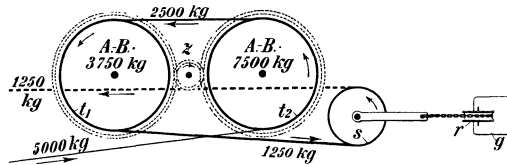


Fig. 383. Schema eines Heckelschen Antriebs für Förderung mit endlosem Seil.

diese schädlichen Spannungen dadurch, daß man die einzelnen Gegenscheiben für sich beweglich macht, so daß diese sich allmählich gegeneinander verschieben und so die Spannungsunterschiede teilweise ausgleichen können. Das kann entweder dadurch geschehen, daß man nur eine Scheibe fest auf die Achse keilt, die andern dagegen lose laufen läßt, oder dadurch, daß man nach Fig. 381 jede Gegenscheibe auf eine besondere Achse setzt.

Gänzlich vermieden werden die mehrrilligen Antriebscheiben und ihre Mängel bei der Antriebsvorrichtung der Gesellschaft E. Heckel in Saarbrücken<sup>1)</sup>, die durch die schematische Figur 383 erläutert wird. Heckel geht von dem Grundgedanken aus, die Achsdrücke möglichst zu verringern und das Seil möglichst zu schonen. Zu diesem Zwecke läßt er die nur zur Rückführung des Seils dienenden Gegenscheiben vollständig wegfällen, es kommen also nur Treibscheiben  $t_1$   $t_2$  zur Verwendung, die durch ein Stirnradgetriebe mit Hilfe des Ritzels  $z$  gedreht werden. Dadurch wird die insgesamt vom Seile umschlungene Fläche wesentlich verringert und infolgedessen ein gewisses Gleiten des Seiles zur Ausgleichung der erwähnten Spannungsunterschiede ohne größeren Schaden für Seil und Scheiben ermöglicht. Auch ist der Durchmesser der Scheiben so groß (3—7m) gewählt,

<sup>1)</sup> E. Heckel: Wie soll der Antrieb einer maschinellen Seilförderung mit Rücksicht auf die Schonung des Seiles konstruiert sein? (Saarbrücken 1905, 2. Auflage.)



daß die Seildrücke auf die Flächeneinheit in mäßigen Grenzen bleiben und infolgedessen auch die Unterschiede im Verschleiß beider Rillen verhältnismäßig gering sind. Infolge der Verringerung der Zahl der Scheiben fallen die Achsdrücke, wie die Figuren ohne weiteres erkennen lassen, bedeutend geringer als bei den anderen Anordnungen aus. Durch die großen Scheibendurchmesser und die dadurch bedingten sanften Biegungen und geringen Auflagedrücke wird das Seil sehr geschont. — Die mit diesem Antrieb gemachten Erfahrungen sind durchaus günstig, da ein (allerdings unter günstigen Verhältnissen laufendes) Seil eine Aufliegezeit von 7 Jahren erreicht hat.<sup>1)</sup> Dafür wird zwar der Maschinenraum wegen der größeren Höhe etwas teurer und ist in druckhaftem Gebirge schwieriger offen zu halten, doch spielt dieser Gesichtspunkt bei der geringen Breite des Raumes keine große Rolle.

Stets ist eine starke Übersetzung notwendig, da bei den in Betracht kommenden geringen Seilgeschwindigkeiten von 0,5—1,2 m die Antriebsscheiben nur wenig Umdrehungen machen dürfen, z. B. bei 0,9 m Seilgeschwindigkeit, 2 m Durchmesser und einem dementsprechenden Umfange

von 6,28 m nur  $\frac{60 \cdot 0,9}{6,28} = 8,6$  Umdrehungen i. d. Min.

Die Verlagerung der Achsen („Königswellen“) der Treib- und Gegen-scheiben kann sowohl wagerecht als auch senkrecht erfolgen.

Zu berücksichtigen ist noch, daß die Seilspannung an allen Stellen des Seiles verschieden ist; sie nimmt von der Ablaufstelle des Leerseils an fortgesetzt zu, und zwar hinter jedem Wagen und hinter jeder Kurvenrolle um das Maß des von diesen ausgeübten Widerstandes.

**57. — Spannscheibe.** Das aus der Maschinenkammer tretende Seil durchläuft die Strecke mit ihren verschiedenen Krümmungen und kehrt über eine Umkehr- oder Endscheibe am Ende der Strecke zurück. Es bedarf nun noch einer Spannscheibe (s in Fig. 381—383) mit Belastungsvorrichtung, die dem Seile die nötige „tote“ Spannung gibt, damit es nicht so sehr durchhängt oder von den Kurvenrollen abfällt. Diese Scheibe muß verschiebbar sein, um die unvermeidlichen Längungen des

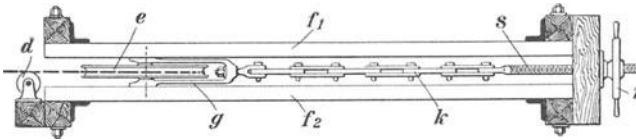


Fig. 384. Spannschlitten mit Laschenkette und Schraubenspindel.

Seiles auszugleichen. Um die Achsbelastung der Spannscheibe und den Druck des Seiles gegen sie (also auch den Seilverschleiß) möglichst zu verringern, legt man diese Scheibe am besten in das von der Maschine kommende Leerseil, da an dieser Stelle die geringste Spannung im ganzen Seile herrscht. Jedoch richtet man bei längeren Seilförderungen zweckmäßig außerdem auch noch die Endscheibe als Spannvorrichtung ein, um mit ihr Längungen noch besonders ausgleichen zu können.

Die Verlagerung der Spannscheibe und die dementsprechende Seilführung ist aus den verschiedenen Abbildungen zu entnehmen. Nach der

<sup>1)</sup> Stahl und Eisen 1908, S. 1386; Schwartzkopf: Die Seilförderung im Carlstolln bei Diedenhofen.

Bauart sind zu unterscheiden starre und bewegliche Spannvorrichtungen. Die ersteren werden durch eine Schraubenspindel ( $s$  in Fig. 384) mit Handrad ( $r$ ) oder durch ein Schneckengetriebe, die letzteren durch Gewichtsbelastung ( $g$  in Fig. 385,  $i$  in Fig. 386) angespannt. Die Spannscheibe wird dabei auf einem kleinen Spannschlitten ( $g$  in Fig. 384) oder Spannwagen ( $w$  in Fig. 385) verlagert, kann bei Gewichtsbelastung auch unmittelbar (Fig. 381) vertikal in eine Seilschlinge gehängt werden. In beiden Fällen muß dafür gesorgt werden, daß die Spannscheibe genügenden Bewegungsspielraum hat. Das geschieht bei der Anordnung nach Fig. 384 durch Einschaltung einer Laschenkette  $k$ , deren Laschen nach jedesmaliger Abfangung der Scheibe  $e$  und Zurückdrehung der Spindel  $s$  Stück für Stück beseitigt werden können. Bei den mit Gewichtsbelastung arbeitenden Spannvorrichtungen

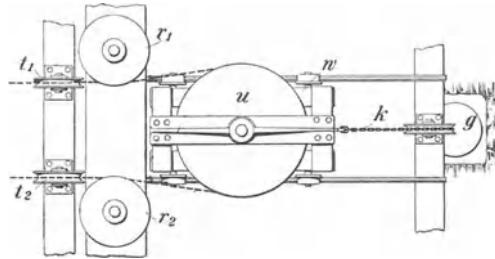


Fig. 385. Spannwagen mit Gegengewicht.

erhält das Gewicht einen genügenden Spielraum in Gestalt eines kleinen Gesenks (Fig. 385), oder es wird, um das Gesenk zu sparen, in zweckmäßiger Weise nach Fig. 386 an die Spannscheibe  $a$  eine Seilwinde angeschlossen, so daß mit

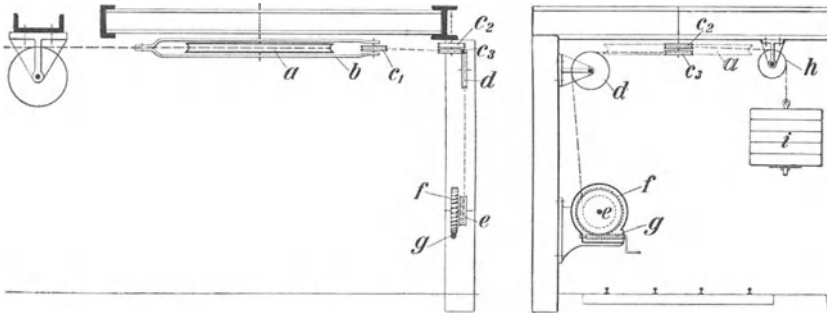


Fig. 386.1) Spannschlitten mit Gegengewicht und Seilwinde.

Hilfe der Seiltrommel  $e$  und des Schneckengetriebes  $fg$  das Gewicht  $i$  immer wieder hochgewunden werden kann, sobald es infolge des Zurückweichens der Scheibe  $a$  die Sohle erreicht hat. Die Zugvorrichtung erhält ein besonderes Seil, das mit Hilfe der Scheibe  $c_1$  an dem Spannschlitten  $b$  angreift und durch die Scheiben  $c_2$ ,  $c_3$ ,  $d$  und  $h$  in der erforderlichen Weise abgelenkt wird.

Die Spannvorrichtungen mit Gewichtsbelastung verdienen den Vorzug. Denn einmal wirken sie selbsttätig und werden nicht wie die Schrauben-

1) Nach dem Sammelwerk, Bd. V, S. 123.

spannvorrichtungen durch Menschenhand betätigt, wobei leicht eine überstarke Spannung des Seiles herbeigeführt wird. Außerdem aber stellt das Gewicht eine Art Puffer dar, indem es bei ausnahmsweise starken Belastungen des Seiles in der Strecke durch Zusammenstöße u. dgl. hochgehen kann und so Seilbrüche verhütet.

**58. — Lage der Antriebmaschine.** Für die Lage der Antriebmaschine und die Seilführung zu und von ihr sind folgende Erwägungen maßgebend:

1. möglichste Schonung des Seiles, daher möglichste Vermeidung von Seilablenkungsrollen oder doch Verlegung derselben in das Leerseil statt in das Vollseil;
2. nach Möglichkeit Heranziehung der Seilförderung zur Bedienung am Füllort. In dieser Hinsicht braucht jedoch bei Maschinenlage und Seilführung auf die vollen Wagen weniger Rücksicht genommen zu werden. Diese können, wie das in der Regel geschieht, in gewisser Entfernung vor dem Füllort eine schiefe Ebene hinaufgezogen werden, um dann mit Gefälle dem Schachte zulaufen zu können. Dagegen kann durch zweckmäßige Anordnung die Abholung der leeren Wagen wesentlich erleichtert werden;

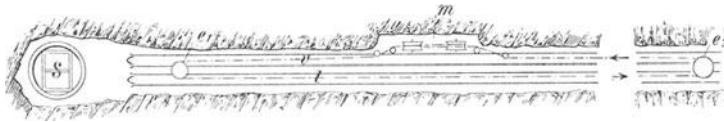


Fig. 387.



Fig. 388.

Fig. 387 und 388. Beispiele von Streckenförderungen für den Fall, daß der Schacht in der Verlängerung der Hauptförderstrecke liegt.

3. Wahl eines guten Gebirgsmittels für den Maschinenraum. Dieser Gesichtspunkt ist allerdings, da es sich hier um nur mäßig große Räume handelt und zudem die Anordnung sich so treffen läßt, daß man mit einem verhältnismäßig schmalen und dafür etwas länger gestreckten Raume auskommt, von nur untergeordneter Bedeutung.

Zwei Beispiele für die Lage des Antriebs geben die Figuren 387 und 388.<sup>1)</sup> In Fig. 387 befindet sich der Schacht *S* am Ende der Hauptförderstrecke und ist nicht zum Durchschieben eingerichtet. Der Maschinenraum ist seitlich angeordnet; die im Gleis *v* ankommenden vollen Wagen werden durch das Seil bis zur Maschine gezogen, um dann mit Gefälle dem Schachte zuzulaufen. Die leeren Wagen (im Gleis *l*) werden unmittelbar am Schachte durch das Seil abgeholt. Voll- und Leerseil werden in gleichem Maße (schwach)

<sup>1)</sup> Nach dem Sammelwerk, Bd. V, S. 112 und 113.

abgelenkt. In Fig. 388 ist der Antrieb in die Verlängerung der Hauptförderstrecke hinter den Schacht verlegt; die vollen Wagen werden unmittelbar zum Schachte gezogen, die leeren Wagen gleich hinter dem Schachte abgeholt. Das Vollseil braucht nur mäßig abgelenkt zu werden, während das Leerseil eine starke Biegung (bei  $e$ ) und eine schwache Ablenkung (im Umbruch) erleidet.

**59. — Kraftbedarf.** Über die zur Bewegung der Wagen mit einer gewissen Geschwindigkeit notwendige Zugkraft unter Berücksichtigung des Reibungswiderstandes und der Gefälleverhältnisse ist bereits unter Ziff. 38 das Erforderliche gesagt worden. Diese für die Wagenbewegung zu leistende reine Nutzarbeit ist aber nur ein Teil der insgesamt aufzuwendenden Arbeit. Es kommt nämlich noch hinzu die Bewegung des Seilgewichts, die Achsenreibung (Zapfenreibung) der Treib-, Gegen-, Umkehr- und Spanscheiben, Ablenk-, Trag- und Kurvenrollen, der Widerstand des Seiles gegen Verbiegung beim Übergange über diese verschiedenen Scheiben und Rollen (Seilsteifigkeit) und die vermehrte Reibung der Wagen in Kurven.

Eine tatsächlich genaue Berechnung dieser Gesamtkraft würde nur für einen ganz bestimmten Augenblickszustand möglich, im übrigen aber wertlos sein. Denn einmal wechseln die dabei einzusetzenden Reibungskoeffizienten mit dem Zustand der Wagen, des Seiles, der Rollen usw. fortwährend, ferner verschieben sich durch Quellen des Liegenden die Gefälleverhältnisse und die Bewegungswiderstände. Außerdem ändern Ungleichmäßigkeiten im Anschlagen, Erweiterung und Verschiebung des Abbaues die Belastungsverhältnisse, und schließlich muß auch für die Förderung von Bergen, Baustoffen u. dgl. ins Feld ein Zuschlag von wechselnder Höhe gemacht werden. Es genügt daher, wenn man den Hauptwiderstand, wie er durch die Bewegung der Wagen selbst bedingt wird, berechnet und dazu dann einen je nach den sonstigen Verhältnissen, insbesondere nach der Zahl der Krümmungen, verschieden hoch bemessenen Zuschlag gibt.

Berechnet sich z. B. die reine Zugkraft  $Z$  zu 960 kg, so kann man, wenn das Gebirge gutartig und die Krümmungen wenig zahlreich oder wenig scharf sind, mit einem Zuschlag von etwa 15 % für die sonstigen Widerstände in der Strecke auskommen. Man erhält dann eine Gesamtkraft  $Z_1 = 1,15 Z \sim 1100$  kg, woraus sich bei einer Fördergeschwindigkeit von 0,7 m eine tatsächliche Leistung der Antriebsmaschine

von  $N = \frac{1100 \cdot 0,7}{75} \sim 10,3$  PS. ergibt. Für Anlagen mit einer größeren Zahl

von Krümmungen oder schärferer Ablenkung in diesen und bei quellendem Liegenden würde ein Zuschlag von 25—30 % angemessen sein. Immer aber wird man gut tun, die Antriebsmaschine etwa doppelt so stark zu wählen, wie es nach diesen überschlägigen Rechnungen erforderlich ist, damit man zeitweise auch erheblich größere Wagenmengen schneller heranholen und der noch nicht zu übersehenden Entwicklung des Betriebes gerecht werden kann. Bei der an sich geringen Größe und Stärke dieser Maschinen verursacht eine solche reichliche Bemessung keine erheblichen Mehrkosten.

**60. — Triebmittel.** Als Triebkraft kommen Druckluft, Druckwasser und der elektrische Strom in Frage. Letzterer bildet jetzt die Regel, da

der Antrieb einer Streckenförderung durch Elektromotoren keine Schwierigkeiten bietet und der erforderliche Strom jetzt auf fast jeder neueren Anlage vorhanden ist. Die sehr unwirtschaftlich arbeitende Preßluft ist dadurch mehr und mehr zurückgedrängt worden. Druckwasser läßt sich hin und wieder vorteilhaft ausnutzen, wenn es nicht auf einer höheren Sohle ab-

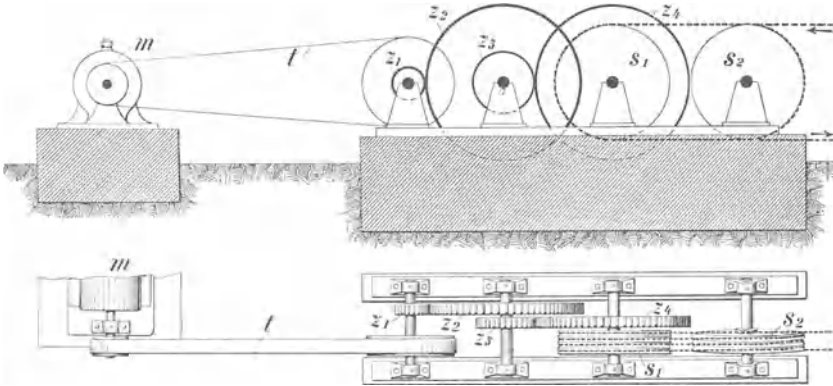


Fig 389. Antrieb einer Streckenförderung durch Elektromotor und Treibriemen.

gefangen und von dort unmittelbar zutage gehoben werden kann, sondern der Fördersohle zufallen muß; es findet dann am einfachsten in der Form von Peltonrädern Verwendung. Einen Antrieb mittels Elektromotors (*m*) zeigt Fig. 389. Hier ist Riemenantrieb (*f*) gewählt, da der Riemen bei gefährlichen Klemmungen rutschen kann; außerdem ist noch ein doppeltes Zahnradvorgelege  $z_1$ — $z_4$  zwischengeschaltet.

**61. — Größere Streckenförderanlagen.** Für größere Grubengebäude kommt man mit einer einfachen Förderanlage nicht aus. Es müssen für solche mehrere besondere Antriebe geschaffen werden, sei es nun, daß mehrere ganz selbständige Hauptförderungen einzurichten sind, die alle bis zum Schachte fördern, oder daß einer solchen Hauptförderung mehrere Neben- oder Zubringeförderungen angegliedert werden müssen. In solchen Fällen kann man trotzdem mit einer einzigen Antriebsmaschine auskommen, wie Fig. 390 *a* zeigt. Die Antriebsmaschine ist mit 2 stehenden Königswellen  $k_1$   $k_2$  ausgerüstet, von denen je 2 Antriebscheiben — die zweite durch Vermittlung einer Reibungskuppelung — mitgenommen werden und die jede für sich angetrieben werden können. Es können also mit der einen Maschine je nach Bedarf 1—4 Förderungen (in den Querschlägen  $q_1$ — $q_3$  und zwischen Maschinenraum und Schacht), entsprechend den Gegenscheiben  $g_1$ — $g_4$ , angetrieben werden. Jedoch sind solche Reibungskuppelungen nicht dauernd zuverlässig und dem Verschleiß stark ausgesetzt. Auch wird durch eine Betriebsstörung an der Maschine der gesamte Förderbetrieb lahm gelegt. Zudem wird die Maschine, da die Förderung im Gebiete der verschiedenen Zweigförderungen doch erst nach und nach auf ihre volle Höhe gebracht werden kann, längere Zeit nicht richtig ausgenutzt. Daher bevorzugt man jetzt nach Fig. 390 *b* die Aufstellung selbständiger Antriebe

( $m_1—m_3$ ) für die einzelnen Förderungen. Man braucht dann die Einzelmotoren erst aufzustellen, wenn der Abbau genügend weit vorgeschritten

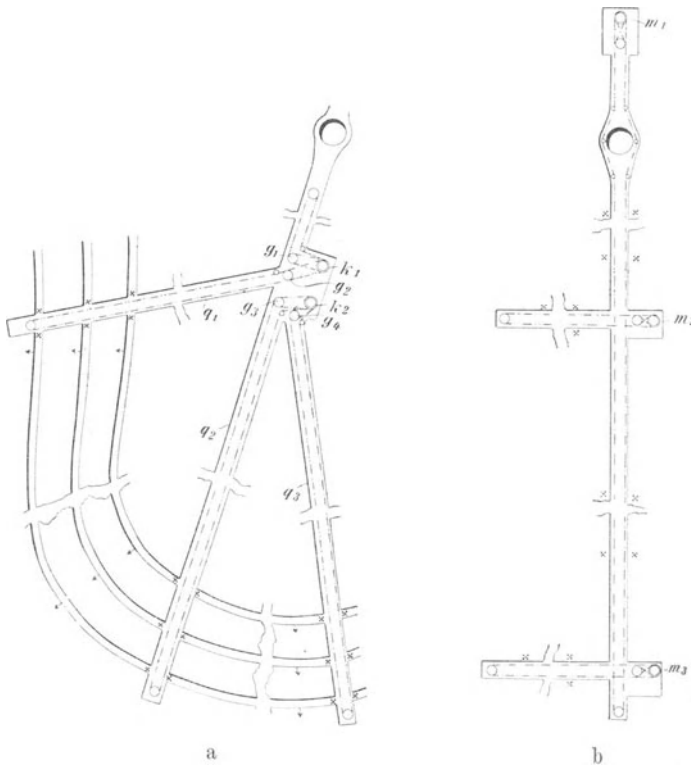


Fig. 390. Antrieb von Zweigförderungen bei Förderung mit endlosem Seil. (Die Kreuzchen bezeichnen die Anschläge.)

ist, und der Betrieb der Hauptförderung wird durch Versagen eines Nebenantriebs nicht sofort in Mitleidenschaft gezogen.

**62. — Trag- und Kurvenrollen.** Die Erhaltung und Führung des Seiles in der richtigen Lage geschieht durch Rollen. Die Kurvenrollen sollen das Seil durch Krümmungen führen. Die Tragrollen sind zunächst dazu bestimmt, das zwischen je 2 Wagen frei durchhängende Seil vor dem Schleifen auf der Sohle zu bewahren und sollen weiterhin dem Seil an den Zwischenanschlängen und vor allen horizontalen Rollen und Scheiben die richtige Höhenlage geben, auch es vor dem Maschinenraum hochführen. Bei der Bauart und Anbringung dieser Rollen ist auf die Kuppelvorrichtungen zwischen Seil und Wagen (Ziff. 63) Rücksicht zu nehmen.

Kurvenrollen sollen ihren Zweck mit möglichster Schonung des Seiles erreichen; scharfe Ablenkungen müssen daher vermieden werden. Das geschieht durch Anlage der Kurve nach einem möglichst großen Halbmesser (6—10 m), ferner durch Einbau einer größeren Anzahl von Rollen; damit die durch jede Rolle bewirkte Ablenkung möglichst gering wird, bei-

spielsweise der Ablenkungswinkel (Fig. 391 *a*)  $10^\circ$  nicht übersteigt. Außerdem empfiehlt sich die Verwendung von möglichst großen Rollen, an die

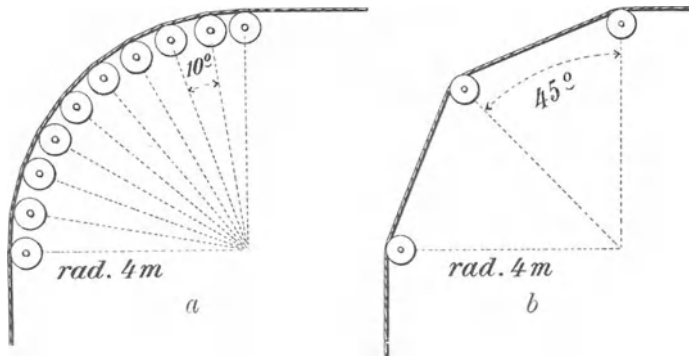


Fig. 391. Richtige (links) und falsche (rechts) Anordnung von Kurvenrollen.

sich das Seil in einem längeren und sanfteren Bogen anlegt. Beispiele von Kurvenrollen geben die Figuren 392—394. Um dem Seile einen gewissen Spielraum für die Auf- und Abbewegung zu lassen und den Mitnehmern einen bequemen Durchgang zu gestatten, werden die Kurvenrollen nicht mit einer engen Nut, sondern mit einer ziemlich hohen freien Lauffläche versehen (Fig. 393). Für Strecken mit stark quellendem Liegenden ist

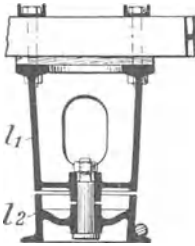


Fig. 392. Kurvenrolle nach Jorissen.

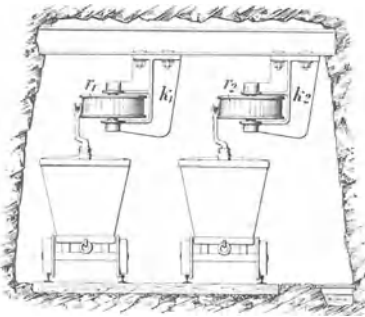


Fig. 393. Kurvenrollen nach Hasenclever.

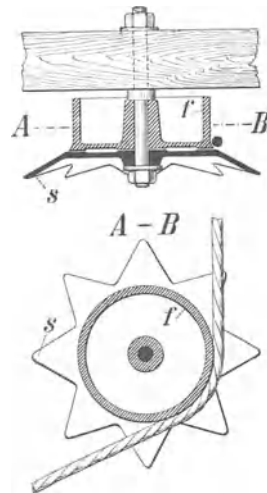


Fig. 394. Dinnendahl'sche Sternrolle als Kurvenrolle.

ein besonders hoher Spielraum erwünscht. Hier werden Rollen nach Fig. 392 gute Dienste tun, bei denen sich nach oben hin an die schwach-

<sup>1)</sup> Glückauf 1894, S. 536; Lankhorst: Über die Durchföhrung von Kurven usw.

konische Rolle ein ebensolches festes Gehäuse von größerer Höhe anschließt. Auch wendet man wohl in solchen Strecken die gleichfalls in Fig. 392 veranschaulichte Vorsichtsmaßregel an, Holzbretter zwischen Rolle und Firste einzuschalten, die nach einem gewissen Emporquellen der Sohle nach und nach entfernt werden können, so daß der Seil-  
lauf entsprechend höher rückt. Auch Sternrollen nach Fig. 394 in ähnlicher Ausbildung wie die zum Tragen des Seiles benutzen können als Kurvenrollen dienen. Wird mit glattem Seil und exzentrisch angreifenden, klemmenden Mitnehmergabeln (Ziff. 63) gefördert, so müssen die Rollen nach Fig. 393 um das Maß dieser Exzentrizität gegen die Gleismitte versetzt sein.

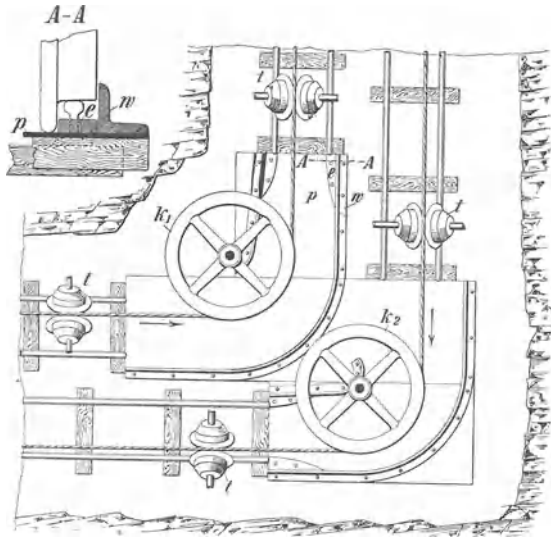


Fig. 395. Kurvendurchführung nach Forster.

Eine besondere Art der Durchführung von Kurven ist die von dem Saarbrücker Maschinenwerkmeister Forster angegebene (Fig. 395). Das

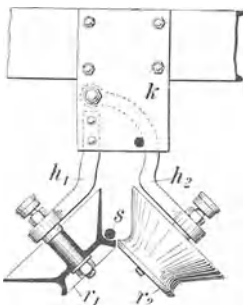


Fig. 396. Doppel-Tragrolle nach Hasenclever.

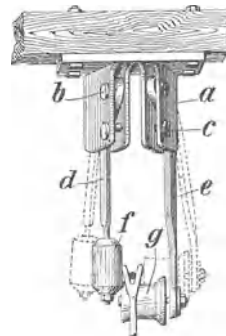


Fig. 397. Pendel-Tragrolle nach Jorissen.

Gestänge wird dabei in der Krümmung durch einen Plattenbelag  $p$  ersetzt, der um die Höhe des Spurkranzes tiefer als die Schienenoberkante liegt. Das Seil braucht also hier nicht durch die ganze Krümmung parallel zur Achse des Gestänges geführt zu werden, sondern es genügt eine einzige Kurvenrolle  $k_1$  bzw.  $k_2$ , während die



Wagen selbsttätig mit Hilfe von Winkeleisen  $w$  und Einlaufzungen  $e$  von der Platte wieder auf das Gestänge geführt werden. Vor und hinter den Kurvenrollen wird das Seil durch Tragrollen  $t$  in der richtigen Höhenlage gehalten.

Bei allen Kurvenrollen ist mit besonderer Sorgfalt auf richtige gegenseitige Höhenlage zu achten, da davon der ungestörte Betrieb der Förderung wesentlich abhängt.

Während Kurvenrollen das Seil nur von der Seite stützen, so daß die „Mitnehmer“ verschiedener Bauart bequem an ihnen vorüber können, müssen Tragrollen mit einer breiten Auflagefläche unter das Seil greifen und daher, um die Mitnehmer glatt durchgehen zu lassen, beweglich angeordnet werden. Bei den stark konisch gebauten Rollen  $r_1 r_2$  der Firma Hasenclever in Düsseldorf (Fig. 396), die paarweise mittels eines Blechkastens  $k$  und der Bügel  $h_1 h_2$  an der Zimmerung oder Mauerung

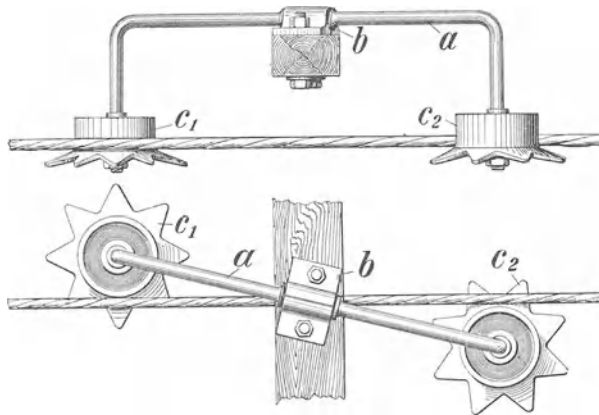


Fig. 398. Sternrollenpaar an drehbarem Bügel.

aufgehängt sind und zusammen eine Rinne für das Seil  $s$  bilden, ist der eine Bügel ( $h_2$ ) um seinen Aufhängebolzen drehbar, kann also mit der Rolle  $r_2$  zur Seite ausweichen. Die Rolle von Jorissen ( $g$  in Fig. 397) in Düsseldorf, auf der das Seil durch den Walzenkörper  $f$  in der richtigen Lage gehalten wird, kann ebenso wie diese Walze selbst beim Durchgange des Mitnehmers schräg nach vorn ausschlagen, wie punktiert angedeutet ist. Die Dinnendahl'sche Sternrolle ( $c_1 c_2$  in Fig. 398; s. auch Fig. 394) ist horizontal drehbar; sie trägt unten einen Sternkranz, in dessen Einschnitte die Mitnehmer sich hineinlegen können. Solche Rollen müssen paarweise angeordnet sein, damit das Seil nicht abfällt; am einfachsten geschieht das nach Fig. 398 durch Anbringung beider Rollen an den Armen eines schräg in dem Lager  $b$  verlagerten drehbaren Bügels  $a$ , wodurch eine nachgiebige Lagerung geschaffen ist.

Die Tragrollen müssen in größerer Anzahl vorhanden sein, wenn die Wagen durch Seilschlösser mitgenommen werden. Dagegen kommt man bei Anwendung von Mitnehmergabeln, die auf die Wagen gesteckt werden, mit weniger Rollen aus, da hier die Mitnehmer selbst das Seil hochhalten helfen.

**63. — Mitnehmer.** Als Kuppelvorrichtungen oder Mitnehmer können Zugketten mit Seilschlössern u. dgl. oder Gabelmitnehmer dienen. Die ersteren werden in den Bodenring des Wagens eingehängt und bieten daher den Vorteil, daß sie keine besonders gebauten und dadurch schwereren Wagen erfordern. Außerdem gestatten sie eine größere Schonung des Seiles auch bei stärkerer Belastung, da dies glatt bleibt und der Angriff

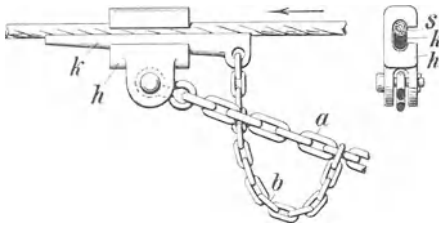


Fig. 399. Seilschloß mit Keil nach Heckel.

mit größerer Fläche erfolgt. Ferner gehen sie viel weniger leicht verloren als Gabelmitnehmer. Auch verhüten sie eine zu starke Seilbelastung durch das regelwidrige Anschlagen einer zu großen Wagenzahl an einen Mitnehmer, da mehrere Wagen ohne besondere Kuppelungen

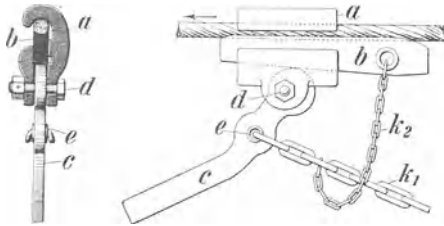


Fig. 400. Seilschloß mit Keil und Exzenterhebel nach Heckel.

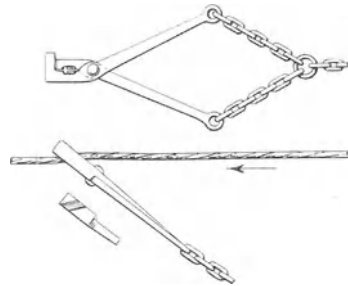


Fig. 401. Seilzange nach Heckel.

nicht von einem Seilschloß mitgenommen werden können. Seilschlösser sind besonders für Strecken mit stärkerer Neigung, insbesondere für Bremsberge mit endlosem Seil geeignet, in denen Gabelmitnehmer zu stark beansprucht werden und auch die Seile durch sie sehr leiden würden. Nachteilig ist bei den Zugketten, daß sie das Seil nicht tragen helfen. Auch wirkt ein im Seil zurückgebliebener Drall ungünstig, indem dann an Stellen, wo infolge entgegengesetzten Gefälles die Zugkette schlaff wird, der Drall diese um das Seil wickeln und Knotenbildung veranlassen kann.

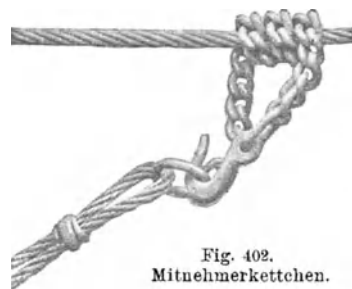


Fig. 402.  
Mitnehmerketten.

Die Seilschlösser mit Ketten werden besonders von der Firma E. Heckel in Saarbrücken bevorzugt, von deren Ausführungen die Figuren 399 bis 401 einige Beispiele geben, deren Grundgedanke das Festziehen des Schlosses durch die Last selbst infolge einer Keil-, Hebel- oder Exzenterwirkung bildet. In Fig. 399 handelt es sich um eine einfache Muffe *h*, die sich durch den Zug des Wagens an der Kette *a* über den Keil *k* herüberschiebt. In Fig. 400 wird durch den Zug an der Kette *k*<sub>1</sub> der Hebel *c* mit dem

Drehpunkt bei  $d$  gedreht und dadurch eine an seinem Kopfe sitzende exzentrische Scheibe gegen den Keil  $b$  in der Muffe  $a$  gepreßt. Die Hilfskettchen  $b$  bzw.  $k_2$  sollen das Verlorengehen des Keiles und außerdem in Strecken mit wechselndem Gefälle das Durchgehen des Wagens durch selbsttätige Lösung des Keiles verhüten. Fig. 401 stellt eine durch den Wagenzug geschlossene Zange dar.

Hierhin gehört auch die einfache Kette nach Fig. 402, die lediglich einige Male um das Seil geschlungen und deren freies Ende dann mittels eines Knebels mit einem Kettenglied verkuppelt wird; sie hat sich gut bewährt.

Die Gabelmitnehmer werden in besondere Bügel gesteckt, die an den Wagen, in der Regel in dessen Mitte, angenietet werden und wegen der starken Beanspruchung auf Verdrehung besonders steif hergestellt werden

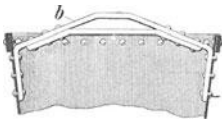


Fig. 403. Beispiele für Mitnehmerbügel.

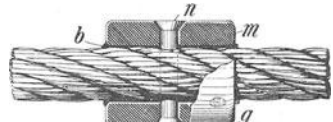


Fig. 404. Seilmuffe mit Niet und Zinkausguß.

müssen (s. Fig. 403). Es muß eben immer mit einer ungebührlich starken Belastung durch Anhängen einer ganzen Wagenreihe an einen einzigen Mitnehmer gerechnet werden, die sich trotz sorgfältiger Aufsicht nicht vermeiden läßt, da leicht Mitnehmer, namentlich durch Hineinwerfen in leere Wagen, verloren gehen. Die ältesten Mitnehmer dieser Art sind die einfachen geraden Gabeln (s. Fig. 409), welche hinter Knoten fassen, die



Fig. 405. Wergknoten mit Eisenhülse nach Jorissen.

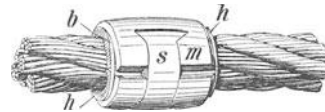


Fig. 406. Boeckersche Seilmuffe mit Schwalbenschwanz-Einlage.

auf dem Seile befestigt sind. Man hat hierbei geringe Anschaffungs- und Verschleißkosten für die Mitnehmer selbst. Hingegen ergeben sich erhebliche Schwierigkeiten durch die Anbringung und Unterhaltung der Seilknoten. Läßt man diese durch das Seil hindurchgreifen, wie z. B. bei der in Fig. 404 dargestellten Muffe  $m$  mit Zinkausguß  $b$  und Nietbefestigung  $n$ , so werden die Seildrähte durch die Zugkräfte schnell zerstört. Stellt man dagegen die Knoten durch Umwicklung des Seiles mit Werg u. dgl. her, das mit flüssig gemachtem Kolophonium getränkt wird, so halten sie nicht lange Stand, so daß ständig in den Ruheschichten Leute mit ihrer Auswechslung beschäftigt werden müssen. Ein Nachteil der Wergknoten ist noch der, daß sie bald von den Mitnehmern zerfasert werden und diese daher beim Hochführen des Seiles vor der Maschinenkammer leicht an den Knoten hängen bleiben. Besser sind daher die Jorissenschen Hanf-Metallknoten nach Fig. 405, bestehend aus einer Wergwicklung, auf die mit grobem Gewinde eine eiserne Hülse aufgeschraubt ist, gegen die der Mitnehmer faßt. Auch die Boeckerschen Knoten nach Fig. 406 haben sich

bewährt. Hier wird zur Schonung des Seiles und Erzielung eines dichten Anschlusses zunächst eine Hülse  $h$  aus weichem Holz vor dem Zusammenspleißen der beiden Seilenden aufgeschoben und auf dieser eine geteilte, schmiedeeiserne Muffe  $b$  festgekniffen und durch Einlegung des Schwalbenschwanzstückes  $c$  gesichert.

Ein großer Nachteil aller Knoten ist der durch sie veranlaßte erhebliche Seilverschleiß, da das Seil beim Übergang über die Kurvenrollen, Antriebscheiben usw. an beiden Seiten jedes Knotens geknickt wird. Ferner ist ein Übelstand die Notwendigkeit, bei wechselndem Gefälle ein Durchgehen des Wagens durch Anbringung eines zweiten Knotens hinter dem Mitnehmer verhüten zu müssen, wodurch die Nachteile der Knoten wesentlich gesteigert werden.

Die andere Gruppe der Gabelmitnehmer wird durch die exzentrisch angreifenden, drehbaren, gekröpften Gabeln dargestellt, die das Seil lediglich durch Klemmung festhalten, so daß hier wie bei den Seilschlössern ein glattes Seil genügt. Die einfachste Gabel dieser Art ist diejenige von Hohendahl (Fig. 407), mit der sowohl Rechts- als Linkskrümmungen mittels der Kurvenrollen anstandslos durchfahren werden können. Die Figur läßt erkennen, daß zur Verstärkung der klemmenden Wirkung das Gabelmaul etwas schräg zu der durch die Kröpfung gelegten Vertikalebene gestellt ist. Die Gabeln werden nach Einlegung des Seiles etwas gedreht, bis die Klemmung eintritt.



Fig. 407. Hohendahl'sche Gabel.

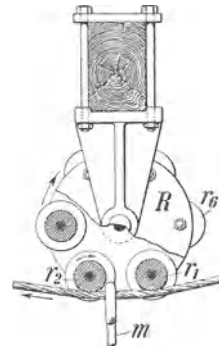


Fig. 408. Heckelsche Druckrolle zum selbsttätigen Kuppeln von Mitnehmer und Seil.

Da ein Hauptnachteil dieser Mitnehmer ihr starker Verschleiß ist, der sowohl im Gabelmaul als auch in dem im Bügel sich drehenden Fußende der Gabel stattfindet, so sind verschiedentlich andere Ausbildungen der Hohendahl'schen Gabel verwendet worden. So z. B. hat man das Maul mittels eines in einem Kugellager spielenden, exzentrischen Zapfens für sich auf der Gabel drehbar angebracht oder den Fuß der Gabel vierkantig ausgeschmiedet, so daß er starr im Bügel sitzt und das Schwingen der Gabel in einer besonderen Büchse weiter oben stattfindet. Ferner sind Vorkehrungen ersonnen worden, um gleichzeitig mit einer solchen Anordnung auch die für die Trag- und Kurvenrollen gefährlichen Drehbewegungen der etwa vom Seil losgekommenen Mitnehmer möglichst zu beschränken. Hierhin gehört z. B. ein Heckelscher Mitnehmer, bei dem sich der abgeschrägte Gabelfuß auf einer entsprechend schrägen Fläche dreht, die Gabel also sofort wieder in die Schlußstellung zurückkehren muß. Derartige Gabeln gestatten auch das selbsttätige Anschlagen der Wagen durch eine mit Rollen  $r_1$ — $r_6$  besetzte Scheibe  $R$  nach Fig. 408; diese wird von der Gabel  $m$  mitgenommen und drückt das Seil in das Gabelmaul.

Die klemmenden Gabeln haben den großen Vorteil, daß die Knoten mit ihren verschiedenen Uebelständen wegfallen. Sie werden daher im allgemeinen vor den geraden Gabeln bevorzugt. Immerhin sind ihre Anschaffungs- und Unterhaltungskosten wegen des höheren Preises und größeren Verschleißes ziemlich beträchtlich; auch ist der Seilverschleiß infolge der starken Knickwirkung nicht unbedeutend, wenn auch geringer als bei Knotenseilen.

**64. — Besonderheiten bei Mitnehmern.** Um vor der Maschinenkammer das Hängenbleiben der Mitnehmer am Seil, wie es namentlich bei Hanfknoten, aber auch sonst vorkommt, zu verhüten, sind verschiedentlich besondere Vorrichtungen im Gebrauch, von denen Fig. 409 ein Beispiel gibt. Der Mitnehmer *c* wird von der Tragrolle *d*, die das Seil hochführt, in das Gabelmaul *a* hineingezogen und bleibt in dessen innerem Einschnitt mit seinem unteren Bunde hängen.

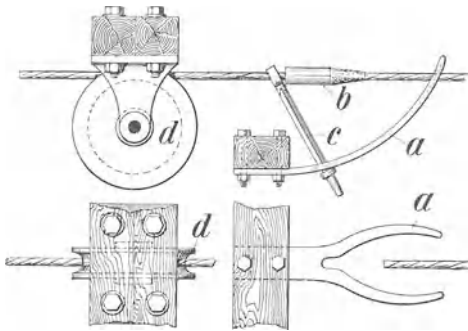


Fig. 409. Abstreichvorrichtung für Mitnehmer.

Da die Mitnehmer leicht verloren gehen, so wird bei starker Förderung häufig nicht für jeden Wagen ein besonderer Mitnehmer benutzt, sondern es werden mehrere Wagen durch einen einzigen Mitnehmer fortbewegt. Hat die Förderstrecke gleichbleibende Neigung, so kann das einfach in der Weise geschehen, daß die mitzunehmenden Wagen lose

vor den mit Gabel versehenen Wagen geschoben werden, wie das ohnehin infolge regelwidrigen Anschlages häufig vorkommt. Bei wechselndem Gefälle dagegen oder bei Verwendung von Zugketten nach den Figuren 399—402 können die Wagen durch „Stechkuppelungen“ gemäß Fig. 410 verbunden werden. Auf Zeche Prosper werden bis zu 6—8 Wagen durch eine um sie herumgeschlungene Kette verbunden.

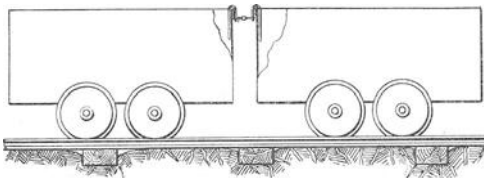


Fig. 410. Stechkuppelung zum Mitnehmen mehrerer Wagen.

Knotenseile eignen sich für die Belastung eines Mitnehmers mit mehreren Wagen nicht, da die Knoten dann rutschen. Aber auch im übrigen ist die Mitnahme mehrerer Wagen durch eine Kuppelvorrichtung nicht zu empfehlen, da das Seil dadurch besonders bei Gabelmitnehmern stark leidet und die Bedeutung der Förderung mit endlosem Zugmittel gerade in der Möglichkeit liegt, mit lauter einzelnen Wagen fördern zu können.

Strecken mit wechselndem Gefälle, (wie solches bei quellendem Liegenden auch nachträglich auftreten kann), können am besten mit Ketten-

mitnehmern durchfahren werden. Bei Verwendung von Klemmgabeln kommt es öfter vor, daß diese durch den voreilenden Wagen vom Seile gelöst werden. Knotenseile erfordern Doppelknoten mit den vorhin erwähnten Übelständen. Wenig empfehlenswert ist das verschiedentlich angewendete Mittel der Bremsung des Wagens in Stücken mit Gefälle, indem man die Räder zwischen Zwangsschienen von beiden Seiten her ein-klemmt oder die Wagenkasten zwischen besondere, entsprechend eng gestellte Holzbalken einzwängt. Diese Bremsung bewirkt einen starken Verschleiß und unnützen Kraftverlust, wenn es sich nicht um ganz kurze Strecken handelt.

**65. — Anschlagpunkte.** An den Anschlagstellen sind besondere Tragrollen einzubauen, die das Seil so hoch halten, daß die Anschläger bequem darunter herfahren können. Außerdem muß das Aus- und Einwechseln der

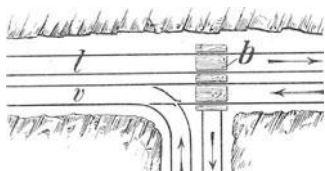


Fig. 411.

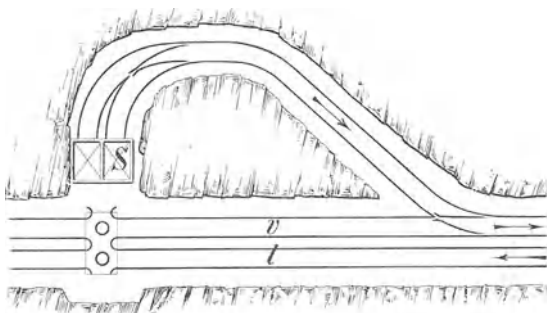


Fig. 412.

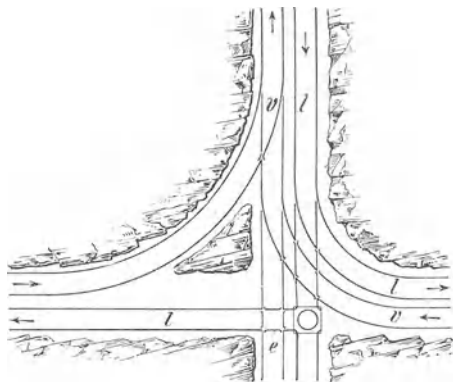


Fig. 413.

Fig. 411—413. Beispiele für die Einrichtung der Anschläge bei Förderung mit endlosem Seil.

Wagen möglichst erleichtert werden, ohne den Durchlauf der bereits am Seile hängenden Wagen zu behindern. Das geschieht durch den Einbau von Wechsellern oder von besonderen Bühnen. Letztere werden vielfach durch einen Bohlenbelag *b* zu beiden Seiten der Schienen (Fig. 411) oder

durch Nutenplatten gebildet, in deren Nuten die Spurkränze der in der Strecke laufenden Wagen sich führen. Doch kann man auch die Nuten ganz weglassen und gewöhnliche Kranzplatten (Fig. 412 u. 413) verwenden. Die Gestänge, in denen keine Wagen geschwenkt werden sollen, können durch einfache Einlegestücke ( $e$  in Fig. 413) überfahren werden. Mit Rücksicht auf die schwerere Beweglichkeit der vollen Wagen legt man zweckmäßig die Gestänge der Hauptstrecke so, daß bei allen Anschlägen oder, wenn diese auf verschiedenen Seiten liegen müssen, wenigstens bei der Mehrzahl derselben die Bahn für die vollen Wagen an der Seite des Anschlags liegt, das Gleis also nur mit den leeren Wagen überfahren zu werden braucht. Aus demselben Grunde ordnet man für die vollen Wagen lieber Weichen an, während man sich für die leeren Wagen mit Bühnen oder Kranzplatten begnügt. Beispiele liefern die Figuren 411—413, die sowohl die Einmündung von Zweigstrecken in die Hauptstrecke als auch den Anschluß von seigeren Bremschächten an diese veranschaulichen. Bei den einseitigen Anschlägen (Fig. 411 u. 412) liegt das Gleis für die vollen Wagen nach der Anschlagseite hin. Der Anschluß ist in Fig. 411 durch einen Wechsel für die Vollbahn und eine Bühne für die Leerbahn bewerkstelligt. In Fig. 412 ist die Vollbahn ebenfalls mit einem Wechsel angeschlossen, während die leeren Wagen mit Hilfe von einfachen Kranzplatten über die Vollbahn herübergefahren werden. In Fig. 413 handelt es sich um einen zweiseitigen Anschlag, und zwar um die Kreuzung zweier Seilbahnen. Die rechte Zweigbahn ist hier durch Wechsel in beiden Gleisen an die Hauptbahn angeschlossen, während man bei der linken, um keine zu verwickelte Weichselanlage zu erhalten, den Anschluß ähnlich wie in Fig. 413 durch Platten für das Leergleis und Weiche für das Vollgleis bewerkstelligt hat. Nur ist für diese Weiche, um sie aus dem Bereich der gegenüberliegenden zu bringen, ein besonderer Umbruch hergestellt.

**66. — Signalgebung.** Für den Fall einer Entgleisung, eines Zusammenstoßes zweier Wagen, eines Bruches in der Strecke, eines Unfalles an einem Anschlage u. dgl. muß die Maschine sobald wie möglich stillgesetzt werden können, um Brüche und andere schwere Störungen zu verhüten. Außerdem muß aber auch die Lage der betreffenden Stelle dem Maschinenwärter und den Aufsichtsbeamten zur Kenntnis gebracht werden können. Zu diesem Zwecke wird nicht nur eine Signalisierungseinrichtung eingebaut, sondern auch die Strecke in eine Anzahl von Zwischenstücken eingeteilt, deren jedes durch ein besonderes Signal gekennzeichnet wird. Die einfachsten Signalvorrichtungen sind Stangen, die am Stoße entlang verlegt werden und an die geklopft wird. Eine solche Signalgebung ist jedoch für größere Längen nicht ausreichend und kann außerdem leicht zu Mißverständnissen führen. Heute finden fast nur noch elektrisch betätigte Signaleinrichtungen Verwendung. Am einfachsten können diese durch Zusammendrücken zweier blanken Drähte am Stoß oder an der Firste zur Wirkung gebracht werden. Da dann jedoch zu leicht ein Mißbrauch stattfinden kann und außerdem in feuchten Strecken der Strom durch Verluste zu stark geschwächt wird, so ist jetzt allgemein eine Zug-Kontaktvorrichtung nach Fig. 414*a* und *b* üblich, die in Abständen von 50—100 m (1—8 in

Fig. 414 *a*) unter der Firste eingebaut wird. Durch Ziehen an dem Draht *l* (Fig. 414 *b*) mittels des Zugdrahts *z* wird an Stelle der isolierenden Hülse *i* der Metallkegel *k* zwischen die beiden Kontaktfedern  $f_1 f_2$  ge-

bracht und dadurch der Strom geschlossen (in Fig. 414 *a* geht dieser von der Stromquelle *b* über  $k_3$  zur Glocke *g*). Da es keine Schwierigkeiten macht, außer der Glocke im Maschinenraum auch je eine solche in jedem der einzelnen Streckenstücke („Stationen“) gleichzeitig ertönen zu lassen, so kann auf diese Weise ermöglicht werden, daß jeder Anschläger das von irgend einem anderen abgegebene Signal hört. Dadurch wird einem Täuschungsversuch hinsichtlich der Nummer der Station vorgebeugt, wie er vorkommen kann, wenn der be-

treffende Bedienungsmann an der Störung selbst die Schuld trägt. Ein anderes Mittel zur Verhütung solcher Versuche besteht darin, daß der Maschinist der Station, die signalisiert hat, den Empfang des Signals durch dessen Wiederholung bestätigt.

**67. — Kosten der Förderung mit Seil ohne Ende.** Die auf einen tkm Nutzleistung entfallenden Kosten hängen in hohem Maße von der Größe der Förderleistung, d. h. von der Zahl der Nutz-tkm ab. Denn wenn diese Zahl größer wird — sei es nun durch eine größere Förderlänge oder eine größere Wagenzahl in der Schicht —, so wachsen die Kosten nicht im gleichen Verhältnis, da namentlich die Ausgaben für die maschinellen Anlagen und für Löhne in wesentlich geringerem Maße ansteigen. Förderanlagen von hoher Leistung oder mit bedeutenden Förderlängen arbeiten also unter sonst gleichen Verhältnissen von vornherein günstiger als andere. Im übrigen werden die Kosten beeinflußt durch die verschiedenen hohen Kosten der Antriebmaschine, durch den Verschleiß der Seile, Mitnehmer, Trag- und Kurvenrollen und durch die Ausgaben für Aufsicht und Bedienung. Der Antrieb wird teurer bei vielen Krümmungen, bei Strecken mit quellendem Liegenden und bei gesondertem Betrieb von Zubringestrecken mit verhältnismäßig geringer Leistung. Die Ausgaben für Verschleiß hängen besonders von der Zahl, dem Winkel und dem Halbmesser der Krümmungen sowie von der Art der Mitnehmer ab, werden aber auch durch druckhaftes Gebirge, namentlich bei Verwendung

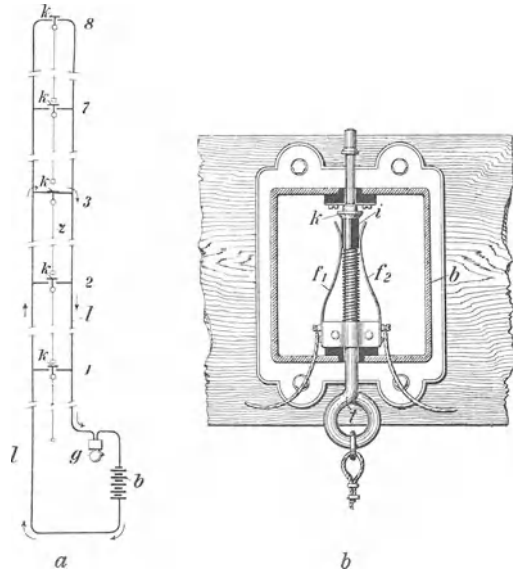


Fig. 414. Signalgebung bei Streckenförderungen mittels Zugkontakts.



von Gabelmitnehmern, ungünstig beeinflusst. Die Aufsicht und Bedienung stellt sich teurer bei einer größeren Kurvenzahl, bei schlechteren Gebirgsverhältnissen, die leichter zu Betriebsstörungen führen können, und bei einer größeren Anzahl von Zwischenanschlägen, falls nicht die Seilbahn-Anschläger gleichzeitig als Anschläger für Bremsberge oder -Schächte tätig sein können.

Außerdem aber ist von wesentlicher Bedeutung die mittelbare Belastung der Streckenförderung durch die Kosten der Förderung in den etwaigen Zubringestrecken, die vielfach nicht genügend beachtet werden. Denn je kürzer und zahlreicher solche Zubringestrecken sind, um so ungünstiger beeinflussen sie das Gesamtergebnis. Wird z. B. eine Pferdeförderung, die 2000 tkm in der Schicht zum Kostensatz von 17 Pf pro tkm leistete, in der Hauptstrecke durch eine Förderung mit Seil ohne Ende ersetzt und nur noch in den Zubringestrecken mit Pferden gefördert, und liegt das Anteilverhältnis so, daß die Seilförderung 1200 tkm für je 7 Pf, die Pferdeförderung noch 800 tkm für je 35 Pf liefert, so betragen die Gesamtkosten in der Schicht jetzt

$$1200 \cdot 0,07 + 800 \cdot 0,35 = 364 M,$$

während sie sich früher auf nur  $2000 \cdot 0,17 = 340 M$  beliefen. Statt einer Verbilligung ist hier also, im ganzen betrachtet, sogar eine Verteuerung um 7 % eingetreten, trotz der wesentlich billigeren Förderung in der Hauptstrecke.

Im Ruhr-Lippe-Kohlenbezirk liegen die Verhältnisse im allgemeinen für die Förderung mit endlosem Seil nicht sonderlich günstig, weshalb hier auch die Lokomotivförderung neuerdings schnelle Fortschritte gemacht hat. Es liegt das einmal an den meist druckhaften Gebirgsverhältnissen, ferner an den in der Regel nicht zu vermeidenden Krümmungen, an der Unmöglichkeit, an wenigen Anschlagpunkten größere Fördermengen zu vereinigen, und an den hohen Löhnen. Nach dem „Sammelwerk“<sup>1)</sup> beliefen sich um 1900 die Durchschnittskosten je tkm in diesem Bezirk für Leistungen in der Schicht von

	im ganzen	im Durchschnitt
über 700 tkm auf . . . . .	5—13 Pf	8,3 Pf
450—700 „ „ . . . . .	7—15 „	10,0 „
250—450 „ „ . . . . .	11—17 „	14,5 „
unter 250 „ „ . . . . .	über 17 „	20,0 „

Unter wirklich günstigen Verhältnissen dagegen darf heute eine solche Förderung auch bei nur mittleren tkm-Zahlen nicht über 5 Pf für den tkm kosten.

Eine der am günstigsten arbeitenden Seilförderungen, diejenige des Carl-Stollens bei Diedenhofen (Minetterevier), die sich durch sehr große Förderlängen und -mengen, durch das Fehlen von Kurven, gutes Gebirge und große Förderwagen auszeichnet, arbeitet mit nur 1,99 Pf je tkm<sup>2)</sup>.

Einen Überblick über die Verteilung der Kosten auf die einzelnen Posten gibt nachstehende Zahlentafel, die unter 1.—3. Förderanlagen des

<sup>1)</sup> Bd. V, S. 149.

<sup>2)</sup> Stahl u. Eisen 1908, S. 1385; Schwartzkopff: Die Seilförderung im Carlstollen bei Diedenhofen.

Ruhrbezirks behandelt, während 4. die Zahlen für den vorhin genannten Carl-Stollen gibt. Die unteren Zahlenreihen bezeichnen den Anteil der Einzelbeträge in Prozenten der Gesamtkosten.

Laufende Nummer	Bahnlänge	Leistung in der Schicht	Verteilung der Gesamtkosten auf:						Löhne		Gesamtkosten	Zahl und Größe der Krümmungen, Art der Kuppelung	
			Antrieb (Kraft, Wartung und Unterhaltung)		Tilgung und Verzinsung		Seilverschleiß (bei Nr. 3 einschließl. Knoten)	Mitnehmer und Bügel	Unterhaltung des Antriebs und der Rollen	Aufsicht			Anschläger
			Pf	Pf	Pf	Pf							
			m	tkm	%	%	%	%	%	%			%
1.	1520	1200	<b>1,27</b> 23,2	<b>0,25</b> 4,6	0,28 5,1	0,34 6,1	<b>0,31</b> 5,6	0,73 13,2	0,46 42,2	5,5 100	1 schwache, 1 starke Kurve, Ketten als Mitnehmer		
2.	1250	520	<b>2,46</b> 33,5	<b>1,43</b> 19,5	0,25 3,4	0,37 5,0	<b>0,38</b> 5,2	0,58 7,9	1,88 25,6	7,35 100	3 schwache Kurven, Klemmgabeln		
3.	2000	210	<b>4,77</b> 20,0	<b>3,51</b> 14,7	<b>4,28</b> 18,0	0,11 0,5	<b>0,34</b> 1,4	5,03 21,2	5,75 24,2	23,78 100	3 schwache, 4 starke Kurven, Knotenseil		
4.	5000	10500	<b>0,49</b> 24,7	0,61 30,5	<b>0,10</b> 5,0	0,11 5,5	<b>0,08</b> 4,1	0,07 3,6	0,53 26,6	1,99 100	Keine Krümmungen, Seilzangen		

Die fettgedruckten Zahlen lassen erkennen, wie die Kosten des Antriebes (1.—4.) und die Anlagekosten (Tilgung und Verzinsung, 1.—3.) im umgekehrten Verhältnisse zur Förderleistung stehen, wie erheblich der Seilverschleiß bei Knoten (3.) ist und welche Bedeutung der Verschleiß an Kurvenrollen (1.—3.) im Vergleich mit vollständig geraden Strecken (4.) hat. Die verhältnismäßig hohe Zahl für Tilgung und Verzinsung unter 4. erklärt sich dadurch, daß man hier größere Kosten für die Anlage nicht gescheut hat, um die laufenden Betriebskosten möglichst herabzudrücken. Ein Vergleich der Zahlen unter 3. und 4. zeigt schlagend die Bedeutung der Größe der Förderleistung.

2. Förderung mit schwebender Kette ohne Ende.

**68. — Besonderheiten der Kettenförderungen.** Wird statt des endlosen Seiles eine Kette benutzt, so bleibt der Betrieb im großen und ganzen der gleiche; nur treten im einzelnen verschiedene Abänderungen ein.

Für die Antriebsvorrichtung ist zu berücksichtigen, daß die Kette nicht lediglich durch Reibung mitgenommen zu werden braucht, sondern daß man die Gestalt der Kette benutzen kann, um Klauen zwischen ihre Glieder fassen zu lassen und so die Bewegung des Antriebs auf sie zu übertragen. Das geschieht mittels der sog. „Kettengreifer-scheiben“, von denen Fig. 415<sup>1)</sup> ein Beispiel gibt. Bei solchen Scheiben ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Kettenglieder sich allmählich

<sup>1)</sup> Bansen: Die Streckenförderung, Fig. 202 u. 203.

längen und daß dann der Abstand der einzelnen Greifklauen voneinander am Umfange entsprechend vergrößert werden muß, was am einfachsten durch radiale Verschiebung der Greifer nach außen geschieht.

Bei der Heckelschen Greiferscheibe werden die einzelnen Greifer *a* (Fig. 415 *b*) durch Klemmschrauben *c* am Umfange des Scheibenkörpers zwischen diesen und einen Ring festgeklemmt, während gegen ihre abge-schrägten Füße sich der weiter nach innen folgende, im Querschnitt stumpfwinkelig gebogene Ring *b* anlegt. Sollen die Greifer nach außen geschoben werden, so werden die Klemmschrauben gelöst und die Schrauben des inneren Ringes fester angezogen, wodurch dieser sich parallel zur Achse verschiebt und mit seiner schrägen Fläche sämtliche Greifer gleichzeitig nach außen drückt. — Bei anderen Scheiben wird derselbe

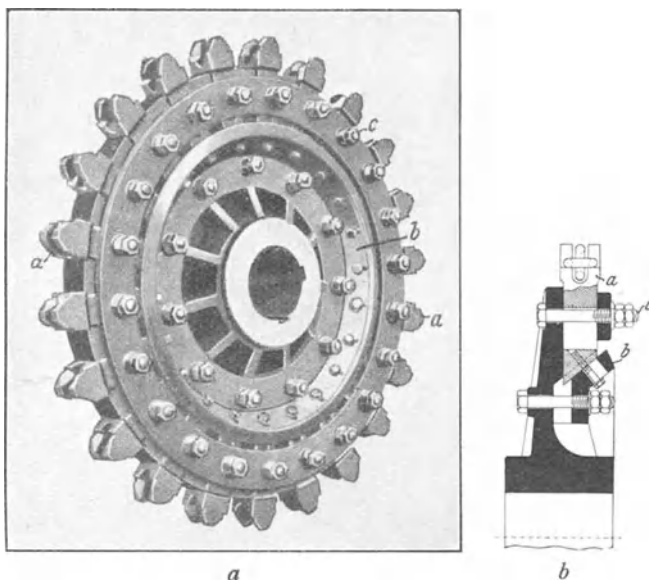


Fig. 415. Ketten-Greiferscheibe von Heckel.

Zweck dadurch erreicht, daß die Greifer mit Gewinde im Scheibenkranz befestigt sind und nach Bedarf einzeln herausgeschraubt werden können.

Statt der Greiferscheiben können auch wie bei der Seilförderung Scheiben mit Reibungswirkung verwendet werden, deren Kranz mit Holz ausgefüllt ist. Der Antrieb wird dann umständlicher, da bei größerer Belastung Gegenscheiben vorgeschaltet werden müssen, wogegen bei Greiferscheiben eine einzelne Scheibe genügt. Auch verschleißten die glatten Treibscheiben stark, und ihre Achsbelastungen sind größer als bei den Greiferscheiben. Andererseits stellen die letzteren an die Genauigkeit in der Herstellung der Kette und der Scheibe und an gleichmäßige Längung der einzelnen Kettenglieder die denkbar höchsten Anforderungen, da schon bei kleinen Verschiedenheiten die Greifer nicht mehr richtig fassen, oder gefährliche Rucke entstehen.

Die Kuppelung der Wagen mit der Kette erfolgt, da diese schon durch ihre Gestalt zum Mitnehmen der Wagen befähigt ist, in sehr einfacher Weise. Bei größerem Kettengewicht oder stärkerem Durchhang, d. h. größerem Abstand zwischen den einzelnen Wagen, können diese schon durch einfaches Aufliegen der Kette auf dem Wagenrand mitgenommen werden. Anderenfalls genügen einfache, in Ösen an der Stirnwand eingesteckte Gabeln oder daselbst angenietete Flügelbleche (*b* in Fig. 416), in die sich die Kette hineinlegt.

Die Trag- und Kurvenrollen, Umkehr- und Spannscheiben usw. können der Gestalt der Kette angepaßt werden und werden meistens nicht mit einfach glatter Fläche hergestellt, sondern mit einer Mittelrinne *a* (Fig. 417) versehen, in welche die hochkant stehenden Kettenglieder sich einlegen, während die flachliegenden auf den Rändern *b* der Rinne liegen und die Kränze *c* das Abschlagen der Kette verhüten.

Das Durchfahren von Kurven ist bei der Kettenförderung schwierig. Da nämlich die Kette die Wagen entweder durch bloßes

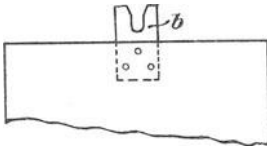


Fig. 416. Einfache Blechscheibe als Mitnehmer bei der Kettenförderung.



Fig. 417. Ketten-Tragrolle.

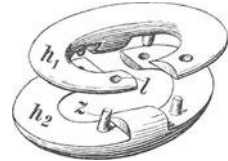


Fig. 418. Notglied für Förderketten.

Aufliegen oder mit Hilfe niedriger Bleche oder Gabeln mitnimmt, so muß sie in Kurven hochgeführt und, vom Wagen getrennt, um die Kurvenrollen geleitet werden. Damit dabei die Wagen in den Kurven nicht stehen bleiben, werden sie vor diesen eine schiefe Ebene heraufgezogen, so daß sie die Krümmung selbsttätig mit Gefälle durchlaufen, um an deren Ende wieder unter die Kette zu gelangen. Infolgedessen empfiehlt es sich, bei jeder Kurve einen Bedienungsmann aufzustellen.

Da bei Kettenförderungen jederzeit durch Bruch eines Kettengliedes lästige Betriebsstörungen möglich sind, sucht man diese Unterbrechungen durch sog. Notglieder möglichst abzukürzen. Diese werden an geeigneten Stellen in Bereitschaft gehalten und bestehen aus 2 Teilen, die an Stelle des gebrochenen Gliedes in die Nachbarglieder eingehängt und durch Umwicklung mit Draht u. dgl. einstweilen zusammengehalten werden; nach Beendigung der Schicht kann dann ein neues Glied an Stelle des Notgliedes eingeschweißt werden. Fig. 418 veranschaulicht ein solches Notglied, dessen Teile  $h_1$   $h_2$  hier je ein längs durchgeschnittenes Kettenglied darstellen und mittels Löcher *l* und Zapfen *z* ineinander greifen.

**69. — Kettenseil.** Eine besondere Stellung nimmt das Kettenseil von Glinz (Fig. 419) ein, das die Vorzüge des Seiles — geringes Gewicht und Biegsamkeit — mit dem Hauptvorteil der Kette — einfacher Ankuppelung der Wagen — vereinigen soll. Das Seil wird hierbei in eine Anzahl gleich langer Streifen  $s_1$   $s_2$   $s_3$  usw. zerlegt, die unter sich durch

kurze Kettenstücke verbunden werden; letztere legen sich in die einfachen Mitnehmergabeln ein, die auf die Wagen gesteckt werden. Die Seilstücke werden um Kauschen *k* herumgelegt und dann verspleißt; die Ränder *r* der Kauschen sind so weit vorgezogen, daß sie das Seil beim Übergang über die Rollen und Scheiben vor Verschleiß schützen. Ein solches Kettenseil stellt sich allerdings in der Anschaffung teurer und erhöht den Ver-

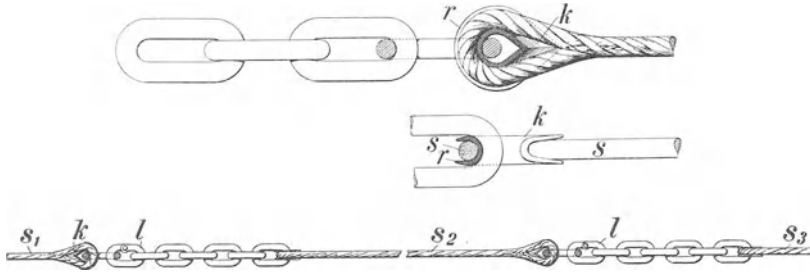


Fig. 419. Kettenseil nach Glinz.

schleiß der Rollen. Jedoch verringern sich die Ausgaben für Mitnehmer, und ein schadhaft gewordenes Seilstück kann für sich ausgewechselt werden. Daß durch die gleichmäßigen Längen der Seilstücke gleichmäßige Wagenabstände erzwingen werden, ist für Antrieb und Seilbewegung vorteilhaft, für die Bedienung einer größeren Zahl von Zwischenanschlügen dagegen nachteilig, da diese eine immer dichtere Wagenfolge nach dem Schachte hin erwünscht machen.

### 3. Beurteilung der Förderung mit geschlossenem Zugmittel.

**70. — Vergleich zwischen Seil und Kette.** Anfangs herrschte als Zugmittel die Kette durchaus vor. Mit den Fortschritten der Drahtseilherstellung hat aber die Verwendung des Seiles stark zugenommen. Unter den heutigen Verhältnissen ist hinsichtlich des Vergleichs beider Zugmittel Folgendes zu bemerken:

Die Antriebmaschine hat, da eine Kette etwa 7 mal so schwer ist wie ein gleich starkes Seil, bei der Kettenförderung eine bedeutend größere tote Last zu bewältigen, muß also entsprechend schwerer und teurer ausgeführt werden.

Die Anschaffungskosten für die Kette sind wesentlich höher als für das Seil. Allerdings kostet die Kette nur 0,5—0,6 *M* je kg gegen 0,7—0,8 *M* für das Kilogramm Drahtseil, jedoch sind wegen des erwähnten Gewichtsunterschiedes die Gesamtkosten einer Kette immer noch 4—5 mal so groß wie diejenigen eines Seiles von gleicher Tragfähigkeit. Auf laufende Betriebsausgaben umgerechnet, gleicht dieser Unterschied sich jedoch größtenteils wieder aus, da Seile nur in seltenen Fällen länger als 1—2 Jahre halten, wogegen bei Ketten Benutzungszeiten von 10 bis 15 Jahren bekannt geworden sind. Freilich arbeiten Kettenförderungen hinsichtlich des Verschleißes meist unter günstigeren Betriebsbedingungen als Seilförderungen.

Für das Anschlagen der Wagen verdient die Kette wegen der einfachen Vorrichtungen für das Mitnehmen weitaus den Vorzug, wogegen die beim Seil erforderlichen Mitnehmer den Verschleiß wesentlich vergrößern und auch manche anderweitigen Übelstände im Gefolge haben. Daher ermöglicht es die Kette auch, mit wesentlich größeren Fördergeschwindigkeiten (3—4 m in der Sekunde gegen 0,5—1 m beim Seil) zu arbeiten, weshalb bei der Kettenförderung ein bedeutend kleinerer Wagenpark erforderlich ist, was sich namentlich bei größeren Förderlängen bemerklich macht. Das Anschlagen der Wagen an Zwischenpunkten ist dagegen bei Kettenförderungen im Gegensatz zu Seilförderungen mit großen Schwierigkeiten verknüpft. Da nämlich die Kette zwischen je 2 Wagen sehr tief hängt und auch zu schwer ist, um vom Anschläger angehoben zu werden, so muß sie an Zwischenschlägen durch Tragrollen so hoch geführt werden, daß der Anschläger mit seinem Wagen darunter herfahren kann. Dadurch kommen aber sämtliche Wagen an diesen Stellen von der Kette los und müssen von Hand oder durch selbsttätigen Ablauf wieder angeschlagen werden. In Bremsbergen mit Kette ohne Ende ist aus diesem Grunde die Bedienung von Zwischenanschlagen gänzlich ausgeschlossen.

Ein gleichmäßiger Wagenabstand ist für die Kette in viel höherem Maße Erfordernis als für das Seil, da die Kette bei größerem Wagenabstand stark durchhängt und auf der Sohle schleift. Daraus ergibt sich, daß eine Kettenförderung größere Ansprüche an die Sorgfalt der Förderleute stellt und außerdem für das Durchfahren von Kurven (s. S. 369) wenig geeignet ist. Da nämlich die Wagen in der Kurve von der schiefen Ebene mit ungleicher Geschwindigkeit ablaufen, so wird durch jede Kurve der Wagenabstand derartig gestört, daß mehrere Kurven kaum zu überwinden sind. Außerdem erfordert jede Kurve bei der Kettenförderung in der Regel einen besonderen Bedienungsmann.

Ein Nachteil der Kettenförderung ist die jederzeitige Möglichkeit lästiger Betriebsstörungen infolge des Bruches von Kettengliedern, der immer unvorhergesehen eintritt, während beim Seile schwache Stellen rechtzeitig erkannt werden können. Allerdings kann die Kette durch Einsetzen von Notgliedern (s. oben) schnell wieder geschlossen werden, wogegen die Zusammenspleißung eines Seiles, wie sie bei Brüchen erforderlich wird, länger dauert.

Nach dem Vorstehenden sind Ketten in erster Linie dort am Platze, wo es sich um die Bewältigung großer Fördermengen, also um große Geschwindigkeiten und geringe Wagenabstände handelt und wo wenig Kurven zu überwinden sind, ferner in allen Fällen, wo auf geneigter Bahn aufwärts gefördert werden soll. Was die Förderlänge betrifft, so macht sich bei großen Längen der geringere Wagenbedarf der Kettenförderung vorteilhaft bemerklich. Andererseits aber sind dann auch sehr große tote Lasten in Gestalt des Kettengewichts von der Antriebsmaschine zu bewältigen. Hingegen tritt diese tote Last bei geringen Förderlängen und großen Fördermengen mehr zurück, weshalb z. B. eine Kettenförderung zur Abförderung der von einem Brems- oder Haspelschacht in der Nähe des Hauptförderschachtes gelieferten Fördermengen oder zur Weiterförderung

der von mehreren Seilförderungen herangebrachten Wagen bis zum Schachte mit Vorteil Verwendung finden kann.

Besonders geeignet sind Ketten für Bremsberge mit endlosem Zugmittel, zumal sie auch eine Ausnutzung der überschüssigen Kraft derselben (s. Ziff. 92) gestatten.

Auf die besondere Eignung der Kette für Tagesförderzwecke ist bereits vorhin aufmerksam gemacht worden; dieselbe beruht einerseits darauf, daß die Kette als unterlaufendes Zugmittel mit Nutzen verwendet werden kann, und anderseits darauf, daß über Tage häufig Steigungen zu überwinden sind. Auch für die Wagenbewegung an größeren Schachtfüllörtern können unterlaufende Ketten gute Dienste tun.

**71. — Beurteilung der Förderung mit endlosem Zugmittel und einzelnen Wagen.** Die Förderung mit Seil oder Kette ohne Ende hat in erster Linie den Vorteil eines sehr gleichmäßigen Betriebes.

Daraus ergeben sich verschiedene Sondervorteile. Zunächst wird bei Seilförderungen die Bedienung einer größeren Anzahl von Zwischenanschlägen in einfacher Weise ermöglicht, da die von dort gelieferten Wagen ohne Unterbrechung des Betriebes lediglich mit dem Zugmittel verkuppelt zu werden brauchen. Die Zahl der an diesen einzelnen Stellen zugeführten Wagen ist ziemlich gleichgültig, so daß sowohl Anschläge mit sehr hoher als auch solche mit niedriger Förderleistung in gleicher Weise versorgt werden können und die Förderung sich den Abbauverhältnissen und ihrer allmählichen Verschiebung elastisch anpaßt. Ferner wird das Zugmittel auf seiner ganzen Länge ausgenutzt und dadurch bei mäßiger Geschwindigkeit eine hohe Leistung ermöglicht. Nimmt man z. B. eine Förderung mit einzelnen Wagen an, so erhält man bei einem Wagenabstand von 18 m und einer Geschwindigkeit von 1 m in der Sekunde alle 18 Sekunden 1 Wagen, also in 1 Stunde 200 und in der 8 stündigen Schicht bei 7 Stunden reiner Förderzeit 1400 Wagen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß diese Leistung von der Länge des Förderweges gar nicht abhängig ist, sondern lediglich durch die Seilgeschwindigkeit einerseits und den Wagenabstand anderseits bedingt wird.

Ferner ermöglicht die ununterbrochene und gleichmäßige Förderung eine sehr gleichförmige und verhältnismäßig geringfügige Belastung und gute Ausnutzung der Antriebsmaschine, zumal auch wechselnde Gefälleverhältnisse auf beiden Seiten sich fast völlig ausgleichen.

Weitere Vorzüge dieses Förderverfahrens sind die geringere Raumbeanspruchung an den Endpunkten, da hier keine langen Wagenzüge aufzustellen und zu verschieben sind, sowie die Ersparnis an Löhnen für den Verschiebebetrieb am Schachte. Man kann hier die vollen Wagen, indem man sie vorher eine schiefe Ebene hinaufzieht, mit Gefälle dem Schachte zulaufen und in vielen Fällen auch die leeren Wagen gleich am Schachte durch das Seil abholen lassen.

Eine Schwäche der Förderung mit Seil oder Kette ohne Ende ist hingegen die Unmöglichkeit, nach Bedarf auch aus beliebigen Nebenstrecken zu fördern, da sich für solche Strecken, wenn sie keine größeren Fördermengen liefern, eine besondere Seil- oder Kettenförderung nicht lohnt. Es wird auf diese Weise notwendig, Zubringeförderungen in den Nebenstrecken einzurichten, und durch die verhältnismäßig großen Kosten solcher

meist ungünstig arbeitenden Nebenförderungen können dann leicht die Ersparnisse der Hauptförderung großenteils aufgezehrt werden (vgl. auch S. 366).

Die günstigsten Bedingungen für die Anwendung des genannten Förderverfahrens im Vergleich mit der gleich zu besprechenden Lokomotivförderung sind: große Förderlängen und Fördermengen (namentlich letztere sind erforderlich), möglichst wenig Krümmungen der Strecke, da jede auch nur ganz schwache Krümmung den Seil- und Rollenverschleiß erheblich vergrößert, und bequeme Zubringung der Förderung an den Zwischenanschlügen.

*Die Förderung mit beweglichen Maschinen (Lokomotivförderung).*

**72. — Die Entwicklung der Lokomotivförderung.** Die Schwierigkeit, eine für den Grubenbetrieb geeignete Lokomotive zu finden, hat bewirkt, daß trotz frühzeitiger Versuche mit Grubenlokomotiven ihre Verwendung erst seit etwa 10 Jahren allgemein geworden ist. Die Förderung mit gewöhnlichen Dampflokomotiven, wie sie bis vor kurzem noch in den großen Stollen des Minettebezirks in Gebrauch waren, verbietet sich für Steinkohlentiefbaugruben aus naheliegenden Gründen von selbst. Natron-Dampflokomotiven nach Honigmann,<sup>1)</sup> sind über einen Versuchsbetrieb nicht hinausgekommen. Die über Tage auf Grubenbahnhöfen vorteilhaft benutzten feuerlosen Heißwasserlokomotiven nach Lamm-Francq, die einen großen Kessel mit überhitztem Wasser als Dampferzeuger verwenden und ihren Wärmevorrat von Zeit zu Zeit durch Einleitung von hochgespanntem Frischdampf in dieses Wasser ergänzen, konnten sich wegen der Wärmeentwicklung und der Umständlichkeit nicht behaupten. Daher wurden schon früh Preßluftlokomotiven vorgeschlagen, die ihren Kraftvorrat in Gestalt eines Behälters mit hochgespannter Preßluft mitführen und sich in den letzten Jahren bei uns rasch eingeführt haben. Damals jedoch scheiterte ihre Verwendung in unseren Gruben an der schwerfälligen Bauart, dem großen Gewicht und der außerordentlich ungünstigen Kraftausnutzung dieser Lokomotiven. So waren es zuerst die elektrischen Lokomotiven, die anfangs der 1880er Jahre, und zwar im sächsischen und oberschlesischen Steinkohlenbergbau, festen Fuß faßten. Ihre allgemeine Anwendung stieß aber auf die Schwierigkeit, daß die Ausrüstung der Gruben mit elektrischer Kraft noch im weiten Felde lag und außerdem die Schlagwetter- und Berührungsfahrgefahr abschreckte. Eine neue Zeit begann mit den in der zweiten Hälfte der 1890er Jahre von der „Gasmotorenfabrik Deutz“ auf den Markt gebrachten Benzinlokomotiven, durch die den Grubenlokomotiven allgemein Eingang verschafft wurde und die infolge des Wettbewerbs auch zweckentsprechende Bauarten elektrischer Lokomotiven ins Leben riefen. Ganz neuerdings ist dann auch, wie erwähnt, die Druckluftlokomotive in zeitgemäßer Neugestaltung wieder zu Ehren gekommen.

1. Einzelbeschreibung der Grubenlokomotiven.

**73. — Arten der Grubenlokomotiven.** Die heute für die Grubenförderung in Betracht kommenden Lokomotivarten sind: Brennstoff-,

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1884, S. 317; Versuche und Verbesserungen.



elektrische und Preßluft-Lokomotiven. Die elektrischen Lokomotiven können wiederum solche mit Stromzuführung von außen (Fahrdraht-Lokomotiven) oder mit einem bestimmten Stromvorrat (Akkumulator-Lokomotiven) sein. Von diesen verschiedenen Maschinen fährt nur die Fahrdraht-Lokomotive unter stets gleichen Bedingungen, während bei den 3 anderen Bauarten der Kraftvorrat während der Fahrt abnimmt und von Zeit zu Zeit bei der Brennstoff-Lokomotive durch einfache Auffüllung, bei der Akkumulator- und Preßluft-Lokomotive auf maschinellern Wege ergänzt werden muß.

**74. — Brennstoff-Lokomotiven.** Bei diesen Lokomotiven, die von der Gasmotorenfabrik Deutz eingeführt sind und heute außerdem auch von der Motorenfabrik Oberursel bei Frankfurt a. M., von der Ruhrtaler Maschinenfabrik in Mülheim-Ruhr, von der Maschinenfabrik Montania in Nordhausen u. a. gebaut werden, wird ein flüssiger, leicht vergasbarer Brennstoff benutzt, der durch feine Zerstäubung in Gasform gebracht, dann mit Luft gemischt und in einem Explosionsmotor durch elektrische Zündung verbrannt wird. Sie bestehen demgemäß in der Hauptsache aus einem Viertaktmotor — auf dessen Bau im einzelnen hier nicht eingegangen werden kann — mit magnet-elektrischer Zündvorrichtung und Regulator, ferner aus einem Benzinbehälter und einer das Benzin zum Vergaser führenden Pumpe, sowie endlich aus einem Kühlwasserbehälter, der das zum Kühlhalten der Zylinder und Kolben notwendige Wasser enthält. Als Brennstoffe werden verwandt:

1. Benzin, durch Destillation von Erdöl gewonnen, Siedepunkt zwischen 70° und 120°; spez. Gewicht ca. 0,70; Preis z. Zt. etwa 28 *M* je 100 kg;
2. Benzol ( $C_6H_6$ ), als Nebenerzeugnis bei der Steinkohlenverkokung gewonnen; Siedepunkt 80,4°; spez. Gewicht 0,88; Preis z. Z. etwa 20 *M* je 100 kg;
3. Spiritus, in der Regel nur in Mischungen mit Benzol benutzt (z. B. 40% Spiritus, 60% Benzol); Preis z. Zt. etwa 30 *M* je 100 kg.

Für die Verwendung der beiden letzten Stoffe spricht, daß sie der heimischen Industrie zugute kommt und uns vom Auslande unabhängig macht, wogegen die Menge des in Deutschland erzeugten Benzins nur unbedeutend ist.

Die Eigenart des Verbrennungsmotors nötigt zu gewissen Besonderheiten in der Bauart der Lokomotiven. Zunächst kann dieser Motor seine Kurbel immer nur in derselben Richtung drehen. Das Vor- und Rückwärtsfahren mit der Lokomotive kann daher nur durch Einschaltung besonderer Getriebe mit Hilfe von ausrückbaren Kuppelungen ermöglicht werden, die für Vor- und Rückwärtsfahrt verschieden gehandhabt werden.

Ferner erfordert die Feuergefährlichkeit der flüssigen Brennstoffe besondere Vorsichtsmaßregeln sowohl bei der Ergänzung des Brennstoffvorrats wie auch bei der Bauart des Motors selbst. In ersterer Hinsicht wird jetzt z. B. vom Oberbergamt Dortmund die unlösbare Verbindung des Behälters mit der Lokomotive verlangt. Die Überfüllung der Flüssigkeit in diesen erfolgt dann aus einem zur Füllstelle gefahrenen Tankwagen (der auch ein gewöhnlicher Grubenwagen mit einem Behälter sein

kann). Und zwar kann man sich dabei nach Russell<sup>1)</sup> der Vermittlung von Kohlensäure bedienen, die aus einer Stahlflasche geliefert wird. Einfacher ist aber die Verwendung einer gewöhnlichen Flügelpumpe nach dem Verfahren der Fabrik Deutz<sup>2)</sup> mit Hinzufügung einer Rücklaufleitung, die das etwa zuviel eingepumpte Benzin usw. dem Hauptbehälter wieder zuführt, um ein Überlaufen zu vermeiden. Der Überfüllraum muß, da sich in ihm entzündliche Dämpfe entwickeln können, gut bewettert werden. — Die Sicherheitsvorkehrungen am Motor bestehen in dem Schutz der Luftansauge- und der Auspufföffnung. Beide dürfen Stichflammen, wie sie durch Früh- oder Spätzündung entstehen können, nicht nach außen treten lassen und werden daher mit Sieb- oder Plattenschutz u. dgl. versehen. Außerdem läßt man die Ansaugöffnung („Ansaugtrompete“) jetzt nicht mehr im Gehäuse der Lokomotive münden, wo sie statt Luft leicht ein entzündliches Gasgemisch ansaugen kann, sondern führt sie nach

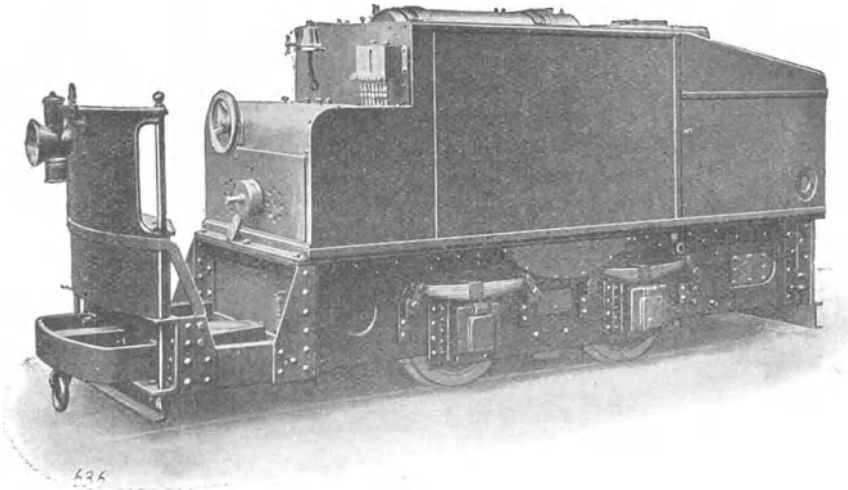


Fig. 420. Benzinlokomotive der Gasmotorenfabrik Deutz.

außen. Das auspuffende Verbrennungsgas wird neuerdings durch Wassereinspritzung gekühlt und durch ein Filter von Eisendrehspänen u. dgl. geleitet; man erzielt dadurch nicht nur Schlagwettersicherheit, sondern macht auch die Verbrennungsgase und ihren lästigen Geruch größtenteils unschädlich.

Eine Vorstellung von der allgemeinen Bauart derartiger Lokomotiven gibt Fig. 420, die eine Deutzer Lokomotive darstellt. Sie läßt oben die Behälter für Brennstoff und Kühlwasser, vorn den Führersitz und diesem gegenüber das Handrad für die Betätigung der vorhin beschriebenen Kuppelung und den mit Belastungsgewicht versehenen Bremshebel erkennen. Motor und Getriebe sind durch ein Blechgehäuse vor Verstaubung geschützt.

<sup>1)</sup> Glückauf 1907, S. 493; Russell: Die Verhütung der Brandgefahr bei Benzol-Grubenlokomotiven.

<sup>2)</sup> Glückauf 1908, S. 857; Beyling: Sicherheitsvorrichtungen zum Umfüllen des Brennstoffes für Benzin-Lokomotiven.

Der Brennstoffverbrauch schwankt für 1 Nutz-tkm zwischen etwa 0,05 und 0,09 kg, für 1 PS.-Stunde (s. Ziff. 79, S. 384) des Motors zwischen 0,2 und 0,4 kg. Der entsprechende Kostenbetrag ist je nach den Brennstoffen und ihren Marktpreisen ziemlich verschieden und kann gegenwärtig für Benzin mit 1,9—2,5 Pf, für Benzol mit 1,4—1,8 Pf je tkm und mit 8 bis 10 Pf für Benzin bezw. 6—7 Pf für Benzol je 1 PS.-Stunde angenommen werden.

Die Lokomotiven werden meist für Leistungen von 8, 12 oder 16 PS. gebaut. Sie entwickeln nur mäßige Geschwindigkeiten (1,5—3 m, meist nur 2 m). Als Beispiel für die Abmessungen sei erwähnt, daß eine 12 PS.-Lokomotive etwa 3,5 m lang, 0,9 m breit und 1,5 m hoch ist und mit Brennstoff- und Wasserfüllung 5 t wiegt.

**75. — Fahrdrabt-Lokomotiven.** Bei den elektrischen Lokomotiven erfolgt der Antrieb in der Regel durch 2 Motoren, die mit Rücksicht auf die Erschütterungen meist so verlagert werden, daß sie mit einem sog. „Finger“ auf der Triebachse ruhen und an der anderen Seite in Federn hängen. Sie wirken mit Zahnrad- oder Kettengerieße auf die Achsen.

Die Fahrdrabt-Lokomotiven erhalten ihren Strom von einer Oberleitung mit Hilfe von Bügeln, Schleifschuhen (Fig. 421), Rollen oder Walzen, die sich auf einem Watschen Parallelogramm mit Federung drehen können. Es muß dabei Rücksicht auf die Umkehrung der Fahr-richtung genommen werden, die namentlich beim Verschiebebetrieb öfter notwendig wird. Am einfachsten ist in dieser Hinsicht der Parallelogrammbügel, mit dem sowohl vorwärts- als rückwärts gefahren werden kann, während der einfache Schleifbügel und die Rolle herumgedreht werden muß und der Schleifschuh kippbar und in doppelter Anordnung (Fig. 421) angebracht wird, so daß ein Schuh zum Vorwärts-, der andere zum Rückwärtsfahren dient. Zur Vermeidung von schlagwettergefährlichen, stärkeren Funken werden vielfach mehrere Stromabnehmer angeordnet, so daß beim Abspringen des einen oder anderen der Hauptstrom noch nicht unterbrochen wird.

Der Fahrdrabt wird an Isolatoren unter den Kappen befestigt oder bei druckhaftem Gebirge, das zu öfterem Auswechseln der Kappen nötigt, an Querdrähten aufgehängt. Bezüglich der Berührungsgefahr sind die Sicherheitsvorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker zu berücksichtigen, wonach für die Oberleitung bei Niederspannung (unter 250 Volt) ein Abstand von mindestens 1,8 m, bei Hochspannung (über 250 Volt) ein solcher von mindestens 2,3 m über der Schienenoberkante inne zu halten oder sonst ein besonderer Fahrweg für die Leute neben den Gleisen anzulegen ist. Bei Rollen- und Schleifschuh-Abnehmern kann außerdem die Gefahr wesentlich dadurch eingeschränkt werden, daß die Leitung durch einen unten offenen Holzkasten gegen zufällige Berührung abgeschlossen wird. Auch hat man die Stromentnahme mittels wagerechter Schleifhebel vorgeschlagen, die die seitliche Verlagerung des Fahrdrabts gestattet.<sup>1)</sup>

Für den Antrieb können alle Stromarten Verwendung finden. Gleichstrom hat den Vorteil, daß er niedrige Spannungen und eine be-

<sup>1)</sup> Glückauf 1910, S. 983; Spackeler: Schutzmaßnahmen gegen Berührung der Fahrdrähte elektrischer Grubenbahnen.

queme Stromabnahme ermöglicht. Andererseits liefern die elektrischen Zentralen jetzt in der Regel Drehstrom, und dessen Umformung in Gleichstrom ist umständlich und teuer. Dafür eignet sich Drehstrom schlecht für niedrige Spannungen und verlangt 3 Drahtleitungen (s. Fig. 421), weshalb er auch nicht Bügel- und Walzen-Stromabnehmer gestattet. Daher hat neuerdings, begünstigt durch die Fortschritte im Bau von Motoren für 1-phasigen Wechselstrom, diese letztere Stromart sich einzubürgern begonnen, mit der bis jetzt gute Erfahrungen gemacht worden sind.<sup>1)</sup>

Für die Bauart von Fahrdrabt-Lokomotiven gibt Fig. 421 ein Beispiel, die eine Siemens-Schuckert-Lokomotive für Drehstrom wiedergibt.

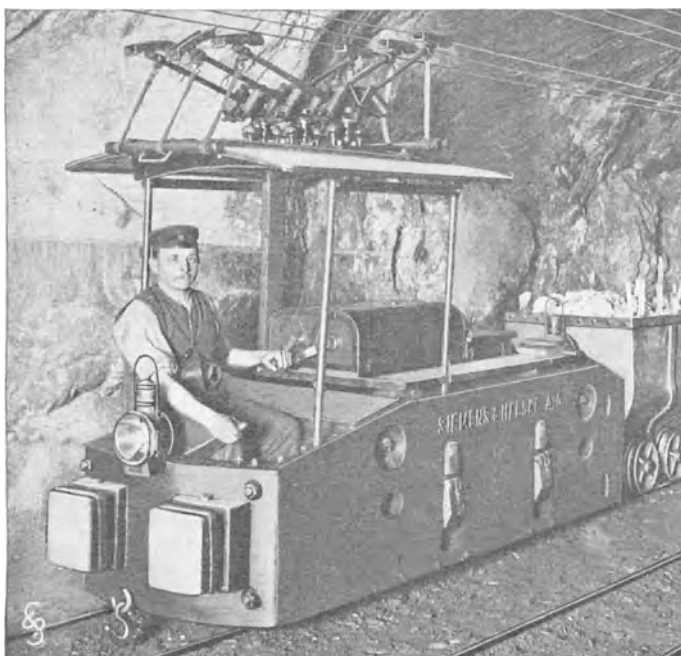


Fig. 421. Drehstrom-Lokomotive der Siemens-Schuckert-Werke auf dem Kalibergwerk Herzynia.

Die Stromabnahme erfolgt durch 3 Schleifschuhe in doppelter Anordnung. An jedem Ende ist ein Führersitz vorgesehen, was den Verschiebebetrieb erleichtert. Anlasser und Widerstände befinden sich in dem über den Lokomotivkörper hinausragenden Blechgehäuse. Die beiden Motoren sind unter dem letzteren in einem starken Stahlrahmen verlagert. Bemerkenswert ist die geringe Höhe der Lokomotive, die freilich durch den Raumbedarf für Leitung und Stromabnahme aufgewogen wird.

Die Lokomotiven können für sehr hohe Leistungen gebaut werden. Im Minettebezirk z. B. hat man schon Lokomotiven für 112 PS. in Be-

<sup>1)</sup> Glückauf 1911, S. 1905; Dr. Siemens: Die elektrische Lokomotivförderung mit einphasigem Wechselstrom auf Zeche Rosenblumendelle.

trieb genommen.<sup>1)</sup> Solche Kräfte können in keiner der anderen Lokomotiven bei unterirdischer Förderung untergebracht werden. Für den Stromverbrauch diene als Anhalt, daß eine Leistung von 1 Nutz-tkm in günstigen Fällen 0,15 KW.-Std., in ungünstigen Fällen 0,30 KW.-Std. und darüber erfordert, was bei einem Preise von 4 Pf je KW.-Std. einen Kostenbetrag von nur 0,6—1,2 Pf je Nutz-tkm ausmacht.

**76. — Akkumulator-Lokomotiven.** Die Akkumulator-Lokomotiven erhalten ihren Strom aus einer mitgeführten Akkumulatorbatterie, die nach Erschöpfung durch eine Stromquelle neu aufgeladen werden muß. Um die Lokomotive nicht während der Ladezeit außer Betrieb setzen zu müssen, wird die Batterie lösbar auf ihr befestigt und nach Entladung einfach gegen eine frischgeladene vertauscht. Man erzielt dadurch gleichzeitig den Vorteil, daß man das Laden zu einer passenden Zeit, d. h. bei geringer sonstiger Beanspruchung der Dynamomaschine, vornehmen und so die letztere gut ausnutzen kann. Eine zweckmäßige Wechselvorrichtung für die Batterien ist diejenige von Böhm, die von der „Elektromontana“ in Berlin gebaut wird.<sup>2)</sup> Die Batterie ist hierbei auf Rollen gelagert und wird nur durch eine Sperrung festgehalten. Die Lokomotive fährt zum Zwecke des Batteriewechsels zwischen 2 ebenfalls mit Rollen ausgerüstete Tische. Durch eine Laschenkette, die zunächst über die Rollen der Lokomotive und des einen Tisches und sodann über die ersteren und die des anderen Tisches gelegt und durch eine Kurbel bewegt wird, zieht man zuerst die entladene Batterie auf den einen Tisch und dann die frischgeladene von dem anderen Tisch auf die Lokomotive, so daß diese nach Verriegelung der Batterie gleich wieder fahren kann.

Als Zahlenbeispiel für Akkumulator-Lokomotiven sei angeführt, daß eine Lokomotive von 16 PS. eine Länge von 4 m, eine Breite von 0,95 m und eine Höhe von 1,5 m hat und rd. 5 t wiegt. Eine solche Lokomotive enthält in 81 Zellen einen Kraftvorrat („Kapazität“) von 74 Ampèrestunden und kann bei einer Geschwindigkeit von 3 m und einer Förderung mit Zügen von je 25 Wagen zu 500 kg bei mittleren Gefälleverhältnissen eine Wegstrecke von 4—5 km zurücklegen, ehe eine frische Batterie eingewechselt werden muß.

Wegen der Empfindlichkeit der Akkumulatoren muß für sorgfältige Behandlung derselben, besonders in elektrischer Hinsicht, Sorge getragen werden; nur geschulte Leute sind damit zu betrauen. So darf z. B. für die Ladung der Batterie der eben erwähnten Lokomotive ein Strom von höchstens 37 Amp. benutzt, bei ihrer Entladung ein solcher von höchstens 74 Amp. abgegeben werden. Auch darf die Entladung nicht zu weit, sondern höchstens bis auf 60—70 % der Kapazität getrieben werden.

Die Lokomotiven werden in Stärken von 8—20 PS. gebaut. Ihr Kraftverbrauch ist wegen der Verluste im Akkumulator größer als derjenige der Fahrdrabt-Lokomotiven, indem für 1 Nutz-tkm 0,25—0,35 KW.-Std. erfordert werden.

<sup>1)</sup> Glückauf 1910, S. 1218; Tillmann: Streckenförderung unter Tage.

<sup>2)</sup> Glückauf 1907, S. 437; Böhm: Die elektrische Streckenförderung mit Akkumulator-Lokomotiven auf Zeche Monopol.

Auf Grube von der Heydt im Saarbezirk hat man, um den Lohn für den Lokomotivführer zu sparen, eine Förderung mit selbststeuernden Akkumulator-Lokomotiven eingerichtet.<sup>1)</sup> Eine solche Lokomotive erhält vorn einen federnden Holzbügel, der durch eine Hebelübertragung auf die Kontrollerwalze einwirkt. Soll die Lokomotive an einer Kreuzung usw. halten, so wird dort durch elektrische Übertragung ein Sperrhebel vorgelegt, gegen den der Bügel stößt und infolgedessen den Motor stromlos macht. Nach Beseitigung des Hindernisses drückt die Feder den Bügel wieder vor und schaltet den Strom wieder ein.

Wegen der geringen Geschwindigkeiten, die bei einem solchen Verfahren nur zulässig sind, und wegen der schwierigen Regelung des Betriebs mit mehreren Lokomotiven eignen solche Lokomotiven sich nicht für größere Fördermengen.

**77. — Preßluft-Lokomotiven.** Während in Nordamerika bereits seit längerer Zeit Preßluft-Lokomotiven eingeführt sind, ist bei uns nach fehlgeschlagenen Versuchen zu Anfang der 1890er Jahre erst vor 4 Jahren die

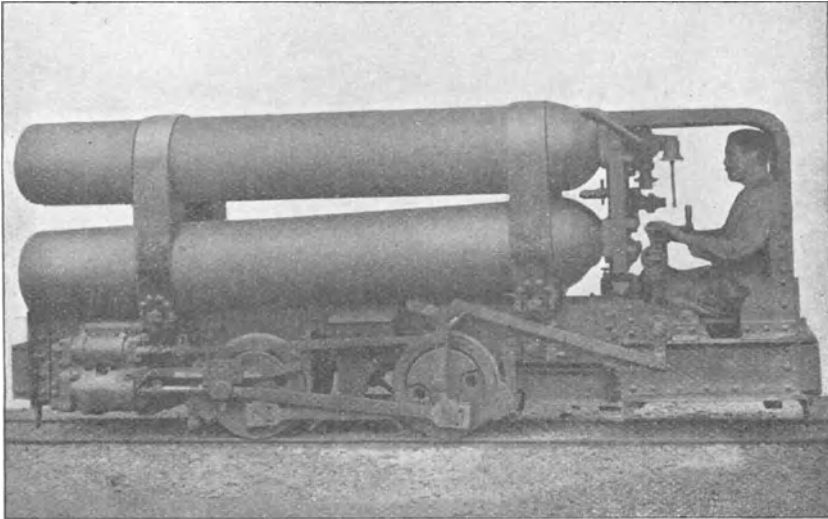


Fig. 422. Ansicht der Preßluft-Lokomotive von Rud. Meyer, A.-G.

erste derartige Förderanlage, und zwar auf den Emscherschächten des Kölner Bergwerksvereins<sup>2)</sup> in Betrieb gesetzt worden, hat aber wegen der guten Bewährung dieser Förderung bald Nachahmung gefunden. Eine solche Lokomotive besteht aus einem Haupt-Luftbehälter von großen Abmessungen, der einen Vorrat von hochgespannter Preßluft enthält, einem kleinen Zwischenbehälter, der sog. „Arbeitsflasche“, die die Luft mit dem zum Betrieb geeigneten Drucke aufnimmt, ehe sie dem Motor zuströmt, und diesem selbst, der die Achsen ähnlich wie bei einer Dampflokomotive antreibt.

<sup>1)</sup> Glückauf 1911, S. 1483; Recktenwald: Führerlose Akkumulator-Lokomotiven.

<sup>2)</sup> Glückauf 1908, S. 1675; Winkhaus: Die Druckluftförderung unter Tage auf den Schächten des Kölner Bergwerksvereins.

Den Bau von Preßluft-Lokomotiven haben die Firmen Rud. Meyer, Maschinenfabrik, Mülheim-Ruhr; Berliner Maschinenfabrik vorm. L. Schwartzkopff in Berlin; Ruhrthaler Maschinenfabrik Schwarz & Dyckerkoff in Mülheim-Ruhr und A. Borsig in Berlin-Tegel aufgenommen, nachdem die beiden erstgenannten Firmen schon in der ersten Hälfte der 1890er Jahre solche Lokomotiven gebaut hatten<sup>1)</sup>. Die wesentlichen Züge der Bauart werden durch die Figuren 422—424 veranschaulicht. Von dem anfänglich angewandten Druck von etwa 50 Atm. im Vorratbehälter ging man bald zu Drücken von 100—120 Atm. über, um den Wirkungsgrad und die Leistungsfähigkeit der Lokomotiven zu steigern. Infolgedessen wurde eine Teilung des Behälters notwendig. So hat man bei der Lokomotive nach Fig. 422 und 424 vier gleich große Behälter, bei derjenigen nach Fig. 423 zur besseren Anpassung an den Streckenquerschnitt einen größeren und zwei kleinere Behälter auf der Lokomotive unter-

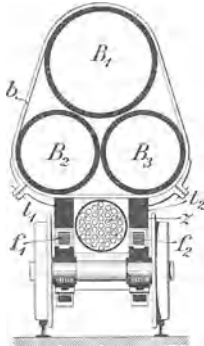


Fig. 423. Schwartzkopff-Lokomotive.

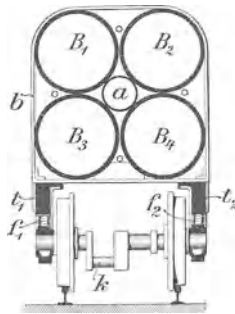


Fig. 424. Borsig-Lokomotive.

Fig. 423 u. 424. Querschnitte durch Preßluft-Lokomotiven.

gebracht. An Stelle der genieteten werden jetzt nahtlos gezogene Behälter bevorzugt. Die Arbeitsflasche wird unter den Behältern (Fig. 423, wo sie hinter dem Zwischenwärmer  $z$  zu denken ist), oder auch zwischen diesen ( $a$  in Fig. 424) angeordnet und enthält Luft von 15—20 Atm. Spannung. Der Motor erhält mittels eines Druckminderungsventils Luft von 9—10 Atm. Druck. Fig. 422 zeigt außer den Luftbehältern und dem Getriebe

auch den Sandstreuer (zwischen den Rädern) und läßt erkennen, wie die unteren Behälter nach vorn geneigt sind, um durch die mittlere Öffnung einen bequemen Ausblick auf die Strecke zu ermöglichen.

Der Motor wird jetzt meist als Verbundmotor gebaut, um mit Ausnutzung der Expansion arbeiten zu können. Die anfänglich bei dieser Bauart infolge der hohen Drücke stark aufgetretene Eisbildung im Auspuff, die eine längere Betriebsdauer der Lokomotive hinderte, hat man jetzt durch die Einschaltung eines „Zwischenwärmers“ zwischen Hoch- und Niederdruckzylinder wirksam bekämpft, der außerdem auch den Wirkungsgrad des Motors erheblich verbessert. Es ist dies ein zylindrischer Behälter ( $z$  in Fig. 423) mit beiderseits offenen Röhren, durch die während des Fahrens die Grubenluft hindurchstreicht. Da diese stets wesentlich wärmer als die aus dem Hochdruckzylinder ausströmende Preßluft ist, wärmt sie diese vor ihrem Eintritt in den Niederdruckzylinder erheblich an.

<sup>1)</sup> Verhandl. d. Intern. Kongresses f. Bergbau u. s. w. in Düsseldorf, 1910, Abteilung f. angewandte Mechanik, S. 146; Giller: Druckluft-Lokomotiv-Förderung im deutschen Bergbau.

Eine größere Preßluft-Lokomotive ist etwa 4 m lang, 0,9 m breit und 1,6 m hoch. Sie hat ein Gewicht von rd. 7 t und vermag bis zu 900 kg Zugkraft am Haken auszuüben und bis zu 4 m Geschwindigkeit zu entwickeln, also eine Nutzarbeit im Höchstbetrage von 48 PS. zu leisten, womit sie die Benzin- und Akkumulator-Lokomotiven wesentlich übertrifft.

Der Gesamthalt der Behälter beträgt 1260—1300 l, was bei 100 Atm. Anfangsdruck einem Luftvorrat von 126—130 cbm atmosphärischer Spannung entspricht. Die Arbeitsflasche hat 40—50 l Inhalt. Mit einer Behälterfüllung kann die Lokomotive etwa 60 tkm leisten. Doch wird der Wirkungsgrad bei einem Sinken des Luftdrucks unter den gewöhnlichen Betriebsdruck sehr gering, so daß es richtiger ist, durch rechtzeitige Auffüllung stets die Erhaltung des vollen Betriebsdrucks im Hochdruckzylinder zu ermöglichen. Zum Zwecke dieser Ergänzung des Luftvorrats läßt man die Lokomotive nach jeder Rückkehr zum Schachte zur Füllstelle fahren. Auch können bei größeren Entfernungen noch im Felde Füllstellen angeordnet werden, die dann eine Sicherheit dagegen bieten, daß eine Lokomotive etwa wegen zu stark gesunkenen Druckes auf der Strecke liegen bleibt. Diese letztere Gefahr ist allerdings nicht groß, da die Lokomotiven noch mit 4 Atm. 1000 m ohne Zug fahren können.

Zur Erzeugung der Preßluft dient ein über Tage stehender, mehrstufiger Hochdruck-Kompressor. Der Kraftverbrauch der Preßluft-Lokomotiven ist, der geringen Wirtschaftlichkeit der Preßluft entsprechend, naturgemäß hoch. Er beläuft sich, am Kompressor gemessen, bei elektrischem Antrieb desselben auf etwa 0,7—1,2 KW.-Std. je Nutz-tkm.<sup>1)</sup>

**78. — Vergleich der verschiedenen Lokomotivarten.** Die Betriebskraft stellt sich im allgemeinen am billigsten bei der Fahrdraht-Lokomotive, am teuersten bei der Preßluft-Lokomotive. Bei der Benzin-Lokomotive nutzt der Motor allerdings die im Brennstoff enthaltene Kraft sehr gut aus, doch wird dieser Vorteil durch den hohen Preis der Brennstoffe wieder ausgeglichen, während bei der elektrischen Lokomotive, wenn sie von einer größeren Kraftzentrale gespeist wird, mit sehr niedrigen Stromkosten gerechnet werden kann. Von den beiden Arten von elektrischen Lokomotiven arbeitet allerdings die Akkumulator-Lokomotive etwas teurer, da bei ihr wegen der doppelten Umformung des Stromes der Gesamt-Wirkungsgrad nur 40—50 % beträgt, gegenüber einem solchen von 60—65 % bei der Fahrdraht-Lokomotive.

Auch die Betriebsicherheit ist bei der Fahrdraht-Lokomotive am größten. Einerseits nämlich ist diese nicht von einem allmählich abnehmenden Kraftvorrat abhängig und andererseits beansprucht sie wegen ihrer verhältnismäßig einfachen und kräftigen Bauart geringe Sorgfalt in der Unterhaltung und verursacht wenig Reparaturkosten. Auch die Preßluft-Lokomotive muß nach dieser Richtung hin günstig beurteilt werden, da ihr Getriebe genügend kräftig und widerstandsfähig ist und der Motor auch bei weitgehender Abnutzung noch arbeitet. Die Gefahr des Liegenbleibens auf offener Strecke ist nach dem oben Gesagten bei ihr nur gering. Dagegen weist die Brennstofflokomotive eine größere Anzahl bewegter Teile auf, die dem Verschleiß stark ausgesetzt sind und

<sup>1)</sup> Glückauf 1912, S. 509; Bütow und Dobbstein: Vergleichende Untersuchungen an Grubenlokomotiven.



eine sorgfältige Behandlung und ausgiebige Schmierung erfordern. Auch nötigt die Feuergefährlichkeit des Brennstoffs zu besonderer Vorsicht. Bei der Akkumulator-Lokomotive ist auf ihre Empfindlichkeit gegen mechanische Stöße und gegen unrichtige Ladung und Entladung bereits aufmerksam gemacht worden; auch sie erfordert also eine vorsichtige Behandlung.

Vorteilhaft ist ferner bei der Fahrdraht-Lokomotive, daß sie einer Erneuerung ihres Kraftvorrats nicht bedarf. Auch die Brennstoff-Lokomotiven stehen in dieser Hinsicht günstig da, weil der Brennstoffvorrat für eine Schicht vollkommen ausreicht und nur die Ergänzung des Kühlwasservorrats von Zeit zu Zeit notwendig wird, die aber beim Vorhandensein einer Berieselungsleitung an jeder beliebigen Stelle und bei jedem erzwungenen Stillstand der Lokomotive erfolgen kann. Bei der Preßluft- und bei der Akkumulator-Lokomotive dagegen erfordert die Erneuerung des Kraftvorrats verhältnismäßig viel Zeit (vgl. Ziff. 85).

In der Raumbanspruchung bestehen keine erheblichen Unterschiede, da alle Lokomotiven sich dem Streckenquerschnitt gut anpassen lassen. Die Fahrdraht-Lokomotive kann allerdings für sich selbst mit der geringsten Höhe auskommen, verlangt aber dafür eine ausreichende Streckenhöhe für die Drahtleitung.

Den verschiedenen Vorzügen der Fahrdraht-Lokomotive steht nun aber als Hauptnachteil die Abhängigkeit von den Drahtleitungen gegenüber, die zur Stromzuführung dienen. Diese Leitungsanlage verteuert die Anlage bedeutend, verursacht in der Grube größere Schwierigkeiten hinsichtlich der Unterhaltung und der Berührungsgefahr, namentlich bei druckhaftem Gebirge, ist schlagwettergefährlich und verringert in bedeutendem Maße die bei der Lokomotivförderung sonst so vorteilhafte freie Beweglichkeit. Diese Übelstände werden sich besonders in Nebestrecken bemerklich machen, da hier einmal die Kosten für die Drahtleitungen und die Stromrückleitung wegen der geringeren Förderung schwerer ins Gewicht fallen und ferner die Schlagwettergefahr und der Gebirgsdruck im allgemeinen größer sind.

Bei der Akkumulator-Lokomotive ist trotz des gleichfalls elektrischen Antriebs eine Schlagwettergefahr kaum vorhanden, da Funken nur an den Motoren auftreten können, diese aber sich ganz in der Nähe der Sohle befinden und außerdem mit Schlagwetterschutz versehen werden können. — Auch bei den Brennstofflokomotiven ist jetzt infolge der wesentlichen Verbesserungen hinsichtlich der Füllung und des Schutzes der Ansaug- und Ausblaseöffnungen die Feuer- und damit die Schlagwettergefahr nur noch sehr gering.

Hinsichtlich der Leistungsfähigkeit nach Größe der Züge und Fahrgeschwindigkeit steht die Fahrdraht-Lokomotive an der Spitze. An zweiter Stelle folgt die Preßluft-Lokomotive. Brennstoff- und Akkumulator-Lokomotiven dagegen eignen sich nur für geringere Leistungen; untereinander sind sie nicht sehr verschieden.

Aus diesen Erörterungen folgt, daß in solchen Gruben, in denen mit langen Zügen gefahren werden kann und große Förderleistungen erzielt werden müssen, Fahrdraht- und Preßluft-Lokomotiven den Vorzug verdienen. Von diesen sind wieder die ersteren für solche Gruben vor-

teilhafter, in denen infolge großer Mächtigkeit der Lagerstätten die Förderung an wenigen Punkten gesammelt, also mit sehr leistungsfähigen Lokomotiven gefördert werden kann und die Herstellung und Unterhaltung hoher Strecken keine großen Kosten verursacht. Dagegen sind für Gruben mit geringmächtigen Lagerstätten und zersplitterter Förderung (vgl. Fig. 425 *c* und *d* auf S. 386) Preßluft-Lokomotiven angebracht. — Für kleine Fördermengen sind am besten Brennstoff-, nächst ihnen Akkumulator-Lokomotiven geeignet. Doch können beide auch in Gruben mit größeren Fördermengen vorteilhaft Verwendung finden, wenn die Verhältnisse die Zusammenstellung größerer Züge nicht gestatten. Für schlagwettergefährliche Gruben kommen in erster Linie Preßluft-, in zweiter Akkumulator-Lokomotiven in Frage, während Brennstoff und Fahrdraht-Lokomotiven hier weniger geeignet sind.

## 2. Allgemeine Erwägungen bezüglich der Lokomotiven und der Lokomotivförderung.

**79. — Kraftbedarf und Gewicht der Grubenlokomotiven.** Unter der Zugkraft einer Lokomotive versteht man die am Zughaken der Lokomotive zur Verfügung stehende Kraft, die auch als „Zugkraft am Haken“ bezeichnet wird. Über die erforderliche Größe dieser Kraft, die zur Überwindung des Reibungswiderstandes des Wagenzuges, sowie der Zusatzwiderstände beim Anfahren, in Kurven usw. dient, ist bereits unter Ziff. 38 das Erforderliche gesagt worden.

Mit dieser nutzbar zu machenden Zugkraft ist nicht zu verwechseln die vom Motor der Lokomotive insgesamt ausübende Kraft. Diese muß vielmehr groß genug sein, um außerdem noch den Reibungs- und Anfahrwiderstand der Lokomotive selbst überwinden zu können. Zieht z. B. eine Lokomotive von 5,5 t Eigengewicht 30 Wagen zu je 900 kg, also  $30 \cdot 0,9 = 27$  t, so erfordert die Fortbewegung ihres Gewichtes allein rd. 20 % der gesamten Motorleistung.

Der Kraftbedarf für die Beschleunigung ist von umso größerer Bedeutung, je öfter der Zug unterwegs anhalten muß, weil dann zur Verringerung der Zeitverluste jedesmal möglichst schnell wieder angefahren werden muß.

Das Gewicht der Lokomotiven hat also zunächst, da es mitbewegt werden muß, die Bedeutung einer Verringerung der Nutzleistung. Andererseits ist aber bis zu einem gewissen Grade wieder die Zugkraft ihrerseits vom Gewichte abhängig. Denn da eine Lokomotive nicht fest steht, sondern nur durch ihr Gewicht und den dadurch erzeugten Reibungswiderstand zwischen Rädern und Schienen in den Stand gesetzt wird, eine entsprechende Zugkraft auszuüben, so muß das Gewicht eine entsprechende Größe haben. Ist es zu gering, so gleiten die Räder auf den Schienen; es kommt daher hier der Koeffizient der gleitenden Reibung in Frage, der meist zwischen 0,15 und 0,20 liegt. Wiegt eine Lokomotive also z. B. 4000 kg und trägt der Reibungskoeffizient 0,20, so kann sie ohne die Beschleunigungsarbeit  $4000 \cdot 0,2 = 800$  kg ziehen. Umgekehrt muß eine Lokomotive, die eine Zugkraft von 600 kg einschl. Beschleunigung ausüben soll, bei einem Reibungskoeffizienten von 0,15 mindestens  $\frac{600}{0,15} = 4000$  kg wiegen.

Für die Belastung der Förderkosten durch die Antriebskraft ist außerdem das Verhältnis zwischen PS. und tkm wichtig. Nach der Bemerkung auf S. 339 bedeutet 1 Nutz-tkm eine Arbeit von etwa 20 000—25 000 mkg unter gewöhnlichen Verhältnissen, wenn die Bewegung der leeren Wagen ins Feld mit berücksichtigt wird. Da andererseits eine Arbeit von 1 PS.-Std. theoretisch eine Gesamtleistung von 270 000 mkg bedeutet, so müßten mit einer Arbeitsleistung von 1 PS.-Std. etwa 11—13 tkm geleistet werden können. Tatsächlich bleibt aber die wirklich erreichbare Leistung weit hinter dieser berechneten zurück. Das liegt zunächst an dem Eigengewicht der Lokomotive und an der Beschleunigungsarbeit. Außerdem wird die Lokomotive auch nur zum Teil ausgenutzt, da sie nicht stets die volle Wagenzahl zieht und öfter stillsteht, auch Rangierbewegungen und Einzelfahrten ausführen muß. Man kann daher höchstens mit 5, meistens aber nur mit 3—4 Nutz-tkm je PS.-Std. rechnen.

**80. — Vergleich zwischen Lokomotivförderung und Förderung mit endlosem Zugmittel.** Vor der Förderung mit Seil oder Kette ohne Ende hat die Lokomotivförderung zwei wertvolle Eigenschaften voraus, nämlich ihre Anpassungsfähigkeit an die Betriebsverhältnisse einerseits und die verringerte Bedeutung von Betriebsstörungen andererseits. Anpassungsfähig ist diese Förderart wiederum in doppelter Hinsicht. Einmal kann man mit allmählich zunehmender Fördermenge und -Länge mehr und mehr Lokomotiven in Gebrauch nehmen und bei allmählichem Übergang der Förderung von einer höheren auf eine tiefere Sohle ganz entsprechend die Maschinen von der ersteren auf die letztere herübernehmen; ebenso kann die Größe der einzelnen Maschinen dem Bedarf angepaßt werden. Es verringern sich dadurch die Verzinsungs- und die laufenden Betriebskosten. Und zweitens können Zweigstrecken, die eine für feststehende Maschinen zu geringe Fördermenge liefern, mit Lokomotiven noch vorteilhaft bedient werden, indem man z. B. nur einmal in der Schicht eine Lokomotive hineinfahren läßt. Betriebsstörungen an der Maschine aber, die bei feststehenden Maschinen sogleich den ganzen Betrieb lahmlegen, betreffen hier immer nur eine verhältnismäßig kleine Fördermenge und lassen sich überdies, wenn sie ernsterer Natur sind, durch Einstellung einer Reservemaschine leicht beheben.

Ein wesentlicher Vorzug der Lokomotivförderung ist ferner ihre Unabhängigkeit von Krümmungen, deren Durchfahrung weder besondere Vorkehrungen erfordert noch auch irgendwelche Schwierigkeiten verursacht. Dadurch entfällt nicht nur die vielfach lästige Notwendigkeit, alle Hauptförderstrecken nach Möglichkeit schnurgerade auffahren zu müssen, sondern es wird auch die Befahrung von Zweigstrecken aller Art ohne weiteres ermöglicht. Außerdem gestattet die Lokomotivförderung eine größere Geschwindigkeit (3—5 m/Sek.), weil einerseits keine Ankuppelung von Wagen während der Bewegung stattfindet und andererseits die Schienenbahn schon wegen des Gewichts der Lokomotiven so sorgfältig ausgeführt und unterhalten werden muß, daß größere Geschwindigkeiten unbedenklich sind. Dadurch werden Wagen und Lokomotiven bedeutend besser ausgenutzt, so daß man mit einer geringeren Wagen- und Lokomotivzahl auskommt. Dazu kommt noch, daß Verschiedenheiten im Gefälle

keine Schwierigkeiten machen und insbesondere auch Verschiebungen des Gefälles während des Betriebes durch Quellen der Sohle nicht von Bedeutung sind. Endlich ist für viele Fälle die Möglichkeit der Mannschaftsförderung mit Hilfe von Lokomotiven (Ziff. 84) von großer Bedeutung.

Diese Vorzüge kommen allerdings nicht bei allen Lokomotiven in gleichem Maße zur Geltung. Vielmehr ergeben sich bei den Fahrdraktlokomotiven ähnliche, wenn auch geringere Schwierigkeiten wie bei der Seilförderung. Die Förderung aus Nebenstrecken kann hier wegen der zu diesem Zwecke notwendigen Verlegung der Drahtleitungen nicht bei beliebig kleinen Fördermengen erfolgen, und die Unterhaltung der Leitungen sowie ihre Erhaltung in der richtigen Höhenlage verursacht bei quellendem Liegenden erhebliche Übelstände.

Aber auch für die anderen Arten von Lokomotiven sind gewisse Nachteile nicht zu verkennen. Zunächst macht das große Gewicht der Maschinen schwere und teure Schienen und Schwellen erforderlich. Auch erhöht dieses immer mitzubewegende tote Gewicht der Lokomotive den Kraftbedarf nach Ziff. 79 wesentlich. Nachteilig ist ferner der Verschiebebetrieb an den Anschlagpunkten, da die Lokomotivförderung gewissermaßen „stoßweise“ arbeitet und die Ansammlung größerer Wagenmengen an diesen Stellen mit sich bringt. Dieser Verschiebebetrieb erfordert größeren Raum für besondere Gleisanlagen sowie andere Vorkehrungen. Auch stellen die Lokomotiven an die Breite (und teilweise auch an die Höhe) der Förderstrecken größere Anforderungen als die Pferde- und Seilförderung. Ferner darf nicht übersehen werden, daß die größere Fördergeschwindigkeit nicht nur möglich, sondern auch notwendig ist, wenn die Ausgaben für Lokomotiven und Führerlöhne nicht zu groß werden sollen, und daß diese Geschwindigkeit den Betrieb gefährlicher macht.

**81. — Förderverfahren und Betriebsverhältnisse.** Am einfachsten lassen sich die Förderarten mit feststehenden und beweglichen Maschinen mit Hilfe der schematischen Zeichnungen in Fig. 425 *a—e* vergleichen. Eine Förderung nach Fig. 425 *a*, bei der es sich um die Fortschaffung einer durch den blinden Schacht *h* aus einer besonderen Flözgruppe gehobenen größeren Fördermenge zum Hauptschachte *s* handelt, ist für die Förderung mit endlosem Zugmittel wegen des Fehlens von Krümmungen nicht ungünstig, bringt aber, da keine Zwischenanschlüge vorhanden sind, ihre besonderen Vorzüge nicht zur Geltung. Hier würde auch eine Lokomotivförderung sehr günstig arbeiten können, weil die Maschinen glatt durchfahren, also ihre Geschwindigkeit voll ausnutzen können und die durch den Verschiebebetrieb bedingten Gleisanlagen und Betriebserschwerungen auf das denkbar geringste Maß herabgedrückt sind. Namentlich wenn nur geringe Fördermengen auf solche Längen zu fördern sind, ist die Lokomotivförderung vorzuziehen. Denn dann kann man sich durch Zahl und Stärke der Lokomotiven der Förderleistung gut anpassen, wogegen die Ausgaben für ein Seil wegen der geringen Ausnutzung schwer ins Gewicht fallen. Bei den Förderungen nach Fig. 425 *b*, *c* und *d* handelt es sich um solche mit Zwischenanschlügen. Und zwar liegen die Verhältnisse in Fig. 425 *b* so günstig wie nur möglich für die Seil-, dagegen ungünstig für die Lokomotivförderung. Infolge der Geradlinigkeit

der Strecke nämlich ist der Seilverschleiß sehr gering. Die vielen Zwischenanschlänge zeigen die Fähigkeit der Seilförderung zur Bedienung derselben in hellem Lichte, während die Löhne für die Bedienung an diesen Stellen wegfallen, da als „Zubringer“ Stapelschächte dienen und die Anschläger für diese gleichzeitig das An- und Abkuppeln der Wagen besorgen. Lokomotivförderung dagegen würde sich hier nicht bewähren können. Denn entweder müßten die einzelnen Maschinen an jedem Anschlag halten, um leere Wagen abzugeben und auf der Rückfahrt volle Wagen mitzunehmen;

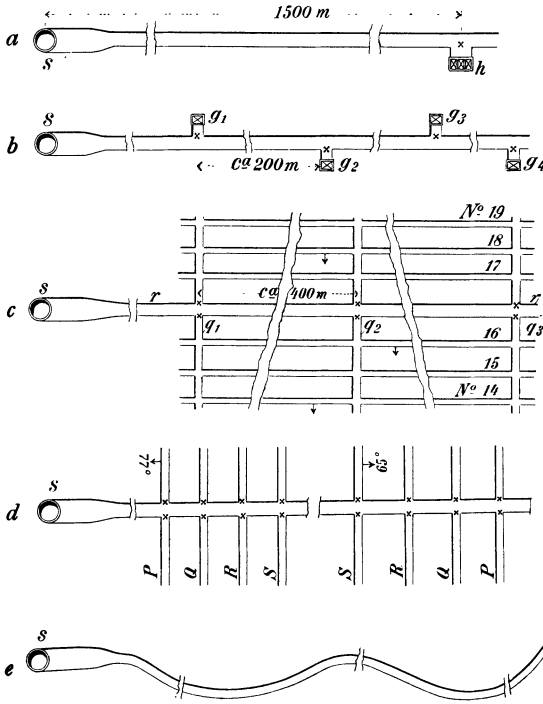


Fig. 425 a—e. Schematische Darstellung verschiedener Verhältnisse bei der Streckenförderung. (Die Kreuzchen bezeichnen die Anschläge.)

Abteilungsquerschläge als Zubringer. Es ergeben sich so allerdings in den letzteren größere Fördermengen, welche die Anlage besonderer Seilbahnen für sie lohnend machen können, während die Zahl der Anschläge an der Hauptbahn und demgemäß die Bedienungskosten herabgedrückt sind. Auf der anderen Seite bewährt sich hier aber auch die Beweglichkeit der Lokomotivförderung, da die Lokomotiven ohne weiteres auch in die Abteilungsquerschläge fahren können. Unbedingt vorzuziehen ist die Lokomotivförderung unter Verhältnissen nach Fig. 425 d, wo es sich um einen Hauptquerschlag mit einmündenden Grundstrecken PQRS handelt, weil hier die Fähigkeit der Lokomotiven, die Förderung nach Bedarf von beliebigen Stellen zu bewirken, voll zur Geltung kommt, dagegen bei Seilförderung die Kosten durch die großen Ausgaben für

sie würden dann hinsichtlich der Geschwindigkeit sowohl wie der Förderlast nur sehr schlecht ausgenutzt werden. Oder jede Lokomotive müßte bei jeder Fahrt nur einen Anschlag bedienen. Dann würden aber an allen Anschlägen besondere Verschiebebahnhöfe eingerichtet und größere Wagenzüge angesammelt werden müssen, und es würde sich außerdem ein verwickelter und schwer zu regelnder Betrieb ergeben.

Ungünstiger für die Seil- und günstiger für die Lokomotivförderung gestalten sich die Verhältnisse nach Fig. 425 c und d. In Fig. 425 c münden auf eine Richtstrecke Ab-

Anschlägerlöhne und durch die unverhältnismäßig teure Zubringeförderung ganz wesentlich gesteigert werden.

Ohne weiteres ersichtlich ist endlich der Vorteil der Lokomotivförderung in stark gekrümmten Strecken nach Fig. 425 e.

Im übrigen ist noch hervorzuheben, daß in allen Fällen, wo es sich bei gutem oder doch wenigstens nicht besonders druckhaftem Gebirge um den Abbau mächtiger Lagerstätten handelt, wie z. B. im oberschlesischen Steinkohlen- und im Kalibergbau, die Lokomotivförderung von vornherein einen gewissen Vorsprung hat, da hier die Ansammlung größerer Fördermengen an verhältnismäßig wenig Punkten sowie auch die Herstellung der nötigen Streckenprofile und die Anlage größerer Verschiebebahnhöfe keine besonderen Schwierigkeiten bietet. Ebenso ist die Lokomotivförderung dort im Vorteil, wo der Absatz der Mineralien regelmäßigen Schwankungen unterliegt und zeitweilig eine starke Erhöhung der Förderung notwendig wird. Hier würde eine Seilbahn während des größten Teils des Jahres mit unvollkommener Ausnutzung arbeiten, wogegen man bei der Lokomotivförderung sich durch Einstellung von Reservelokomotiven helfen kann.

**82. — Der Verschiebebetrieb.** Der Verschiebebetrieb auf den Bahnhöfen am Füllort und im Felde kann durch die Lokomotiven selbst oder durch besondere Hilfsmittel erfolgen. Beispiele für das erstere Verfahren liefern die Figuren 426 a—c<sup>1)</sup> und 427. In Fig. 426 a sind nur 2 Gleise vorhanden. Die Lokomotive fährt mit dem vollen Zug in das Gleis *v* ein,

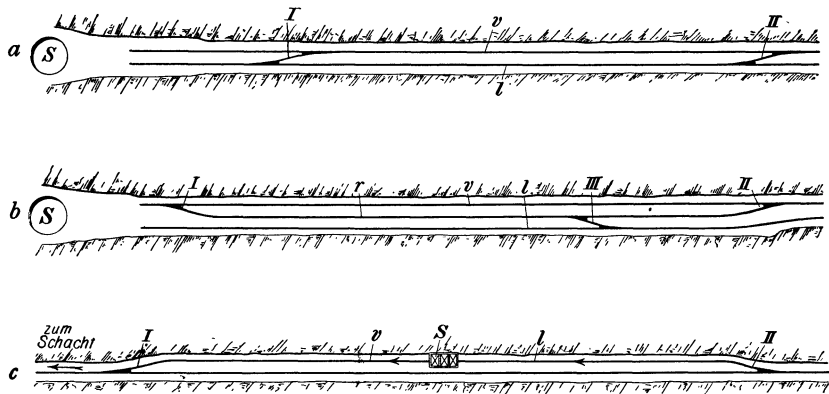


Fig. 426. Verschiebebahnhöfe bei der Lokomotivförderung.

zieht den Zug bis zur Weiche I vor und fährt sodann durch diese in das Gleis *l*, in diesem zurück und durch Weiche II hinter den vollen Zug. Diesen drückt sie bis zum Schachte, um sodann durch Weiche I abermals ins Leergleis *l* zu fahren und sich dort vor den leeren Zug zu setzen. Bei lebhafter Förderung wirkt diesem Verfahren die Sperrung der Weiche I durch die leeren Wagen entgegen, weshalb dann ein besonderes Verschiebe-

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1911, S. 651; Paehr: Erfahrungen mit Grubenlokomotiven beim Steinkohlenbergbau im Oberbergamtsbezirk Dortmund.

gleis  $r$  nach Fig. 426 *b* zu empfehlen ist. Die mit dem vollen Zuge ankommende Lokomotive wird hierbei nach Ankunft an der Weiche I abgekuppelt, fährt durch diese Weiche ins Verschiebegleis ein und durch Weiche II hinter den vollen Zug, um diesen vorzudrücken und sodann vermittelst der Weichen II und III sich vor den leeren Zug zu setzen. Eine andere Möglichkeit ist die, daß die Lokomotive nicht hinter den vollen Zug fährt, sondern im Verschiebegleis  $r$  hin- und herfährt, um mit Hilfe eines Zugseils mit Haken den vollen Zug in Abschnitten von je 5 bis 6 Wagen zur Weiche I und ebenso den leeren Zug zur Weiche III zu ziehen. Die Füllortanlage nach Fig. 427<sup>1)</sup> ist zum Durchschieben eingerichtet; die leeren Wagen werden im Umbruchgleis  $l$  gesammelt. Die Lokomotive zieht den vollen Zug durch das Gleis  $v$  bis zur Weiche I, fährt durch  $r$  zur Weiche II zurück, drückt den vollen Zug vor und holt nunmehr, durch Weiche III fahrend, den leeren Zug aus dem Umbruch ab.

Fig. 426 *c* veranschaulicht einen Bahnhof im Felde an einem Stapelschacht oder Gesenk. Für die Wagenbewegung ist ein vom Durchgangsgleis abzweigendes Gleis vorgesehen, dessen links vom Stapelschacht

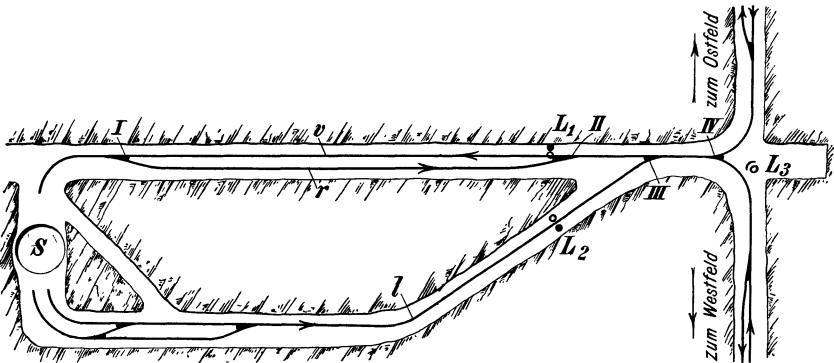


Fig. 427. Füllort mit Stellwerk für Lokomotivförderung.

gelegene Hälfte  $v$  für die vollen Wagen bestimmt ist, während die rechte  $l$  die leeren Wagen aufnimmt. Die vom Schachte kommende Lokomotive fährt bis ganz über die Weiche II hinaus und drückt dann, rückwärts fahrend, den leeren Zug in das Gleis  $l$ , um darauf zurück und zur Weiche I zu fahren und dort den vollen Zug abzuholen.

Dieser Verschiebetrieb mittels der Lokomotiven selbst hat den Nachteil, daß die letzteren dadurch sehr in Anspruch genommen werden und nur mangelhaft ausgenutzt werden können (vgl. Ziff. 85). Dieser Übelstand fällt naturgemäß umso mehr ins Gewicht, je größer und teurer die Lokomotiven sind. Andererseits fahren aber gerade solche Lokomotiven mit den längsten Zügen, für die der Verschiebetrieb am wichtigsten ist. Man hat daher vielfach Einrichtungen zur Entlastung der Lokomotiven von diesen Nebenarbeiten getroffen. In einfacher Weise kann das da-

<sup>1)</sup> Glückauf 1911, S. 1871; Kliver: Die Verwendung von Stellwerken bei der elektrischen Lokomotivförderung unter Tage.

durch geschehen, daß eine kleine Seil-<sup>1)</sup> oder Kettenbahn<sup>2)</sup> (am besten mit unterlaufender Kette) am Füllort eingerichtet wird, so daß die Lokomotive den Zug dieser nur zuzubringen braucht und sich gleich wieder vor den durch dieselben Hilfsmittel schon bereit gestellten leeren Zug setzen kann. Ein anderes Mittel ist die Herstellung einer Gefällestrecke. Die Lokomotive zieht dann, ähnlich wie das bei der Förderung mit Seil ohne Ende geschieht, den vollen Zug eine schiefe Ebene hinauf und auf der anderen Seite wieder herab, um dann in das Leergleis herüberzufahren, während der volle Zug zunächst durch eine Hemmvorrichtung festgehalten und dann abschnittsweise zum Schachte laufen gelassen wird. Auch kann man der Lokomotive noch das Hinaufziehen auf die schiefe Ebene abnehmen, indem man das Füllort um eine entsprechende Höhe tiefer legt und diese Höhe durch eine Kettenbahn für die leeren Wagen hinter dem Füllort wieder einbringen läßt.

**83. — Signalvorrichtungen.** Wenn mehrere Lokomotiven auf einer Fördersohle fahren, muß ein Signaldienst eingerichtet werden, um Unfälle zu verhüten und die Lokomotiven nach den Bedürfnissen des Betriebs auf die einzelnen Feldesteile zu verteilen. Man hat für diesen Zweck Signal- und Blockierungsvorrichtungen vom Eisenbahnbetriebe herübergenommen. Zunächst kommen rote und grüne Lampen als Signale für „Halt“ und „freie Fahrt“ zur Verwendung. Ferner kann man Zentral-Weichenstellwerke einrichten, die derartig arbeiten, daß gleichzeitig mit der Freigabe einer Weiche auch die entsprechende Signalisierung erfolgt. Eine solche Anlage deutet Fig. 427 an. Hier ist bei  $L_3$  der Raum für den Weichensteller zu denken, der seinerseits auf Grund seiner Aufzeichnungen oder auf Veranlassung von Fernsprecher-Mitteilungen die Verteilung der Lokomotiven regelt. Zu diesem Zwecke stellt er jeweilig die Weiche bei IV auf Fahrt nach Osten oder Westen, so daß der Lokomotivführer ohne weiteres in den gewünschten Feldesteil fahren muß. Zusammenstöße werden dadurch verhindert, daß der Weichensteller eine rote Lampe, die bei  $L_3$  hängt und sowohl vom Schachte als auch von der östlichen und westlichen Richtstrecke aus sichtbar ist, nach der Seite hin, die freie Fahrt erhalten soll, durch einen drehbaren Schirm abblendet. Außerdem sind die Lampen bei  $L_1$  und  $L_2$  so miteinander verbunden, daß entweder bei  $L_1$  ein rotes und bei  $L_2$  gleichzeitig ein grünes Licht erscheint oder umgekehrt, daß also niemals in der Füllortstrecke und dem Umbruch gleichzeitig gefahren werden kann.

Ähnliche Einrichtungen hat man auch so getroffen, daß man durch selbsttätige Signalisierung und Blockierung die Verteilung der Lokomotiven auf die einzelnen Feldesteile und die Verhütung von Zusammenstößen auch ohne einen Weichensteller ermöglicht hat.<sup>3)</sup> Man läßt dann durch Kontakte, die durch die Lokomotiven selbsttätig geschlossen werden und auf eine Zahlenscheibe wirken, den an der Weiche ankommenden Lokomotiv-

<sup>1)</sup> Glückauf 1907, S. 529; Wex: Versuche mit Grubenlokomotiven verschiedener Systeme.

<sup>2)</sup> Glückauf 1911, S. 750; Die Verwendung von Kettenbahnen am Füllort.

<sup>3)</sup> Glückauf 1910, S. 1658; Meyer: Selbsttätige Signalvorrichtung zur Sicherung des Betriebes elektrischer Lokomotiven.



führen die Zahl der in einen Feldesteil gefahrenen Züge angeben und außerdem durch den in eine Weiche einfahrenden Zug die Lichter für die anderen, in diese Weiche einmündenden Gleise auf „Halt“ stellen.

Eine persönliche Verständigung zwischen Lokomotivführer und Weichensteller oder zwischen Lokomotivführern unter sich ermöglichen Fernsprecheinrichtungen an Kreuzungen und andern wichtigen Stellen.

**84. — Mannschaftsfahrung mit Lokomotiven.** Die Möglichkeit der Beförderung von Mannschaft ist ein wesentlicher Vorzug der Lokomotivförderung. Die rasche Beförderung ermöglicht außer der Abkürzung der Anfahrzeit und der geringeren Ermüdung der Leute vor Beginn der Arbeit auch die schnellere Wiederaufnahme der Förderung in Strecken, die zu eng sind, als daß in ihnen während des Betriebes maschineller Förderung die Belegschaft ein- und ausfahren könnte. Es kann also, anders ausgedrückt, die Anlage besonderer Anfahrwege in solchen Strecken gespart werden.

Als Wagen dienen entweder die gewöhnlichen Förderwagen, in die Sitzbretter gelegt werden, oder besonders dazu gebaute Mann-

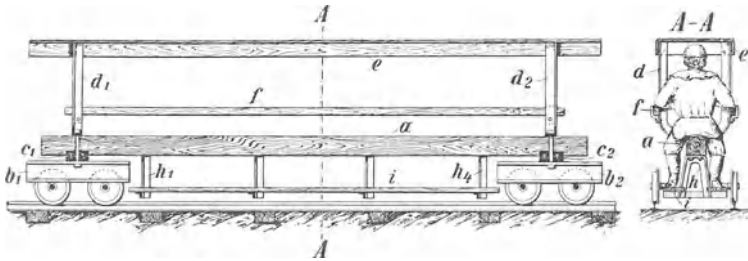


Fig. 428. Mannschaftswagen („Wurstwagen“) für Lokomotivförderung.

schaftswagen. Der Wagen nach Fig. 428<sup>1)</sup> ist ein sog. „Wurstwagen“, auf dessen Balken *a* die Leute rittlings sitzen, wobei sie sich an den Latten *f* festhalten und die Füße auf den Brettern *i* ruhen lassen; letztere sind auf den Winkeleisen *h*<sub>1</sub>—*h*<sub>4</sub> durch Quer-Winkeleisen befestigt. Die Drehgestelle *b*<sub>1</sub>*b*<sub>2</sub>, von denen der Sitzbalken *a* mit Hilfe der Kugellager *c*<sub>1</sub>*c*<sub>2</sub> getragen wird, ermöglichen die Durchfahung schärferer Krümmungen auch mit langen Wagen für je 24—30 Mann.

Bei Fahrdrabt-Lokomotiven sind die Fahrenden durch ein Holzdach (*e* in der Figur) zu schützen.

**85. — Leistungen und Kosten der Lokomotivförderung.**<sup>2)</sup> Wie schon in Ziff. 79 erwähnt, bleiben die Leistungen der Lokomotiven infolge der außer der eigentlichen Zugarbeit noch zu leistenden Nebenarbeiten und infolge der Stillstände und Zeitverluste durch Verschiebebetrieb und Ergänzung des Kraftvorrats weit hinter den theoretisch möglichen zurück.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1907, S. 127; Versuche und Verbesserungen.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt. u. Sal.-Wes. 1911, S. 647; Paehr: Erfahrungen mit Grubenlokomotiven usw. — Dasselbst 1911, S. 673; Wendriner: Erfahrungen bei der maschinellen Streckenförderung auf den Steinkohlengruben Oberschlesiens. — Glückauf 1912, S. 461; Bütow u. Dobbelstein: Versuche mit Grubenlokomotiven verschiedener Systeme.

Sie können unter den Verhältnissen des Ruhrkohlenbezirks im Mittel für Lokomotiven von 12—15 PS. auf 130—180 tkm, für solche von 30—35 PS. auf 350—400 tkm in der 8 stündigen Schicht veranschlagt werden. Welche Rolle die Zeitverluste spielen, zeigen Versuche im Ruhrbezirk,<sup>1)</sup> nach denen der Verschiebebetrieb 40—60 % der ganzen Arbeitszeit und der Zeitaufwand für die Erneuerung des Kraftvorrats bei Preßluft- und Akkumulator-Lokomotiven 10—20 % dieser Zeit beanspruchte.

Die Kosten der Lokomotivförderung belaufen sich auf etwa 8—12 Pf für den tkm. Sie sind also im allgemeinen höher als diejenigen der Förderung mit Seil ohne Ende. Es ist dabei jedoch zu bedenken, daß mit den Lokomotiven auch die Nebenstrecken mit ihren ungünstigeren Verhältnissen befahren werden, daß also dieser Satz auch die erhöhten Ausgaben für die Zubringeförderung einschließt, was bei den oben (S. 367) für die Seilförderung angegebenen Kosten nicht der Fall ist. Andererseits sind hier die mittelbaren Kosten für Streckenerweiterung und Oberbau nicht berücksichtigt, da sie im einzelnen Falle zu verschieden ausfallen. — Einen Anhalt für die im einzelnen erwachsenden Ausgaben bei den verschiedenen Lokomotiven liefert die nachstehende Zahlentafel, die gleichzeitig den Anteil der einzelnen Posten in Prozenten der Gesamtsumme sowie die Förderlängen und die Leistungen und Stärken der Lokomotiven erkennen läßt.

**Durchschnittliche Kosten der verschiedenen Lokomotivförderungen je Nutz-tkm und ihre prozentuale Verteilung auf die einzelnen Posten.**

Art der Lokomotive	mittlere Förderlänge m	Nutz-tkm in 8 Stunden	Stärke der Lokomotive PS.	Kosten je Nutz-tkm für					insgesamt Pj %
				Triebkraft	Löhne	Unterhaltung	Putz- und Schmiermittel	Tilgung u. Verzinsung	
				Pf %	Pf %	Pf %	Pf %	Pf %	
Brennstoff-Lok. . .	1000 — 1200	110 — 140	12 — 14	1,9 16,0	5,4 45,3	1,2 10,1	0,7 5,9	2,7 22,7	11,9 100,0
Fahrdraht-Lok. . .	1500 — 1600	240 — 280	20 — 25	0,7 8,9	2,4 30,4	1,3 16,5	0,2 2,5	3,3 41,7	7,9 100,0
Akkumulator-Lok. .	1100 — 1200	160 — 180	18 — 20	1,0 8,1	4,4 35,5	3,2 25,8	0,2 1,6	3,6 29,0	12,4 100,0
Preßluft-Lok. . .	1000 — 1100	220 — 240	20 — 25	1,5 16,5	2,3 25,3	1,3 14,3	0,5 5,5	3,5 38,4	9,1 100,0

Die Kosten werden sich stets dort besonders niedrig stellen, wo die Verhältnisse es gestatten, mit starken Lokomotiven zu fahren, da wenige große Maschinen erstens an sich billiger in Anschaffung und Unterhaltung werden als eine größere Anzahl kleiner und zweitens auch geringere Ausgaben für Führerlöhne verursachen. So werden für eine Förderung im Minettebergbau die Kosten je tkm bei Verwendung von Fahrdraht-Lokomotiven von je 112 PS. mit nur 2,3 Pf angegeben.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> s. den nebenstehend unter <sup>2)</sup> genannten Aufsatz von Bütow u. Doppelstein, S. 477, 482, 484.  
<sup>2)</sup> Glückauf 1910, S. 1218; Tillmann: Streckenförderung unter Tage.

Die meist üblichen Zugeinheiten bestehen aus 20—40 Wagen, doch kommen namentlich beim Durchfahren großer Längen ohne Zwischenanschlüge auch höhere Wagenzahlen vor. Die Fördergeschwindigkeiten schwanken zwischen 1,5 und 5 m/Sek. (5,4 und 18 km/Std.). Die Gewichte betragen für Lokomotiven von 15—20 PS. etwa 5—5,5 t, für solche von 30—40 PS. 6,5—7 t.

Lokomotiven mittlerer Größe kosten rd. 7000 *M* mit Ausnahme der Akkumulator-Lokomotiven, deren Preis sich wegen der teuren Batterie und wegen der Notwendigkeit einer zweiten (Wechsel)-Batterie für jede Lokomotive auf etwa 13 000 *M* stellt.

## II. Die abwärts- und aufwärtsgehende Förderung in der Grube.

### A. Bremsbergförderung.

#### a) Grundlagen und Arten der Bremsbergförderung.

**86. — Vorbemerkung.** Bremsberge sind schiefe Ebenen, auf denen die überschüssige Zugkraft der abwärts laufenden vollen Wagen zum Hochziehen der leeren Wagen benutzt wird. Ihre Bedeutung ist in neuerer Zeit mehr und mehr zurückgegangen, da sie durch seigere Bremschächte einerseits und durch die mechanische Abbauförderung anderseits größtenteils verdrängt worden sind. Ganz neuerdings hat man im oberschlesischen Steinkohlenbergbau auf den mächtigen Flözen, wo seigere Bremschächte sich nicht eingeführt haben, angefangen, in den geneigten Strecken, die früher als Bremsberge dienten, mittels großer Sammel-Schüttelrutschen (Fig. 319 *b* auf S. 294) die Förderung der einzelnen Abbaustrecken zur Sohle zu schaffen. Man hat auf diese Weise den ganzen Förderbetrieb (vom Abbaustoß zur Abbaustrecke, in dieser zum Bremsberg gemäß Ziff. 22 und in letzterem zur Sohle) durch Schüttelrutschen bewirkt.

**87. — Einteilung der Bremsberge.** Bei den Bremsbergen unterscheidet man zunächst die Wagen- und die Gestellbremsberge, je nachdem die Wagen unmittelbar an das Seil angeschlagen oder auf besondere Fördergestelle aufgeschoben werden.

Die Anwendung von Gestellen ist notwendig bei steilerem Einfallen (von etwa 25° an aufwärts), bei dem die Wagen nicht mehr unmittelbar ans Seil angeschlagen werden können. Man findet sie aber auch bei kleineren Fallwinkeln, wenn es sich um die Förderung von Zwischenanschlügen und um zweiflügeligen Betrieb handelt. Denn sie ermöglichen eine bequeme Bedienung von beiden Seiten, und das Aufschieben erfolgt leichter, gefahrloser und rascher als das Anschlagen der Wagen ans Seil. — Wagenbremsberge werden billiger in der Anlage, weil weniger Nebengestein nachgerissen zu werden braucht, jedoch gestaltet sich bei ihnen die Bedienung an den Anschlügen schwieriger und umständlicher.

Eine dritte Art von Bremsbergen sind die sogenannten „Kastenbremsberge“. Sie werden hin und wieder bei steiler Lagerung in solchen Fällen benutzt, in denen man wegen geringer Flözmächtigkeit die Kosten

für das Nachschießen auf Gestellhöhe sparen will und auf Förderung von stückreicher Kohle keinen großen Wert zu legen braucht. In solchen Bremsbergen wird mit flachen, auf Rädern laufenden Holzkasten gefördert, in die von den Abbaustrecken aus die Kohlen gestürzt und die auf der Sohle wieder in Förderwagen entleert werden.

Weiterhin werden die Bremsberge in eintrümmige und zweitrümmige eingeteilt. Die ersteren sind dadurch gekennzeichnet, daß zwar 2 Gleise vorhanden sind, aber nur eins von ihnen für die Förderung der vollen sowohl wie der leeren Wagen benutzt wird, während das zweite für die Bewegung eines Gegengewichtes dient. Bei einem solchen Bremsbetrieb erfolgen also die Bewegungen des vollen und des leeren Wagens zeitlich nacheinander.

Bei den zweitrümmigen Bremsbergen dagegen bewegen sich in dem einen Gleise die vollen, in dem anderen die leeren Wagen, und die Förderung beider geht gleichzeitig vor sich.

Andere Unterschiede ergeben sich aus der Art der Bewegung des Gegengewichtes, aus der Regelung der Förderung und aus der Art der Verbindung der Wagen mit dem Seile, wie im folgenden gezeigt werden wird.

**88. — Eintrümmige Bremsberge.** Die eintrümmigen Bremsberge können Wagen- oder Gestellbremsberge sein. Erstere werden auch als Bremsberge mit nebenlaufendem Gegengewicht bezeichnet, wogegen bei den Gestellbremsbergen das Gegengewicht sich unterhalb des Gestells bewegt und sein Gestänge zwischen den Schienen für das Gestell liegt. Es läßt sich hier bequem unter dem Gestell durchführen, und man kann auf diese Weise den Bremsberg möglichst schmal halten und das Gestell von beiden Seiten gleich gut bedienen.

Wegen der umständlichen Bedienung von der Gegengewichtseite aus sind Bremsberge mit nebenlaufendem Gegengewicht wenig beliebt. Man ersetzt sie meist durch Bremsberge mit endlosem Seil oder wendet sie nur bei einflügeligem Betriebe an, so daß nur von einer Seite angeschlagen zu werden braucht. Jedoch kann man ihre Übelstände auch durch Herstellung eines einfachen Gestänges in einem mehr oder weniger langen Stücke des Bremsbergs mit Gelegenheit zum Ausweichen an den Begegnungstellen abschwächen (vgl. Fig. 361 auf S. 329, Fig. 371 auf S. 333 und Fig. 432 auf S. 400).

Da bei eintrümmiger Förderung das Gewicht des Gegengewichtes etwa in der Mitte zwischen demjenigen des vollen und des leeren Wagens bzw. Gestells liegen muß, so steht hier für die Bewegung nur der halbe Gewichtsüberschuß wie bei der zweitrümmigen Förderung zur Verfügung. Ferner muß bei der Gestellförderung noch das tote Gewicht des Gestells mit bewegt werden, so daß für diese Förderung ein größerer Neigungswinkel erforderlich ist. Andererseits kann naturgemäß ein Wagenbremsberg nicht mehr bei Neigungen von mehr als etwa  $25^{\circ}$  betrieben werden, wogegen Gestellförderung auch bei steilem Einfallen möglich ist. Man wird daher bei gutem Zustande der ganzen Förderanlage die eintrümmigen Wagenbremsberge für Fallwinkel zwischen etwa  $9^{\circ}$  und  $25^{\circ}$ , die eintrümmigen Gestellbremsberge für solche zwischen etwa  $12^{\circ}$  und  $90^{\circ}$  anwenden können.

Die Leistungsfähigkeit der einrüssigen Bremsberge bleibt naturgemäß erheblich hinter derjenigen der zweitrüssigen zurück. Andererseits eignen sie sich im Gegensatz zu den letzteren gut zur Bedienung von Zwischenanschlügen (als „Örterbremsberge“).

**89. — Zweitrüssige Bremsberge.** Die zweitrüssigen Bremsberge sind fast stets Wagenbremsberge, da die Förderung mit 2 Gestellen nebeneinander zu viel Raum beansprucht, die Einrichtung von Ausweichstellen aber die Gestellförderung zu wenig betriebsicher macht. Auch ist das große tote Gewicht von 2 Gestellen nachteilig.

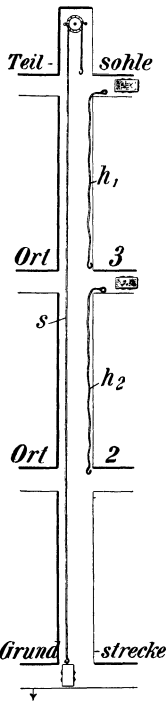


Fig. 429. Zweitrüssiger Bremsberg mit Verlängerungseilen.

Im übrigen können die zweitrüssigen Bremsberge solche mit offenem oder mit geschlossenem Seile sein.

Bremsberge mit offenem Seile sind solche, bei denen an jedem der beiden Enden eines Seiles ein Wagen hängt. Sie eignen sich zunächst nur zur Förderung zwischen 2 Punkten, d. h. als „Transportbremsberge“. Sollen auch Zwischenanschlüge mit zweitrüssiger Förderung bedient werden, so müssen besondere Kunstgriffe angewandt werden, von denen die folgenden erwähnt werden mögen.

a) Die Verwendung von Verlängerungseilen. Dieses Hilfsmittel beruht auf dem Gedanken, daß durch verschiedene Bemessung der Seillänge der leere Wagen vor jeden beliebigen Anschlag gebracht werden kann, wenn der volle auf der Sohle angelangt ist. Die erforderliche Verlängerung bzw. Verkürzung erreicht man durch An- und Abkuppeln von Zwischenstücken, den sogenannten Verlängerungseilen, deren Längen den Entfernungen der einzelnen Anschlagpunkte vom Kopfe des Bremsbergs entsprechen. Eine solche Anordnung zeigt Fig. 429, in der die Verlängerungseile mit  $h_1$   $h_2$  bezeichnet sind. Notwendig ist dabei jedoch, daß der betreffende Anschlag zwei volle Wagen zur Hand hat. Denn wenn der erste leere Wagen nach Ankunft des ersten vollen Wagens auf der Sohle bis zum Anschlag gelangt ist, befindet das Verlängerungseil sich noch nicht an seiner früheren Stelle, muß vielmehr durch Anschlagen des zweiten vollen Wagens wieder dorthin gezogen werden, worauf der zweite leere Wagen eingewechselt werden kann und der Anfangszustand nach Abhängen des Seiles  $h_1$  wieder hergestellt ist.

Statt solcher Verlängerungseile kann man auch mit zwei Trommeln fördern und die eine Trommel lösbar mit der Achse kuppeln, so daß man sie wie bei Schachtfördermaschinen im Bedarfsfalle gegen die andere Trommel verdrehen kann.

b) Die Förderung mit Zusatzgewichten. Das Zusatzgewicht ermöglicht das Hochziehen eines vollen Wagens durch einen anderen Wagen. Es besteht am besten in einem kleinen, entsprechend beschwerten Rädergestell und wird auf der oberen oder unteren Sohle aufgestellt. Will nun z. B. der Schlepper auf Ort 3 einen vollen Wagen anschlagen,

so hängt der Anschläger auf der Teilsohle hinter den vollen Wagen, den er selbst anschlägt, das Zusatzgewicht und läßt den hochkommenden leeren Wagen an Ort 3 halten. Der nunmehr hier angeschlagene volle Wagen wird durch das Übergewicht auf der anderen Seite zunächst bis zur Teilsohle hochgezogen. Dann wird auf der anderen Seite ein leerer Wagen eingewechselt, das Zusatzgewicht wieder an diesen angehängt, damit es zur oberen Sohle zurückgelangt, und nunmehr der von Ort 3 herrührende volle Wagen heruntergebremst. Wie man sieht, macht bei diesem Verfahren jeder an einem Zwischenanschlag angeschlagene volle Wagen einen Umweg.

c) Die Förderung mit Ausnutzung wechselnder Gefälle. Vereinzelt hat man<sup>1)</sup> die Lagerungsverhältnisse in der Weise ausgenutzt, daß man das Nachreißen des Nebengesteins gespart, auch den Bremsberg nicht abgesetzt und so einen auf einem Sattel (Fig. 430) oder in einer Mulde liegenden Bremsberg erhalten hat. Dadurch ergab sich die Möglichkeit, mit gleichen Gewichten (vollen oder leeren Wagen) auf beiden Seiten zu fördern. Bei einer solchen Förderung ersetzt das stärkere

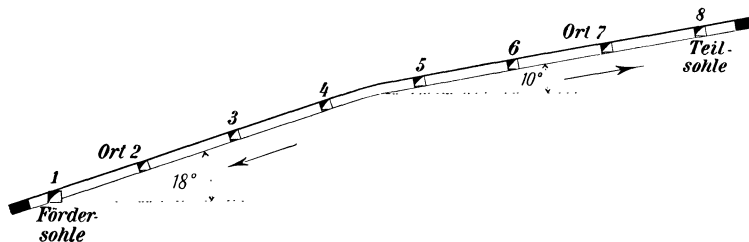


Fig. 430. Ausnutzung von Gefälleverschiedenheiten zur Bedienung von Zwischenanschlägen in zweitrümmigen Bremsbergen.

Gefälle am oberen bzw. unteren Ende das vorhin erwähnte Zusatzgewicht. Jedoch darf der Gefälleunterschied nur so groß sein, daß unter allen Umständen ein voller Wagen stärker zieht als ein leerer.

Die zweitrümmigen Bremsberge mit geschlossenem oder endlosem Zugmittel (Seil oder Kette) gestatten ein Anschlagen der Wagen an beliebiger Stelle, eignen sich also sowohl als Transportbremsberge wie auch als Orterbremsberge. Als erstere können sie bei geringerer flacher Höhe auch in der Weise betrieben werden, daß immer nur ein Wagen oder auch ein Wagenzug auf einmal abgebremst wird, wie das vielfach im deutschen Braunkohlenbergbau geschieht. Bei dieser Förderung kann also die Bremse nach jedem Treiben stillgesetzt werden. Auch kann dabei sowohl mit stets gleicher wie auch mit jedesmal entgegengesetzter Bewegungsrichtung des Seiles oder der Kette gefördert werden. Ein solcher Betrieb ist besonders für die Förderung mit Kette geeignet, da bei dieser größere Förderhöhen und eine größere Anzahl von gleichzeitig zu bewegenden Wagen sehr schwere Ketten mit ihren Übelständen notwendig machen würden.

Die Regel bildet aber bei der zweitrümmigen Förderung mit endlosem Zugmittel, daß wie bei der Streckenförderung das Seil oder die Kette

<sup>1)</sup> Glückauf 1897, S. 87; Eine neue Art der Bremsbergförderung. — S. 188 Über Bremsbergförderung.

sich stets in gleichem Sinne bewegt und die Wagen in regelmäßigen Abständen angeschlagen werden. Solche Bremsberge können auch für die Bedienung von Zwischenanschlügen nutzbar gemacht werden. Sie eignen sich besonders für größere Förderhöhen.

Die Bremsberge mit endlosem Zugmittel bieten verschiedene Vorteile. Wegen der großen Zahl von Wagen auf beiden Seiten können sie nach Ziff. 91 noch bei geringem Fallwinkel betrieben werden, zumal bei ihnen das Seil- bzw. Kettengewicht ausgeglichen ist. Ferner sind sie sehr leistungsfähig. Sodann ermöglichen sie eine Ausnutzung der überschüssigen Zugkraft gemäß Ziff. 92. Nachteilig ist nur die Erschwerung der Bedienung an den Anschlägen. Naturgemäß ist allerdings dieser Nachteil nur in geringem Maße vorhanden, wenn es sich um einen Transportbremsberg handelt und mit Kette gefördert wird, weil dann das Anschlagen der Wagen während des Ganges der Förderung keine Schwierigkeiten macht, wogegen eine Seilförderung jedesmal stillgesetzt werden muß. Man bevorzugt daher vielfach bei nicht sehr großen Förderhöhen Kettenförderungen für solche Bremsberge. (Falls eine Streckenförderung mitbetrieben werden soll, kommt ohnehin das Seil wegen der Förderpausen nicht in Betracht.) Bei Zwischenanschlügen jedoch ergeben sich erhebliche Schwierigkeiten. Kettenförderungen eignen sich gar nicht für Zwischenanschlüge, weil bei ihnen jedesmal die schwere Kette künstlich angehoben und dadurch die Kuppelung zwischen Wagen und Kette gelöst werden müßte. Aber auch bei Förderung mit Seil ist die Bedienung von Zwischenanschlügen schwierig, namentlich wenn von beiden Seiten angeschlagen werden soll, weil dann von einer Seite mit dem leeren, von der anderen sogar mit dem vollen Wagen ein Gleis überfahren werden muß. Zur Erleichterung des Anschlagens können an den Anschlagstellen entsprechende Einrichtungen (s. unten, S. 401) getroffen werden. Auch kann man für die der Leerbahn gegenüberliegende Bremsbergseite das Herüberwechseln der leeren Wagen dadurch umgehen, daß diese zunächst bis zum Kopfe des Bremsbergs mitgenommen, dort abgehängt, in der Vollbahn wieder angeschlagen und so dem betreffenden Betriebspunkt zugeführt werden. Dieses Verfahren kann bei genügendem Gefälle und schwächerer Besetzung der einen Seite des Bremsbergs auch bei zweiflügeligen Betrieben, also auch mit den vollen Wagen durchgeführt werden, ist aber dann wegen seiner Umständlichkeit wenig zu empfehlen.

Zweitürmige Bremsberge mit offener Seile können bei gutem Zustand der Fördereinrichtungen noch bei Fallwinkeln von  $4^{\circ}$ — $5^{\circ}$  und, wenn mit ganzen Wagenzügen (vgl. Ziff. 91) gefördert wird, noch bei einem Gefälle bis zu  $3^{\circ}$  herunter benutzt werden. Durch den Betrieb mit endlosem Seile und einer größeren Anzahl gleichzeitig angeschlagener Wagen kann man die Förderung sogar noch bei einem Gefälle von  $2^{\circ}$ — $3^{\circ}$  ermöglichen.

#### 90. — Verfügbare und erforderliche Zugkraft beim Bremsbetriebe.

Über die bei der Bewegung von Wagen auf Gefällestrrecken zu überwindenden Widerstände ist bereits unter Ziff. 38 gesprochen worden. Beim Bremsbergbetriebe ist noch zu berücksichtigen, daß die zur Überwindung dieser Widerstände notwendige Zugkraft durch die Nutzlast geliefert werden muß und daß bei etwas größeren Neigungswinkeln die Größe  $\cos \alpha$  nicht

mehr vernachlässigt werden darf. Ferner treten hier zum Wagenwiderstand noch das Seilgewicht, die Zapfenreibung der Bremsscheibe und der Biegungswiderstand des Seiles (die Seilsteifigkeit).

Da die von den leeren Wagen in den beiden Gleisen eines zwei-trümmigen Bremsbergs ausgeübten Zugkräfte  $G \cdot \sin \alpha$  sich gegenseitig aufheben, so steht der Zugkraft der Nutzlast  $N \cdot \sin \alpha$  der Reibungswiderstand des vollen und des leeren Wagens, d. h. die Größe

$$(N + 2 G) \cdot f \cdot \cos \alpha$$

gegenüber. Für die Wagenbewegung steht also die überschüssige Zugkraft

$$Z = N \cdot \sin \alpha - (N + 2 G) \cdot f \cdot \cos \alpha$$

zur Verfügung.

Diese Zugkraft muß nun noch die eben erwähnten Nebenwiderstände  $R$  decken, die mit etwa 10—15 % der gesamten, an beiden Enden des Seiles wirkenden Zugkräfte, d. h. also mit 10—15 % von der Größe

$$(N + 2 G) \cdot (\sin \alpha - f \cos \alpha)$$

in Rechnung gestellt werden müssen, so daß dann als überschüssige Kraft verbleibt:

$$K = Z - R.$$

Dieser Kraftüberschuß muß durch die Bremsarbeit vernichtet werden.

Nimmt man nun z. B. für  $G$  350 kg, für  $N$  600 kg, für  $f$  die Größe 0,015 und für  $R$  eine Größe von 10 % der Gesamtzugkräfte an, so erhält man die folgenden Beziehungen:

Neigungswinkel	2°	5°	10°	20°	50°	70°
$Z =$	1,5	32,7	85,2	186,7	447,1	557,4
$R =$	2,6	9,4	20,6	42,6	98,3	121,3
$K =$	-1,1	23,3	64,6	144,1	348,8	436,1

Hierbei ist aber die beim Beginn des Treibens noch zu entwickelnde Beschleunigungskraft noch nicht berücksichtigt.

Die Rechnung ist der Kürze halber nur für zwei-trümmige Wagenbremsberge durchgeführt worden. Doch ergibt sich ihre Anwendung auf ein-trümmige und Gestellbremsberge ohne weiteres.

**91. — Bremsbergbetrieb bei geringen Neigungswinkeln.** Je flacher das Einfallen wird, um so schwieriger wird es naturgemäß, einen leistungsfähigen Bremsbergbetrieb mit ausreichender Fördergeschwindigkeit durchzuführen. Der Grenzwinkel, unterhalb dessen das Übergewicht der vollen Wagen nicht mehr zur Überwindung der sämtlichen Bewegungswiderstände ausreicht, ist zunächst davon abhängig, ob ein- oder zwei-trümmig, mit Wagen oder Gestellen und mit offenem oder geschlossenem Seile gefördert wird. Im übrigen liegt die Grenze nach unten hin um so tiefer, je geringer der Reibungswiderstand der Förderwagen, die Zapfenreibung der Bremsscheiben, das Seilgewicht und die Seilsteifigkeit ist.

Nach der in Ziff. 90 aufgestellten Zahlentafel ist bei den gemachten Annahmen bei einem Gefälle von 2° keine Förderung mehr möglich, da dann  $K$  negativ wird, selbst wenn die Beschleunigungsarbeit gar nicht in An-



satz gebracht wird. In solchen Fällen müssen also besondere Kunstgriffe zur Ermöglichung eines Bremsbetriebes angewandt werden. Solche Mittel sind:

1. Erhöhung der Zahl der gleichzeitig in jedem Gestänge laufenden Wagen durch Förderung in Zügen oder mit Seil (Kette) ohne Ende. Da nämlich das Leergewicht der Wagen auf beiden Seiten sich stets ausgleicht, so wird mit der Vermehrung der Wagenzahl das Übergewicht größer, wogegen die Reibungswiderstände langsamer zunehmen.
2. Ausgleichung des Seilgewichts, die erforderlich ist, da zu Beginn des Treibens das ganze Seilgewicht auf der Seite des leeren Wagens wirkt, ohne daß ihm ein entsprechendes Seilstück auf der anderen Seite gegenüberstände. Sie kann bei Förderung mit offenem Seil durch schwachkonische oder durch abgesetzt-zylindrische Trommeln bewirkt werden, deren beide Teile durch eine Spiralwindung miteinander verbunden sind. In beiden Fällen wird erreicht, daß das über dem leeren Wagen hängende, ganz abgewickelte Seil am kleinsten, der volle Wagen ohne die Seillast dagegen am größten Hebelarme zieht. Bei Bremsbergen mit endlosem Seile ist ohne weiteres eine vollständige Seilausgleichung vorhanden.
3. Erleichterung der Einleitung der Bewegung durch Verringerung der Beschleunigungsarbeit. Dieser Zweck kann erreicht werden durch Aufhöhung der Schienen am Kopfe des Bremsbergs für den vollen Wagen oder Zug bzw. durch Herstellung einer söhligen Ebene am Fuße für den leeren Wagen oder Zug, sowie außerdem durch Zusammenschieben des leeren Zuges, so daß bei diesem jeder einzelne Wagen für sich beschleunigt wird.

**92. — Ausnutzung der überschüssigen Kraft von Bremsbergen.** Wenn man bei Neigungswinkeln von etwa  $15^{\circ}$ — $25^{\circ}$  einen Bremsberg mit Kette ohne Ende — das Seil kommt hier wegen der zum Anschlagen nötigen Stillstände, wie oben (S. 396) erwähnt, kaum in Frage — betreibt, so erhält man wegen der größeren Anzahl von Wagen auf jeder Seite einen genügend großen Kraftüberschuß, um von der Welle der unteren Kettenscheibe aus eine Streckenförderung mit Seil ohne Ende antreiben zu können.

Der Betrieb einer Streckenförderung mit Hilfe eines Bremsberges mit Kette ohne Ende erfolgt nach dem Schema in Fig. 431. Die Bremscheibe  $a$  ist am Fuße des Bremsberges verlagert und mit einer Rillenscheibe verbunden, über welche die Kette läuft und der zur Erzeugung der nötigen

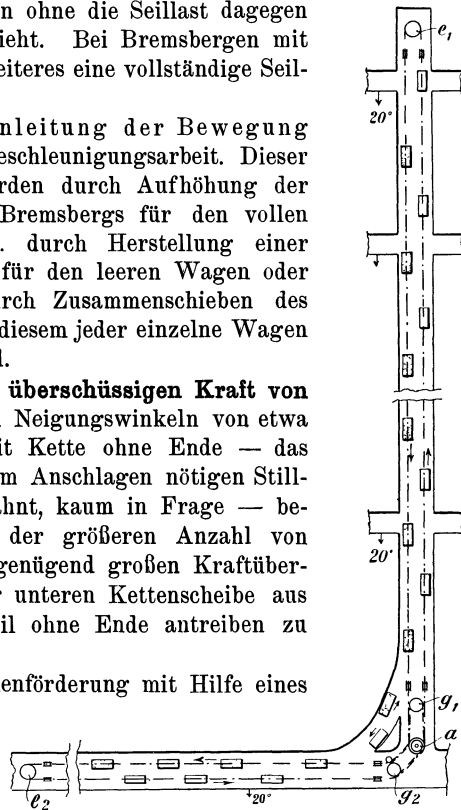


Fig. 431. Schematische Darstellung eines Bremsbergbetriebes mit anschließender Streckenförderung.

Reibung und als Spannscheibe die Gegenscheibe  $g_1$  vorgelagert ist. Die Bremscheibe ist zur Regelung der Geschwindigkeit und zum Anhalten nach Bedarf erforderlich. Die senkrechte Welle der Kettenscheibe trägt nun außer dieser eine darüber liegende Scheibe, die als Treibscheibe für die Streckenförderung benutzt wird und wiederum eine Gegenscheibe ( $g_2$ ) vorgelagert erhält. Die vollen Wagen werden unten von der Kette abgekuppelt und durch den Umbruch zur Strecke gefahren, um dort an das Seil angeschlagen zu werden. Die Scheibe  $e_1$  am Kopfe des Bremsberges dient nur als Umkehrscheibe.

Bei dem vorstehend betrachteten Beispiel ist angenommen worden, daß der Bremsberg, wie das gewöhnlich der Fall sein wird, senkrecht auf die Strecke einmündet. Bei flach-welliger Lagerung kann der Fall auch so liegen, daß eine Hauptförderstrecke mit wechselndem Gefälle angelegt wird und daß dann unter Umständen die überschüssige Kraft einer Strecke mit Gefälle zum Schachte hin benutzt werden kann, um die Wagen durch eine anschließende kürzere oder schwächer ansteigende Strecke mit entgegengesetztem Gefälle weiterzufördern.<sup>1)</sup>

Die Leistungsfähigkeit einer so ausgenutzten Bremsbergförderung ermittelt sich gemäß den in den Ziffern 38 und 90 angestellten Rechnungen.

## b) Die zum Bremsbergbetrieb erforderlichen Anlagen und Vorrichtungen.

### 1. Ausgestaltung des Bremsberges selbst.

93. — **Raumbedarf.** Über die Schaffung des erforderlichen Hohlraumes im Gebirge ist bereits im Abschnitt „Vorrichtung“ gesprochen worden. An dieser Stelle muß nur noch auf die für Höhe und Breite wichtigen Gesichtspunkte hingewiesen werden. Für die Höhe ist in erster Linie das Förderverfahren selbst maßgebend: Kastenbremsberge (S. 392) erfordern überhaupt kein Nachreißen, während Wagenbremsberge eine größere und Gestellbremsberge die größte Höhe erhalten müssen. Die Breite ist bei Gestellbremsbergen (abgesehen von den Gestellen mit Drehscheibe, S. 409) durch die Gestellbreite gegeben, die ihrerseits wieder von der Wagenlänge abhängt. Bei Wagenbremsbergen kann die Breite durch Zusammenziehung des Gestänges außerhalb der Begegnungstellen von vollem und leerem Wagen bezw. von Wagen und Gegengewicht verringert werden, falls diese Begegnungstellen dauernd an derselben Stelle verbleiben. Das ist z. B. bei „Transportbremsbergen“ stets und bei „Örterbremsbergen“ dann der Fall, wenn der Abbau im oberen und im unteren Teile des Bremsbergfeldes nahezu gleichzeitig beendigt wird, der Bremsberg also in seiner ganzen Länge gleichzeitig abgeworfen werden kann. Durch eine derartige Verschmälerung des Bremsberges wird gleichzeitig die Bedienung an den Zwischenanschlügen erleichtert und an Schienen gespart. Am besten eignet

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1912, S. 108; Versuche und Verbesserungen.

sich die 3schienige Anlage nach Fig. 361 auf S. 329, die sich durch Betriebsicherheit auszeichnet, da sie keine beweglichen Teile enthält, was bei der Bremsbergförderung besonders wichtig ist. Zweischienige Bremsberge mit Ausweiche gestatten eine größere Raum- und Schienenersparnis, machen aber betriebliche Schwierigkeiten. Bremsberge mit Federweiche in der Mitte

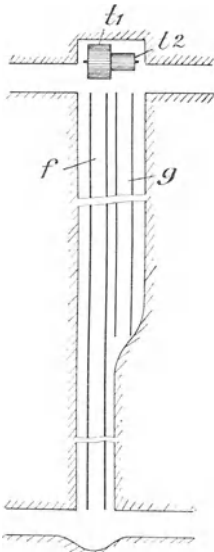


Fig. 432. Bremsberg mit verkürztem Gegengewicht-Gestänge.

(S. 329) können nur unter der Voraussetzung benutzt werden, daß die Bremsvorrichtung gestattet, durch den einen Zweig nur volle, durch den anderen nur leere Wagen fahren zu lassen. Es muß also für sie entweder eine Bremstrommel oder senkrecht gestellte Bremsscheibe benutzt oder bei flachliegender Scheibe die Einrichtung so getroffen werden, daß die Seilenden bei jedem zweiten Treiben gekreuzt werden. In eintrümmigen Bremsbergen kann nach Fig. 432 für das Gegengewicht ein kürzeres Gestänge  $g$  benutzt werden; das Gegengewicht muß dann an einer Trommel  $t_2$  mit entsprechend kleinerem Durchmesser hängen und dafür schwerer sein. Auch kann man für das Gegengewicht ein Gestänge mit kleinerer Spurweite benutzen. Ein nur in der oberen Hälfte des Bremsbergs zusammengezogenes Gestänge (Fig. 371 auf S. 333) ermöglicht eine allmähliche Verlegung der Ausweichstelle und dementsprechend des Bremswerks nach unten in dem Maße, wie der Abbau im oberen Teile nach und nach zu Ende kommt. — Auch in Gestellbremsbergen hat man öfter an Schienen gespart, indem man die

Schienen für das Gestell gleichzeitig für das Gegengewicht benutzt hat oder letzteres mit der einen Seite auf einer Gestellschiene, mit der anderen auf einer dritten Schiene hat laufen lassen. Man kann dann an der Begegnungstelle das Gestänge für das Gegengewicht gerade durchführen und die Räder des Gestells auf den Achsen verschiebbar anbringen, so daß die Gestellräder über die beiden äußeren, ausgebogenen Schienen fahren. Oder man baut dort eine Federweiche oder eine feste Weiche mit 4 offenen Zungen ein und versieht im letzteren Falle die äußeren Räder von Gestell und Gegengewicht mit doppelten Spurkränzen, damit sie über die äußersten Schienen fahren müssen.

**94. — Gestänge.** Die Verlagerung der Schienen bietet bei flacher Lagerung keine Besonderheiten. Bei steilerem Einfallen müssen die Schwellen gegen Abrutschen gesichert werden, was entweder in der Weise geschieht, daß der Ausbau aus Viergespannen mit Schwalbenschwanzzimmerung hergestellt und die Sohlenhölzer als Schwellen benutzt werden, oder durch Übergreifen der Schwellen nach beiden Seiten (Fig. 29 auf S. 42) hinter die Stempel erreicht wird. Die einzelnen Zimmerungen werden gegeneinander verbolzt.

**95. — Einrichtung der Zwischenanschlüge.** Für die an den Zwischenanschlügen einmündenden Abbaustrecken sind die Sicherheits-

vorkehrungen (s. unten, S. 425 u. f.) die wichtigsten. Außerdem ist auf den Örtern für Raum zum Wagenwechsel zu sorgen, was durch Herstellung eines Plattenbelags oder eines kleinen Wechsels geschieht.

Die im Bremsberge selbst an diesen Zwischenanschlügen zu treffenden Einrichtungen sollen das Anschlagen erleichtern. Sie kommen deshalb für Bremsberge mit Gestellförderung nur für den seltenen Fall in Betracht, daß mit nebenlaufendem Gegengewicht gefördert und dadurch eine Überföhrung des Gegengewichtstrumms notwendig gemacht wird. Diese erfolgt dann mit Hilfe von vertikal oder horizontal zu drehenden Klappschieneu oder von besonderen Einlegestücken. Dagegen sind die für die Erleichterung des Anschlages bestimmten Einrichtungen wichtig

für die Wagenbremsberge. Sie bestehen hier in Bühnen, die im Bremsberge gelegt sind und entweder nur die Räume zwischen den Schienen ausfüllen (*b* in Fig. 470 auf S. 427) oder die Schienen vollständig ersetzen. Im letzteren Falle erhalten die Bühnen Nuten für die Spurkränze oder Einlegestücke, welche letzteren an Zapfen befestigt sind und während des Anschlages der Wagen herausgenommen werden. Solche Bremsbergbühnen entsprechen den bei den Zwischenanschlügen der Streckförderung erwähnten Bühnen (vgl. Fig. 411 auf S. 363), nur ist an ihrem unteren Ende noch ein Widerstand, bestehend in einer angegossenen Rippe oder einem aufgenagelten Holzstück, zu befestigen, um das Durchgehen der Wagen während des Drehens zu verhüten. Außerdem sind verschiedene Mittel gebräuchlich, um namentlich bei etwas größerem Fallwinkel das Einfallen des Bremsberges an der Anschlagstelle abzuschwächen. Das kann zunächst durch Hochziehen der Schienen am Unterstoße der Strecke (Fig. 433 a)

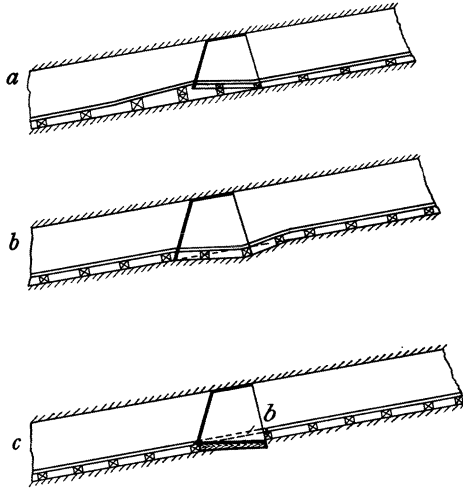


Fig. 433. Hilfsmittel zur Erleichterung des Anschlages in Wagenbremsbergen.

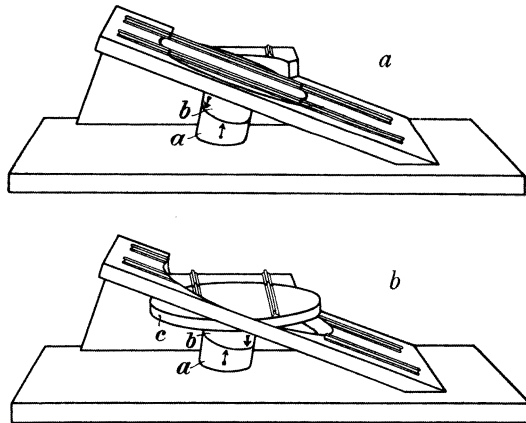


Fig. 434. Schema einer während der Drehung sich selbsttätig einstellenden Schwenkbühne.

gegossenen Rippe oder einem aufgenagelten Holzstück, zu befestigen, um das Durchgehen der Wagen während des Drehens zu verhüten. Außerdem sind verschiedene Mittel gebräuchlich, um namentlich bei etwas größerem Fallwinkel das Einfallen des Bremsberges an der Anschlagstelle abzuschwächen. Das kann zunächst durch Hochziehen der Schienen am Unterstoße der Strecke (Fig. 433 a)

oder durch Tieferlegen derselben am Oberstoße (Fig. 433 *b*) erfolgen. Jedoch wird dadurch ein Knick in das Bremsberggestänge gebracht und so die Betriebsicherheit der durchgehenden Bremsbergförderung gefährdet, weshalb man öfter das Gestänge im Bremsberg an solchen Stellen für das Anschlagen der Wagen vollständig unterbricht und die durchgehende Förderung durch Überbrückung des Zwischenraumes mit Einlegeschiene (*b* in Fig. 433 *c*) ermöglicht. Ein weiteres, vielfach benutztes Hilfsmittel sind die Schwenkbühnen, die während des Anschlagens sählig liegen und dann mittels Hebelübertragung oder auf andere Weise um das dem Fallwinkel des Bremsberges entsprechende Maß gedreht werden. Diese Schwenkbühnen erhalten durch die Drehung um  $90^\circ$

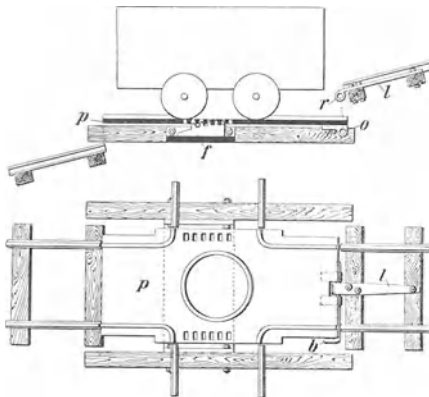


Fig. 435. Bestsche Schwenkbühne mit Verzahnung.<sup>2)</sup>

selbsttätig einen entsprechenden Neigungsunterschied in beiden Lagen. Eine solche Schwenkbühne ist z. B. diejenige von Best.<sup>1)</sup> Der dabei zugrunde liegende Gedanke wird durch das Schema in Fig. 434 erläutert: läßt man auf einem im Bremsberge aufgestellten und oben rechtwinklig abgeschnittenen Zylinder *a* um einen Zapfen einen zweiten Zylinder *b* sich drehen, der oben schräg abgeschnitten ist und dort die Bühnenplatte *c* trägt, die in der in Fig. 434 *b* gezeichneten Stellung sählig liegt, so stellt sich diese nach einer Drehung um  $90^\circ$  um einen Winkel schief, der dem Neigungswinkel des Flözes ent-

spricht. Dabei ist jedoch noch eine Neigung des unteren Zylinders um  $45^\circ$  nach der Seite hin erforderlich, damit die Platte bei der Endstellung nicht nur den richtigen Fallwinkel, sondern auch die richtige Fallrichtung hat.

Eine Kippbühne, die nicht mit dem Wagen gedreht wird, zeigt Fig. 435. Hier wälzt die Bühne *p* sich mittels der gezeichneten Ausschnitte auf dem gezahnten Kreisbogen *f* ab, wobei der Unterstützungspunkt so gelegt ist, daß der Schwerpunkt dicht bei ihm, nur etwas oberhalb liegt, die Bewegung eines vollen Wagens also keine Schwierigkeiten macht. Die Festlegung der Bühne im gehobenen Zustande erfolgt durch die Stange *b*, die durch das Auge *o* an der Bühne und durch das Auge *r* der im Bremsberge befestigten Lasche *l* gesteckt wird.

**96. — Einrichtungen am Fuße des Bremsberges.** Der Hauptanschlag am Fuße eines Bremsberges muß drei Forderungen gerecht werden: er muß eine möglichst bequeme und gefahrlose Überleitung der Wagen aus der Bremsberg- in die Streckenförderung ermöglichen, eine Störung der Bremsberg- durch die Streckenförderung und umgekehrt ver-

<sup>1)</sup> Glückauf 1901, S. 719; Verstellbare Drehscheibe für Förderung auf schiefer Ebene.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1905, S. 103; Versuche und Verbesserungen.

hüten und die Wetterführung unbehelligt lassen. Hiernach fallen die Anschläge verschieden aus, sowohl nach dem Förderverfahren (Gestell- oder Wagenbremsberge), als auch nach der Lage des Bremsberges zur Streckenförderung. In letzterer Hinsicht ist zu unterscheiden, ob am Fuße des Bremsberges noch eine durchgehende Streckenförderung vorbeizuführen ist oder der Bremsberg am Ende einer Flözförderstrecke oder in der Nähe eines Querschlags steht.

Führt am Fuße des Bremsberges oder doch ganz in seiner Nähe eine Förderung mit Seil (oder Kette) ohne Ende vorüber, so braucht nur ein kleiner Wechsel für den unteren Anschlag vorgesehen zu werden, da dann eine sofortige Überführung der vollen Wagen vom Bremsberg zum Seile und der leeren Wagen von diesem zum Bremsberg möglich ist. In allen anderen Fällen muß für einen genügend großen Wechsel am Fuße des letzteren gesorgt werden, der als Vorratraum für volle und leere Wagen für die Zeit zwischen je 2 Pferdezügen (oder Lokomotivfahrten) dient. Ist Platz in der Länge vorhanden und hat man außerdem Grund, das Nebengestein möglichst wenig anzugreifen, so richtet man am besten den Bremsberg zum Durchschieben ein, so daß die vollen Wagen hinter ihm zu einem Zuge gesammelt werden und das Pferd (oder die Lokomotive) den leeren Zug bis zum Bremsberg bringen und den vollen hinter ihm abholen kann. Man kommt dann mit einem Gleise und 2 zur Aufstellung der Wagen dienenden Verbindungsgleisen aus (vgl. auch Fig. 426 *c* auf S. 387).

Um dem Anschläger die Arbeit nach Möglichkeit zu erleichtern, empfiehlt es sich bei dieser Anordnung, die leeren Wagen mit Gefälle zu- und die vollen ebenso mit Gefälle ablaufen zu lassen. Das ist besonders bei Lokomotivförderung vorteilhaft, da es sich bei dieser um längere Züge und Wechsel handelt und die Lokomotive die Steigung, die zur Gewinnung des erforderlichen Gefälles in das Streckengestänge für die leeren Wagen gebracht werden muß, leichter als ein Pferd überwinden kann.

Solche Wechsel bilden die Regel bei allen Bremsbergen, an deren Anschlag eine Streckenförderung vorbeiführt. Diese kann bei gutem Gefälle und flotter Förderung zweispurig durchgeführt werden. Vielfach zieht man es jedoch der Platzersparnis halber und zur Verringerung des Gebirgsdruckes vor, unter dem Bremsberg das Doppelgestänge in eins zusammenzuziehen.

Eine andere Art von Wechseln sind die kurzen, aber breiten Wechsel, wie sie bei größerer Flözmächtigkeit namentlich für Bremsberge am Ende einer Förderstrecke viel benutzt werden. Sie bieten für den vollen und den leeren Zug nebeneinander Platz und entsprechen bei Lokomotivförderung den Wechseln mit Verschiebegleis nach Fig. 426 *b*, während bei Pferdeförderung zwischen beiden Gleisen so viel Raum bleibt, daß das mit dem leeren Zuge angekommene Pferd nach Abschirrung zwischen den Gleisen vor den bereitstehenden vollen Zug geführt werden kann.

Verhältnismäßig einfach sind die Anschläge für Gestellbremsberge. Hier ist die oben an erster Stelle geforderte gefahrlose Überleitung ohne weiteres gegeben. Den ungestörten Betrieb der Strecken- neben der Bremsbergförderung ermöglicht man durch Verumbruchung des Bremsberges im Hangenden oder im Liegenden. Bei einem Umbruch der ersteren

Art muß die Strecke durch besondere Vorrichtungen gegen abgehende Wagen und Gestelle geschützt werden, während ein Umbruch im Liegenden die Strecke unter dem Bremsberge hindurchführt und so ohne weitere Vorkehrungen schützt. Was die Wetterführung betrifft, so erfordern die meisten Abbaufverfahren den wetterdichten Abschluß der Bremsberge an ihrem unteren Ende durch Verschlüsse mit Wettertüren, damit Kurzschluß durch den Bremsberg hindurch verhütet wird. (Vgl. im übrigen Bd. I, „Anschluß der Bremsberge an die Grundstrecken“.)

Wagenbremsberge werden in der Regel durch eine söhlige, mit Platten belegte Bühne und eine kurze Anschlußdiagonale mit der Grundstrecke verbunden; in die Diagonale wird die Wettertür gestellt.

Über den Schutz der Streckenförderung gegen abgehende Wagen ist bereits in dem ebengenannten Abschnitt des Bandes I gesprochen worden; dieser Schutz erfolgt durch Mauerung, Gebirgspfeiler, Stempelschlag allein oder Stempelschlag mit Drahtseilgeschlinge.

## 2. Bremsbetrieb.

**97. — Das Bremswerk.** Das Bremswerk besteht aus 2 Teilen: der Trommel oder Scheibe für das Seil und der Bremsvorrichtung. Es wird in der Bremskammer verlagert, für die früher die alte bergmännische Bezeichnung „Haspelstube“ oder „Hornstatt“ (von den „Hörnern“, d. h. Kurbeln der Haspel) gebräuchlich war.

Wie schon angedeutet, kann das Seil auf eine Trommel gewickelt oder einfach über eine Nutscheibe geführt werden, wonach man „Trommel-

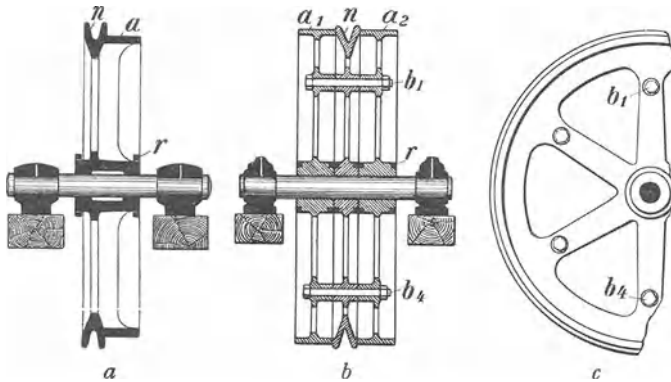


Fig. 436. Stahl-Bremsseiben mit einfachem und doppeltem Bremskranz.

bremsen“ und „Scheibenbremsen“ unterscheidet. Das Urbild der Trommelbremse ist der Haspelrundbaum, ein starkes Rundholz, auf welches das Seil aufgewickelt wurde. Man benutzt ihn jetzt nur noch für vorübergehende Zwecke, da die heute üblichen Drahtseile gegen die starken Biegungsbeanspruchungen, wie sie beim Aufwickeln auf so kleine Durchmesser auftreten, zu empfindlich sind. — Wegen des großen Raumbedarfs und Gewichts der Trommeln werden jetzt Scheibenbremsen bevorzugt. Jedoch läßt sich bei Trommelbremsen bei flacher Lagerung durch Differentialtrommeln (Ziff. 91 unter 2.) eine Ausgleichung des Seilgewichts erzielen, die

bei Scheibenbremsen nur möglich ist, wenn die Förderung mit Seil ohne Ende betrieben wird. Zur Vergrößerung der Reibung wird ein Hanfstrick oder dgl. in die Nut eingelegt. Auch verhindert man wohl nach Fig. 441 auf S. 407 ein Rutschen des Seiles durch Andrücken desselben mittels eines besonderen Bremsklotzes.

Die Scheiben werden mit angegossener Bremsscheibe versehen. Sie werden bei steilem Einfallen zweckmäßig senkrecht zur Flözebene aufgestellt (Fig. 440), bei flachem Fallen parallel zu dieser gelegt, weil beide Seiltrümme im ersteren Falle (wegen des unterlaufenden Gegengewichts) übereinander, im letzteren Falle nebeneinander liegen. Ihre Beanspruchung ist naturgemäß bei steiler Neigung besonders groß, weil hier einerseits das Gestellgewicht mit zu fördern und anderseits die Größe  $\sin \alpha$  stark gewachsen ist. In erhöhtem Maße gilt das für seigere Bremschächte, in denen deshalb auch vielfach doppelte Bremskränze nach Fig. 436*b* vorgesehen werden. Die dargestellte Scheibe besteht aus einer mittleren Nutscheibe und 2 seitlichen, mit ihr durch die 6 Schrauben  $b_1$ — $b_6$  verbundenen Bremsscheiben  $a_1$   $a_2$ . Die Naben der gezeichneten Scheiben sind durch warm aufgezogene Stahlringe  $r$  verstärkt. In der Regel werden jetzt diese stärker beanspruchten Scheiben aus Stahlguß hergestellt.

Bei flacher Lagerung spielen die sog. „fliegenden Bremsen“ (Fig. 437 und 438) eine große Rolle. Sie werden einfach mit Haken (Fig. 437) oder Kette (Fig. 438) an einen Stempel gehängt und im Abbau sowie beim Aufhauen von Überhauen und Bremsbergen benutzt. Bei der Bremsrichtung nach Fig. 437 erfolgt die Bremsung durch den mittels des Gegengewichts  $e$  selbsttätig niedergedrückten Winkelhebel  $d$ , der um den Bolzen  $g$  drehbar ist und mit Hilfe der Bänder  $h$  die in das Stahlband  $i$  eingeschraubten Bremsklötze  $f$  andrückt. Des Verschleißes der letzteren wegen sind in den Zugbändern  $h$  verschiedene Bolzenlöcher ausgespart. Die Eickhoffsche Bremsscheibe  $a$  nach Fig. 438 hat die Besonderheit, daß sie nicht fest verlagert ist, sondern mit Hilfe der Zugstange  $c$  durch den Bremshebel  $d$  angehoben werden kann. Der letztere dient hier also nicht zum Bremsen, sondern im Gegenteil zum Lüften der Bremse. Auf diese Weise wird erreicht,

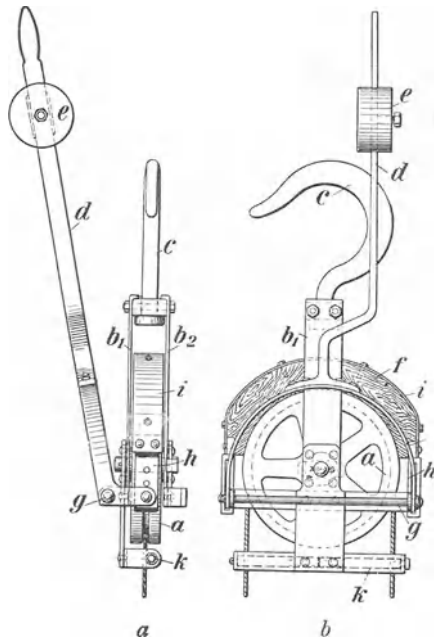


Fig. 437. Fliegende Bremse mit Winkelhebel.



daß die Last selbst die Scheibe mit dem Bremskranz in das unten vorliegende Bremsband hineinzieht und so die bergpolizeiliche Forderung, daß die Bremse selbsttätig geschlossen sein soll, auch ohne Gegengewicht erfüllt wird. Eine ähnliche Bremsenrichtung ist diejenige von Beien in Herne, bei der die Lüftung der Scheibe mit Hilfe einer Zahnradübersetzung erfolgt.

Mittel zur Verlängerung und Verkürzung des Seiles bei Höher- oder Tieferlegung fliegender Bremsen sind auf S. 284 angeführt. Eine andere Möglichkeit ist noch die, daß man nach Fig. 439 mit Seil ohne Ende fördert und die Spanscheibe  $s$ , die mit der Schraubenspindel  $v$  und der zugehörigen Mutter an einem Querholz  $t$  verlagert wird, von Zeit zu Zeit höher rückt (s. die punktierte Stellung in der Figur).

Übrigens können auch Trommelbremsen als fliegende Bremsen verwandt werden. Man bedient sich dazu zweckmäßig eines einfachen Rundbaums, auf den der ganze Seilvorrat gewickelt wird, um mit dem Höherrücken immer weiter abgewickelt zu werden.

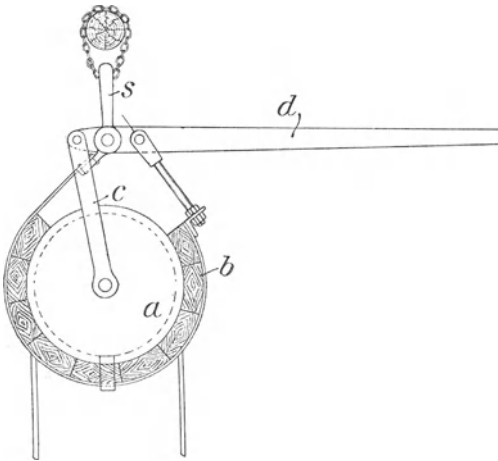


Fig. 438. Fliegende Bremse von Gebr. Eickhoff.

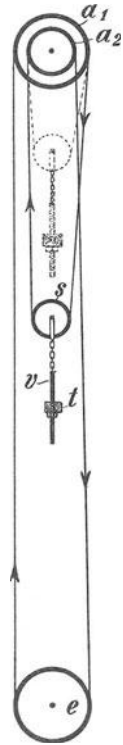


Fig. 439.  
Bremsscheibe mit  
Verlängerungsvor-  
richtung.

Die Bremsvorrichtung selbst wirkt meist nur auf die Scheibe, zuweilen außerdem auch auf das Seil. Im ersteren Falle wird die Trommel oder Scheibe in der Regel mit einem besonderen Bremskranz versehen, wie die verschiedenen Abbildungen erkennen lassen. Die Bremse ist durchweg eine Band-, keine Backenbremse, d. h. es werden nicht lediglich 2 Backen wie bei Fördermaschinen an die Bremsfläche gedrückt, sondern diese wird gemäß Fig. 440 (s. auch Fig. 437 u. 438) von einem eisernen Bande  $e_1 e_2$  auf fast ihrer ganzen Erstreckung umgeben, das mit Hilfe der Winkelhebel-Übertragung  $k i h f_1 f_2$  angezogen oder gelockert

werden kann. Der Bremshebel  $k$  greift rechtwinklig zum Hebel  $h$  an, damit der Bremsler seitlich stehen kann und für den Fall eines Übertreibens u. dgl. gesichert ist. Zur Erhöhung der Reibung und Ver-

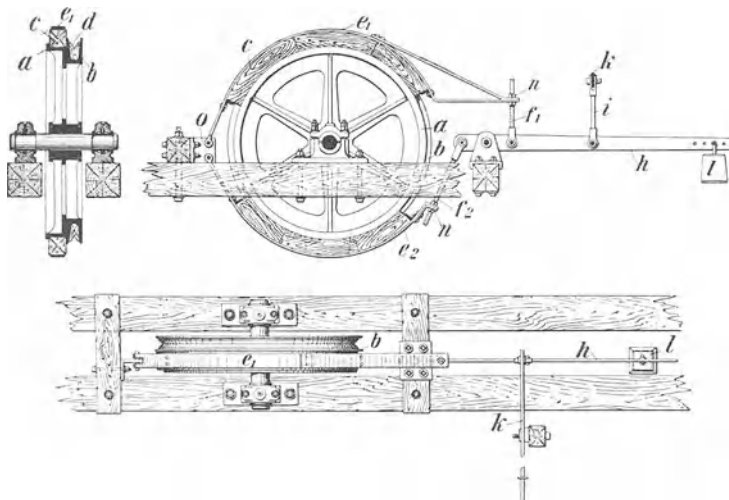


Fig. 440. Scheiben-Bandbremse.

ringerung der Abnutzung wird das Bremsband mit Holzklötzen  $c$  ausgefütert, die nach Verschleiß erneuert werden. Bis zur Erneuerung gestatten die Schrauben  $f_1 f_2$  mit den Muttern  $n$  den allmählichen Ausgleich der Abnutzung durch Zusammenziehen des Bandes. Das Gegengewicht  $l$  muß dabei so angebracht sein, daß es die Bremse zu schließen bestrebt ist, so daß nur vermittelt einer besonderen Anstrengung des Bremsers gefördert werden kann.

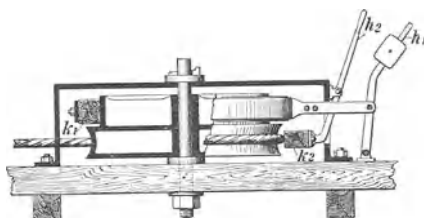


Fig. 441. Bremscheibe mit Bremsung von Seil und Scheibe.

Für wenig belastete Bremsvorrichtungen bei flacher Lagerung bieten die bereits besprochenen Fig. 437 u. 438 Beispiele.

Knüppelbremsen sind Nut-scheiben ohne Bremskranz, bei denen die Bremsung einfach dadurch erfolgt, daß das Seil durch Gegendrücken eines Holzknüppels zu einer scharfen Biegung gezwungen wird.

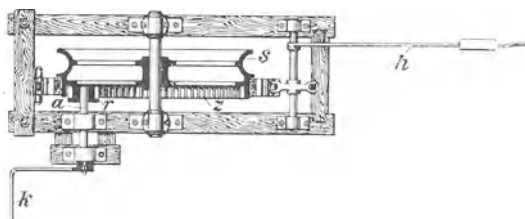


Fig. 442. Sommersche Bremsscheibe mit Handhaspel.

bremsen sind Nut-scheiben ohne Bremskranz, bei denen die Bremsung einfach dadurch erfolgt, daß das Seil durch Gegendrücken eines Holzknüppels zu einer scharfen Biegung gezwungen wird.

Eine Bremsscheibe mit Bremsung an der Scheibe sowohl wie im Seil zeigt Fig. 441; die Seilbremsung durch die Klötze  $k_2$  und den Hebel  $h_2$  soll das Rutschen des Seiles in der Nut verhüten.

Bei der Bremsförderung kann durch Unachtsamkeit des Bremsers oder Schadhaftheit der Bremse leicht ein Übertreiben stattfinden, so daß der volle Wagen zu tief heruntergelassen wird. Da dadurch die Leute zu gefährlichen Hebungversuchen im Bremsberge verleitet werden können, so empfiehlt sich bei steiler Lagerung die Verwendung von Bremsen mit innerem Zahnkranz nach Fig. 442 (Bauart Sommer), um das Gestell mittels des Zahnradvorgeleges wieder hochbringen zu können. Das kleine Ritzel  $r$  mit Kurbel  $k$  ist auf einer verschiebbaren Achse  $a$  verlagert und kann im Notfalle mit dem Zahnkranze  $z$  in Eingriff gebracht werden.

**98. — Bremsgestelle.** Die für die Gestellförderung benutzten Gestelle oder Bremsböcke werden in einfacher Weise aus Holz oder Profleisen nach Fig. 443 zusammengesetzt. Sie erhalten eine Bühne  $b$ , die in horizontaler Lage auf dem Rahmen  $r$  einerseits und der Stütze  $s$  andererseits ruht. Verschiedentlich hat man Gestelle eingeführt, bei denen für die verschiedenen, auf der Grube vorkommenden Fallwinkel der einheitlichen Herstellung wegen eine und dieselbe Gestellform benutzt und

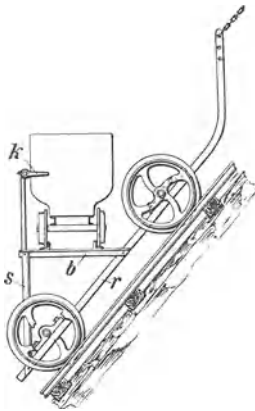


Fig. 443. Eisernes Bremsgestell.

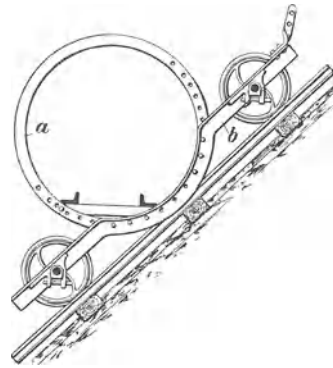


Fig. 444. Bremsgestell nach Koepe mit verstellbarer Bühne.

die Anpassung an das Einfallen durch Beweglichkeit der Bühne ermöglicht wird. Ein solches Gestell ist das in Fig. 444 dargestellte Koeschesche, bei dem die Bühne in einem Ringrahmen  $a$  verlagert ist und mit diesem gedreht werden kann; der Rahmen wird in der jeweiligen Stellung mittels Bolzen in einer Ausbuchtung des Gestellrahmens  $b$  festgehalten. Ein für flachere Lagerung geeignetes Gestell mit verstellbarer Bühne wird in Fig. 445 veranschaulicht. Hier ist die Bühne an einer Seite mit einem Gelenk  $z$  versehen, ihre Feststellung erfolgt mit Hilfe von Bolzen  $p$  in einem Kreisbogensegment  $b$ .

Wichtig sind die bei der Gestellförderung angewandten Mittel zur Raumersparnis und demgemäß zur Verringerung der Anlage- und Unter-

haltungskosten des Bremsberges. Diese Raumersparnis kann der Höhe nach zunächst durch eine Kröpfung des Rahmens zwischen den Rädern nach unten hin erzielt werden, wie die Figuren 444, 445 und 446 zeigen, von denen Fig. 445 außerdem die Verringerung des Durchmessers der

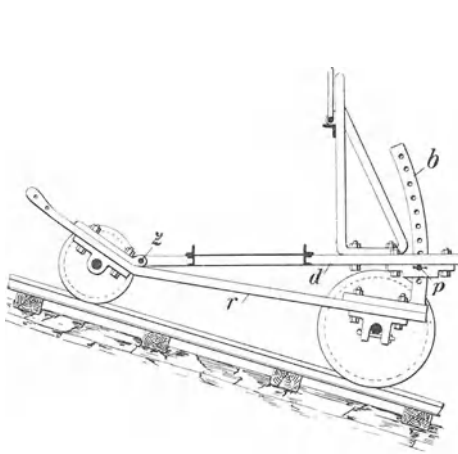


Fig. 445. Bremsgestell mit verstellbarer Bühne für flache Lagerung.

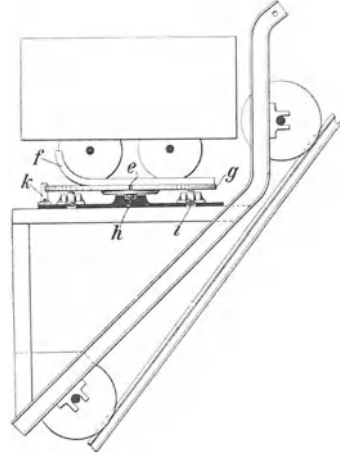


Fig. 446. Bremsgestell mit Drehscheibe.

Vorderräder zum gleichen Zwecke erkennen läßt. Ein anderes Mittel ist die Anbringung der Achslager oberhalb des Rahmens statt unterhalb desselben (vgl. die Figuren 443, 447 und 448).

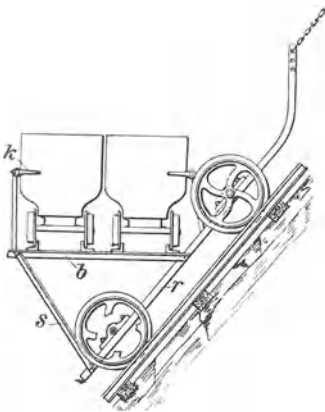


Fig. 447.

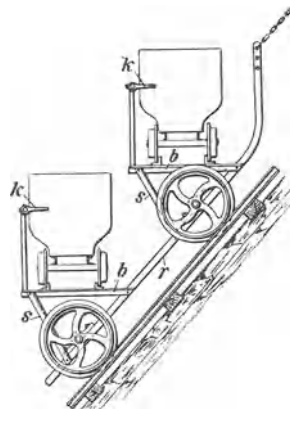


Fig. 448.

Fig. 447 und 448. Bremsgestelle für zwei Wagen.

Die Begegnung des Gestelles mit dem unterlaufenden Gegengewicht kann, wenn unter dem Gestell zwecks Verringerung der Höhe zu wenig Raum für das Gegengewicht gelassen ist, durch Hochführung der Gestellschienen oder entsprechende Senkung der Schienen für das Gegengewicht ermöglicht

werden. Jedoch ist es wegen der Gefahr der Entgleisung bei solchen Änderungen des Gefälles besser, durch Kröpfung der inneren Teile der Achsen des Gestelles nach oben hin oder durch Verwendung je einer kurzen Achse für jedes Rad die lichte Durchfahrhöhe für das Gegengewicht unter dem Gestell zu vergrößern.

In manchen Fällen, z. B. in mächtigeren Lagerstätten, die ein Nachreißen des Nebengesteins nicht erforderlich machen, ist in der Höhe genügend Raum vorhanden, dagegen des Gebirgsdrucks wegen in der Breite auf Ersparnis zu sehen. Das kann geschehen durch Anbringung einer Drehscheibe auf dem Gestell (Fig. 446), die es ermöglicht, den Wagen im Bremsberg quer zur Fallrichtung zu stellen, so daß der Bremsberg nur nach der Breite des Wagens bemessen zu werden braucht. Der Wagen wird hier beim Auffahren durch die Aufbiegung *f* der Schienen festgehalten und sodann mit der auf den Rollen *i* laufenden Drehscheibe *g*, die sich mit dem Zapfen *h* in einer Pfanne dreht, geschwenkt. Die Festlegung erfolgt durch die Klinke *k*, die sich in die Ausschnitte *e* legt.

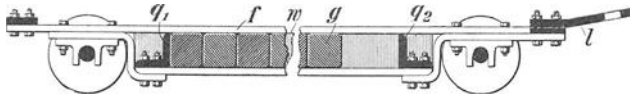


Fig. 449. Gegengewicht für Gestellbremsberge.

Gestelle für 2 Wagen (Fig. 447 und 448) ermöglichen eine größere Förderleistung sowie das Hochfördern von Versatzbergen, indem zunächst durch 2 volle Kohlenwagen das Gegengewicht hochgezogen wird und dieses dann seinerseits das mit einem leeren und einem Bergewagen beladene Gestell hochziehen kann (s. unten, Ziff. 104).

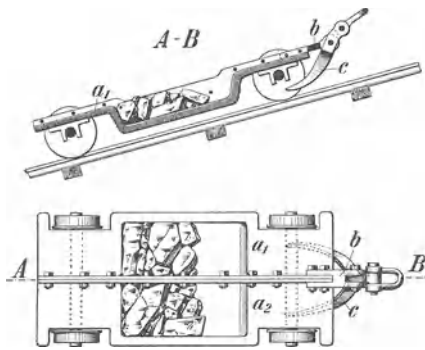


Fig. 450. Gegengewicht aus Gußeisen.

Stehen beide Wagen nach Fig. 447 nebeneinander, so ist der Raumbedarf in der Höhe groß; auch kippt das Gestell leicht. Sind beide Wagen übereinander angeordnet (Fig. 448), so zeigt eine einfache Überlegung, daß bei der Förderung von Versatzbergen mit Rücksicht auf das Gewicht des Gegengewichtes

1. stets der Bergewagen auf die untere Gestellbühne, der leere Wagen auf die obere Bühne aufgeschoben werden muß,
2. der Bergewagen stets auf einem tieferen Zwischenanschlag abgezogen werden muß als der leere Wagen.

**99. — Gegengewichte.** Während bei Wagenbremsbergen das Gegengewicht durch einen entsprechend belasteten Förderwagen gebildet werden kann, sind bei Gestellbremsbergen besonders gebaute Gegengewichte erforderlich, welche, da sie unter den Gestellen hindurchgeführt

werden müssen, sowohl der Breite als auch der Höhe nach möglichst beschränkt werden müssen, dafür aber entsprechend länger ausgeführt werden können. Ihre Belastung erfolgt zweckmäßig, um eine und dieselbe Bauart eines Gegengewichtes im Massenbetrieb herstellen und für verschiedenartige Gestellgewichte benutzen zu können, in der Weise, daß nach Bedarf eine gewisse Anzahl von Gewichten eingelegt werden kann. Zwei Hauptarten solcher Gegengewichte stellen die Figuren 449 und 450 dar. Fig. 449 zeigt ein Gegengewicht aus zwei Winkeleisen  $w$ , die durch Winkeleisen-Querverbindungen  $q_1$   $q_2$  zu einem Rahmen vereinigt sind und zwischen die die nötige Anzahl von Gußstücken  $g$  eingelegt werden kann, die gegen das Herausfallen durch aufgeschraubte Eisenlaschen  $f$  gesichert werden. Das Gegengewicht nach Fig. 450 besteht aus Gußeisen, ist aus 2 Teilen  $a_1$   $a_2$  zusammengeschaubt und bietet in seinen Hohlräumen Platz für die Belastung mit Steinen oder Eisenteilen. Die Gabel  $c$  dient als selbsttätiger Fänger im Falle eines Seilbruchs, sie fällt dann nieder und faßt hinter die nächste Schwelle (vgl. auch die Besprechung der Fangvorrichtungen in Ziff. 118).

## B. Bremsschachtförderung.

100. — **Allgemeines über seigere Bremsschächte.** Auf die Bedeutung der seigeren Bremsschächte ist bereits in Bd. I sowie unter Ziff. 86 dieses Abschnittes hingewiesen worden. Hier sei kurz noch einmal an ihre beiden Hauptvorteile erinnert, nämlich 1. bedeutend höhere Förderleistung, weil einerseits der Weg durch die Senkrechte abgekürzt wird und andererseits wegen des Fehlens von rollenden Teilen mit bedeutend größerer Geschwindigkeit gefördert werden kann, 2. geringere Unterhaltungskosten, welche sowohl durch den geringeren Gebirgsdruck als auch durch den Wegfall des Verschleißes von Rädern, Schienen und Achsen bedingt werden.

Auf der andern Seite sind die Anlagekosten heute infolge der Verbilligung der Bohr- und Sprengarbeit gegen früher wesentlich zurückgegangen.

Seigere Bremsschächte mit Zwischenanschlügen, wie sie in Gestalt von Stapelschächten namentlich im Ruhrkohlenbezirk große Bedeutung gewonnen haben, werden meist mit eintrümmiger Förderung versehen. Zweitrümmige Förderung ist zunächst nur angebracht, wenn lediglich zwischen zwei Punkten gefördert werden soll, also z. B. bei dem unteren von zwei übereinanderstehenden Stapelschächten, der die Gesamtförderung des oberen abzuführen hat. Jedoch kann bei langsamerer Führung des Abbaues dieser auch so geregelt werden, daß nur jeweils der oberste Anschlag zur Förderung nach unten benutzt und die Bremscheibe mit dem Vorschreiten des Abbaues nach unten hin allmählich tiefer gelegt wird.

101. — **Einrichtung seigerer Bremsschächte im einzelnen.** Seigere Bremsschächte werden meistens für flotte Förderung eingerichtet und müssen daher in ihren Einrichtungen der starken Belastung angepaßt werden. Die Bremsvorrichtung, als welche in der Regel eine Scheiben-

bremse aus Stahl Verwendung findet, wird hier besonders stark beansprucht: einerseits zieht das Fördergewicht mit seinem vollen Betrage, und andererseits werden in der Regel durch seigere Bremsschächte, namentlich wenn sie als Stapelschächte verwandt werden, wesentlich größere Fördermengen heruntergebremst als durch tonnlägige Bremsberge. Die Bremse muß daher besonders widerstandsfähig gebaut und mit ausreichend großen Bremsflächen versehen werden (vgl. Fig. 436 b auf S. 404). Auch gegen die Brandgefahr ist Vorsorge zu treffen, da hier in besonderem Maße ein Heißlaufen des Bremsbandes und -kranzes zu befürchten ist. Ein Mittel gegen dieses Heißlaufen ist zunächst die schon erwähnte Vergrößerung der Bremsfläche, durch die sowohl die entstehende Wärme auf eine größere Fläche verteilt werden kann als auch die Möglichkeit gegeben ist, abwechselnd einige Zeit den einen und dann den andern Bremskranz zu

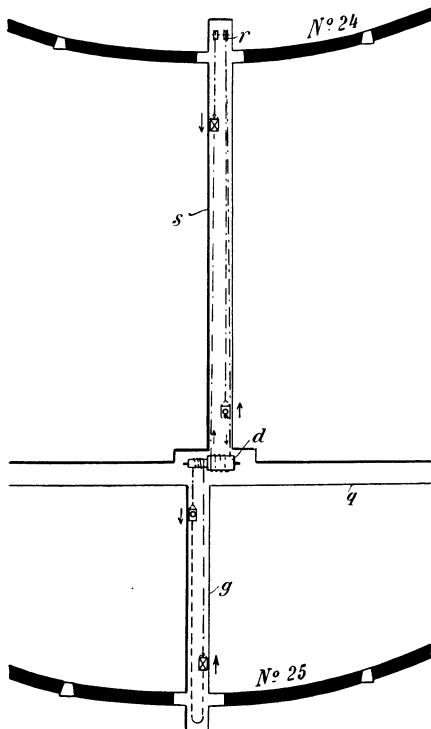


Fig. 451. Ausnutzung der überschüssigen Kraft eines seigeren Bremsschachtes.

Eisenrahmen und kann in einem schmalen Seitentrum neben der Längs- oder Schmalseite des Fördertrums untergebracht werden. Bei ungünstigen Raumverhältnissen muß eine Überführung des Gegengewichtstrums durch bewegliche Schienenbrücken oder dgl. ermöglicht werden (vgl. S. 401).

benutzen. Ferner kommen als Vorbeugungsmaßnahmen in Frage: Ersatz der hölzernen Futterklötze durch gußeiserne, dauernde Berieselung der Bremsfläche und innere Wasserkühlung von Bremskranz und Achse.<sup>1)</sup> (Vgl. im übrigen hierzu den Abschnitt „Grubenbrände“ weiter unten.)

Gegen das Gleiten des Seiles können ähnliche Anordnungen getroffen werden, wie sie weiter unten für Haspelschächte beschrieben sind (Fig. 461 und 462 auf S. 421). Bei größeren Förderhöhen wird zweckmäßig das Seilgewicht durch ein Unterseil ausgeglichen. Die Gestelle und ihre Führungen bieten wenig Besonderheiten, da sie den bei der Schachtförderung zu besprechenden ähnlich sind.

Das bei eintrümmiger Förderung erforderliche Gegengewicht besteht in der Regel aus einem langgestreckten, schmalen

<sup>1)</sup> Glückauf 1909, S. 414; Bremsscheibe mit Wasserkühlung.

**102. — Ausnutzung überschüssiger Zugkräfte.** Die Ausnutzung der an und für sich bedeutenden überschüssigen Kraft eines seigeren Bremsschachtes kann, da er nicht mit endlosem Seile betrieben werden kann, nur unter ausnahmsweise vorhandenen, besonders für eine solche Förderung geeigneten Verhältnissen erfolgen. Ein Beispiel gibt Fig. 451. Der Querschlag  $q$  hat eine Mulde durchfahren, in der 2 Flöze auf-treten, die unter bzw. über dem Querschlage in solchen Abständen mulden, daß die in dem Aufbruch  $s$  durch das Herunterbremsen der Kohlen aus Flöz Nr. 24 erzeugte Zugkraft nach Abzug der Reibungs-widerstände noch zur Förderung aus dem Gesenk  $g$  für die Mulde von Flöz Nr. 25 ausreicht. Den verschiedenen großen Förderhöhen entsprechen die verschiedenen Durchmesser der Differentialtrommel  $d$ , von der aus die Seile für das Gesenk unmittelbar nach unten führen, diejenigen für den Bremsschacht dagegen über die Seilscheiben  $r$  geführt sind.

### C. Bremsberge und Bremsschächte mit Hochförderung von Lasten.

**103. — Erläuterung.** Bei einem Bremsberge im eigentlichen Sinne des Wortes wird immer die niedergehende Nutzlast zum Hochziehen des leeren Wagens benutzt, mag das nun mit oder ohne Vermittelung eines Gegengewichtes geschehen. Man kann aber durch verschiedene Kunstgriffe auch die Hochförderung von schweren Massen durch das Gewicht der Nutzlast ermöglichen. Im Steinkohlenbergbau handelt es sich dabei stets um das Hochziehen von Versatzbergen. Naturgemäß muß aber darauf verzichtet werden, die den vollen Kohlenwagen entsprechende Anzahl von Bergewagen auf die Höhe, von der die ersten kommen, zu bringen. Es muß also entweder ein Gewichtüberschuß der Kohlenwagen künstlich hergestellt werden, oder es können die Bergewagen nur auf eine geringere Höhe gefördert werden.

**104. — Bergförderung mit Hilfe von unmittelbaren Gewichtsunterschieden.** Am einfachsten liegt der Fall bei der Förderung mit Seil oder Kette ohne Ende, wo bei nicht zu schwacher Steigung das überschüssige Gewicht ausreicht, um eine beschränkte Anzahl von Bergewagen auf der Seite der leeren Wagen mit hochzuziehen. Bei Förderung mit offenem Seile verringert man meist die Zahl der gleichzeitig zu fördernden Bergewagen im Vergleich zur Anzahl der Kohlenwagen, am einfachsten in der Weise, daß man durch je 2 mit Kohlen beladene Wagen einen leeren und einen Bergewagen ziehen läßt. Bei Wagenbremsbergen bedarf es dazu keiner besonderen Einrichtungen, abgesehen von der notwendigen Verstärkung der Bremsscheibe und ihrer Verlagerung. Daher ist dieses Förderverfahren besonders für flache Lagerung geeignet und empfiehlt sich namentlich für den schwebenden Strebau, bei dem die Beschaffung fremder Berge auf andere Weise schwierig ist. Bei Gestellbremsbergen sind für diesen Fall Doppelgestelle vorzusehen, sei es nun, daß diese auf einer Bühne 2 Wagen nebeneinander aufnehmen oder daß zweibödige Gestelle mit 2 Wagen übereinander Verwendung finden.



Die letzteren werden bevorzugt, weil sie ein geringeres Nachreißen des Nebengesteins erfordern. (Im übrigen vgl. oben, S. 409 u. 410.)

Eine andere Möglichkeit ist die schwächere Füllung der Bergewagen, so daß diese leichter als die Kohlenwagen werden.

**105. — Förderung mit Wasserkasten.** Mit Benutzung von Wasserkasten können infolge künstlicher Gewichtsausgleichung Berge in der gleichen Menge wie Kohlen und auf dieselbe Höhe gefördert werden, indem die außer dem Kohlentübergewicht noch erforderliche Triebkraft durch einen Wasserballast geliefert wird, der oben eingefüllt und nach Ankunft des Bergewagens an Ort und Stelle wieder durch Entleerung abgegeben wird. Eine solche Förderung kommt in erster Linie dort in Betracht, wo von einer oberen Sohle Wasser abgefangen und dem Bremsberg zugeführt werden kann oder wo, wie in Gruben mit Berieselungs-Rohrnetz, Druckwasser zur Verfügung steht. Außerdem ist sie nur für Gestellbremsberge und für seigere Bremschächte geeignet.

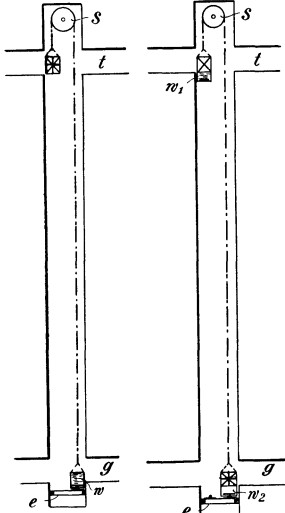


Fig. 452. Fig. 453.  
Fig. 452 u. 453. Bergförderung in Bremsbergen mittels Wasserkasten.

Die Wasserkastenförderung kann ein- oder zweitrümmig erfolgen. Im ersteren Falle (Fig. 452) hängt an einem Seilende das (durch ein Doppelkreuz gekennzeichnete) Gestell mit dem Bergewagen, am anderen der Wasserkasten  $w$ , dessen Füllung mittels einer Druckwasserleitung und dessen Entleerung nach Ankunft auf der Sohle selbsttätig durch Aufstoßen des Fußventils auf eine „Nuß“ in der Sohle des Anschlags erfolgt. Der entleerte Wasserkasten wird

dann durch einen auf das obere Gestell aufgeschobenen vollen Kohlenwagen wieder hochgezogen. — Bei zweitrümmiger Förderung wird jedes Gestell mit einem Wasserkasten versehen (Fig. 453), der abwechselnd gefüllt und entleert wird, so daß das Gestell mit Kohlenwagen und gefülltem Wasserkasten  $w_1$  schwerer ist als dasjenige mit Bergewagen und geleertem Wasserkasten  $w_2$ .

**106. — Bergförderung mit Differentialtrommeln.** Die Verringerung der Höhe der Bergförderung wird erreicht durch Förderung mit Differentialtrommeln, d. h. mit abgesetzten Bremsstrommeln, an deren größerem Durchmesser der Kohlenwagen angreift, während der Bergewagen am kleineren hängt. Dieses Förderverfahren muß immer auf vereinzelte Fälle beschränkt bleiben. Denn nur selten werden die Verhältnisse so liegen, daß nur die unteren Örter eines Bremsberges Berge notwendig haben oder diese nicht von der oberen Sohle erhalten können und daß andererseits den oberen Örtern die Berge- oder leeren Wagen am zweckmäßigsten von oben zugeführt werden.

**107. — Zusammenfassung.** Alles in allem sind heute die Mittel der Bergförderung in Bremsbergen nur noch von geringer Bedeutung.

Denn einerseits sind sie umständlich, oder sie erfordern eine besondere Aufmerksamkeit der Anschläger und Schlepper, mit der nicht immer gerechnet werden kann, und außerdem vielfach noch eine besondere Gestaltung der Abbauverhältnisse wegen der geringeren Fördermengen und -Höhen für die Berge. Andererseits ist mit den Fortschritten des Maschinenbaues und der Elektrotechnik die Verwendung von Luft- und elektrischen Haspeln gegen früher bedeutend verbilligt worden. Das gilt namentlich für den Fall, daß man die Bergförderung weniger zersplittert, indem man die Berge bis zur Teilsohle hebt und dafür Sammelstellen in Gestalt von besonderen Haspelschächten schafft, in denen die sämtlichen Berge für eine größere Anzahl von Abbaubetrieben hochgezogen werden, um von dort in den einzelnen Bremsbergen bis zur Verwendungstelle abgebremst oder noch einfacher in Rollöcher gestürzt zu werden.

## D. Rollochförderung.

**108. — Rollochförderung in der Grube. Vorbemerkung.** Über die Bedeutung der Rollochförderung für die verschiedenartigen Betriebe, über ihre Vorzüge und Nachteile, sowie über die Herstellung und den Ausbau der Rollöcher ist bereits in den Abschnitten „Vorrichtung“ und „Firstenbau auf Erzgängen“ in Band I gesprochen worden. Hier bedarf es nur noch einiger Bemerkungen über die für die Rollenförderung selbst, d. h. für die Füllung und Entleerung der Rollen, in Frage kommenden Einrichtungen.

**109. — Füllung der Rollen.** Für die Füllung der Rollen werden im Steinkohlenbergbau Kopf- und Kreiselwipper oder auch Wagen mit beweglichem Kasten oder beweglichen Seitenwänden verwandt, sei es nun, daß Kohlen von den Abbaustrecken bis zur unteren Sohle oder Berge von der oberen Sohle zu den Abbaustrecken gefördert werden sollen. Im Braunkohlenbergbau finden auch Karren für diesen Zweck Verwendung. Der Erzbergmann benutzt ebenfalls Karren und außerdem bei geringer Entfernung zwischen Abbaustoß und Rolle den mit der Kratze gefüllten Trog.

Die Beschickung durchgehender Rollen läßt sich auch von Zwischenanschlügen aus ohne größere Schwierigkeiten ermöglichen. Eine Gefährdung der Förderleute an diesen Zwischenpunkten wird vermieden, wenn man in der Streckensohle neben den Rollen schräge Taschen herstellt, aus denen das gestürzte Gut in die Rollen gelangt.

Bei ihren als Stützrollen verwandten, geschlossenen Lutten (vgl. Band I) ermöglicht die Firma Würfel & Neuhaus in Bochum die Füllung von Zwischenstrecken aus durch Unterbrechung des Luttenstranges an diesen Stellen und Aufsetzen eines Trichters (Fig. 454) auf seine untere Fortsetzung.

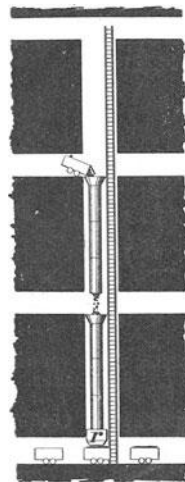


Fig. 454. Rollochbetrieb mit geschlossenen Rutschen nach Würfel & Neuhaus.

Es empfiehlt sich, Stürzrollen immer voll zu halten, damit größere Kohlenstücke nicht zu sehr durch den Fall zertrümmert werden und Erz- und Bergestücke den Ausbau nicht zu stark beschädigen.

Erz- und Bergerollen werden vielfach — abgesehen von den zum Schutze gegen das Hineinstürzen von Leuten dienenden Vorkehrungen — oben mit einem Gitterrost abgedeckt. Man verhütet dadurch die Beschädigung und das Verstopfen der Rollen durch zu große Stücke, da diese auf dem Rost zunächst klein geschlagen werden können. Beim Erzbergbau erzielt man durch die Gitterabdeckung außerdem den Vorteil, daß die Sieb- und Zerkleinerungsvorrichtungen der Aufbereitung entlastet werden, indem diese nur Wände von einer für sie passenden Größe erhalten. Überdies kann hier — gute Beleuchtung vorausgesetzt — bereits unter Tage eine Handscheidung vorgenommen werden, indem die Wände zer schlagen werden, das Taube gleich in der Grube bleibt und nur das Erz in die Rolle gelangt, besonders wertvolle Stücke auch gleich in Säcke oder Kistchen verpackt werden.

**110. — Entleerung der Rollen.** Am unteren Ende können die Rollen offen bleiben oder mit einem Verschuß ausgerüstet werden. Offene Rollen müssen seitlich von der Förderstrecke münden. Sie bieten den Vorteil, daß sie sich nicht leicht zusetzen und etwa doch eintretende Verstopfungen leicht beseitigt werden können. Nachteilig ist jedoch die umständliche Füllung der Wagen aus ihnen, die von der Sohle aus mittels Schaufel erfolgen muß. Beim Erzbergbau ist dieser Übelstand allerdings von geringerer Bedeutung, da es sich hier meist nur um kleine Fördermengen handelt; auch kann das Fördergut auf diese Weise auf der Sohle nochmals nachgeklaut und Taubes beseitigt werden. Doch werden auch hier offene Rollen nur noch selten gebraucht.

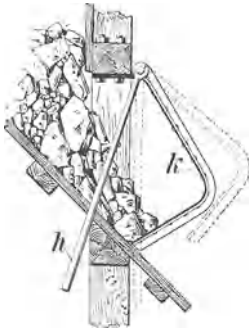


Fig. 455. Hebelverschluß für Stürzrollen.

Geschlossene Rollen münden unten am Stoße der Förderstrecke. Sie werden mittels einer schrägen Holzrutsche entleert, die durch einen Schieber verschlossen gehalten und zur Verringerung des Verschleißes vielfach mit Eisenblech belegt wird. Und zwar rüstet man nicht nur tonnlägige, sondern auch seigere Rollen mit einem solchen vorgebauten Kasten mit schrägem Boden aus, da auf einem söhligem Verschußschieber unmittelbar unter der Rolle ein zu starker Druck lasten würde. Da der Schieber sich leicht festklemmt und dann zu Unfällen Anlaß geben kann, so ist der Verschuß nach Fig. 455<sup>1)</sup> vorzuziehen, bei dem die Winkelklappe *k* leicht durch den Handhebel *h* in die punktierte Öffnungstellung gebracht werden kann. — Ein Mittelding zwischen den offenen und geschlossenen Rollen sind diejenigen (Fig. 456), die unten durch eine Anzahl von dicht nebeneinander, quer zur Rollenmündung

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal. Wes. 1892, S. 434; Versuche und Verbesserungen.

gelegten Rundhölzern  $r$  verschlossen gehalten werden, die an beiden Seiten auf Längsbalken oder eisernen Trägern  $t$  aufruhn und mit fortschreitender Entleerung der Rolle nach und nach von hinten vorgezogen werden; das Fördergut wird dann mit der Kratze herangezogen und in den Wagen geschafft.

Bei den Neuhausschen Luttenrutschen (Fig. 454) werden neuerdings durch den Einbau eines Zwischenbehälters  $r$  am Fuße des Rutschenstranges Verstopfungen, die gerade hier am leichtesten eintreten, mehr vermieden, auch kann ihre Beseitigung auf gefahrlosem Wege von oben aus bewirkt werden.

Bei Bergerollen ist vielfach, wenn mehrere Abbaustrecken von derselben Rolle ihre Berge erhalten, die Herstellung von Einrichtungen für die Zwischenentnahme der Berge erforderlich. Man bringt dann an diesen Stellen den vorgebauten Kasten mit Schieber an und richtet den Boden dieses Kastens gleichfalls als Schieber ein, der sich in Schlitz in der Auskleidung des Rollochs führt und für gewöhnlich zurückgezogen wird, um das Rolloch frei zu geben. Sollen auf einem Orte Berge aus dem Rolloch entnommen werden, so fängt man diese aus dem letzteren durch Einschieben des Bodens ab und führt sie so dem Vorkasten zu. Auch können Klappwände Verwendung finden, indem (ähnlich wie bei den Schüttelrutschen, vgl. z. B. Fig. 330 auf S. 304) ein Stück der Wandung der Rolle an der Stelle, wo sie durch die Strecke hindurchgeht, drehbar gemacht und nach Lösung eines Verschlusses als schräger Zwischenboden in die Rolle hineingeschwenkt wird. Bei dieser Anordnung muß aber das oberhalb der Strecke liegende Stück des Rollochs leer sein.

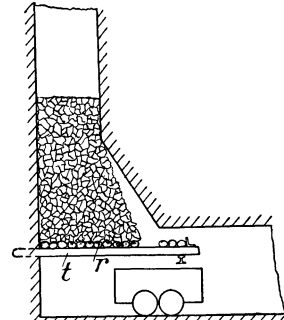


Fig. 456. Stürzrolle mit Verschluss aus Rundhölzern.

**111. — Stürzrollen von der Tagesoberfläche aus.** Auf Gruben, die größere Mengen von Versatzbergen in Gestalt von Klaub-, Wasch- und Haldenbergen im Steinkohlenbergbau oder von Fabrikrückständen im Kalibergbau durch den Schacht einzufördern haben, macht sich die Belastung der Schachtförderung durch dieses Einhängen von Bergen nachteilig bemerklich. Es sind daher in solchen Fällen verschiedentlich Stürzrollen in größtem Maßstabe für diese Bergförderung verwandt worden, und zwar in Gestalt von geschlossenen Rohrleitungen im Schachte. Am besten eignen sich für diesen Zweck alte Pumpen-Steigleitungen von etwa 500 mm Weite, die als solche nicht mehr benutzt werden. Da der Boden des unten an eine solche Stürzrolle angeschlossenen Entladekastens stark beansprucht wird, so kann man zu seinem Schutze ähnliche Mittel anwenden, wie sie in Band I unter „Krümmer“ im Abschnitt „Abbau mit Spülversatz“ angegeben sind; im übrigen wird man hier ganz besonders darauf zu achten haben, daß die Rolle stets genügend voll gehalten wird. — Es ist erforderlich, eine größere Anzahl von Entlüftungsvorrichtungen in solchen Leitungen vorzusehen, damit nicht durch größere Massen, die sich festgesetzt hatten und nach Lösung geschlossen herabstürzen, infolge des

dadurch verursachten Luftdrucks die Rohrleitung zum Platzen gebracht wird. Zu diesem Zwecke kann man z. B. zwischen die Flanschen Ringe einlegen, die mit einer Anzahl von Schlitzsen versehen sind.

Derartige hohe Stützrollen eignen sich am besten für ganz trockene Berge, da Berge mit Wassergehalt, wie z. B. Waschberge, leicht Verstopfungen herbeiführen. Vielfach werden sie durch den Spülversatz entbehrlich gemacht. Doch haben auch Gruben, die mit Spülversatz arbeiteten und die Mischung erst unter Tage herstellen wollten, sich dieser Rollen bedient, um die Berge zunächst trocken nach unten gelangen zu lassen.

## E. Aufwärtsgehende Förderung unter Tage.

**112. — Vorbemerkung.** Die aufwärtsgehende Förderung innerhalb der Grubenbaue kann sich ebenso wie die abwärtsgehende Förderung in tonnlägigen Strecken einerseits, in seigeren Haspelschächten andererseits vollziehen. Bei den letzteren ergeben sich dann ganz ähnliche Verhältnisse wie bei der Hauptschachtförderung, so daß hier nur einige Besonderheiten erwähnt zu werden brauchen.

**113. — Förderhaspel.** Die Haspel sind jetzt auch für die Förderung aus Abbauen ganz allgemein eingeführt, da die früher für diese Betriebe vielfach benutzte Göpelförderung mit Pferden für unsere Verhältnisse nicht mehr in Betracht kommt. Sie können nach verschiedenen Gesichtspunkten eingeteilt werden. Nach dem Triebmittel unterscheidet man Preßluft-, Druckwasser- und elektrisch angetriebene Haspel. Die Preßlufthaspel spielen im Steinkohlenbergbau heute immer noch die Hauptrolle. Jedoch haben sich neuerdings vielfach elektrisch betriebene Förderhaspel eingebürgert, die sich vor den Drucklufthaspeln durch ihren bedeutend geringeren Kraftverbrauch, durch den Wegfall der umständlich einzubauenden und schwer dicht zu haltenden Leitungen und

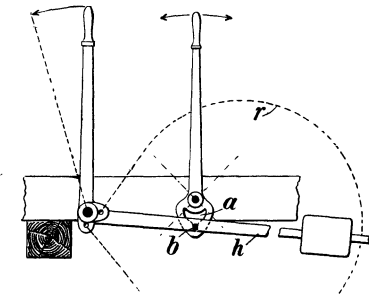


Fig. 457. Zwangsverriegelung zwischen Anlasser- und Bremshebel nach Beien.

durch das geringe Geräusch, das sie verursachen, vorteilhaft auszeichnen. Auch treten bei ihnen im Gegensatz zu den Preßlufthaspeln während der Stillstände keine Kraftverluste ein. Andererseits verlangen sie wegen der hohen Umdrehungszahlen der Motoren stärkere Übersetzungen als Preßlufthaspel. Diese Übersetzungen bewirken auch, daß der Raumbedarf elektrisch betriebener Haspel trotz der geringen Raumbeanspruchung durch den Motor selbst doch im ganzen demjenigen der Preßlufthaspel

mindestens gleichkommt. Bei elektrisch betriebenen Haspeln ist darauf zu achten, daß der Steuerhebel nicht eher auf Fahrt gestellt werden kann, als bis der Bremshebel gelüftet ist, weil sonst ein Durchbrennen der Wicklungen oder wenigstens der Sicherung durch den vollen Betriebsstrom zu befürchten ist. Eine Anordnung zur Erreichung dieses Zweckes ist die Zwangsverriegelung nach Fig. 457, wobei der am

Brems-Gegengewichtshebel  $h$  sitzende Stift während der Schlußstellung der Bremse  $r$  in den Einschnitt  $b$  greift und dadurch die Bewegung des Steuerhebels hindert, bis er durch Lüftung des Bremshebels in die

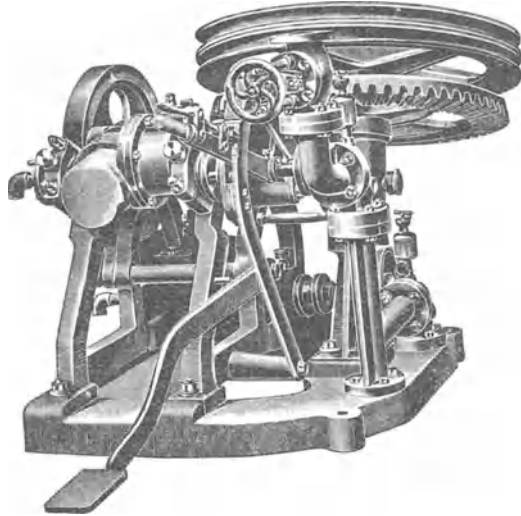


Fig. 458. Flachscheibenhaspel von Emil Wolff, Essen-Ruhr.

Aussparung  $a$  gelangt und nunmehr dem Steuerhebel keinen Widerstand mehr bietet. — Haspel mit Druckwasserantrieb haben sich wenig eingebürgert, da in der Regel die Verhältnisse nicht so liegen, daß eine entsprechende Menge Druckwasser billig zur Verfügung gestellt werden kann, und da außerdem die Abführung des verbrauchten Wassers Schwierigkeiten und Belästigungen verursacht.

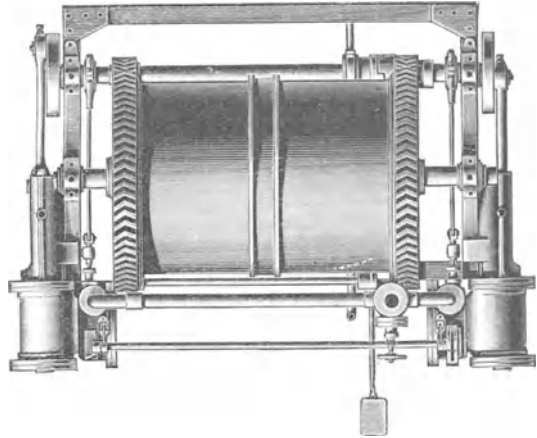


Fig. 459. Zwilling's-Preßlufthaspel mit einfachem Vorgelege und doppeltem Eingriff. (Eisenhütte Westfalia, Lünen.)

Nach der Bauart unterscheidet man beiden Preßlufthaspeln noch einfache und Zwilling'shaspel (letztere in Fig. 458, 459, 460, 463) und ferner Haspel mit feststehenden Zylindern, also besonderen Steuerschiebern (Fig. 459, 460, 463), und solche mit beweglichen (oszillierenden) Zylindern ohne besondere Steuerung (Fig. 458). Ferner kann

das Vorgelege, das bei Trommelhaspeln ein Stirnradvorgelege ist, entweder nur an einer Stelle (Fig. 460 und 463) oder an beiden Seiten (Fig. 459) angebracht werden.

Nach der Art der Bewegung des Seiles sind ähnlich wie bei der Bremsbergförderung Trommel- und Scheibehassel zu unterscheiden. Die letzteren haben aus ähnlichen Gründen, wie sie oben dargelegt worden sind, die ersteren vielfach verdrängt. Jedoch ist der Unterschied bei der Haspelförderung geringer als bei der Bremsbergförderung, weil die Antriebsmaschine selbst einen gewissen Mindestraum verlangt und durch die Trommel die Raumbeanspruchung im Vergleich zur Scheibe nicht wesentlich vergrößert wird. Scheibehassel erhalten für die seigere Förderung vertikal gestellte Scheiben, wogegen Haspel, die für die Förderung aus Abhauen bestimmt sind, vorteilhaft als Flachscheibehassel gebaut, d. h. (Fig. 458) mit einer in der Fallebene liegenden und durch ein Kegelradgetriebe angetriebenen Scheibe ausgerüstet werden. Trommelhaspel werden zur Verringerung des Raumbedarfs zweckmäßig so gebaut, daß die Trommel zwischen Motor und Vorgelegeritzel zu liegen kommt (Fig. 459 und 460).

**114. — Aufstellung der Förderhaspel.** Nach der Art der Aufstellung werden feststehende und fahrbare Haspel unterschieden. Die letzteren können Verwendung finden für die Förderung aus mehreren, nicht

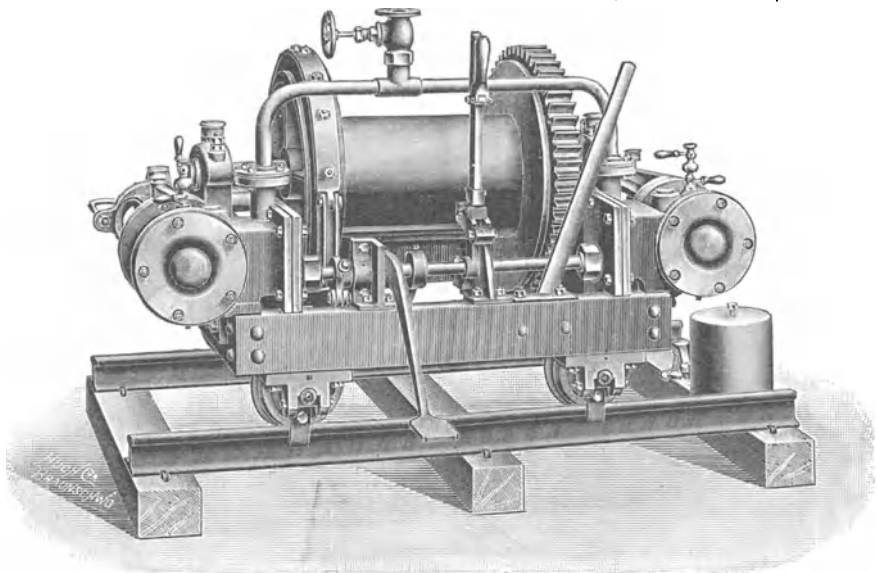


Fig. 460. Fahrbarer Zwillingshassel von Beien mit einfachem Vorgelege und einseitigem Eingriff.

weit voneinander entfernten Abhauen bei beschränkter Förderleistung oder auch für das Hochziehen von Holz in Aufbrüchen, die im Hochbrechen begriffen sind. Jedoch hilft man sich bei der Förderung aus Abhauen auch durch Verwendung eines feststehenden Haspels, von dem aus nach Bedarf mit Hilfe von Ablenkrollen das eine oder andere Abhauen bedient wird. Einen fahrbaren Haspel einfacher Bauart nach der Ausführung

von Beien in Herne veranschaulicht Fig. 460; der Haspel wird durch Haken festgehalten, die unter die Schienenköpfe fassen.

Die Haspel können ferner bei seigerer Förderung sowohl am unteren als auch am oberen Ende des Schachtes aufgestellt werden. Die letztere Aufstellung bildet naturgemäß die Regel. Sie erfolgt in den meisten Fällen seitwärts vom Schachte, und die Überleitung der Seile in diesen wird dann wie bei der Hauptschachtförderung durch Seilscheiben bewirkt. Jedoch bietet die Anordnung des Haspels am unteren Ende den Vorteil, daß einerseits seine Aufstellung und Beaufsichtigung wesentlich erleichtert und ferner die Brandgefahr, welche in der „Haspelstube“ am Kopfe eines Haspelschachtes besonders groß ist, verringert wird. Bei elektrisch betriebenen Haspeln kommt hinzu, daß in den frischen Wettern am Fuße des Bremsschachtes die Gefahr der Schlagwetterzündung durch Funken so gut wie ausgeschlossen ist. Vorteilhaft ist hier auch die Möglichkeit, den Anschläger am Fuße des Schachtes gleichzeitig als Maschinenwärter zu benutzen, da man ohne Schwierigkeiten den Steuerhebel vorn am Anschlag anbringen kann. Diesen Vorzügen gegenüber, die namentlich für elektrische Haspel wichtig sind, fällt die Notwendigkeit, ein Seil von doppelter Länge zu benutzen, weniger ins Gewicht.

Ein besonderer Fall ergibt sich bei der Verwendung von oberirdisch aufgestellten Haspeln für die Grubenförderung. Solche Fälle liegen z. B. vor, wenn ein vorhandener Förderschacht unter einer Bergfeste oder Sicherheitsbühne weiter abgeteuft werden soll oder wenn man einen alten Abteufhaspel für die Förderung aus einem blinden Schachte in der Nähe des Hauptschachtes bei der Vorrichtung einer neuen Sohle benutzen will. In beiden Fällen wird durch Gegenseiben das Förderseil

abgelenkt. Man spart auf diese Weise den Raum für die Aufstellung des Haspels unter Tage, muß jedoch unvorteilhaft lange Seile verwenden, die infolge der Ablenkung rascher verschleifen und sich schwer beaufsichtigen lassen, da ein großer Teil der Seillänge dauernd im Hauptschachte verbleibt.

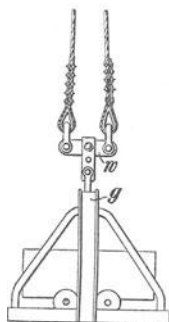


Fig. 461. Haspel mit zwei Seilen.

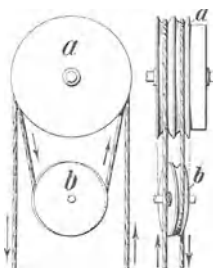


Fig. 462. Haspel mit Gegenseibe.

**115. — Die Seile bei der Haspelförderung.** Seigere Haspelschächte werden zweckmäßig mit Unterseil ausgerüstet. Bei Förderung mit Treib-



scheibe (s. unten, S. 495 u. f.) sind Vorrichtungen zur Verhütung des Gleitens des Förderseiles erwünscht, da hier infolge der geringen Gewichte der Reibungsdruck zwischen Seil und Scheibe nur klein ist. Solche Hilfsmittel veranschaulichen die Figuren 461—463. Bei der Anordnung nach Fig. 461<sup>1)</sup> ist der Gedanke verwertet, daß die Reibung vermehrt wird, wenn man die Last auf 2 Seile verteilt, deren jedes in einer besonderen Nut der Brems-

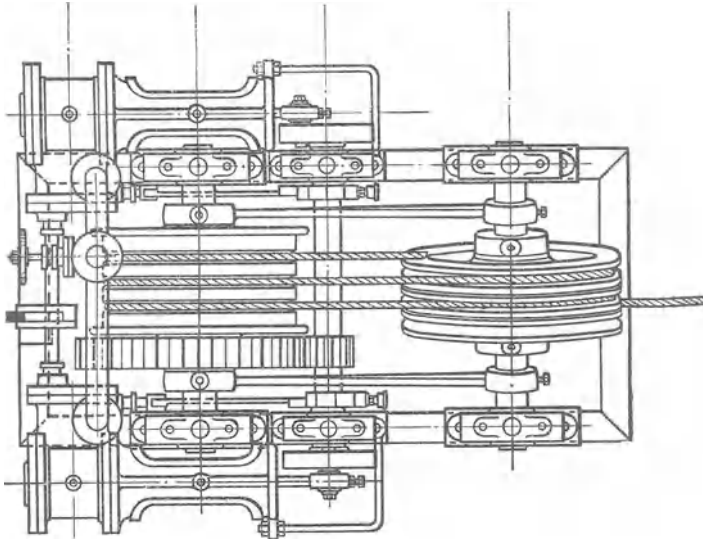


Fig. 463. Beierscher Haspel mit einseitigem Vorgelege, dreirilliger Antriebscheibe und Gegenscheibe.

scheibe *b* liegt. Damit beide Seile selbsttätig immer gleichmäßig ange-  
spannt werden, sind sie mit dem Gestell *g* durch Vermittlung eines Wage-  
balkens *w* verbunden. In Fig. 462 ist eine zweirillige Bremscheibe *a*  
mit vorgelagerter Gegenscheibe *b* dargestellt. Fig. 463 endlich zeigt einen  
Haspel mit Treibscheibe und Gegenscheibe, ähnlich wie bei Antriebs-  
maschinen für Streckenförderungen. In den beiden letztgenannten Figuren  
sind die Gegenscheiben zur Verhütung der gegenseitigen Reibung zwischen  
dem ab- und auflaufenden Seil schräg eingebaut.

## F. Sicherheitsvorrichtungen bei der Brems- und Haspelförderung.

**116. — Überblick.** Die Förderung in Bremsbergen, Abhauen und  
Haspelschächten erfordert außer den bereits erwähnten Einrichtungen am  
untersten Anschlage noch zweierlei Sicherheitsvorkehrungen. Einmal  
nämlich müssen seillos gewordene Wagen oder Gestelle nach Möglichkeit  
rechtzeitig festgehalten werden, ehe sie größeren Schaden anrichten  
können, und andererseits sind bei steilerer Lagerung und bei Seigerschächten  
Maßregeln gegen den Absturz von Leuten unerlässlich.

<sup>1)</sup> Sammelwerk, Bd. V, S. 196.

### a) Fangvorrichtungen.

**117. — Vorbemerkung.** Über die Fangvorrichtungen in Seiger-schächten wird bei der Schachtförderung gesprochen werden, so daß hier nur die Aufhaltevorrückungen in Bremsbergen und Abhauen berücksichtigt zu werden brauchen. Derartige Vorrückungen sind unter Tage einfacher zu treffen als über Tage, weil das Gebirge selbst schließlich die Wagen aufhält. Jedoch sind auch unter Tage Mittel zur Vermeidung größerer Beschädigungen von Ausbau und Anschlag und zur Verhütung der Verletzung von Personen erwünscht. Die Hemmung eines abgehenden Wagens oder Gestells soll möglichst rasch erfolgen, damit nicht vorher zu starke lebendige Kräfte entfesselt werden.

**118. — Fangvorrichtungen für Förderung mit offenem Seil.** Eine einfache Hemmvorrichtung ist der sog. „Faulenzer“, eine hinten an den Wagen gehängte und um ein Gelenk pendelnde Gabel, die auf der Sohle nachgeschleppt wird und sich im Falle eines Seilbruchs gegen die nächste Schwelle stützt. Da eine solche Gabel aber nur für aufwärts fahrende Wagen brauchbar ist, die in der Regel leer sind, also das Seil gerade am wenigsten beanspruchen, so ist ihr der in Fig. 464 dargestellte Fanghaken *b* vorzuziehen.

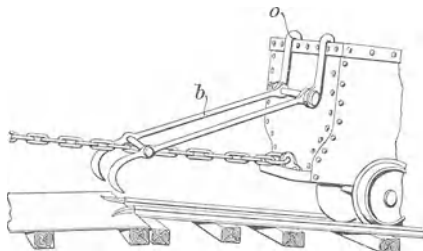


Fig. 464. Fanghaken für Bremsberge nach Hesse.

Dieser ist mittels des Doppelbügels *a* an der Vorderwand des Wagens aufgehängt und ruht für gewöhnlich auf der straff angespannten Zugkette. Ähnlich wirkt die in Fig. 450 auf S. 410 dargestellte Gabel *c*, die vorn angebracht und durch eine Hebelverbindung so an das Seil angeschlossen ist, daß sie im Falle des Seilbruchs selbsttätig niederfällt.

Derartige Fänger eignen sich besonders für die Förderung in Zügen bei geringen Neigungswinkeln; bei der Förderung mit einzelnen Wagen ist ihre Anbringung an jedem Wagen etwas umständlich. Für solche Förderungen hilft man sich daher öfter durch Hemmungen im Bremsberge selbst. Eine einfache derartige Hemmvorrichtung besteht in einem schwachen Knick im Gleise in der Nähe des unteren Anschlags, wodurch ein abgehender Wagen zur Entgleisung gebracht und gegen den Stoß geschleudert wird. In ähnlicher Weise hat man für die Förderung in ganzen Zügen bei flacher Neigung zur Verhütung des Durchgehens mangelhaft gekuppelter Wagen auch besondere Entgleisungsweichen<sup>1)</sup> eingebaut. Diese werden erst geschlossen, nachdem der Anschläger sich durch Öffnung einer Sicherheitschranke davon überzeugt hat, daß alle Wagen richtig zusammengekuppelt sind. Ist das nicht der Fall, so laufen die durchgehenden Wagen in die Entgleisungsweiche.

**119. — Fangvorrichtungen für Förderung mit geschlossenem Zugmittel.** Eine Fangvorrichtung für aufwärtsgehende Kettenförderungen zeigt

<sup>1)</sup> Sammelwerk, Bd. V, S. 176.

Fig. 465.<sup>1)</sup> Die Kettenscheibe  $r$  ist an einer Stelle eingebaut, wo aller Voraussicht nach ein etwaiger Kettenbruch eintreten wird, nämlich am oberen Ende der Förderbahn, kurz vor der Antriebscheibe. Sie ist mit dem Sperrrad  $s$  fest verbunden.

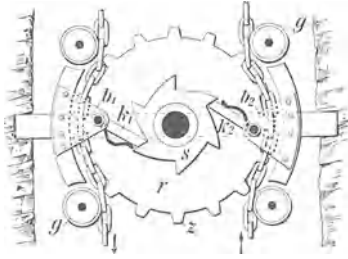


Fig. 465. Fangvorrichtung nach Berrendorf für Kettenbahnen.

Im Falle eines Bruches der rechts sich bewegenden Vollkette vor der Antriebscheibe wird die Drehung der Kettenscheibe in entgegengesetzter Richtung, also das Durchgehen des unteren Kettenstücks mit den Wagen, durch die Sperrklinken  $k_1$   $k_2$  gehindert. — Im Gegensatz dazu wirken die in den Figuren 466 u. 467 dargestellten Fangvorrichtungen von E. Heckel in Saarbrücken für Förderung mit

Seil ohne Ende auf die Wagen selbst ein. Der Fänger  $h$  nach Fig. 466 ist für die aufwärts gehenden Wagen bestimmt und sehr einfach eingerichtet. Er wird während der regelmäßigen Förderung durch die Wagenachsen niedergedrückt und schlägt dann infolge des Gegengewichts  $g$  sofort wieder in die Sperrlage zurück, in der er jeden abgehenden Wagen festhält; die

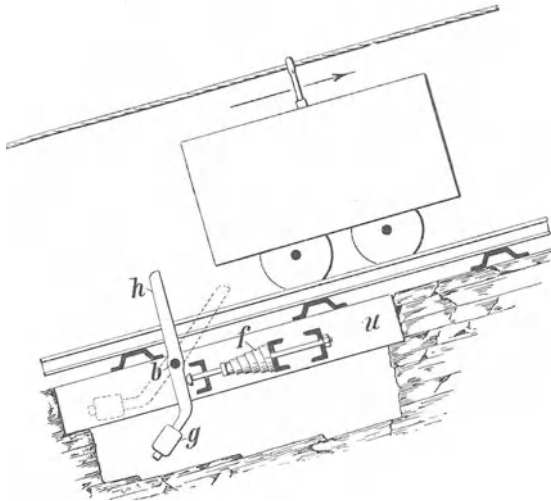


Fig. 466. Fangvorrichtung nach Heckel in Bremsbergen mit Seil ohne Ende, für aufwärtsgehende Wagen.

dabei auftretenden Stöße werden durch starke Pufferfedern  $f$  abgefangen. Schwieriger ist das Fangen der abwärts gehenden Wagen (Fig. 467), da bei diesen keine Richtungs-, sondern nur eine Geschwindigkeitsänderung eintritt. Der Gedanke ist hier der, daß jeder Wagen mit seiner Achse den Hebel  $h_1$  niederdrückt und dementsprechend den durch eine Zugstange  $z$  gekuppelten Hebel  $h_2$  in die senkrechte Lage bringt, aus der ihn aber die

<sup>1)</sup> Glückauf 1904, S. 463; Gertner: Fangvorrichtungen an steilen Förderbahnen.

Feder  $f$ , die in der Zeichnung gespannt dargestellt ist, wieder in die Schräglage (punktiert angedeutet) zu bringen strebt. Das gelingt ihr auch bei der gewöhnlichen Geschwindigkeit, so daß die Wagenachsen dann

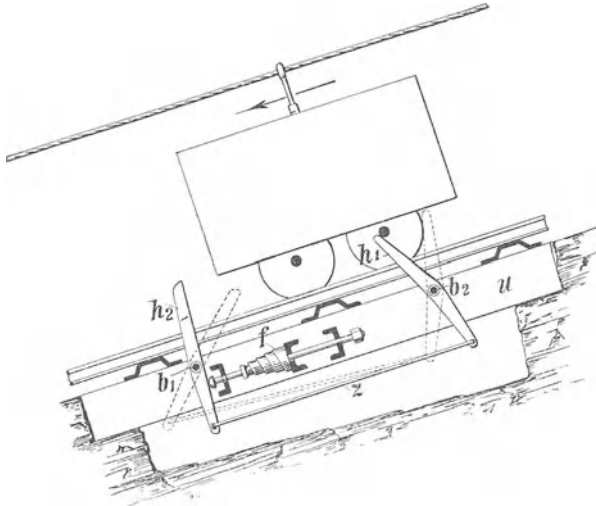


Fig. 467. Fangvorrichtung nach Heckel in Bremsbergen mit Seil ohne Ende, für abwärtsgehende Wagen.

über  $h_2$  hinweggleiten können. Bei der größeren Geschwindigkeit eines abgehenden Wagens dagegen ist der Hebel  $h_2$  noch in der Sperrstellung, wenn ihn die vordere Achse erreicht.

**b) Sicherheitsverschlüsse.**

120. — **Allgemeines.** Für Bremsberge mit steilerem Einfallen (von  $30^\circ$  aufwärts) sowie für Bremsschächte wird eine Sicherung der Zugänge notwendig, um die Anschläger sowohl als auch dritte Personen vor dem Absturz zu schützen. Am einfachsten sind solche Verschlüsse am Fuße und Kopfe eines Bremsschachtes, wo einfache Türen Verwendung finden können, die als Gittertüren gebaut und sowohl am unteren als am oberen Anschlag durch das Fördergestell selbst betätigt werden können, so daß der Verschuß bei Abwesenheit des Fördergestells jederzeit selbsttätig gesichert ist. Das Anheben am oberen Anschlag erfolgt durch unmittelbares Erfassen eines vorspringenden Nockens durch das Fördergestell, wogegen am unteren Anschlag nach Fig. 468 ein über eine Rolle geführtes Seil  $b$  zwischenschalten ist. Am Kopfe ist außerdem die Möglichkeit gegeben, einen im Schachte selbst liegenden Deckel zu verwenden, der durch das Fördergestell gehoben wird.

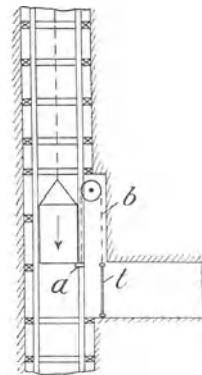


Fig. 468. Selbsttätiger Gittertürverschluß am unteren Anschlag eines Bremsschachtes.

Dagegen ergeben sich an den Zwischenanschlagen Schwierigkeiten, weil durch die Verschlussvorrichtungen die Förderung im Bremsberge und Bremsschachte nicht behindert werden darf. Die Verschlüsse an den Zwischenanschlagen können entweder allgemein gegenüber jedem Manne, der sich dem Bremsberge nähert, in Wirksamkeit treten, oder besonders auf den häufig vorkommenden Fall zugeschnitten sein, daß der Anschläger mit seinem Wagen sich dem Zugange nähert und nicht genügend acht gibt. Die besondere Schwierigkeit, die in der Schaffung eines brauchbaren Verschlusses liegt, beruht nicht in der Bauart einer solchen Vorrichtung an sich, sondern in den besonderen Erfordernissen, die an dieselbe gestellt werden müssen. Es genügt nämlich nicht, daß der Verschuß in tadellosem Zustande wirkt, sondern er darf auch nach den Veränderungen im Betriebe durch Verbiegen, Verschieben der Schacht- und Streckenzimmerung infolge des Gebirgsdruckes usw. nicht versagen. Außerdem ist dahin zu streben, daß dem Anschläger die Betätigung des Verschlusses nach Möglichkeit erleichtert wird, so daß für ihn möglichst wenig Anreiz gegeben ist, die Vorrichtung unbrauchbar zu machen, und daß überdies die Unbrauchbarmachung erschwert wird. Die Erfahrung hat gelehrt, daß gerade die letzteren Forderungen von besonderer Wichtigkeit sind.

**121. — Einfache Verschlüsse.** Frühere Verschlüsse, wie Schranken in Gestalt schwenkbarer Eisenstangen (*a* in Fig. 469) u. dgl., waren von der

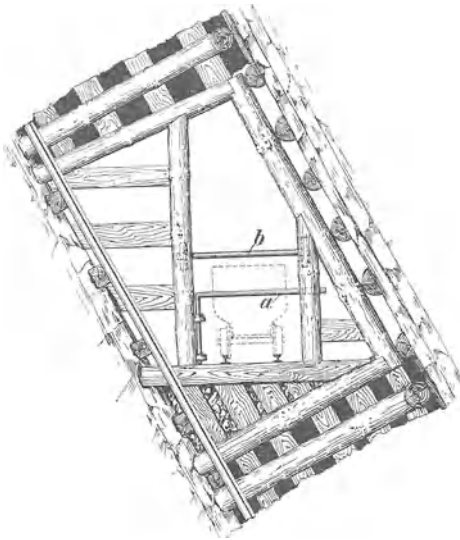


Fig. 469. Bremsberg-Zwischenanschlag mit Drehschranke und fester Eisenstange.

Aufmerksamkeit des Anschlägers abhängig, boten also nur ungenügenden Schutz. Es wurden daher schon frühzeitig auf vielen Gruben Einrichtungen vorgesehen, die bei Vergeßlichkeit des Anschlägers den Absturz des Wagens mit dem Anschläger verhüteten. Die einfachste Vorrichtung dieser Art ist eine in etwa 20 cm Höhe über der Oberkante des Wagens fest eingelegte Eisenstange (*b* in Fig. 469), die sich in genügend großer Entfernung vom Bremsberge befindet, um den Absturz des Wagens beim Hochkippen desselben zu verhindern, falls der Anschläger vergessen hat, die Drehschranke *a* zu schließen. Allerdings ergibt

sich hierbei der Übelstand, daß infolge größerer Kohlen- oder Bergestücke auf dem Wagen beim Aufschieben der Wagen auf das Gestell leicht Fingerquetschungen verursacht werden. Eine einfache Vorkehrung, die dieselbe Wirkung erzielt, aber den letztgenannten Übelstand verringert, besteht in zwei

dachförmig gegeneinander geneigten Fanghölzern. Doch werden auch durch Taschen u. dgl. in den Förderwagen (S. 313) Fingerverletzungen verhütet.

**122. — Selbstwirkende Verschlusseinrichtungen.** In neuerer Zeit ist dann das Bestreben auf die Herstellung solcher Verschlüsse gerichtet worden, die den Anschläger zu einer zwangsläufigen Betätigung nötigen, und dieses Bestreben hat zu einer großen Anzahl von Vorrichtungen geführt, die noch fortwährend im Zunehmen begriffen ist, so daß hier nur die für die verschiedenen Grundgedanken bezeichnenden Vorkehrungen erwähnt werden können. Es sollen dabei 4 Gruppen von Verschlüssen unterschieden werden, nämlich:

1. solche, die sich auf Einrichtungen in der Anschlagstrecke selbst beschränken und von der Bewegung des Förderwagens auf dieser Strecke abhängig sind;
2. Verschlüsse, die auf der Wirkung des Fördergestells beruhen;
3. Verschlüsse, bei denen das Gestell mit gewissen, am Anschlag getroffenen Einrichtungen derartig zusammenwirkt, daß der Anschlag erst dann geöffnet werden kann, wenn das Gestell angekommen ist, und daß anderseits das Gestell den Anschlag erst nach Schließung der Verschlussvorrichtung wieder verlassen kann;
4. Verschlüsse, bei denen die unter 3. genannten Wirkungen erzielt werden, außerdem aber noch als weitere Sicherheitsmaßregel die Lüftung der Bremse von der Herstellung des Verschlusses abhängig gemacht wird.

**123. — Einrichtungen am Anschlag.** Eine einfache Vorrichtung

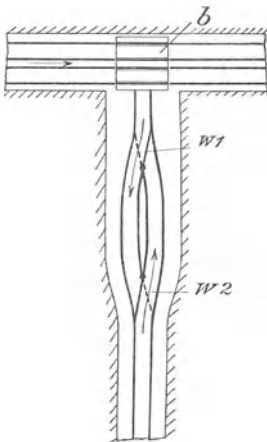


Fig. 470. Schutzweiche für Bremsberganschläge.

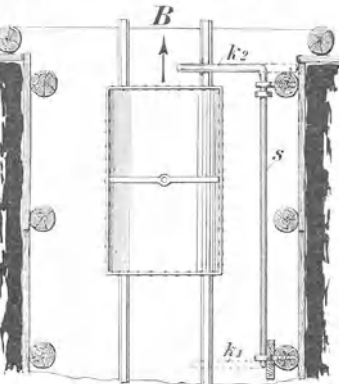
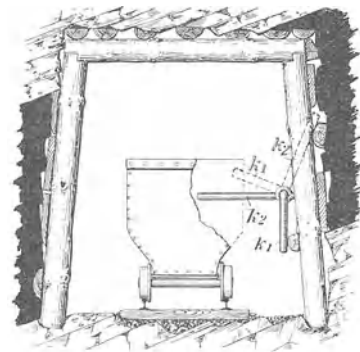


Fig. 471. Bremsbergverschluß mit zweiarmiger Stange.

ist eine Schutzweiche (Fig. 470) mit nur je einem Wechselbaum  $w_1$  bzw.

$w_2$  am vorderen und hinteren Ende. Diese bewirkt, daß die Zufahrt zum Bremsberge selbsttätig gesperrt wird, indem der mit seinem Wagen kommende Anschläger beispielsweise auf den rechten Zweig der Weiche einfährt und nun den Zugang zum Bremsberge verschlossen findet. Er wird dann zunächst die Ankunft des Gestells abwarten, von diesem den leeren Wagen abziehen und ihn in den anderen Zweig der Weiche schieben. Um darauf den

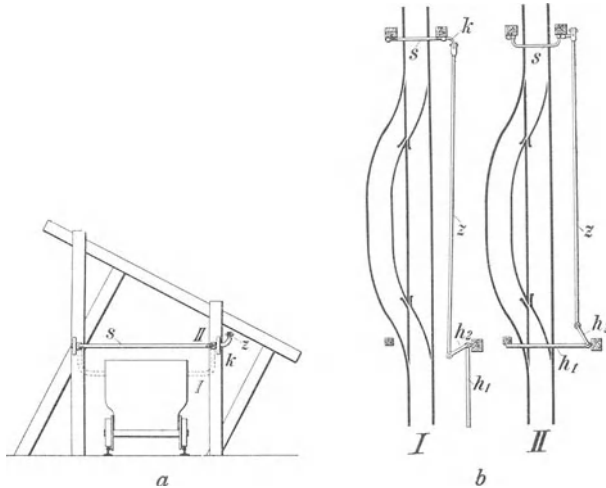


Fig. 472. Bremsbergverschluß nach Vogelsang.

vollen Wagen zum Gestell und den leeren vor Ort bringen zu können, ist er zur Umlegung beider Wechselbäume in die entgegengesetzte Stellung genötigt, so daß für den nächsten Wagenwechsel ebenfalls wieder der Verschluß gesichert ist. Ferner ist hier noch zu erwähnen eine in halber

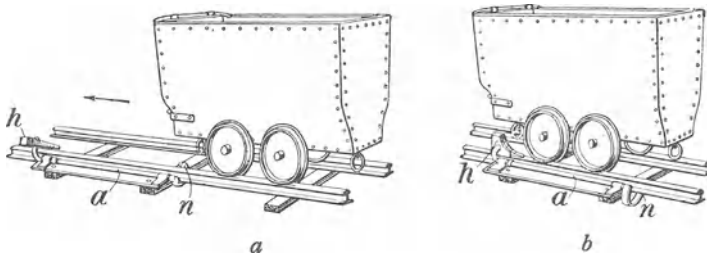


Fig. 473. Hemmschuh-Verschluß nach Hirtz und Peisen.

Wagenhöhe sählig am Stoße verlagerte Eisenstange  $s$  (Fig. 471), die mit zwei um  $90^\circ$  gegeneinander versetzten Armen  $k_1 k_2$  derartig versehen ist, daß die Entfernung beider Arme voneinander einer Wagenlänge entspricht und daß bei senkrechter Stellung von  $k_1$  der Arm  $k_2$  sählig die Strecke sperrt und umgekehrt. Der zum Bremsberge fahrende Anschläger findet den Arm  $k_2$  in der Verschlußstellung. Er kann sich den Zugang zum Bremsberge also nur durch Hochklappen dieses Armes öffnen und bringt dadurch wiederum den Arm  $k_1$  in die Verschlußstellung, die ihn, wenn er mit dem leeren Wagen vor Ort zurück fahren will,

nötigt, den Arm  $k_1$  herunterzuklappen und damit  $k_2$  wieder in die horizontale Lage zu bringen.

Ein sehr einfaches Mittel ist auch die vielfach eingeführte gekröpfte Eisenstange, die in heruntergeklappter Stellung (I in Fig. 472 *a*) den Wagen aufhält und derartig angebracht ist, daß sie selbsttätig in diese Verschlussstellung herunterkippt. Eine solche Stange vereinigt in sich die früher gebräuchliche Schranke unterhalb der Wagenoberkante und die fest eingelegte Eisenstange oberhalb derselben. Mit einer Drehschranke wird diese gekröpfte Stange verbunden beim Vogelsangischen Verschluss (Fig. 472 *a* u. *b*), bei dem durch Öffnung der Drehschranke  $h_1$  mit Hilfe des Hebels  $h_2$ , der Zugstange  $z$  und der Kurbel  $k$  die Eisenstange  $s$  in die punktiert angedeutete Stellung *I* (Fig. 472 *a*) heruntergeklappt wird und umgekehrt, so daß stets ein Verschluss in Sperrstellung ist.

Während diese Verschlüsse den Wagenkasten aufhalten, richtet sich der Verschluss von Hirtz-Peisen (Fig. 473)<sup>1)</sup> auf das Festhalten der Räder. Durch Niederdrücken der Klaue  $n$  wird der mit ihr auf einer Achse  $a$  sitzende Hemmschuh  $h$  aufgerichtet und hält dadurch den Wagen fest (Fig. 473 *b*). Das Umlegen des Hemmschuhes zum Zwecke der Freigabe der Durchfahrt bringt die Klaue wieder in ihre ursprüngliche Lage (Fig. 473 *a*), so daß der vom Bremsberge zurückgeschleppte leere Wagen sie wieder herunterklappt und der nächste volle Wagen den Hemmschuh wieder in der Verschlussstellung trifft.

**124. — Verschlüsse mit unmittelbarer Betätigung durch das Gestell.** Als Beispiel für diese Gattung sei der Verschluss von Neuhaus erwähnt.<sup>2)</sup> Das Gestell wirkt hier auf eine in den Bremsberg hineinragende Eisenstange, die auf derselben Achse eine mit der Bewegung der Stange auf- und niederklappende Schranke trägt. Die Betätigung erfolgt mit Hilfe eines Anschlags am Gestell, der bei niedergehendem Gestell nachgeben kann, so daß dann keine Einwirkung auf die Verschlüsse stattfindet. Die Schranken müssen in ihrer Schwerpunktlage so eingerichtet werden, daß sie nach Durchgang des Gestells selbsttätig in die Verschlusslage zurückfallen, so daß nur an dem jeweils zu bedienenden Anschlag der Verschluss geöffnet bleibt, indem er vom Gestell getragen wird. Für eine größere Anzahl von Zwischenanschlägen sind solche Verschlüsse wegen der zahlreichen Stöße gegen die einzelnen Schranken nicht vorteilhaft.

**125. — Zusammenwirken von Gestell und Anschlag.** Die hierher gehörigen Verschlüsse bilden eine besonders wichtige Gruppe. Es lassen sich bei ihnen noch verschiedene besondere Arten unterscheiden:

a) Das Gestell wirkt durch einen von ihm ausgeübten Widerstand; der Anschlag wird also nach Entfernung des Gestells selbsttätig wieder geschlossen, ein Festhalten des Gestells findet jedoch nicht statt. Das einfachste Beispiel für einen derartigen Verschluss ist die Verbindung der bereits vorher erwähnten drehbaren, gekröpften Eisenstange  $s$  (Fig. 474)

<sup>1)</sup> Glückauf 1902, S. 472; Hecker: Die Förderung auf der Düsseldorfer Ausstellung.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1900, S. 131; Versuche und Verbesserungen.



mit dem Gestell durch eine Kette  $k$ , die mit einer Hülse an der Stange befestigt ist und mit einem Gliede über den Stift  $z$  greift, der sich an einem drehbaren Winkelhebel  $h$  am Gestell befindet; letzterer wird durch die Feder  $f$  in der gezeichneten Lage festgehalten. Der Verschluss wird in der Weise betätigt, daß die Eisenstange, die so verlagert ist, daß sie selbsttätig herunterkippt, mit Hilfe der Kette und der Hülse vom Anschläger an dem Stifte  $z$  des Gestells befestigt und dadurch hoch gehalten wird. Das hoch- oder niedergehende Gestell zieht dann den Stift aus der Kette und gibt so ohne Zutun des Anschlägers die Stange frei, so daß diese in ihre untere Stellung zurückschlägt.

b) Bei einer zweiten Gruppe von Verschlüssen wird das Gestell selbst durch einen vom Schlepper eingerückten Widerstand festgehalten. Hierhin gehört der Knohlsche Drehriegel ( $r$  in Fig. 475), der in der einen Stellung (punktiert gezeichnet) sich über die eine Schiene des Anschlags legt und dadurch die Zufahrt zum Bremsberge sperrt, da seine

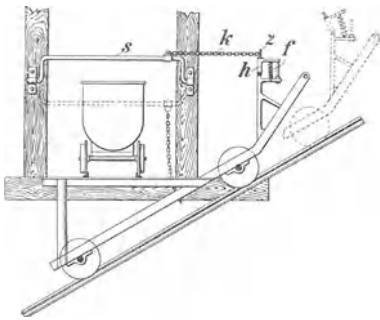


Fig. 474. Bremsberg-Verschluss mit gekröpfter Stange und Kette.

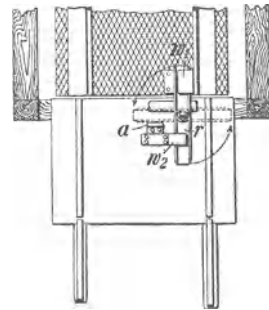


Fig. 475. Knohlscher Drehriegel.

Drehung durch den Anschlag  $a$  verhindert wird. Der Schlepper ist genötigt, den Drehriegel in die in der Figur gezeichnete Lage zu bringen. Da dieser aber dann in den Bremsberg vorspringt und so die Förderung im Bremsberge unmöglich macht, so kann dieses Herumlegen des Hebels nur dann geschehen, wenn das Gestell sich vor dem Anschlage befindet. Der Riegel greift dann unter eine auf dem Gestellboden befestigte Klaue  $w_1$  und eine zweite Klaue  $w_2$  am Anschlag und hält auf diese Weise das Gestell fest. Um das Gestell durch Zurücklegung des Riegels wieder frei zu geben, ist der Anschläger genötigt, das Gestänge wieder zu sperren. Ähnlich wirkt ein Verschluss von Hirtz und Peisen.<sup>1)</sup>

Ein einfaches Mittel ist auch der Bestsche bogenförmige Schubriegel ( $r$  in Fig. 476)<sup>2)</sup>, der in der gezeichneten Stellung die Schiene sperrt, in der punktiert angedeuteten aber unter eine Klaue am Gestell faßt und dieses festhält. Seine Verschiebung erfolgt mittels des Handgriffs  $g$ .

c) Bei einer dritten Gruppe wird für gewöhnlich ein Widerstand dem Öffnen des Verschlusses entgegengesetzt und dieser Widerstand nur

<sup>1)</sup> Glückauf 1902, S. 472; Hecker: Die Förderung auf der Düsseldorfer Ausstellung.

<sup>2)</sup> Glückauf 1904, S. 1634; Best: Sicherheitsvorrichtung für Bremsschächte.

durch das Fördergestell selbst ausgelöst, so daß der Verschuß nur während des Aufenthaltes des Gestells am Anschlage geöffnet werden kann. Außerdem wird durch die Öffnung des Verschlusses ein Widerstand betätigt, der das Gestell am Anschlage festhält, bis der Verschuß wieder hergestellt ist. Von den zahlreichen Verschlüssen dieser Gruppe sei hier nur der Blechschmidtsche erwähnt. Derselbe ist für Angeltüren bestimmt und wird durch Fig. 477<sup>1)</sup> veranschaulicht. Mit der Tür *a* verschiebt sich der Winkelhebel *bc* und dringt dadurch in einen Schlitz *f* des Führungshuhes des Gestells ein, wodurch dieses festgehalten wird. Diese Bewegung und damit das Öffnen der Tür kann jedoch erst dann erfolgen, wenn die um einen Bolzen drehbare und in dem Ausschnitt *g* der Spurlatte sich bewegend Blechscheibe *d* durch das Gestell so weit zurückgedreht wird, daß die Verlängerung des Winkelhebels *c* durch die Öffnung *l* dieser Platte hindurchgeschoben werden kann. Die Freigabe des Gestells erfolgt durch Schließen der Tür, wodurch der Hebel und damit die Stange *c* wieder aus dem Führungshuh des Gestells entfernt wird, während die Blechplatte *d* in ihre Verschußstellung selbsttätig zurückfällt.

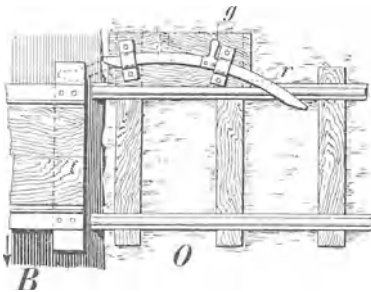


Fig. 476. Betscher Schubriegel.

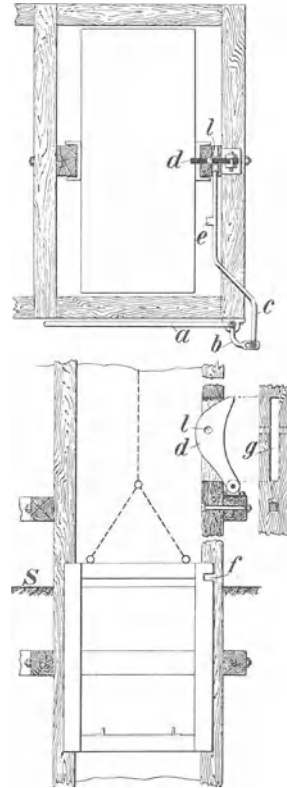


Fig. 477. Bremsschachtverschluss nach Blechschmidt.

Die Verschlüsse dieser Art leiden an dem Mangel, daß sie einen nur geringen Spielraum gestatten und daher durch Verbiegungen infolge von Stößen oder durch kleine Verschiebungen der Zimmerung infolge des Gebirgsdruckes leicht unbrauchbar gemacht werden können.

**126. — Verschlüsse, deren Betätigung von der Stellung des Bremshebels abhängig gemacht wird.** Von Verschlüssen dieser vierten Gattung sei zunächst derjenige von Bergrat Morsbach (Fig. 478) erwähnt, der nur für seigere Schächte bestimmt ist. Bei dieser Verschußvorrichtung hängt im Bremsschachte eine dünne Stange *b*, in die vor den einzelnen

<sup>1)</sup> Sammelwerk, Bd. V, S. 209.

Anschläge gekröpfte Stücke  $a_1—a_6$  eingeschaltet sind. Den Kröpfungen  $d_1—d_6$  dieser Stücke, die für die einzelnen Anschläge in verschiedenen Höhen angebracht sind, liegen Stifte  $p_1—p_6$  an den Schiebetüren der Anschläge gegenüber, so daß diese Türen nur dann geöffnet werden können, wenn die Kröpfungen vom Anschläger durch Lüften des Hebels  $g_1$

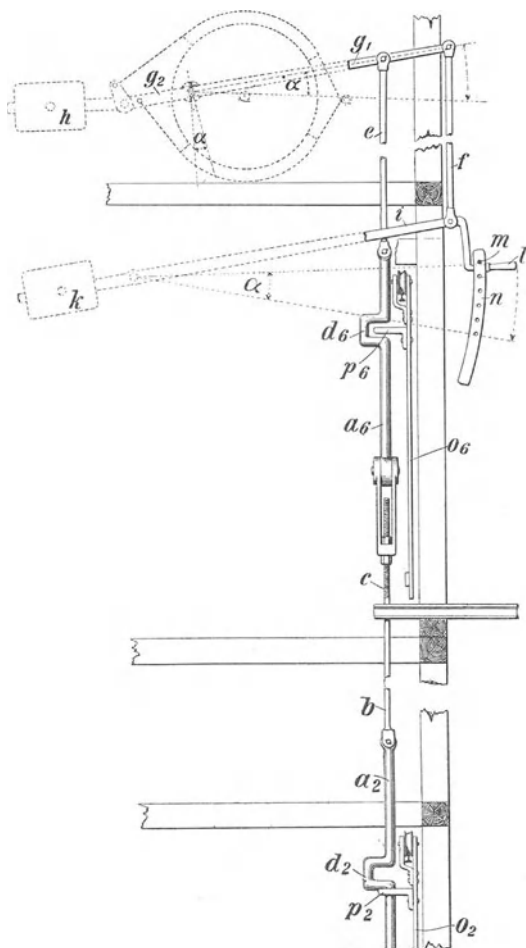


Fig. 478. Bremsschachtverschluß nach Morsbach.

mittels der Stange  $f$  und des Hebels  $l$  so weit angehoben werden, daß Kröpfung und Stift in gleiche Höhe kommen. Dazu ist bei jedem Anschläge eine verschieden große Bewegung des Hebels erforderlich. Zur Erleichterung der Bewegung der Stange ist diese durch den Hebel  $i$  mit Gegengewicht  $k$  ausgeglichen. Am Bremsstande befindet sich ein Bügel  $n$ , in dem sich der Handgriff  $l$  des Hebels  $i$  bewegt, wobei dieser in jeder der verschiedenen Stellungen durch Einstecken eines Splintes  $m$  festgehalten werden kann. Die Stange  $b$  hängt nun an dem Bremshebel  $g_1$ , der mit einem Gelenk versehen ist, so daß durch eine Drehung von  $g_1$  um den Winkel  $\alpha$  der Verschluß der Bremse durch das Gegengewicht  $h$  noch nicht geöffnet wird. Der Bremsers ist also in der Lage, durch Einstecken des entsprechenden Bolzens in den Bügel  $m$  jeden beliebigen Zwischenanschlag frei zu geben. Die Lüftung der Bremse kann erst dann erfolgen, wenn die Tür des Zwischenanschlages wieder in die Verschlußstellung gebracht und dadurch die entsprechende Kröpfung freigegeben wird, so daß das vordere Ende des Bremshebels ganz nach unten gezogen werden kann.

Ein anderer Verschluß dieser Art ist derjenige von Giese, bei dem nach Fig. 479 die Verriegelung der Schiebetüren vor den einzelnen An-

schlagen durch die Hebel  $bb$  veranlaßt wird; durch Senken der in der Mitte gelenkig miteinander verbundenen Hebel  $b$  in die Stellung, wie sie bei dem unteren Anschlag dargestellt ist, werden die Schiebetüren  $aa$  freigegeben. Diese Senkung erfolgt mit Hilfe der Drähte  $d$  von den Hebeln  $e$  aus, welche letzteren für gewöhnlich durch die Bolzen  $f$  in ihrer Verschußstellung festgehalten werden. Die Hebel  $e$  sind nun außerdem nach oben durch Verbindungsdrähte mit einem Ringe  $i$  gekuppelt, von dem aus ein weiterer Draht zu einer Wippsstütze  $l$  führt. Die letztere ist durch das Gewicht  $n$  so ausgeglichen, daß sie für gewöhnlich nach der Seite gezogen wird und damit den Bremshebel  $m$  freigibt. Sobald jedoch einer der Anschlagverschlüsse geöffnet ist, wird durch das Übergewicht der Sperrhebel  $b$  die Wippsstütze in die gezeichnete Stellung gebracht, in der sie das Lüften des Bremshebels so lange unmöglich macht, bis die Tür wieder geschlossen ist und die Sperrhebel wieder in die sölhliche Stellung gebracht sind. Außerdem wird durch das Öffnen der Tür der Schuh  $r$  mit Hilfe des Hebels  $p$  in den Schacht hineingedreht, so daß er den Boden des Gestells festhält und dieses erst durch Schließen der Türen wieder freigegeben werden kann.

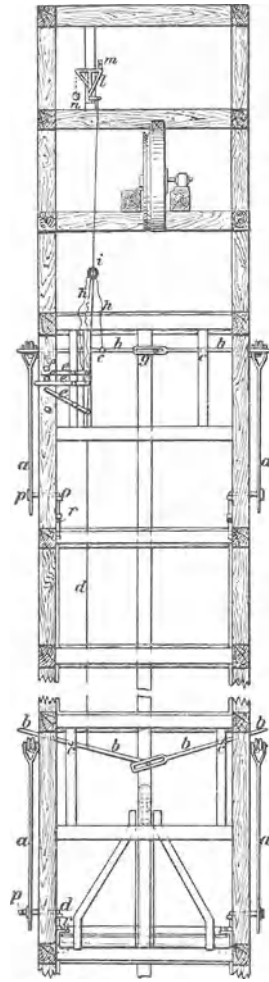


Fig. 479. <sup>1)</sup> Bremschachtverschluß nach Giese.

### III. Schachtförderung.

#### Einleitung.

127. — **Bedeutung der Schachtförderung für die verschiedenen Bergbaugebiete.** Die Schachtförderung umfaßt die Förderung der unterirdisch gewonnenen Massen zur Erdoberfläche. Sie ist heute für zahlreiche Bergbaubezirke sehr wichtig geworden, weil sowohl die Förderteufen

<sup>1)</sup> Sammelwerk, Bd. V, S. 212.

als auch die gleichzeitig zu hebenden Lasten mehr und mehr angewachsen sind. Die durch diese beiden Größen verursachten Schwierigkeiten steigern sich gegenseitig, indem größere Tiefen zur Ermöglichung einer gewissen Förderleistung dazu nötigen, die gleichzeitig zu fördernden Lasten entsprechend zu steigern. Aus dieser stärkeren Belastung ergibt sich eine Reihe besonderer Schwierigkeiten für das Heben dieser Lasten und für die dazu bestimmten maschinellen Vorrichtungen.

Für die Schachtförderung bietet der Steinkohlenbergbau die weitaus schwierigsten Bedingungen, da er sowohl die Bewältigung sehr großer Massen verlangt, als auch in teilweise schon sehr bedeutende Tiefen eingedrungen ist. Der Erzbergbau kommt in Deutschland wegen seiner geringen Fördermengen und mäßigen Fördertiefen mit bedeutend kleineren Förderleistungen aus, stellt jedoch in manchen ausländischen Bergbaugebieten (z. B. am Oberen See in Nord-Amerika, in Australien und in Transvaal) an die Schachtförderung Ansprüche, die denen unserer großen Steinkohlengruben mindestens gleichkommen. Der deutsche Kalisalzbergbau hat zwar mit teilweise großen Tiefen, aber dafür nur mit mäßigen Fördermengen zu rechnen, während beim Braunkohlenbergbau umgekehrt (soweit überhaupt hier Tiefbau betrieben wird) die Fördermengen bedeutend, die Teufen aber meist geringfügig sind.

**128. — Allgemeine Möglichkeiten der Schachtförderung.** Die Ausführung der Schachtförderung ist verschieden, je nachdem man

1. sich damit begnügt, die gewonnenen Massen einfach in besondere Schachtfördergefäße (englisch: „skips“) zu stürzen, also ohne die tote Last der Förderwagen zutage zu heben (Gefäßförderung), oder
2. die Streckenfördergefäße auf besondere Gestelle aufschiebt und mit diesen zutage hebt (Gestellförderung).

Von den beiden Verfahren ist für den Steinkohlenbergbau aller Länder die Gestellförderung das fast allein in Betracht kommende. Sie verdankt diese herrschende Stellung dem Umstande, daß die Kohle hierbei ohne Umladung befördert werden kann und infolgedessen ihre Zerkleinerung sowohl als auch die Staubbildung verhütet wird. Es läßt sich jedoch nicht verkennen, daß diese Förderungsart schwerwiegende Nachteile in sich schließt, die es erklärlich erscheinen lassen, daß man für Mineralien, bei denen auf diese Gesichtspunkte nicht Rücksicht genommen zu werden braucht, in großem Umfange von der Gefäßförderung Gebrauch macht. In diesem Buche kann die letztere allerdings nur ganz kurz besprochen werden.

### Gefäßförderung (Skip-Förderung).

**129. — Einiges über die Ausführung der Gefäßförderung.** Die Gefäßförderung läßt sich am einfachsten in tonnlägigen Schächten durchführen. Die Füllung der Gefäße unter Tage erfolgt von einem Vorratbehälter aus, der am Füllorte hergestellt wird und in den oben die Förderwagen mit Hilfe von Wippem entleert werden. An Zwischenanschlägen können im Gestänge Klappschienen vorgesehen werden, die man hochklappt, wenn ein „skip“ dort gefüllt werden soll.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Glückauf 1908, S. 335; Baum: Kohle und Eisen in Nordamerika.

Die Entleerung über Tage wird jetzt stets selbsttätig bewirkt. Nach den Figuren 480 und 481 erfolgt sie bei tonnlägiger Förderung dadurch, daß die Vorderräder  $r_1$  des Gefäßes  $f$  auf zwei näher zusammenstehenden Schienen  $s_2$  laufen, die an der Hängebank annähernd rechtwinklig umgebogen werden, so daß das am unteren Ende mittels des um  $g$  drehbaren Bügels  $b$  vom Seil gefaßte Gestell an der Hängebank selbsttätig hinten hochgehoben und in die Kipplage gebracht wird.

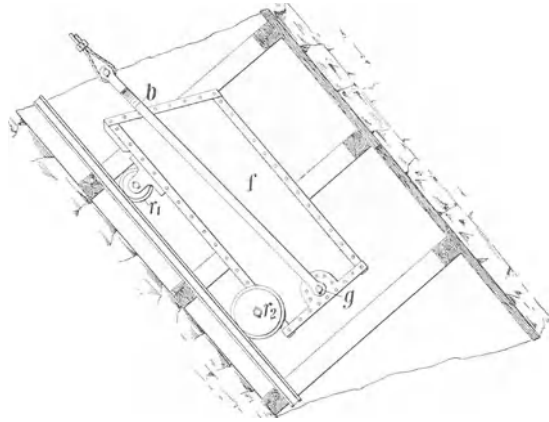


Fig. 480. Fördergefäß (skip) in einem tonnlägigen Schachte.

Bei Seigerförderung kann das Stürzen in ähnlicher Weise erfolgen. Wie die schematische Darstellung in Fig. 482 zeigt, wird das Fördergefäß dadurch, daß seine Vorderräder in die doppelte, schräg nach außen

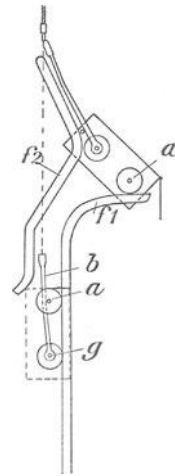
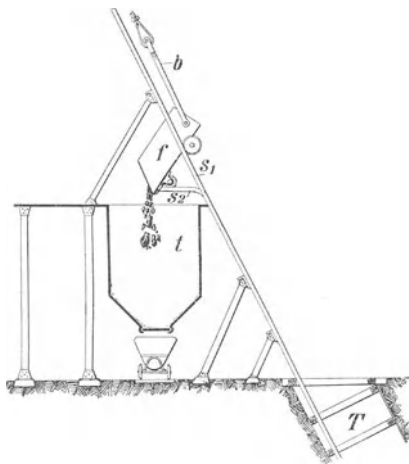


Fig. 482.

Fig. 481. Entleerung bei tonnlägiger Förderung. Entleerung bei seigerer Förderung.  
Fig. 481 und 482. Entleerung der Fördergefäße über Tage.

verlaufende Führung  $f_1$   $f_2$  gelangen, gezwungen, mit den Vorderrädern auf den rechtwinklig umgebogenen Schienen  $f_1$  weiter zu laufen, während sein hinteres Ende durch den Zug des Förderseiles an dem daselbst drehbar angreifenden Tragbügel  $b$  angehoben wird. Bei der Förderung im

Schachte (s. die punktiert gezeichnete Stellung) wird das Gefäß dadurch gegen die Führungen gedrückt, daß der Bügel *b* sich gegen die Verlängerungen der Achse *a* legt.

**130. — Beurteilung der Gefäßförderung und Vergleich mit der Gestellförderung.** Ein Hauptvorteil der Gefäßförderung ist die Verringerung der toten Förderlast, da außer den Mineralien nur die Schachtfördergefäße bewegt zu werden brauchen. Dadurch ergibt sich die für tiefe Schächte sehr wichtige Möglichkeit, mit dünneren Seilen auskommen zu können, so daß alle mit der Seilbewegung und dem Seilgewicht zusammenhängenden Schwierigkeiten bedeutend verringert werden. Rechnet man z. B. mit einer im Anfang 8 fachen Sicherheit des Seiles und Drähten von 150 kg Bruchfestigkeit je 1 qmm, so ergibt sich für 1000 m Teufe der folgende Zahlenvergleich zwischen beiden Förderarten bei 4800 kg Nutzlast und einem dementsprechenden Gewicht von 2800 kg für die Wagen und 5000 kg für das Gestell bezw. 3000 kg für das Gefäß:

	Nutzlast	tote Last	Verhältnis von toter Last zur Nutzlast	Grundfläche eines Fördertrummess	Seilgewicht	Gesamtbelastung des Seiles
	kg	kg		qm	kg	kg
Gefäßförderung	4800	4300	~ 0,9 <sup>1)</sup>	2,4	9 300	18 400
Gestellförderung	4800	7800	~ 1,6	3,6	12 800	25 400

Dabei ist noch zu berücksichtigen, daß eine Erhöhung der gleichzeitig gehobenen Kohlenmenge bei der Gestellförderung viel schwieriger als bei der Gefäßförderung ist. In der Tat sind im Diamantbergbau von Kimberley bereits Fördergefäße mit bis zu 11 t Inhalt im Gebrauch,<sup>2)</sup> die nur 6600 kg wiegen.

Ferner ist ein wesentlich geringerer Wagenpark erforderlich, weil die Wagen nach Entleerung bedeutend schneller vor Ort zurückkehren können. Weiterhin ergibt sich die Annehmlichkeit einer größeren Unabhängigkeit der Streckenförderung von der Schachtförderung und umgekehrt, so daß geringe Störungen der einen auf die andere nicht einwirken. Diese Unabhängigkeit geht so weit, daß auf verschiedenen Sohlen gleichzeitig Streckenförderung umgehen kann, ohne daß deshalb die Schachtförderung in kurzen Zwischenräumen durch „Umstecken“ der Seiltrommeln von der einen auf die andere Sohle umgeschaltet zu werden braucht. Vielmehr genügt es in solchen Fällen, wenn jede Sohle z. B. für die Dauer einer Förderschicht an die Schachtförderung angeschlossen wird;

<sup>1)</sup> Dies Verhältnis ist für Kohlenförderung berechnet, bei Erzförderung sinkt es bis auf 0,6.

<sup>2)</sup> Engineering & Min. Journ. 1911, Bd. 92, S. 582; The Kimberley hoisting skips.

während der anderen Schicht können die Förderwagen in den Vorratbehälter am Füllort entleert werden. Dazu kommt der ruhige Gang der Fördergefäße im Schachte, weil in ihnen keine Schwerpunktverschiebungen, wie sie durch Bewegungen der Wagen auf den Fördergestellen eintreten, möglich sind. Auch die Ansprüche an den in der Schachtscheibe zur Verfügung zu stellenden Raum werden wegen des Wegfalls der Förderwagen und der Zwischenräume zwischen ihnen und den Fördergestellwandungen bedeutend verringert. Nach dem in der Zahlentafel zugrunde gelegten Beispiel beträgt der Raumbedarf für die Gefäßförderung mit 2,4 qm nur  $\frac{2}{3}$  desjenigen für die Gestellförderung mit 3,6 qm. Das Füllen und Entleeren der Gefäße erfolgt selbst bei größerem Inhalt derselben in sehr kurzer Zeit, auf den Kimberley-Gruben in Südafrika z. B. in nur je 5 Sek. bei Benutzung von mechanisch betätigten Verschlußschiebern der Füllrumpfe.<sup>1)</sup> Demgemäß ist auch die Leistungsfähigkeit derartiger Förderanlagen sehr bedeutend: auf den genannten Gruben sind Förderleistungen von 4000 t in 11 Std. aus 475 m Tiefe und 5000 t in 24 Std. aus 1150 m Tiefe erzielt worden. Endlich fällt auch das mehrmalige Umsetzen, wie es bei der Gestellförderung meist üblich ist, fort und mit ihm die dabei möglichen Mißverständnisse und die ungünstigen Belastungen der Maschine.

Andererseits erschwert die Gefäßförderung allerdings die Seilfahrt, da für diese die Fördergefäße gegen besondere Fördergestelle ausgetauscht werden müssen.<sup>2)</sup>

Die Gefäßförderung ist wegen ihrer Vorzüge, die in erster Linie für die Erzförderung aus großen Teufen zur Geltung kommen, im nordamerikanischen, südafrikanischen und australischen Erzbergbau in großem Umfange in Anwendung.

## Gestellförderung.

### A. Die im Schachte sich bewegenden Teile und die unmittelbar für sie bestimmten Vorrichtungen.

#### a) Die Förderseile.

**131. — Vorbemerkung.** Die Gestellförderung erfolgt mit unerheblichen Ausnahmen durchweg mit Hilfe von Seilen, mit denen die Fördergestelle im Schachte bewegt werden. Diese Seile verdienen bei der Wichtigkeit, die ihnen heute zukommt, eine ausführlichere Besprechung.

Die Förderseile können in verschiedene Gruppen eingeteilt werden, je nachdem man den Stoff, aus dem sie bestehen (Pflanzenfaser oder Draht), oder die Art und Weise, wie sie aus einzelnen Teilen zusammengeflochten sind (Band- und Rundseile, Litzenseile, Kabelleile usw.) zugrunde legt.

**132. — Pflanzenfaserseile.** Unter den Seilen aus Pflanzenfaser werden Hanf- und Aloëseile unterschieden, von denen die letzteren die

<sup>1)</sup> Engineering & Min. Journ. 1908, Bd. 86, S. 1010; Rapid hoisting.

<sup>2)</sup> Vgl. z. B. Mines & Minerals 1910, Bd. 30, S. 359; Skip changing devices at Butte usw.



weitaus größte Bedeutung haben.<sup>1)</sup> Beide Arten von Seilen müssen für nasse Schächte mit einem fäulniswidrigen Stoffe getränkt werden, als welcher in der Regel Teer verwendet wird. Diese Teerung erfolgt in der Faser selbst vor der Verseilung. Es tritt dabei eine Gewichtszunahme ein, die zwischen 13 und 15 % des Seilgewichts schwankt.

Die Pflanzenfaserseile zeichnen sich durch sehr große Biegsamkeit aus. Sie eignen sich vorzüglich als Band- oder Flachseile, so daß sich mit ihnen alle diejenigen Vorteile erzielen lassen, die mit der Verwendung von Bandseilen verknüpft sind und bei Besprechung dieser Seilart selbst näher dargelegt werden sollen. Auf der andern Seite ist die Tragfähigkeit solcher Seile eine verhältnismäßig geringe: sie beläuft sich bei 10 facher Sicherheit für Hanf auf etwa 60 kg, für Aloë auf 65—75, ausnahmsweise bis 90 kg je qcm Querschnitt, so daß schon bei verhältnismäßig geringen Tiefen die Tragfähigkeit nicht mehr zum Tragen des Seilgewichts selbst ausreichen würde, wenn man das Seil in gleicher Stärke von oben nach unten herstellen wollte (vgl. S. 449). Jedoch läßt sich durch Verjüngung des Seiles nach unten hin (Ziff. 139) die Förderung aus wesentlich größeren Teufen ermöglichen. Derartige Seile erfreuen sich im belgischen und französischen Bergbau noch heute einer großen Beliebtheit; namentlich in Belgien haben sich die Stahlrundseile erst in ganz geringem Maße einführen können.

Als ein Vorzug der Pflanzenfaserseile wird noch angegeben, daß sie „warnen“, d. h. kurz vor dem Reißen sich in auffälliger Weise längen. Jedoch ist dieser Vorzug nicht zu überschätzen, weil dann der Seilbruch schon sehr nahe ist.

**133. — Drahtseile. Allgemeine Bemerkungen.** Die Erfindung der Drahtseile geht auf den Klausthaler Oberbergrat Albert zurück, der im Jahre 1834 in den tiefen Oberharzer Schächten die ersten Versuche, und zwar mit Eisendrahtseilen anstellte, nachdem die hier vorher an Stelle der Hanfseile versuchten Ketten sich nicht bewährt hatten. Heute kommt für die Schachtförderung nur noch Stahldraht in Frage.

Die Stahlförderseile haben sich für alle diejenigen Bergbaubezirke eingebürgert, welche die Förderung von großen Massen (8000 bis 12000 kg und mehr einschließlich des Gestellgewichts) aus größeren Teufen anstreben. Solche Verhältnisse liegen z. B. auf vielen Gruben im deutschen Steinkohlenbergbau vor. Da die Stahldrahtseile sich als Bandseile wenig eignen, werden sie in der Regel als Rundseile hergestellt. Es ergeben sich daraus sowie aus ihrer geringen Biegsamkeit eine Reihe von Schwierigkeiten, die bei Pflanzenfaserseilen unbekannt sind.

Als Stoff kommt für Stahldrahtseile heute durchweg bester Siemens-Martin-Stahldraht zur Verwendung.<sup>2)</sup> Die einzelnen Drahtlängen werden für tiefe Schächte durch Lötung zu langen Drähten verbunden, wobei man darauf achtet, daß die Lötstellen, die das Seil schwächen, auf die

<sup>1)</sup> Die Ausdrücke „Aloëfaser. Aloëseil“ usw. haben sich in der Technik erhalten, obwohl es sich jetzt dabei durchweg um die Faser einer Bananenart (*musa textilis*) handelt, die vorzugsweise auf den Philippinen gezogen wird (daher auch die Bezeichnung „Manilahanf“).

<sup>2)</sup> Die vielfach gebrauchte Bezeichnung „Tiegelgußstahldraht“ ist unrichtig.

einzelnen Drähte möglichst gleichmäßig verteilt, d. h. gegeneinander versetzt werden. Doch sucht man mit möglichst wenig Lötstellen auszukommen, also möglichst lange Drähte zu verwenden. Der Stahl darf nicht zu spröde sein, weil an seine Biegsamkeit sehr hohe Anforderungen gestellt werden (vgl. S. 447). Man begnügt sich daher meist mit Zugfestigkeiten von 120—180 kg je qmm, obwohl es möglich wäre, die Bruchbelastung auf etwa 250 kg zu steigern und damit den Querschnitt eines Förderseiles erheblich zu verringern. Jedoch kann nicht gesagt werden, daß allgemein mit zunehmender Tragfähigkeit die Biegsamkeit in demselben Verhältnis abnimmt; innerhalb gewisser Grenzen hält härterer Draht sogar mehr Biegungen aus als weicherer<sup>1)</sup>.

Stahlseile müssen zum Schutze gegen Rost u. dgl. gut eingefettet werden. Bei der Wahl der Seilschmiere ist darauf zu achten, daß diese keine Säure enthält. In nassen Schächten bevorzugt man vielfach Seile aus verzinktem Draht, da in solchen Schächten eine ausreichende Schmierung schwer durchzuführen ist. Doch ist die Schutzwirkung der Verzinkung hinter den Erwartungen zurückgeblieben. Namentlich gegen saure und salzige Wasser schützt sie wenig,<sup>2)</sup> da diese auch den Zinküberzug bald zerstören. Überdies ist Vorsicht bei der Ausführung der Verzinkung erforderlich, da bei zu großer Hitze der Draht in seiner Biegsamkeit beeinträchtigt wird.<sup>3)</sup> Auch für die Treibscheibenförderung<sup>4)</sup> kamen früher vorzugsweise verzinkte Seile zur Verwendung, weil man nicht durch Schmierung die Reibung verringern wollte. Heute jedoch werden Seilschmierer hergestellt, die ein säurefreies Harz enthalten, so daß die Seile bei vorsichtiger Schmierung nicht mehr rutschen als verzinkte Seile.

Versuche, durch Zusatz von Nickel zum Stahl die Rostgefahr zu verringern,<sup>5)</sup> haben ergeben, daß geringe Zusätze nichts nützen, größere Zusätze aber den Stahl unverhältnismäßig verteuern und seine Zugfestigkeit zu sehr herabsetzen.

Nach der Flechtart unterscheidet man Bandseile einerseits und Rundseile andererseits, sowie eine Anzahl verschiedener Rundseilarten.

<sup>1)</sup> Glückauf 1912, S. 1198; Speer: Die Sicherheit der Förderseile.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1908, S. 88; Wagner: Die Rostgefahr von Drahtseilen.

<sup>3)</sup> Glückauf 1910, S. 790; Speer: Mechanische Untersuchungen über den Einfluß der Verzinkung auf Förderseile. — Dasselbst, S. 901; Dr. Winter: Metallographische Untersuchungen über den Einfluß der Verzinkung usw.

<sup>4)</sup> Obwohl hier noch nicht der Ort ist, auf die Bauart der Fördermaschinen näher einzugehen, so muß doch zum Verständnis des Folgenden bereits darauf aufmerksam gemacht werden, daß für Rundseile ebenso wie bei der Bergförderung Maschinen mit Trommel und mit Scheibe („Treib-“ oder „Koepe-“ Scheibe) in Frage kommen. Bei den letzteren wird im Gegensatz zu den Trommelmaschinen das Seil nur durch die Reibung zwischen diesem und der Treibscheibe mitgenommen; es muß also nach Möglichkeit alles vermieden werden, was diese Reibung herabmindert.

<sup>5)</sup> Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwes. 1905, S. 41; Diviš: Förderseildraht aus Nickelstahl.

**134. — Bandseile.** Bandseile (Flachseile) werden in der Weise hergestellt, daß (Fig. 483) eine Anzahl kleiner Seile 1—6 (in der Regel aus je 4 Litzen bestehend) nebeneinander gelegt und durch Nählitzen oder Nähdrähte *n* zu einem breiten Seile verbunden werden. Dabei wird zur Verhütung eines einseitigen Dralls im Seile darauf geachtet, daß die Windungen der Drähte bzw. Fasern je zweier benachbarter Litzen in entgegengesetztem Sinne verlaufen.

Bandseile haben den großen Vorzug vor Rundseilen, daß sie sich übereinander aufwickeln lassen. Daraus ergibt sich eine Reihe weiterer Vorteile. Zunächst fallen die schweren Trommeln an der Fördermaschine weg, wie sie für Rundseile, wenn nicht mit Treibscheiben gefördert wird, notwendig sind; an ihre Stelle treten leichte Seilkörbe („Bobinen“, vgl. weiter unten). Dadurch wird nicht nur die Fördermaschine bedeutend leichter, ihre Steuerung viel handlicher und die Gefahr des Übertreibens erheblich verringert, sondern es wird auch ermöglicht, die Fördermaschine nahe an den Schacht heranzurücken, da Seilkörbe und Seilscheiben in je eine seigere Ebene gelegt werden können und eine seitliche Ablenkung des Seiles zwischen Maschine und Schacht, wie sie bei Trommelmaschinen auftritt, fortfällt.

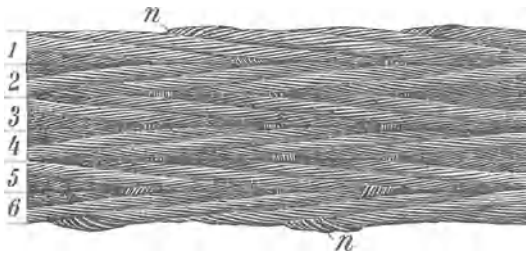


Fig. 483. Sechslitziges Stahlbandseil.

Diesen großen Vorzügen der Bandseile steht der Übelstand gegenüber, daß wegen der Aufwicklung des Bandseiles in übereinanderliegenden Windungen das obere Fördergestell an einem großen, das andere

an einem kleinen Durchmesser hängt und infolgedessen bei einer und derselben Bewegung der Maschine das obere Gestell um ein größeres Stück gehoben und gesenkt wird als das untere. Es müssen daher beim Umsetzen beide Fördergestelle unabhängig voneinander bewegt werden, was die Förderung sehr aufhält und außerdem durch fortwährendes Hängeseil auf der einen oder der anderen Seite und dessen ruckweises Wegholen beim Anheben mittels der Maschine das untere Seilende nebst Einband und Zwischengeschirr sehr ungünstig beansprucht.

Die Vorzüge der Bandseile kommen voll zur Geltung bei den Aloëseilen, denn diese können wegen ihrer sehr großen Biegsamkeit auf einen so kleinen Durchmesser gewickelt werden, daß das Verhältnis zwischen diesem und dem größten Durchmesser immer derartig bleiben kann, daß nahezu volle Seilausgleichung (s. Ziff. 183) erzielt wird. Außerdem ist der infolge des Übereinanderlegens der einzelnen Windungen eintretende Seilverschleiß unbedeutend. Endlich ist das Aloëseil naturgemäß gegen die zahlreichen Stauchungen und Stöße bei dem häufigen Umsetzen der Fördergestelle wenig empfindlich. Anders dagegen sind Stahlflachseile zu beurteilen. Hier können die gegenseitigen Windungen beim Aufwickeln sich ineinanderpressen und beim Wiederabwickeln einzelne Drähte gelockert und

allmählich gebrochen werden. Nach Bruch einiger Drähte schreitet dann die Zerstörung des Seiles schnell fort. Zudem werden durch die Nählitzen die Tragdrähte gequetscht und dadurch gleichfalls in ihrer Haltbarkeit beeinträchtigt. Außerdem steigern die Nählitzen das tote Gewicht. Die gleichmäßige Verteilung der Zugbeanspruchung auf den ganzen Querschnitt ist bei Stahlbandseilen sehr schwierig, so daß leicht Überbeanspruchungen einzelner Drähte eintreten. Ferner ist man bei Stahlseilen an einen gewissen kleinsten Aufwicklungsdurchmesser gebunden, so daß die Ausgleichung der Seilgewichte weit weniger vollkommen als bei Aloëseilen ausfallen kann. Die Stauchungen infolge des häufigen Hängeseils schaden dem Stahlbandseil auf die Dauer sehr bedeutend. Es erklärt sich daraus, daß Aloëbandseile noch heute in großen Bergbaugebieten eine hervorragende Rolle spielen, dagegen Stahlbandseile sich nur in geringem Maße eingebürgert haben.

**135. — Rundseile. Herstellung im allgemeinen.** Die Rundseile können in verschiedener Weise hergestellt werden. Hinsichtlich der Verbindung der Drähte sind zu unterscheiden Seile, die einfach aus konzentrischen Drahtlagen hergestellt und Seile, welche aus einer Anzahl kleinerer Seile (Litzen) zusammengedreht werden. Unter den letzteren unterscheidet man noch solché, bei denen das Seil aus den Litzen selbst besteht (vgl. Fig. 484 bis 487), und Seile, bei denen jede Litze ihrerseits (hier „Seilchen“ oder „Schenkel“ genannt) noch wieder aus einem Bündel von Litzen zusammengedreht ist. Bei Seilen der letzteren Art erhält man naturgemäß eine sehr große Anzahl dünnerer Drähte für den ganzen Querschnitt und damit eine große Biegsamkeit des Seiles. Solche Seile eignen sich also in erster Linie für Kabelseile, die auf einen kleinen Durchmesser aufgewickelt werden müssen. Für Förderseile finden sie weniger Verwendung, weil die geringe Dicke der einzelnen Drähte auch leicht zur Zerstörung von Drähten durch Verschleiß und Rost Veranlassung gibt.

Die Drahtdurchmesser schwanken im großen und ganzen zwischen 1,7 und 2,5 mm. Die dickeren Drähte werden für nasse Schächte und stärkere Reibungsbeanspruchungen, die dünneren für größere Biegebearbeitungen bevorzugt.

**136. — Herstellung der Litzenseile.** Nach der Flechtart können Litzenseile zunächst unterschieden werden in solche, bei denen die Drähte in den Litzen nach derselben Richtung gewunden sind wie die Litzen im Seile, und solche, bei denen diese beiderseitigen Windungen entgegengesetzt gerichtet sind. Seile der ersteren Gattung werden als Seile mit „Längsschlag“ bezeichnet, den man auch nach dem Erfinder der Drahtseile, dessen erste Seile in dieser Art hergestellt waren, „Albert-Schlag“

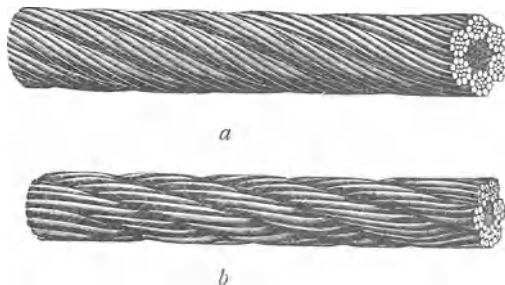


Fig. 484. Längsschlag (a) und Kreuzschlag (b) bei Drahtseilen.

(„altes Machwerk“) nennt. Solche Seile haben den Vorteil, daß der einzelne Draht verhältnismäßig lange an der Oberfläche des Seiles bleibt und daher dieses eine glattere Oberfläche erhält (Fig. 484 *a*). Da infolgedessen in den Seilscheiben und Trommelrillen das Seil mit großer Fläche aufliegt, wird der einzelne Punkt bedeutend weniger gedrückt und damit der Verschleiß wesentlich verringert. Ein Nachteil der Seile ist dagegen der stärkere Drall, da sowohl die Drähte in den Litzen als auch die Litzen im Seile das Bestreben haben, sich nach derselben Seite hin auseinanderzudrehen, beide Kräfte sich also summieren. Die einzelnen Drähte verlaufen schräg zur Seilachse.

Bei Seilen mit Kreuzschlag ergeben sich die entgegengesetzten Eigenschaften. Die Oberfläche ist hier (vgl. Fig. 484 *b*) viel welliger, weil jeder Draht nur kurze Zeit an der Oberfläche bleibt. Der Seilverschleiß ist wegen der geringeren Auflagefläche stärker, wogegen andererseits der Drall der einzelnen Litzen und derjenige des ganzen Seiles in entgegengesetztem Sinne wirken und sich dadurch größtenteils ausgleichen. Die Drähte verlaufen hier fast in der Richtung der Seilachse.

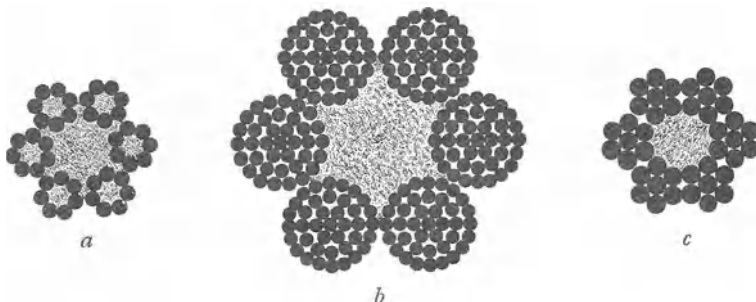


Fig. 485. Beispiele für Litzenseilquerschnitte.

Seile mit Längsschlag sind hiernach vorzugsweise für alle solche Zwecke geeignet, bei denen das Seil stark auf Oberflächenverschleiß beansprucht wird, wie das bei Seilen für Strecken- und Bremsbergförderung der Fall ist, und kommen bei der Schachtförderung in erster Linie für die Förderung mit Treibscheibe in Frage, weil die schräge Lage der einzelnen Drähte in bezug auf die Seilachse die Wirkung einer Verzahnung hat, mittels deren die Reibung zwischen Scheibe und Seil in erwünschter Weise gesteigert wird. — Kreuzschlagseile dagegen werden für Trommelförderungen bevorzugt. Im Ruhrbezirk ist z. Zt. das Verhältnis der Längsschlagseile zu den Kreuzschlagseilen bei der Treibscheibenförderung etwa wie 1,5 : 1, bei der Trommelförderung wie 0,7 : 1.

Die Litzen werden mit Hanfseelen versehen (Fig. 485 *a*) oder um Kerndrähte gewickelt (Fig. 485 *b* und *c*); ihre Verbindung zum Seile erfolgt unter Zwischenlagerung einer Seelenlitze, die in der Regel (Fig. 485 *a—c*) aus Jute besteht, um die gegenseitige Reibung der Litzen im Seile möglichst zu verringern. Ein solches Seil nimmt durch den Gebrauch infolge des Zusammenpressens der Seele einen etwas geringeren Durchmesser an und längt sich infolgedessen bedeutend, bei größeren

Tiefen gleich in den ersten Tagen um einige Meter. Die Zahl der zu einem Seile zu vereinigenden Litzen beträgt in der Regel 6—7, da sich eine größere Zahl von Litzen nicht gut verseilen läßt. Infolgedessen muß man zur Herstellung von Seilen mit größerer Tragfähigkeit zu einer Vermehrung der Drähte in den einzelnen Litzen greifen, was durch Wicklung mehrerer (in Fig. 485 *b* z. B. dreier) Drahtlagen um die Kerndrähte erreicht wird.

**137. — Besondere Arten von Litzenseilen.** Zu den bisher betrachteten Seilen mit runden Litzen stehen diejenigen mit flachen (Fig. 486 *b*) bzw. Dreikant-Litzen (Fig. 487) in einem gewissen Gegensatze. Bei diesen Seilen werden an Stelle der Kerndrähte in den Litzen Ovaldrähte oder dreikantige Formdrähte benutzt. Flachlitzige Seile werden in der Regel aus fünf, dreikantlitzige aus sechs Litzen zusammengesetzt, beide zeichnen sich vor den rundlitzigen Seilen, wie der Vergleich der

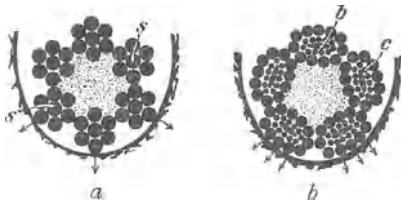


Fig. 486. Schematische Darstellung der größten Auflagefläche eines flachlitzigen Seiles (*b*) im Vergleich mit einem rundlitzigen (*a*).

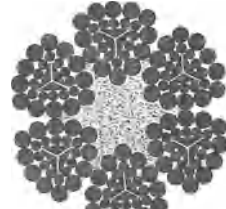


Fig. 487. Querschnitt eines dreikantlitzigen Seiles.

Figuren 486 *a* und *b* erkennen läßt, durch eine bedeutend größere Auflagefläche und demgemäß verringerten Verschleiß vorteilhaft aus. Dieser Vorzug derartiger Seile kommt besonders bei der Bremsberg- und Streckenförderung zur Geltung. Für die Schachtförderung haben dreikantlitzige Seile, mit Längsschlag hergestellt, namentlich bei der Förderung mit Treibscheibe Verwendung gefunden, weil die bei Längsschlagseilen ohnehin schon vorhandene Verzahnungswirkung, welche die Reibung vergrößert, hier infolge der verhältnismäßig großen aufliegenden Oberfläche eines jeden Drahtes in verstärktem Maße auftritt. Sie haben sich bisher gut bewährt.

**138. — Patentverschlossene Seile.** Auf einer vollständig anderen Flechtart beruhen die „patentverschlossenen“ Seile, die zu Anfang dieses Jahrhunderts auf verschiedenen Gruben eingeführt wurden und von denen Fig. 488 ein Beispiel gibt. Wie diese erkennen läßt, besteht ein solches verschlossenes Seil in der Regel aus drei verschiedenen Arten von Drähten. Der Kern des Seiles wird durch einen Seelendraht *s* und eine oder mehrere Lagen von Runddrähten  $r_1 r_2$  gebildet. Um diese legen sich mehrere Lagen von Drähten  $t_1 t_2$  mit trapezförmigem Querschnitt, während die äußere Fläche durch die schuppenartig übereinanderliegenden und das ganze Seil zusammenhaltenden „Deckdrähte“  $d_1 d_2$  von eigenartiger Querschnittform gebildet wird. Die Zahl der einzelnen Drahtlagen richtet sich nach der Tragfähigkeit, die von den Seilen verlangt wird. Solche Seile haben den großen Vorzug, daß der Seildurchmesser auf das geringst mögliche Maß herabgedrückt ist, da Zwischenräume fast ganz gefallen und daher der Seilquerschnitt nahezu ausschließlich durch die Summe der nutzbaren Metall-

querschnitte der einzelnen Drähte gebildet wird. Bei Trommelförderungen ermöglicht daher die Benutzung von patentverschlossenen Seilen, mit erheblich schmälern Trommeln auszukommen. Und wegen des Wegfalls der Hanfeinlagen und der nicht tragenden Seelendrähte bei Litzenseilen ist das Gewicht eines patentverschlossenen Seiles um 10—12% geringer als das eines Litzenseiles von gleicher Tragkraft. So hat z. B. bei Verwendung von Gußstahl mit 120 kg Bruchfestigkeit je qmm ein patentverschlossenes Seil von 130000 kg Bruchfestigkeit einen äußeren Durchmesser von 40 mm, ein gleich starkes Litzenseil dagegen einen solchen von 57 mm, und das erstere Seil wiegt 9,3 kg, das letztere 11,0 kg je lfd. Meter. Auch sind die verschlossenen Seile nahezu frei von Drall, da die Drallbestrebungen der entgegengesetzt gewickelten Drahtlagen sich gegenseitig aufheben. Wegen ihrer glatten Oberfläche ist überdies der Verschleiß ein äußerst geringer. Endlich kann wegen des dichten Schlusses der Deckdrähte Luft und Feuchtigkeit nicht zu den Kerndrähten dringen, so daß Rostwirkungen im Innern des Seiles kaum möglich sind.

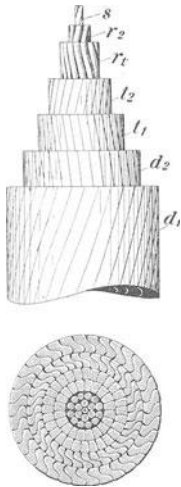


Fig. 488. Patentverschlossenes Seil mit je zwei Drahtlagen.

Diesen Vorzügen der patentverschlossenen Seile steht als wesentlicher Nachteil ihre Starrheit gegenüber. Diese Starrheit und das Fehlen einer Verbindung zwischen den einzelnen, schalenartig aufeinander ruhenden Drahtlagen macht die Seile äußerst empfindlich gegen Stauchungen, wie sie sowohl beim Auflegen des Seiles als auch besonders bei Hängeseilbildung während der Förderung sich ergeben und trotz

sorgfältiger Beobachtung aller Vorsichtsmaßregeln kaum gänzlich zu vermeiden sind. Daher haben sich patentverschlossene Seile für Förderzwecke nicht in größerem Umfange einführen können und sind meist wieder abgelegt worden. Eine hervorragende Bedeutung kommt ihnen aber überall dort zu, wo ihre glatte Oberfläche von Bedeutung und ihre große Steifigkeit kein Hinderungsgrund ist. Dieser Fall liegt z. B. vor bei Führungseilen für die Schachtförderung (s. unten) und bei Tragseilen für Drahtseilbahnen.

**139. — Verjüngte Seile.** Wie bereits oben erwähnt, kann man für größere Fördertiefen, wenn man auf die Seilausgleichung durch Unterseil (s. unten) verzichtet, das Seilgewicht dadurch verringern, daß man das Seil nach dem Einbände hin entsprechend der Verringerung der Last, welche nach unten hin infolge des stetig abnehmenden Seilgewichts eintritt, fortgesetzt dünner macht. Diese Verjüngung geschieht am besten nicht durch Verringerung der Anzahl, sondern durch Verringerung der Dicke der Drähte nach unten hin. Bei Bandseilen äußert sich die Verjüngung besonders in einer starken Verschmälerung des Seiles. Bei Rundseilen würde die Idealform diejenige eines Seiles mit vollständig gleichbleibender Belastung in jedem beliebigen Querschnitte sein. Da diese Gestaltung aber in der Herstellung auf große Schwierigkeiten stoßen würde, so zieht man es vor, die Seilstücke absatzweise von oben nach unten abnehmen zu lassen.

Beispiele für verjüngte Förderseile gibt die nachfolgende Zahlen-  
tafel.<sup>1)</sup> Die beiden untersten Zahlenreihen lassen erkennen, daß hier nur  
angenähert, am besten bei dem Aloëseil, die Gleichmäßigkeit der Belastung  
am oberen und am unteren Ende erreicht ist.

	Seilart:		
	Aloë-Bandseil	Stahlbandseil	Stahlrundseil
	Schachttiefe in m:		
	1200	704	576
Seilquerschnitt in qmm			
am oberen Ende . . . . .	420 × 49	205 × 29	1320 (41 mm Ø)
„ unteren „ . . . . .	220 × 29	170 × 24	805 (32 mm Ø)
Mittleres Gewicht je lfd. m in kg	11,00	10,76	4,88
Gesamtgewicht . . . . .	14 850	9148	3288
Größte Förderlast . . . . .	6500	8880	4986
Belastung je qmm Seil in kg			
am unteren Ende . . . . .	<b>1,10</b>	<b>12,45</b>	<b>10,00</b>
„ oberen „ . . . . .	<b>0,90</b>	<b>17,90</b>	<b>13,80</b>

Bei uns haben verjüngte Rundseile sich bisher nicht eingeführt;  
denn bei größeren Tiefen, für die sie ja in erster Linie in Betracht  
kommen würden, wird die Förderung mit Treibscheibe, bei Trommel-  
maschinen aber die Seilausgleichung durch Unterseile bevorzugt, und für  
beide Förderverfahren scheiden verjüngte Seile aus.

#### 140. — Prüfung und Überwachung der Förderseile im Betriebe.

Man hat im Laufe der Zeit erkannt, daß die größte Sicherheit gegen Ab-  
stürzen der Fördergestelle trotz aller Verbesserungen der Fangvorrichtungen  
immer noch in einer einwandfreien Beschaffenheit der Förderseile gegeben  
ist. Die Überwachung wird daher jetzt bei uns sehr sorgfältig durch-  
geführt. Sie erfolgt sowohl durch unmittelbare Beobachtung als  
auch durch Untersuchung von Seilproben, die von Zeit zu Zeit  
genommen werden.

In ersterer Hinsicht ist zu bemerken, daß in der Regel ein täg-  
liches Prüfen des Seiles durch Augenschein seitens der hierzu bestimmten  
verantwortlichen Beamten erfolgt, indem das Seil vor Beginn der Seilfahrt  
langsam einmal durch den Schacht gezogen wird. Am besten kann diese  
Prüfung bei Förderung mit elektrischen Fördermaschinen erfolgen, weil  
diese die Einstellung einer außerordentlich geringen und durchaus gleich-  
mäßigen Fördergeschwindigkeit gestatten. Außerdem ist eine ganz genaue  
Besichtigung in längeren Zwischenräumen durchaus zu empfehlen und  
demgemäß auch z. B. vom Oberbergamt Dortmund vorgeschrieben.

Bei diesen Prüfungen ist auf die Zahl der gebrochenen und auf den  
Zustand der nicht gebrochenen Drähte (z. B. ihre etwaige Schwächung  
durch Rost) sowie auf etwa locker gewordene Litzen u. dgl. zu achten.  
Da durch den Überzug von hart gewordener Schmiere, Rost, Staub usw.

<sup>1)</sup> Haton de la Goupillière: Exploitation des mines., vol. II, S. 1018.



die Feststellung solcher Mängel sehr erschwert wird, so muß von Zeit zu Zeit das Seil von solchen Krusten gereinigt werden. Eine dafür geeignete Vorrichtung ist diejenige von Salau & Birkholz in Essen (Fig. 489 rechts). Sie besteht aus einer ringförmigen Blechplatte  $c_2$ , die mit Kratzern  $f$  besetzt ist, welche durch Federn  $g$  fest gegen das Seil gepreßt werden. Damit die Platte den Bewegungen der Kratzer folgen kann, wie sie durch die Windungen des Seils bedingt werden, läuft sie auf Kugeln. Auf das

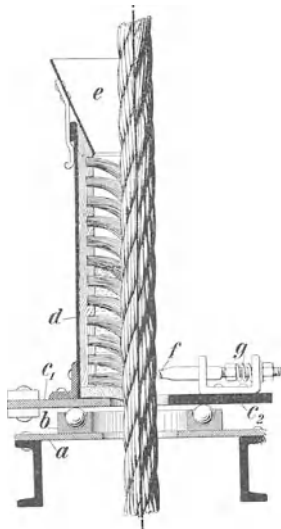


Fig. 489. Seil schmierschmervorrichtung (links) und -Reinigungsvorrichtung (rechts) von Salau & Birkholz.

Kugellager kann auch, wie die linke Hälfte der Figur veranschaulicht, eine Ringplatte  $c_1$  mit einem mit Seil schmierschmire gefüllten Blechgefäß  $d$  gesetzt werden, durch welches das Seil hindurchgezogen wird, um durch die Wirkung der in der Innenwand des Behälters befestigten Bürsten gründlich mit Schmierschmire getränkt zu werden. Es wird so also sowohl für Reinigung als auch für Schmierung des Seiles gesorgt.

Die genauere Prüfung von Probe-stücken wird mit dem untersten Seilstück unmittelbar über dem Einbände vorgenommen, da dieses, wenigstens bei den Seilen für Trommelförderung, abgehauen werden kann. Die Prüfung auf Zugfestigkeit erfolgte früher stets nur durch Zerreißen der einzelnen Drähte eines solchen Seilstückes mit Hilfe von Zerreißmaschinen, die durch eine Hebelübertragung mit Gewichtsbelastung die Größe des auf den Draht im Augenblicke des Zerreißens ausgeübten Zuges in kg zu erkennen gestatten. Außerdem werden bei dieser Einzelprüfung der Drähte diese auf ihre Biegsamkeit geprüft, indem sie je nach ihrem Durchmesser eine verschieden große Anzahl von Biegungen um eine Walze oder abgerundete Kante mit bestimmten Radius (in der Regel 5 mm) aushalten müssen. Neuerdings wird auf den Widerstand der Drähte gegen Verdrehung besonderer Wert gelegt.<sup>1)</sup> Diese wird dann durch die Zahl von Drehungen um  $360^\circ$  bestimmt, die ein an der einen Seite fest eingespannter, an der anderen Seite mittels einer sich drehenden Klammer gewundener Draht von etwa 200 mm Länge aushalten muß. Eine Übersicht über die mindestens zu fordernden Biegungs- und Verdrehungszahlen für Drähte von bestimmter Dicke und Beschaffenheit gibt die nachstehende Zahlentafel.<sup>2)</sup>

(Siehe die Tabelle auf Seite 447).

Nach Erledigung dieser Prüfungen der Einzeldrähte wird dann aus der ermittelten Tragfähigkeit derselben durch Summierung die Gesamtbruchfestigkeit des Seiles berechnet. Dabei werden aber bei uns der Sicherheit halber diejenigen Drähte ausgeschaltet, welche die vorgeschriebene

<sup>1)</sup> Glückauf 1905, S. 344; Speer: Mitteilungen aus der Seilprüfungsstelle der Westfäl. Berggewerkschaftskasse.

<sup>2)</sup> Nach Hrabak: Die Drahtseile, 1902 (Berlin), S. 28.

Anzahl von Biegungen nicht mehr auszuhalten vermögen, sowie diejenigen, deren Tragfähigkeit um einen gewissen Prozentsatz (20 %) hinter dem Durchschnitt sämtlicher Drähte zurückbleibt.

Zugfestigkeit in kg/qmm	120		150		180	
	2,0	2,5	2,0	2,5	2,0	2,5
Zahl der Biegungen um 180° und 5 mm Kantenradius . . . . .	17	12	16	11	16	10
Zahl der Verwindungen um 360° bei 200 mm Länge . . . . .	22	18	20	17	19	16

Diese Berechnung der Tragfähigkeit ist jedoch nicht einwandfrei, weil in Wirklichkeit die Tragfähigkeit des ganzen Seiles geringer ist als die Summe der Tragfähigkeiten der einzelnen Drähte. Die letzteren sind nämlich im Seile nicht so völlig gleichmäßig gespannt, daß an jeder Stelle alle Drähte gleichmäßig tragen, sondern es werden stets einige stärker als die anderen beansprucht werden. Zu einem sichereren Ergebnis gelangt man daher, wenn man, wie das z. B. in der Seilprüfungstelle der Westfälischen Berggewerkschaftskasse an der Bochumer Bergschule geschieht, das Seil mit Hilfe sehr starker Zerreißmaschinen im ganzen zerreißt. Die Bochumer Seilzerreißmaschine wird durch die schematische Abbildung in Fig. 490 veranschaulicht. Das zwischen 2 Flach-

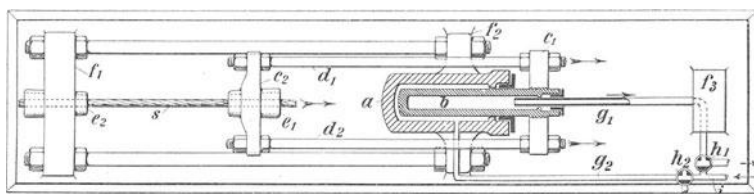


Fig. 490. Schematische Darstellung der Seilzerreißmaschine an der Bochumer Bergschule.

keilen in einer weichen Metallegierung liegende Seil  $s$  wird in dem hinteren festen Querhaupt  $f_1$  und in dem vorderen beweglichen Querhaupt  $c_2$ , das durch die Zugstangen  $d_1$   $d_2$  mit dem Querhaupt  $c_1$  verbunden ist, eingespannt. Das letztere wird dadurch von dem festen Querhaupt entfernt, daß der hohle Tauchkolben  $b$ , dessen Kopf es bildet, durch Einführung von Druckwasser mit Hilfe einer (nicht gezeichneten) Druckpumpe und des Rohres  $g_2$  unter Druck gesetzt wird, wobei der wachsende Druck an einem Manometer abgelesen werden kann. Nach Zerreißung des Seiles können die Dreiweghähne  $h_1$   $h_2$  umgeschaltet und dadurch der Tauchkolben  $b$  wieder zurückgeschoben werden, indem jetzt der auf seine Innenfläche durch das Rohr  $g_1$  wirkende Druck stärker ist als der auf die andere Seite wirkende atmosphärische Druck.

**141. — Berechnung von Förderseilen.** Ein Schachtförderseil muß nicht allein die Förderlast, sondern auch sein eigenes Gewicht tragen.

Da dieses nun wiederum mit der Größe der angehängten Förderlast wächst, so muß notwendigerweise mit zunehmender Förderlast der Seilquerschnitt in erheblich stärkerem Maße zunehmen. Das ergibt auch die genauere Rechnung. Bezeichnet man nämlich mit  $Q$  die Förderlast in Kilogramm, mit  $S$  den tragenden Seilquerschnitt in Quadratmetern, mit  $p$  die Bruchfestigkeit des Seilmaterials in Kilogramm je Quadratmeter, mit  $T$  die Teufe des Schachtes in Metern und mit  $\gamma$  das Gewicht eines Kubikmeters Seil in Kilogramm und nimmt man eine 8fache Sicherheit des Seiles im Verhältnis zur Meistbelastung bei der Produktenförderung an, so ist die zulässige Belastung des Seiles während der Förderung

$$\frac{S \cdot p}{8}$$

Dieser zulässigen muß die tatsächliche Belastung des Seiles mit der Förder- und der Seillast, also

$$Q + \gamma \cdot S \cdot T$$

entsprechen, so daß wir nach einer Umformung die Gleichung erhalten:

$$S = \frac{Q}{\frac{p}{8} - \gamma \cdot T}$$

Nehmen wir nun für  $Q$  eine Last von 10 000 kg, für  $p$  bei Aloë 7 000 000 kg (entsprechend 7 kg je qmm), bei Eisendraht 60 000 000 kg (= 60 kg je qmm) und bei Stahldraht 150 000 000 kg (= 150 kg je qmm) an und rechnen wir  $\gamma$  für diese 3 Stoffe zu 1070, 9000 und 9500 kg, so erhalten wir für verschiedene Teufen die nachstehende Zahlentafel, in der  $S$  auf qmm umgerechnet ist:

Teufe in m		400	600	800	1000	Art des Seiles
Querschnitt in qmm	Aloë	22 400	43 000	526 000	$\infty$	Bandseil
	Eisendraht	2 570	4 470	33 333	$\infty$	Rundseil
	Stahldraht	619	767	897	1081	Rundseil
Gewicht je lfd. m in kg	Aloë	24,0	46,0	562,8	$\infty$	Bandseil
	Eisendraht	23,1	42,8	300	$\infty$	Rundseil
	Stahldraht	5,9	7,3	8,5	10,3	Rundseil

Diese Zahlentafel zeigt zunächst die außerordentlich große Überlegenheit der Stahldrahtseile schon bei der hier angenommenen Bruchfestigkeit von 150 kg je qmm, die leicht noch überschritten werden kann und auch schon vielfach überschritten worden ist. Sie läßt ferner erkennen, daß die Eisendrahtseile namentlich hinsichtlich des Gewichtes vor den Aloëseilen nur wenig voraus haben, da ihre größere Tragfähigkeit durch das höhere spezifische Gewicht des Eisens größtenteils ausgeglichen wird. Weiter ergibt sich aus den Zahlen, daß unverjüngte Pflanzenfaserseile bei größeren Förderlasten schon für Teufen von 400 m ausscheiden, da der erforderliche Querschnitt dann schon ein praktisch nicht mehr zulässiges Maß erreichen würde. Rechnet man für die 3 Seil-

arten diejenige Teufe aus, bei der ein nicht verjüngtes Seil sich selbst noch gerade tragen kann, so ergibt sich diese aus der Gleichung

$$S \cdot \frac{p}{8} = \gamma \cdot S \cdot T$$

zu 
$$T = \frac{p}{8 \cdot \gamma}, \text{ mithin}$$

für Aloëseile zu . . . . .	818 m
für Eisendrahtseile zu . . . . .	833 m
für Stahldrahtseile zu . . . . .	1975 m.

Bei den Aloëseilen läßt sich allerdings infolge der Möglichkeit der Verjüngung diese Teufengrenze wesentlich nach unten verschieben.

Endlich läßt die Betrachtung der Zahlen für Aloë- und Eisendrahtseile erkennen, wie rasch Querschnitt und Seilgewicht zunehmen, wenn man sich der Grenze der Tragfähigkeit der Seile nähert.

Das Gewicht der Seile würde sich nach den spezifischen Gewichten für Aloëseile auf etwa 1000 kg, für Eisendrahtseile auf etwa 7500 kg und für Stahldrahtseile auf etwa 7800 kg je cbm Seil berechnen. Nun ist aber noch das durch die Windungen der Fasern, Drähte und Litzen sich ergebende Mehrgewicht und das tote Gewicht der Nählitzen (bei Bandseilen), Hanfseelen und Kerndrähte hinzuzurechnen, woraus sich die oben angenommenen Zahlen ergeben. Da 1 cbm Seil bei 1 m Länge einem Querschnitt von 1 qm = 10000 qcm entsprechen würde, so bedeutet die Zahl 9500 kg/cbm für Stahldrahtseile, daß auf je 1 qcm Querschnitt  $\frac{9500}{10000} \sim 1$  kg Gewicht entfällt. Man kann also für diese Seile in roher Annäherung als Gewicht für das lfd. Meter die Zahl der Quadratzentimeter des Querschnitts annehmen u. umgekehrt.

Der oben mit 8 angenommene Sicherheitsfaktor ist nur für die Zugfestigkeit berechnet. Da aber durch die Biegungen, denen das Seil ausgesetzt werden muß, noch eine besondere Biegungsspannung in das Seil gebracht wird, so ist die tatsächliche Sicherheit eines Seiles geringer als die Zug-Sicherheit. Und zwar ist der ungünstige Einfluß der Biegungsspannung naturgemäß um so größer, je schärfer die Biegungen, d. h. je geringer die Durchmesser der Seilkörbe, Seilscheiben usw. sind.

Außerdem tritt beim Anfahren eine weitere Verringerung der Sicherheit ein, da dann das Seil außer der Förderlast auch die Beschleunigungskräfte auszuhalten hat.

Im übrigen hängt die Sicherheit noch von der Größe der Förderlast ab. Sie wird für die größte vorkommende Förderlast (Bergeförderung) berechnet und ist infolgedessen für die Seilfahrt mit ihrer geringeren Seilbelastung wesentlich höher. Beträgt z. B. diese Belastung 70 % von der Höchstbelastung, so bedeutet eine 8fache Sicherheit bei der Förderung eine solche von  $\frac{8}{0,7} = 11,4$  bei der Seilfahrt.

**142. — Das Auflegen der Förderseile.** Zum Auflegen eines neuen Förderseils bedient man sich für tiefere Schächte eines durch Dampf oder elektrischen Strom betätigten Haspels, der zwischen der Trommel, auf der das neue Seil angeliefert worden ist, und der Fördermaschine eingeschaltet

wird und die Last des im Schachte hängenden Seiles trägt, bis dasselbe an dem Seilkorb der Maschine oder (bei Treibscheibenförderung) an den Fördergestellen befestigt werden kann. Das Auswechseln eines alten Seiles wird dadurch erleichtert, daß das neue Seil mit dem alten verbunden und

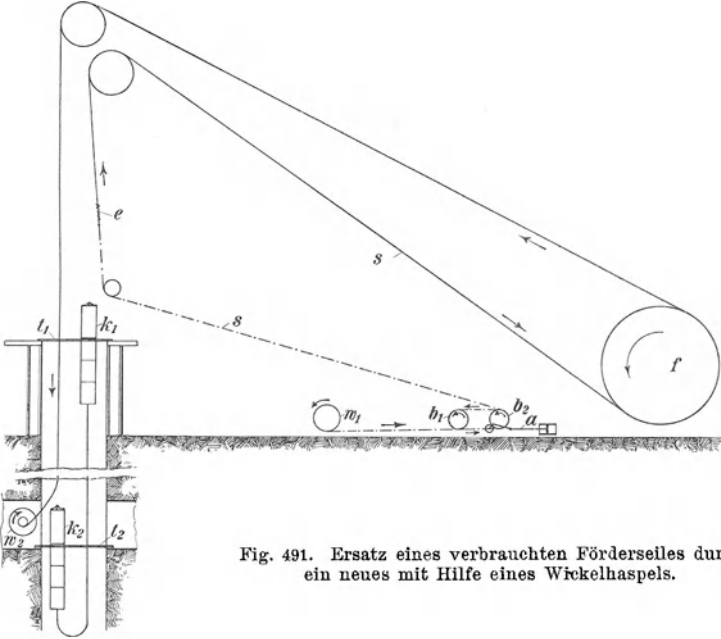


Fig. 491. Ersatz eines verbrauchten Förderseiles durch ein neues mit Hilfe eines Wickelhaspels.

so gleichzeitig mit dem Abwickeln des letzteren das neu aufzulegende Seil aufgewickelt werden kann. Auch bei Treibscheiben-Fördermaschinen kann man, wie Fig. 491 zeigt, von diesem Verfahren Gebrauch machen. Hier hat man zunächst die beiden Fördergestelle  $k_1 k_2$  an der Hängebank und am Füllort durch Träger  $t_1 t_2$  abgefangen, sodann die beiden Seilenden aus den Einbänden gelöst und das untere an der Wickeltrommel  $w_2$  befestigt, das obere bei  $e$  mit dem gestrichelt angedeuteten neuen Seil verbunden.

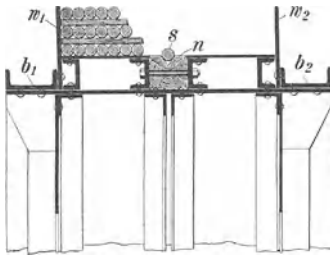


Fig. 492. Treibscheibe mit Kranz zum Auflagen von Seilen.

Es wird nun der zur Erzielung der nötigen Reibung mit 2 mehrrilligen Scheiben  $b_1 b_2$  ausgerüstete Dampfhaspel  $a$  in Betrieb gesetzt und das neue Seil langsam von der Trommel  $w_1$  abgewickelt und durch das Übergewicht des im Schachte hängenden alten Seiles nachgezogen, bis das vorderste Ende beim unteren Fördergestell  $k_2$  und das hinterste beim oberen Fördergestell  $k_1$  angelangt ist, worauf das Einbinden dieser beiden Seilenden erfolgen kann.

Eine Vereinfachung dieses Verfahrens ist möglich, wenn man nach dem Vorschlage der Maschinenbauanstalt „Union“ in Essen<sup>1)</sup> die Treibscheibe verbreitert (Fig. 492) und so zu beiden Seiten der Nut  $n$  für das Seil  $s$  Platz zum Aufwickeln des alten und des neuen Seiles zwischen den Wangenblechen  $w_1 w_2$  schafft. Es kann dann in der Weise verfahren werden, daß mit der Treibscheibe zunächst das alte Seil aufgewickelt wird, um dann wieder abgewickelt und auf eine kleine Trommel übergeführt zu werden, worauf in umgekehrter Reihenfolge das neue Seil von seiner Trommel ab- und durch Drehung der Treibscheibe auf diese aufgewickelt, sodann wieder abgewickelt und in den Schacht gelassen wird. Man spart so einen besonderen Wickelhaspel und erhöht gleichzeitig durch das größere Gewicht am Umfange die Schwungmasse der Treibscheibe, woraus sich ein ruhigerer Gang der Maschine bei der Förderung ergibt.

Bei Treibscheibenförderungen ist während des Seilauflegens besondere Vorsicht erforderlich, da nach Lösung vom oberen Fördergestell das Seil nirgends mehr gehalten wird und in den Schacht stürzen kann, was wiederholt geschehen ist. Es darf deshalb keine Verbindung gelöst werden, ehe das Seil durch Festklemmen an den richtigen Stellen abgefangen ist.

Das neue Seil ist in gut eingefettetem Zustande und gegen die Witterung geschützt bis zur Auflegung aufzubewahren.

**143. — Leistungen und Kosten von Förderseilen.** Die über die Haltbarkeit von Förderseilen ermittelten Zahlen beziehen sich teils auf die Zahl der Tage, während deren das Seil aufgelegt hat, ehe es wegen Bruchgefahr abgelegt werden mußte, teils auf die Zahl der Aufzüge, d. h. Biegungen, die das Seil während seiner Lebensdauer ausgehalten hat, und teils endlich auf die Zahl der insgesamt geleisteten tkm. Der letztere Maßstab ist für den Betriebsleiter der wichtigste, weil er die Aufliegedauer des Seiles und damit seine Kosten unmittelbar zu der durch dasselbe erzielten Leistung in Beziehung setzt. Nach der Seilstatistik des Oberbergamts Dortmund ergibt sich folgendes Bild:

Es leisteten im Jahre 1910 von 364 im Ruhrbezirk für Hauptschachtförderung in Betrieb gewesenen Stahlrundseilen

	1000 tkm				
	0—100	100—200	200—400	über 400	
von 266 Trommel-Förderseilen . .	54,5 %	32,4 %	10,5 %	2,6 %	sämtl. Seile,
von 98 Treibscheiben-Förderseilen . .	35,6 %	25,5 %	29,8 %	9,1 %	„ „

Die Seilpreise sowie die Seilkosten je tkm ergeben sich aus folgender Zahlentafel, für die einzelne Beispiele (und zwar je eins für eine kleine und eine große Leistung) herausgegriffen sind.

<sup>1)</sup> Glückauf 1903, S. 830; Hellmann: Das Auflegen der Seile bei Koepfer-Fördermaschinen.

Lfd. Nr.	Art des Seiles	Geleistete tkm <sup>1)</sup>	Seilpreis	Seilkosten je tkm <sup>1)</sup>	
			je kg <i>M</i>	im einzelnen <i>Pf</i>	im Durch- schnitt <i>Pf</i>
1.	Aloëbandseil . . . . .	72 470	1,20	5,60	5,5
2.	desgl. . . . .	131 704		5,64	
3.	Stahlbandseil . . . . .	21 639	0,50 — 0,70	5,09	6,26
4.	desgl. . . . .	57 485		6,50	
5.	Stahlrundseil f. Trommelförderung	48 450		4,69	
6.	desgl. . . . .	435 010		0,60	
7.	Stahlrundseil für Treibscheiben- förderung . . . . .	34 380	— 0,70	3,84	2,0 <sup>3)</sup>
8.	desgl. . . . .	500 342		0,81	

Die Zusammenstellung läßt gleichzeitig die geringe Leistungsfähigkeit der Stahlbandseile und die Überlegenheit der Stahlrundseile über die beiden anderen Seilarten bei großen Förderlasten, um die es sich hier handelt, erkennen.

Die geringeren Kosten für die Treibscheibenseile erklären sich daraus, daß bei der Treibscheibenförderung einerseits nur halb so viele Förderseile wie bei der Trommelförderung erforderlich und andererseits die Teufen im Durchschnitt größer als bei der letzteren Förderart sind, sich somit bei der gleichen Zahl von Biegungen größere tkm-Zahlen ergeben.

#### 144. — Verschiedenheiten in der Bruchgefahr bei Förderseilen.

Bei kleineren Trommel- und Seilscheibendurchmessern wird von den zwei Seilen einer Trommelfördermaschine das sog. „unterschlägige“ Seil, das von der Seilscheibe nach der unteren Seite der Trommel geführt wird, etwas stärker verschleifen als das überschlägige Seil, weil bei ersterem zwei in entgegengesetztem Sinne gerichtete Biegungen (um die Trommel und um die Seilscheibe) unmittelbar hintereinander vom Seil durchlaufen werden müssen. Ferner<sup>4)</sup> wird außer dem bereits oben erwähnten Seilstück unmittelbar über dem Seileinbände auch dasjenige Seilstück besonders stark beansprucht, das sich während des Aufenthalts der Förderkörbe an Hängebank und Füllort auf den Seilscheiben befindet, weil es außer dem Auflagedruck noch die beim Anheben auftretenden starken Beschleunigungskräfte aufzunehmen hat. Jedoch verschiebt sich bei Seilen, die in regelmäßigen Zeitzwischenräumen am unteren Ende abgehauen werden, diese Stelle in erwünschter Weise fortwährend. In engen Schächten wird überdies auch das mittlere Seilstück zwischen Füllort und Hängebank ungünstig beansprucht, weil es während der Förderung am stärksten schlägt und infolgedessen sich am Schachtein- und -ausbau reibt.

<sup>1)</sup> Sammelwerk, Bd. V, S. 273 u. f.

<sup>2)</sup> Für Förderungen mit 6—8 Wagen auf dem Gestell und zylindrische Seiltrommeln, Unterseilkosten einbegriffen.

<sup>3)</sup> Unterseilkosten einbegriffen.

<sup>4)</sup> Vgl. hierzu auch Glückauf 1904, S. 863 u. f.; Speer: Mitteilungen aus der Seilprüfungstation der Westfälischen Berggewerkschaftskasse.

Bemerkenswert ist die fortwährend sich verringernde Zahl derjenigen Seile, die während des Förderbetriebes gebrochen sind, und die darin sich ausprägende, gegen früher bedeutend gesteigerte Sicherheit der Schachtförderung. Das Anteilverhältnis solcher Seile an den überhaupt während eines Jahres als unbrauchbar abgelegten Förderseilen ist nämlich im Ruhrkohlenbezirk von 19,3 % im Jahre 1872 auf 0,5 bis 1,5 % im letzten Jahrzehnt zurückgegangen,<sup>1)</sup> und für die übrigen deutschen Bergbaubezirke ist das Verhältnis ähnlich. Bemerkenswert ist dabei, daß der Prozentsatz von gebrochenen Seilen in der Zeit von 1872—1910 für Eisenbandseile 12,93, für Eisenrundseile 11,92, für Aloëbandseile 7,22, für Gußstahlbandseile 3,81 und für Gußstahlrundseile nur 1,41 betragen hat,<sup>1)</sup> wodurch die vorzügliche Bewährung der Stahlrundseile deutlich gekennzeichnet ist.

Unter allen Umständen leiden die Förderseile stark in nassen Schächten, besonders wenn die Schachtwasser sauer oder salzig sind. Man kann annehmen, daß die Haltbarkeit der Seile in solchen Schächten nur etwa  $\frac{3}{5}$ — $\frac{2}{3}$  derjenigen in trockenen Schächten beträgt. Da Auszieherschächte immer naß sind, so muß man in diesen stets mit erheblich größeren Seilkosten rechnen.

### b) Die Fördergestelle.

**145. — Größe der Fördergestelle.** Die Fördergestelle, die auch als „Förderkörbe“, „Förderschalen“, „Fördergerippe“ bezeichnet werden, können für einen oder für mehrere Wagen gebaut werden. Im letzteren Falle sind noch ein- und mehrbödige Gestelle zu unterscheiden. Gestelle für nur einen Wagen finden wir in Deutschland nur noch in geringem Maße, hauptsächlich im Erzbergbau. Für alle Förderungen, die mit größeren Massen arbeiten oder aus größeren Tiefen heben müssen, ist die Unterbringung einer größeren Anzahl von Wagen auf dem Gestell notwendig, da der durch Förderung größerer Massen mit jedem Treiben erzielte Zeitgewinn größer ist als der Mehraufwand an Zeit für die Bedienung von mehrbödigen Gestellen an den Anschlagpunkten. Im Ruhrkohlenbezirk z. B. hat heute der Förderkorb mit 8 Wagen schon eine solche Verbreitung gefunden, daß solche Förderkörbe bei der Trommelförderung mit rd. 36 %, bei der Treibscheibenförderung sogar mit 45 % aller Förderungen beteiligt sind. Bei solchen größeren Fördergestellen wird außerdem das Verhältnis zwischen toter Last und Nutzlast günstiger, weil beispielsweise ein Gestell für 8 Wagen nicht das Doppelte eines Gestells für 4 Wagen wiegt.

Die Unterbringung mehrerer Wagen auf einer Gestellbühne kann durch Hintereinander- oder Nebeneinanderschieben dieser Wagen ermöglicht werden. Im ersteren Falle wird der Grundriß des Gestells lang und schmal, im letzteren kurz und breit. Im einzelnen sind allerdings zahlreiche Übergänge zwischen diesen beiden Formen, je nach der Länge und Breite der Förderwagen, vorhanden. Fördergestelle mit Nebeneinanderstellung der Wagen lassen sich schneller bedienen, erfordern aber dazu eine etwas größere Zahl von Anschlägern. Im übrigen ist auch die Größe

<sup>1)</sup> Statistik der Schachtförderseile im Oberbergamtsbezirk Dortmund.



der Schachtscheibe und die Notwendigkeit, den Grundriß der Fördergestelle der Schachteilung anzupassen, hier von Bedeutung. Durch die verschiedenen Grundrißformen der Förderkörbe ergibt sich auch eine verschiedenartige Führung derselben (Ziff. 155), indem bei den schmalen Gestellen Kopfführung, bei den anderen Seitenführung überwiegt; jedoch lassen sich auch schmale Körbe für Seitenführung und breite für Kopfführung einrichten. Die Aufstellung von mehr als zwei Wagen auf einer Bühne ist im deutschen Bergbau kaum bekannt, findet sich dagegen im französischen und englischen Steinkohlenbergbau, wo bis zu 6 Wagen auf einer Bühne Platz finden.<sup>1)</sup>

In vereinzelt Fällen ist man in engeren Schächten auch dazu übergegangen, 8—12 bödige Fördergestelle mit nur einem Wagen auf jeder Bühne zu verwenden. Jedoch werden dabei Förderkörbe und Leitungen in nicht ganz geraden Schächten durch die unvermeidlichen Stöße stark beansprucht, und die Bedienung an den Anschlagpunkten wird, wenn nicht besondere Maßnahmen getroffen werden (S. 477), erheblich verzögert. Außerdem ergibt sich der Übelstand, daß bei Ankunft des oberen Förderkorbes an der Hängebank in seiner Höchstlage der Abstand bis zu den Seilscheiben nur verhältnismäßig gering ist und dadurch die Gefahr eines Übertreibens vergrößert wird. Solche Gestelle werden also nach Möglichkeit vermieden.

Von erheblicher Bedeutung ist das Gewicht der Förderkörbe, das man für tiefere Schächte notgedrungen durch weitgehende Anwendung von Stahl immer mehr herabgedrückt hat. Nach den Erfahrungen im Ruhrkohlenbezirk<sup>2)</sup> betrug es im Jahre 1899 bei 2 bödigen Gestellen im Durchschnitt 3000 kg, bei 4 bödigen 4500 kg, wobei immer Körbe mit je 2 Wagen auf einer Bühne gewählt sind. Das Verhältnis der Nutzlast zum Gewicht des Fördergestells stellt sich hiernach im allgemeinen auf 1 : 1, es kann in besonders günstigen Fällen auf 1 : 0,8 herunter- und in besonders ungünstigen auf 1 : 1,7 heraufgehen. (Vgl. auch die Zahlentafel auf S. 436, wo noch das Wagengewicht mit in Rechnung gestellt ist.) Verhältnismäßig gering ist das Gewicht 4 bödiger Gestelle für je 2 Wagen hintereinander.

**146. — Bauart der Fördergestelle.** Die Fördergestelle, für die Fig. 493 (in Anlehnung an die Bauart der Eisenhütte Westfalia in Bochum) ein Beispiel gibt, werden aus Profileisenrahmen zusammengesetzt, deren Anzahl der Zahl der Gestellböden entspricht und die unter sich durch Profileisen in den Ecken und in der Mitte der Seitenwände zu einem kräftigen Gerippe zusammengefügt werden. Besonders stark muß naturgemäß der Kopfrahmen ausgeführt werden, da an diesem das Seil angreift und die etwa vorgesehenen Fangvorrichtungen befestigt werden. Die Seitenwände werden durch diagonal gestellte Flach- oder Winkeleisen *d* versteift. Die Verbindungen werden meist durch Nietung hergestellt, doch zieht man verschiedentlich Schweißung mit Rücksicht auf die starke Beanspruchung der Niete durch die häufigen Erschütterungen der Förderung vor. Für die Führung an den Schachtleitungen dienen die Gleitschuhe  $f_1$ — $f_3$ .

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. Futers: Mechanical engineering of collieries, vol. I, S. 90.

<sup>2)</sup> Sammelwerk, Bd. V, S. 297 f.

Bei der Bauart der Fördergestelle ist nicht nur auf die gewöhnliche Förderung, sondern auch auf die Seilfahrt und auf das gelegentliche Einhängen besonders umfangreicher Stücke, wie Maschinenteile, und besonders langer Gegenstände, wie langer Grubenhölzer und Schienen, Rücksicht zu nehmen. Zu diesem Zwecke wird das Dach des Fördergestells zum Aufklappen eingerichtet; ebenso werden vielfach die Belagplatten der einzelnen Böden abnehmbar befestigt. Auch wird für eine für die Mannschaftsfahrt ausreichende Höhe zwischen den einzelnen Bühnen Sorge getragen. Die unteren Abteilungen werden etwa 1,4—1,5 m hoch, während die oberste 1,8—1,9 m Höhe erhält.

Die zur Seilfahrt bestimmten Fördergestelle müssen nach außen hin gut verschalt werden, was mit möglichst geringer Vermehrung des Förderkorbgewichtes geschieht, indem man als Abkleidung gelochte Bleche oder auch Drahtgewebe verwendet. Der Gewichtersparnis halber legt man verschiedentlich auch an Stelle eines geschlossenen Plattenbelags auf den einzelnen Böden einen Rost aus

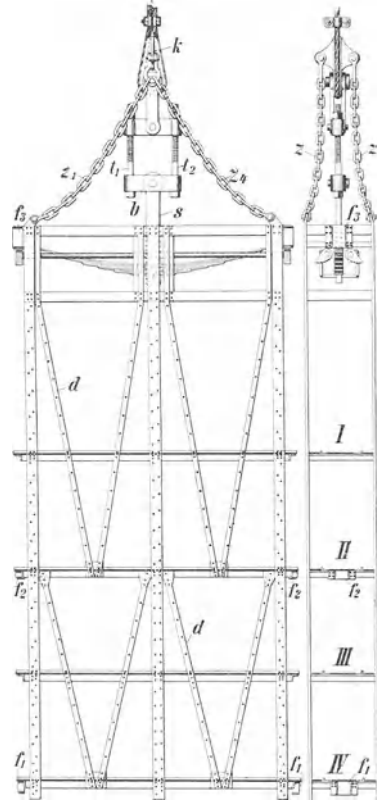


Fig. 493. Vierbödiges Fördergestell mit Zwischengeschirr.

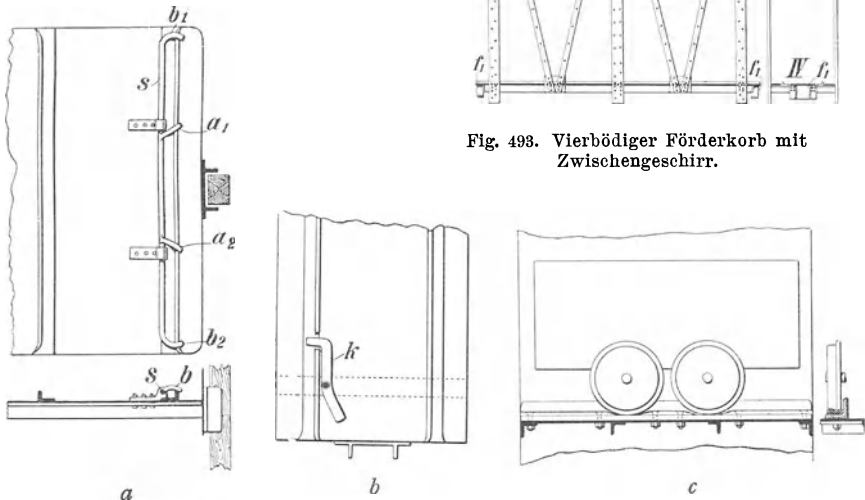


Fig. 494. Sperrvorrichtungen für die Wagen auf den Fördergestellen.

enggestellten Stäben und erzielt dadurch nebenbei den weiteren Vorteil, daß der Wetterzug möglichst wenig behindert wird.

**147. — Festhalten der Wagen auf dem Gestell.** Das Festhalten der Förderwagen auf den Gestellen kann entweder durch Klinken in mittlerer Wagenhöhe erreicht werden, die vom Anschläger herumgelegt werden, oder man bedient sich verschiedener Hemmvorrichtungen auf dem Schienenbelag des Bodens. Anordnungen der letzteren Art werden durch die Figuren 494 *a* bis *c* dargestellt. Fig. 494 *a* zeigt eine Fußklinke *s*, die mittels der Arme  $a_1 a_2$  die Schiene sperrt und mit Hilfe der Klauen  $b_1 b_2$  herumgeworfen werden kann. In Fig. 494 *b* werden die Räder des Wagens durch eine quer über der Schiene liegende Fußklinke *k* festgehalten, die vom Anschläger mit dem Fuße zur Seite gedreht werden kann. Bei der Anordnung nach Fig. 494 *c* besteht die Sicherung einfach in einer Einsenkung der Schienen, in der die Räder Platz finden; umgekehrt kann man auch durch Erhöhungen auf den Schienen die Räder festhalten. Andere Sperrvorrichtungen sind für selbsttätige Bewegung eingerichtet (s. Fig. 519 u. 520 auf S. 479 u. 480). Bei drehbaren Klinken in halber Höhe sind Unfälle nicht ausgeschlossen, da durch unbeabsichtigtes Zurückschnappen der Klinken infolge ihres Beharrungsvermögens bei starken Schwankungen in der Förderung die Wagen frei werden können.

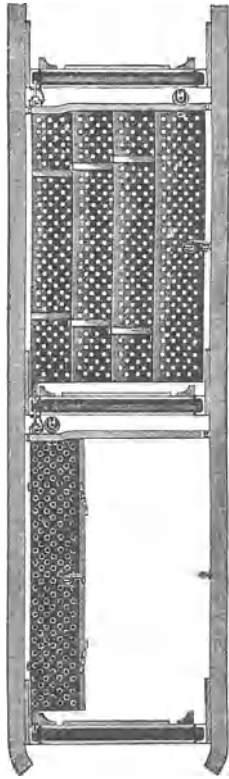


Fig. 495. Jalousieverschluß der „Westfalia“ in Gelsenkirchen für Fördergestelle.

**148. — Seilfahrt mit Fördergestellen.**

Während der Seilfahrt ist für einen Verschluß der offenen Seiten des Fördergestells zu sorgen, der einerseits möglichst wenig wiegen und andererseits für möglichst rasche Betätigung eingerichtet werden muß, sowie nicht nach außen aufgehen darf. Früher waren allgemein die auch heute noch viel benutzten Angeltüren üblich, die vor Beginn der Seilfahrt eingehängt werden und sich nur nach innen öffnen lassen. Da diese Türen das Verlassen des Fördergestells erschweren und dadurch den Aufenthalt an den Anschlagpunkten verlängern, außerdem auch die Standfläche des Gestells nicht voll auszunutzen gestatten, so werden neuerdings vielfach in einer Ebene bleibende Verschlüsse in verschiedener Form

bevorzugt. Diese öffnen sich entweder durch Zurückschieben nach den Seiten oder durch Hochziehen nach Art von Vorhängen mit Hilfe einer Rolle mit Sperrvorrichtung. Die erstere Anordnung wird durch Fig. 495 veranschaulicht. Die Tür besteht aus einem Winkleisen und 4 daran befestigten, schuppenartig sich übereinander schiebenden Streifen aus gelochtem Blech. Mit Hilfe einer an dem vordersten Streifen befestigten Rolle, die auf dem Winkleisen läuft, lassen sich die Scheiben übereinander schieben. Das Einsetzen erfolgt unten mit einem Spurzapfen, oben mit einem losen Stift, der mittels eines Splints am Bühnenträger befestigt wird.

Für die Belastung eines Fördergestells bei der Seilfahrt schreiben die Bergpolizeiverordnungen in der Regel eine Höchstziffer vor, die nicht nur danach bemessen ist, daß auf jeden Mann eine genügende Standfläche entfällt, sondern auch das zulässige Höchstgewicht bei der Seilfahrt festlegt, und zwar so, daß während der Seilfahrt der Sicherheitsfaktor des Seiles und Zwischengeschirrs wesentlich größer ist als während der eigentlichen Förderung (vgl. S. 449).

**149. — Ersatzfördergestelle.** Bei dem großen Wert, den Förderanlagen mit Massenförderung auf möglichste Vermeidung längerer Unterbrechungen legen müssen, sind an der Hängebank stets Ersatzfördergestelle für den Fall von Unfällen bei der Förderung bereitzuhalten. Für diese ist wegen des heutigen großen Gewichts der Gestelle die Ausstattung des Fördergerüsts an der Hängebank mit besonderen Schienen ( $s_1$  und  $s_2$  in Fig. 545 auf S. 523) für eine einfache Laufkatze, an der der Förderkorb aufgehängt ist und durch die er rasch und leicht an den Schacht gefahren werden kann, sehr zu empfehlen. Das kann um so eher geschehen, als infolge der Notwendigkeit, eine ausreichende Sturzhöhe für die Verladung und für die Bergehalde zu gewinnen, ohnehin die Förderhängebank meist so hoch über die Geländefläche aufgesattelt werden muß, daß zwischen oberer Hängebank und Rasenhängebank Platz genug zum Bewegen der Ersatzfördergestelle bleibt.

### c) Die Verbindungstücke zwischen Seil und Fördergestell. (Das Zwischengeschirr.)

**150. — Seileinband.** Das oberste Stück des Zwischengeschirrs ist der Seileinband. Zu unterscheiden sind solche Seileinbände, bei denen das Seil um eine Scheibe („Kausche“) geschlagen und dann durch Klemmvorrichtungen festgehalten wird, und Seileinbände, bei denen das untere Seilstück ohne Umbiegung in eine Klemmbüchse gebracht wird. Klemmvorrichtungen der letzteren Art haben sich in Deutschland im allgemeinen weniger eingebürgert und namentlich im Ruhrkohlenbezirk erst in den letzten Jahren in größerem Umfange Verwendung gefunden.

**151. — Kausche.** Die Kausche kann aus einer Holzscheibe mit beiderseitigen Blechwangen (Fig. 496) oder aus einem Gußstück (vgl.  $k$  in Fig. 493 auf S. 455) bestehen oder als sog. Handschuh aus einer einfachen starken Eisenblechrinne zusammengebogen sein ( $k$  in Fig. 497 a). Das Festklemmen des umgeschlagenen Seilstückes an das eigentliche Seil oberhalb der Kausche erfolgt entweder durch einfache Schellenbänder  $s$ ,  $s_1$  usw. nach Fig. 497 a und b oder durch Winkelschrauben  $w_1$   $w_2$  (Fig. 497 c), deren eines Ende als Schraube, das andere als Öse ausgebildet ist. Die Zahl der Klemmstellen richtet sich nach der Größe der Last. Es ist darauf zu halten, daß die Herstellung eines solchen Einbandes durch geschulte und erfahrene Leute erfolgt, weil durch unrichtiges Anlegen der Klemmbacken und durch ungenügendes oder zu starkes Anziehen der Schrauben entweder das Seil nicht genügend gefaßt oder einzelne Drähte zu stark beansprucht und

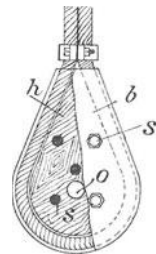


Fig. 496. Kausche mit Holz kern.

dadurch zerstört werden. Der untere Teil der Kausche bleibt offen zur Einhängung des Zwischengeschirrs und ist zur größtmöglichen Verringerung des Verschleißes des letzteren innen abzurunden. Bei Kauschen mit Blechplatten an beiden Seiten (Fig. 496) kann eine Festklemmung des Seiles noch in der Kausche selbst stattfinden, indem die Dicke des Kernes  $h$  etwas geringer als die Seildicke genommen und so durch das Anziehen von Schrauben  $s$  das Seil zwischen den beiden Platten festgeklemmt wird.

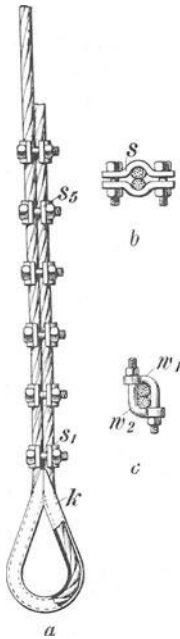


Fig. 497. Seil-einband mit Kausche und Klemmen.

Die Kausche hat den Vorzug, daß sie eine beliebige Anzahl von Klemmbacken anzusetzen gestattet und daher sich ein hoher Grad der Sicherheit mit ihr erreichen läßt. Nachteilig ist auf der anderen Seite, daß durch das scharfe Umbiegen des zurückgebogenen Seilstücks bedenkliche Biegungsspannungen eintreten können und daß man hinsichtlich der Sicherheit von der Sorgsamkeit der Leute abhängig ist. Auch wird für den Einband ein nicht unbedeutendes Seilstück beansprucht, so daß man in Anbetracht der in gewissen Zeitabschnitten zu wiederholenden Seiluntersuchungen (Ziff. 140), die jedesmal das Abhauen eines Stückes von etwa 3 m Länge über dem Einbände erfordern, eine gewisse Mehrlänge von Seil auf die Trommel wickeln muß, was die Seilkosten und die Ansprüche an die Trommelbreite etwas erhöht. Für besondere Fälle kommt noch die Unmöglich-

lichkeit hinzu, mit Seil ohne Ende zu fördern, an das die Fördergestelle einfach angeklemt werden, durch welches Verfahren eine vollständige Seilausgleichung und ein bequemes „Umstecken“ für die Förderung von verschiedenen Sohlen auch bei Förderung mit Treibscheibe (s. Ziff. 188) ermöglicht wird.

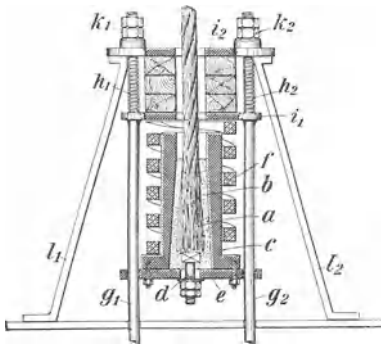


Fig. 498. Seilschloß mit Federung.

backen verschiedener Ausführung (Fig. 499a und b) mit Keilwirkung das Seil fassen. In Fig. 498<sup>1)</sup> handelt es sich um ein Seilschloß, bei dem das

**152. — Seilschlösser.** Die ohne Kausche wirkenden Seilklemm-  
vorrichtungen („Seilschlösser“) werden  
entweder dadurch hergestellt, daß  
das Seil unten aufgedreht, jeder ein-  
zelne Draht umgeschlagen und der so  
gebildete Seilknoten mit einer Hart-  
gußlegierung in eine nach unten sich  
erweiternde Büchse eingegossen wird  
(Fig. 498), oder dadurch, daß Klemm-

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1894, Taf. XVII; Versuche u. Verbesserungen.

aufgedrehte, mit Zink ausgegossene Seilende in einer harten Metallegierung *b* liegt, die ihrerseits in der Stahlbüchse *c* ruht und mittels der Schraube *d*, der Schluß- und Führungsplatte *e* und der Führungen *g*<sub>1</sub> *g*<sub>2</sub> gegen Verdrehung gesichert ist. Die Büchse *c* erweitert sich nach unten konisch, so daß *b* durch den Seilzug mit Keilwirkung in *c* hineingepreßt wird. Seilklemmen dieser Art haben sich in Deutschland am wenigsten eingeführt, weil ihre Sicherheit sehr von einer äußerst sorgfältigen Ausführung abhängt, wenn nicht das Seil aus der Klemme herausrutschen soll. So z. B. können infolge des scharfen Umbiegens oder durch Verbrönnung

bei zu heißem Eingießen der Legierung Drähte abbrechen, so daß das Seil sich herausziehen kann. Außerdem gestatten solche Seilschlösser ebensowenig wie die Kausche eine Verlegung des Befesti-

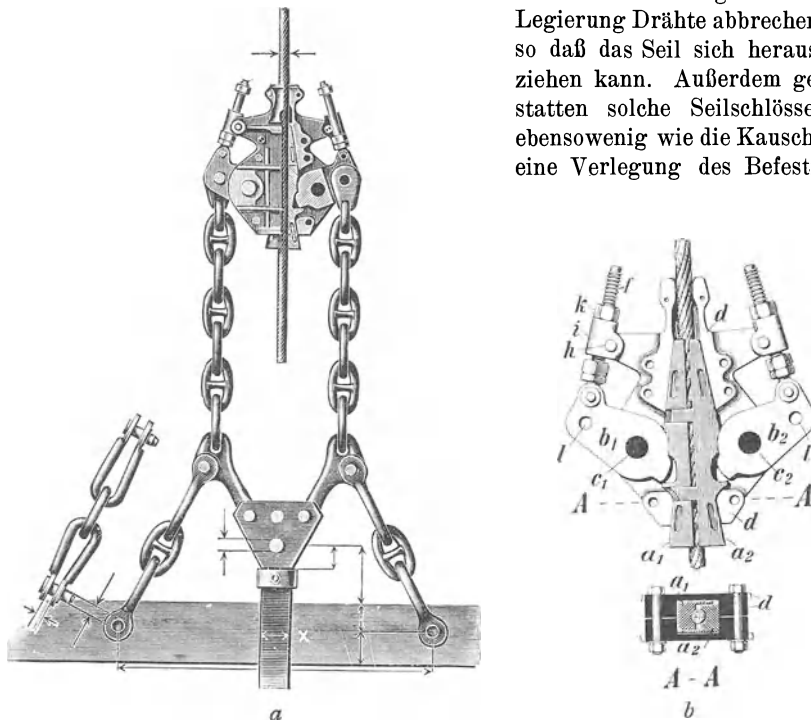


Fig. 499. Seilklemme der Duisburger Maschinenbau-A-G. und ihre Verbindung mit dem Fördergestell.

gungspunktes der Körbe am Seile, welche Möglichkeit die Seilschlösser mit besonders eingesetzten Klemmbacken vorteilhaft kennzeichnet. Seilschlösser mit besonderen Klemmbacken sind u. a. diejenigen von dem Maschineninspektor Baumann in Schwientochlowitz und von der Deutschen Maschinenfabrik, A. G. in Duisburg. Bei der Baumannschen Klemme wird das Seil von mehreren kegelförmigen, zusammen eine geschlossene Hülse bildenden Hartgußstücken gefaßt (z. B. aus einer Mischung von 75 0/0 Blei und 25 0/0 Antimon bestehend), die ähnlich wie in Fig. 498 durch eine nach unten sich erweiternde Büchse zusammengehalten werden; es können 3 oder 4 derartige Keilstücke Verwendung finden. Wichtig ist dabei, daß die benutzte Metallegierung so

hart ist, daß das Seil sich nicht aus ihr herausziehen kann, anderseits aber weich genug, um ein Eindringen der Drahtwindungen in die Legierung zu gestatten und dadurch einen festen Verband zwischen Seil und Büchse herzustellen. Es liegt auf der Hand, daß diese Verbindung um so inniger sein wird, je rauher die Oberfläche des Seiles ist, und daß daher solche Klemmen bei Seilen mit Kreuzschlag im allgemeinen zuverlässiger wirken werden als bei Seilen mit Längsschlag. Die neuerdings aufgenommene und schnell beliebt gewordene Seilklemme der Deutschen Maschinenfabrik, A.-G. wird durch Fig. 499 *a* und *b* veranschaulicht. Sie beruht auf einer Verbindung von Hebel- und Keilwirkung, indem die Förderlast an Ketten, die in den Augen *ll* (Fig. 499 *b*) hängen, angreift und dadurch die Winkelhebel  $b_1 b_2$  herumdrückt, welche letzteren mit Daumen die außen abgeschrägten Klemmhülsen  $a_1 a_2$  fassen und zwischen das Seil und die entsprechend gestalteten Innenflächen *dd* der eigentlichen Seilbüchse pressen. Soll die Klemme gelöst werden, so werden die an den oberen Enden der Winkelhebel angreifenden Schraubenspindeln *f*, die durch die um die Bolzen *h* drehbaren Hülsen *i* geführt sind, durch Drehung der Muttern *k* herausgezogen, nachdem die unterhalb der Hülsen *i* angebrachten Muttern genügend weit zurückgeschraubt sind. Die letzteren dienen im übrigen dazu, bei starkem Hängeseil das Zurückschlagen der Hebel  $b_1 b_2$  und damit die Lockerung der Klemme zu verhüten. Es muß jedoch sorgfältig darauf geachtet werden, daß die Muttern *k* für gewöhnlich weit genug zurückgeschraubt werden (s. Fig. 499 *a*), weil sonst die Hebel  $b_1 b_2$  zu viel Spiel behalten und das Anklemmen nicht mit genügender Kraft erfolgen kann. Diese Seilklemmen zeichnen sich durch ihre sichere Wirkung und bequeme Handhabung aus. Die Wirkung ist sicher, weil der Grundsatz der Keilwirkung, nach dem die Förderlast selbst durch ihr Gewicht das Seil immer fester zieht, hier vermöge der Hebelübersetzung am schärfsten zur Geltung kommt. Bequem ist diese Seilklemme deshalb, weil durch Aufhören des Druckes nach dem Aufsetzen der Last ihre Lösung ohne große Schwierigkeiten erfolgen kann und infolgedessen die Neuherstellung des Seileinbandes nach Abhauen des untersten Seilstückes sowie das Umstecken zum Zwecke der Förderung von einer anderen Sohle bei einer etwaigen Förderung mit endlosem Seile wesentlich erleichtert ist.

**153. — Seilfederbüchsen.** Vielfach sind die Seilklemmen mit Federung ausgerüstet, um das beim Aufenthalt der Förderkörbe an Hängebank und Füllort auftretende „Hängeseil“, das sich namentlich bei der Förderung mit mehrbödigen Gestellen und nur einer Abzugbühne an den Anschlägen unliebsam bemerklich macht, möglichst zu beseitigen. Wie bereits oben angedeutet wurde, ist das Hängeseil für die Haltbarkeit der Seile sehr schädlich, weil einerseits eine starke Biegungsbeanspruchung des Seiles dabei eintritt und anderseits beim darauffolgenden Anziehen der Fördermaschine das schlaife Seilstück mit einem plötzlichen Ruck wieder straff gezogen wird. Eine solche Federungsvorrichtung veranschaulicht Fig. 498. Hier ist das Fördergestell durch die Platte  $i_2$  und die Konsolen  $l_1 l_2$  an der Seilbüchse *c* aufgehängt. Zwischen die letztere und die Platte  $i_2$  sind eine starke Schraubenfeder *f*, die sich gegen die verschiebbare Platte  $i_1$  stützt, und Holzeinlagen (zwischen  $i_1$

und  $i_2$ ) eingeschaltet. Die Spannung der Feder und der für die Holzeinlagen nötige Abstand kann durch Verschiebung der Hülse  $i_1$  mittels der Schraubenspindeln  $h_1$   $h_2$  und der Muttern  $k_1$   $k_2$  geregelt werden. Solche Federbüchsen sind in erster Linie dort am Platze, wo das Fördergestell nur mit Hilfe eines Bügels oder einer Königstange getragen wird, während beim Vorhandensein von Zwischenketten, sog. „Zwieselketten“, diese die toten Seilbewegungen größtenteils ausgleichen. Im übrigen dienen auch die Federn der an den Förderschalen in der Regel angebrachten Fangvorrichtungen zur teilweisen Aufnahme von Hängeseil.

**154. — Die eigentlichen Zwischengeschirrtteile.** Die weitere Verbindung zwischen Seil und Förderkorb wird, wie eben angedeutet, durch die Königstange oder durch Zwieselketten vermittelt. Die Königstange ist fast immer vorhanden, wenn Fangvorrichtungen angebracht sind, da man diese meist durch die Königstange betätigt. Von Ketten können 2 oder 4 Verwendung finden, jedoch ist letztere Zahl weitaus die Regel. Zur Sicherheit pflegt man außerdem 4 Notketten anzubringen, die im Vergleich mit den Hauptketten länger, unter sich aber von gleicher Länge sein müssen und für den Fall des Bruches einer Hauptkette zur Wirkung kommen. Ferner lassen die Figuren 493 u. 499 auf S. 455 u. 459 erkennen, daß man auch Zwieselketten ( $z_1$ — $z_4$  in Fig. 493) und Königstange (s) gleichzeitig verwenden kann. Verschiedene Arten der Verbindung zwischen Seileinband und Königstange bzw. Ketten sind aus den Figuren zu entnehmen. Wichtig ist, daß Zwieselketten beim Schlaffwerden infolge Aufsetzens des Fördergestells sich nicht in Klanken werfen („klinken“) dürfen, weil dann leicht ein Bruch zu befürchten ist. Verhütet wird das Klinken entweder durch richtige Bemessung des Verhältnisses zwischen Gliedstärke und Gliedlänge oder durch Benutzung von Stegketten, deren Glieder durch einen Mittelsteg in 2 Hälften geteilt sind (vgl. Fig. 499 a).

Außerdem sind wegen der unvermeidlichen Längung der Seile im Betriebe Zwischenstücke vorzusehen, die solche Längungen durch entsprechende Verkürzungen auszugleichen gestatten. Ein solches Zwischenstück ist z. B. eine Laschenkette (Fig. 500 b), deren einzelne Glieder  $l_1$ — $l_4$  nach Bedarf herausgenommen werden. Außerdem können lange Laschen mit einer Anzahl von Löchern benutzt werden ( $v$  in Fig. 501 und  $p$  in Fig. 502), in welche Bolzen zum Anhängen der Nachbarlaschen gesteckt werden. Eine derartige Einrichtung ermöglicht also das Einstellen auf geringere Längen, als es die Wegnahme einzelner Laschen gestattet. Außerdem ist auch die Verwendung von Schraubenspindeln (s in Fig. 500 a,  $t_1$   $t_2$  in Fig. 493 auf S. 455) als Zwischenstücke möglich, die dann eine beliebige Feineinstellung gestatten. Derartige Spindeln können einfach (Fig. 500 a) oder doppelt (Fig. 493) sein; im letzteren Falle ergibt sich scheinbar eine größere Sicherheit, in Wirklichkeit jedoch der Übelstand, daß ein gleichmäßiges Anziehen beider Schrauben und damit eine gleiche Verteilung der Traglast auf beide sehr schwierig ist und deshalb stärkere Beanspruchungen einer Schraubenspindel schlecht vermieden werden können. Von besonderer Bedeutung sind die Verkürzungstücke bei der Förderung mit Treibscheibe, weil bei dieser nur ein Förderseil verwendet wird. Bei Trommelmaschinen dagegen ist auch



ein Ausgleich der Seillängen durch Verdrehen der Trommel gegen die Achse (sog. „Umstecken“) möglich, so daß nur die feineren Unterschiede noch durch die Zwischenstücke im Zwischengeschirr ausgeglichen zu werden brauchen.

Als weitere Zwischenstücke kommen noch in Betracht: der Wirbel ( $w$  in Fig. 500 *a*), der die Entstehung eines Dralls im Seil verhüten soll, und die

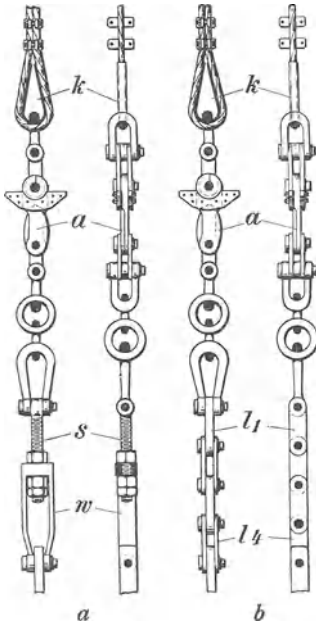


Fig. 500. 1) Beispiele für Zwischengeschirre.

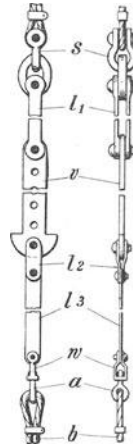


Fig. 501. 2) Unterseilgehänge mit Ausgleichvorrichtung für Seillängen.

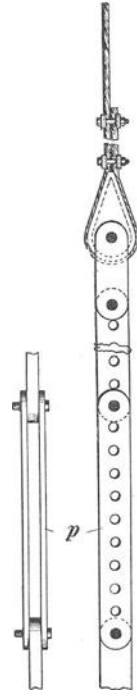


Fig. 502. Laschenverbindung zum Ausgleich der Seillängen.

Auslösevorrichtung ( $a$  in Fig. 500 *a* und *b*). Der Wirbel wird aber jetzt meist fortgelassen, ohne daß sich daraus schädliche Folgen ergeben hätten. Die Auslösevorrichtungen werden weiter unten besprochen.

#### d) Schachtleitungen.

**155. — Bedeutung und allgemeine Anordnung der Schachtleitungen.** Die Schachtleitungen sollen ein möglichst sicheres und stoßfreies Fahren der Fördergestelle im Schachte erzielen und dadurch eine möglichst große Fördergeschwindigkeit zu erreichen gestatten. Man unterscheidet zunächst nach der Art ihrer Anbringung Kopf-, Seiten- und Eckführungen.

Kopfführungen sind solche, bei denen die Fördergestelle an den vorderen und hinteren, bei der Mineralienförderung offenen Seiten geführt werden. Sie bilden bei schmalen Fördergestellen mit Hintereinanderstellung

<sup>1)</sup> Sammelwerk, Bd. V, S. 312.

<sup>2)</sup> Sammelwerk, Bd. V, S. 321.

der Wagen die Regel, werden aber auch für Fördergestelle mit je zwei Wagen nebeneinander benutzt. Ein Vorteil der Kopfführung ist die Möglichkeit einer besseren Ausnutzung des Schachtquerschnittes, indem für die Anbringung der Führungen die sog. „verlorenen Ecken“ runder Schächte ausgenutzt werden können, wogegen bei Seitenführungen nicht nur der für andere Zwecke nutzbar zu machende Raum des Schachtes beeinträchtigt, sondern auch noch die besondere Anbringung von Mitteleinstrichen erforderlich wird. Im übrigen ist die Führung durch Kopfführungen weniger stoßfrei als diejenige durch Seitenführungen, weil für die ersteren auf jeder Bühne die am Gestell angebrachten Führungsschuhe unterbrochen werden müssen und außerdem auch durch die Bewegungen der Wagen bei den langen und schmalen Gestellen, für welche die Kopfführung in der Regel benutzt wird, fortwährende Verschiebungen des Schwerpunktes sich ergeben. Bei Seitenführungen können ununterbrochene Führungsschuhe von der ganzen Länge des Gestells Verwendung finden, und die Bewegungen der Wagen auf dem Gestelle wirken bei breiten Fördergestellen weniger stark, weil sie an einem kleineren Hebelarme als bei langen und schmalen Gestellen angreifen. An den Anschlag-

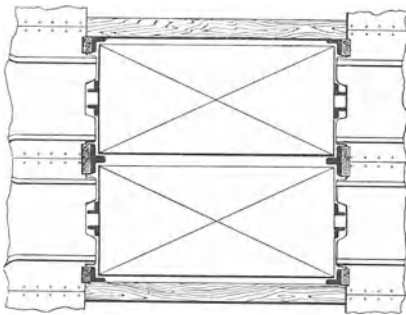


Fig. 503. Eckführung für Fördergestelle an Füllort und Hängebank.

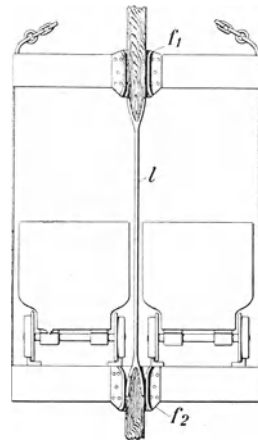


Fig. 504. Verbindungstück für Kopfführungen bei breiten Fördergestellen an Füllort und Hängebank.

stellen müssen bei Kopfführung die Schachtleitungen unterbrochen werden, um den Wagenwechsel zu ermöglichen. Diese Unterbrechungen machen sich besonders bei niedrigen Gestellen mit nur einer oder zwei Bühnen nachteilig bemerkbar. Man sieht daher für solche Gestelle vielfach nach Fig. 503 Eckführungen an den Anschlagpunkten vor, indem man in allen vier Ecken des Schachtes Winkelleisen anbringt, die dem Gestell einen nur geringen Spielraum gestatten. Bei längeren Fördergestellen schadet die Unterbrechung der Leitungen weniger, weil stets trotz der Unterbrechung mehrere Führungsschuhe mit ihnen in Eingriff bleiben. Bei Gestellen mit Nebeneinanderstellung der Wagen kann man an den Anschlägen in der durch Fig. 504 veranschaulichten Weise die Führung durch ein in die Hauptleitung eingeschaltetes Flacheisengabelstück *l* erhalten, das genügend Raum für das Aufschieben der Wagen läßt.

In der Regel werden die Fördergestelle auf zwei gegenüberliegenden Seiten geführt. Seltener finden sich Führungen auf nur einer Seite

(Ziff. 157). Bei Seilführungen können (vgl. unten, Ziff. 158) verschiedene, unregelmäßig liegende Punkte des Fördergestells mit Führungen versehen werden.

**156. — Ausführung der Schachtleitungen im einzelnen. Holzführungen.** Die Führungen können aus Holz, Profileisen oder Drahtseilen bestehen. Holzführungen bieten gegenüber den eisernen Führungen den Vorteil eines bequemen Einbaues und einer leichten Erneuerung; sie ermöglichen einen sanften Gang der Fördergestelle und eine gute Wirkung von Fangvorrichtungen. Andererseits nehmen sie verhältnismäßig viel Platz in Anspruch und leiden in ausziehenden Schächten stark durch Nässe und schlechte Wetter. Für die Holzführungen wird in der Regel das Holz der amerikanischen Pechkiefer (pitch-pine) verwendet, außerdem findet Eichenholz Anwendung.

Die hölzernen Schachtleitungen, auch „Leitbäume“ oder „Spurlatten“ genannt, werden in Längen von 6—9 m eingebaut. Ihre Befestigung an den Einstrichen wird durch die Figuren 505 *a*, *b*, *d* und *e* veranschaulicht. Sie erfolgt durch Schrauben mit versenkten Köpfen unmittelbar an den Einstrichen (Fig. 505 *a* und *e*) oder durch Vermittelung von Winkeleisen

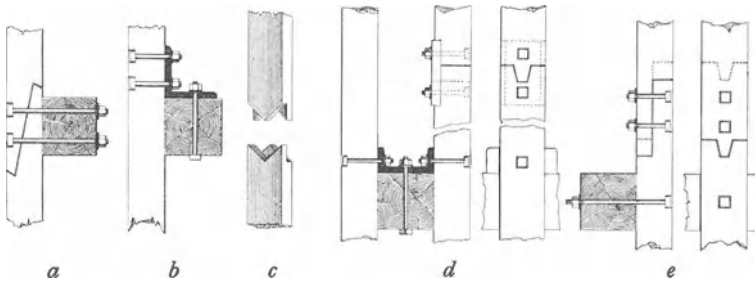


Fig. 505. Verbindungen hölzerner Spurlatten unter sich und mit den Einstrichen.

(Fig. 505 *b*), die mit den Einstrichen verschraubt sind. Letztere Befestigungsart führt bei den Mitteleinstrichen zu der Befestigung je zweier benachbarten Spurlatten an einem gemeinsamen  $\square$ -Eisen (Fig. 505 *d*). Von besonderer Wichtigkeit ist eine gute Verbindung der Spurlatten unter sich, damit sowohl ein stoßfreier Übergang des Fördergestells von einer Spurlatte auf die andere ermöglicht als auch eine seitliche Verschiebung der Spurlatten gegeneinander verhütet wird. Derartige Verbindungen werden in den Figuren 505 *a*, *c*, *d* und *e* wiedergegeben. In Fig. 505 *c* ist jede Spurlatte mit einer Kerbe und einem vorspringenden Zapfen versehen, wodurch eine doppelte gegenseitige Verblattung erzielt wird. Bei der Verbindung nach Fig. 505 *e* greift die eine Spurlatte mit 2 gegeneinander versetzten Zapfen in entsprechende Kerben der anderen. Die feste Verbindung erfolgt hier durch Schrauben in der Stoßstelle selbst. In Fig. 505 *a* dienen diese Verbindungsschrauben gleichzeitig zur Befestigung der Leitbäume an dem Einstrich, wogegen bei der Verbindung nach Fig. 505 *d* eine Lasche hinter beide Leitbäume gelegt ist.

An Zwischenanschlügen mit nur zeitweiser Förderung müssen für Kopfführungen Einrichtungen vorgesehen werden, durch die nach Belieben

die Schachtleitung geschlossen und geöffnet werden kann. Dazu dient z. B. ein Leitungstück, das um einen Gelenkbolzen drehbar ist und für gewöhnlich durch einen Riegel in der Schlußlage festgehalten wird.

Es empfiehlt sich, hölzerne Spurlatten zur Verringerung des Verschleißes zu schmieren, was mit Seife oder mit Mineralölen erfolgen kann, welche letzteren für Schächte mit salzhaltigem Wasser verwendet werden.

**157. — Eiserner Führungen.** Eiserner Schachtleitungen haben den Vorteil einer verhältnismäßig geringen Raumbeanspruchung und einer geringeren Empfindlichkeit gegen ausziehende Wetter, vorausgesetzt, daß sie gut unter Schmiere gehalten werden. Außerdem zeichnen sie sich durch Feuer-sicherheit aus. Der Verschleiß ist in vollständig lotrechten Schächten und bei sehr sorgfältigem Einbau geringfügig, kann aber andernfalls sehr bedeutend werden. Auch ergeben sich bei nicht ganz genauem Einbau der einzelnen Leitbäume heftige Stöße bei der Förderung. Bevorzugt werden Leitungen aus Eisenbahnschienen nicht zu leichten Profilen (36—45 kg je lfd. m). Die Schienen werden in Längen von 10—12 m eingebaut und vom Förderkorb mit Klauen nach Fig. 506 bis 508 gefaßt. Die übliche Art der Führung mit Eisenbahnschienen ist die Briartsche (Fig. 506 bis 508). Sie ist für lange und schmale Förder-

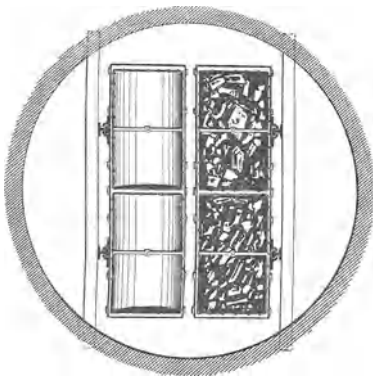


Fig. 506. Briartsche Führung mit zwei Einstrichen.

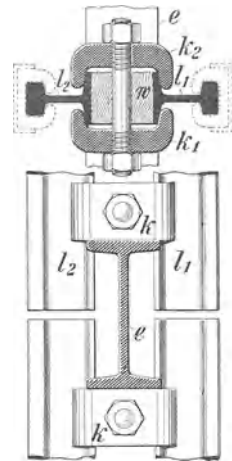


Fig. 507. Befestigung der Schachtleitungen bei der Briartschen Führung mit Mitteleinstrich.

gestelle bestimmt, deren jedes nur an einer Seite, dafür aber an je zwei Leitungen geführt wird. Und zwar können diese entweder (Fig. 506) an zwei äußeren Einstrichen oder (Fig. 507 u. 508) an einem gemeinsamen Mitteleinstrich befestigt werden. Man erreicht dadurch den Vorteil, daß bei Vermeidung der Nachteile der Kopfführung an Einstrichen im Schachte gespart wird, so daß sich ein sehr günstiger, freier Schachtquerschnitt für die Wetterführung ergibt, der Einbau sich wesentlich verbilligt und der Schacht besser für eine Doppelförderung eingerichtet werden kann. Im letzteren Falle können an jedem der beiden in Fig. 506 dargestellten Einstriche die sämtlichen 4 Leitungen (wie in Fig. 508) für eine Förderung befestigt werden. Die Befestigung erfolgt in diesem Falle am besten nach Fig. 507. Die beiden Leitschienen  $l_1 l_2$  legen sich in Aus-

schnitte des  $\Gamma$ -Trägers  $e$ , der den Einstrich bildet; ihre Füße werden durch die Klauen  $k_1 k_2$  umfaßt, die durch Schrauben zusammengehalten werden. Eine unverrückbare und doch etwas elastische Verlagerung sichert der Holzklötz  $w$ . — Wichtig für eiserne Schachtleitungen ist eine

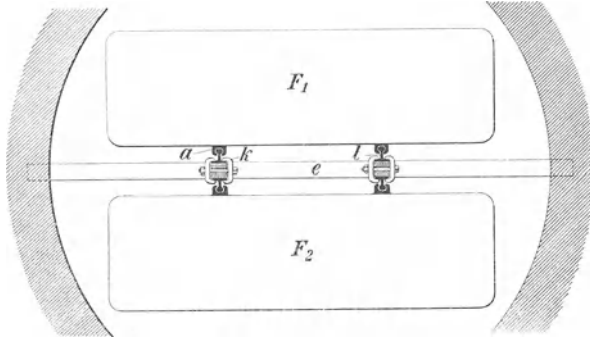


Fig. 508. Briartsche Führung mit einem Einstrich.

ständige Schmierung, die am einfachsten dadurch erfolgt, daß oberhalb der Führungsklauen Schmierbüchsen am Fördergestell befestigt werden.

Als Spielraum sind bei Holz- und Eisenführungen mindestens 5 mm zwischen Führungschuh und Spurlatten erforderlich. Zwischen den Fördergestellen und der Schachtzimmerung sowie zwischen den Fördergestellen unter sich sind mindestens 100 mm frei zu lassen; nur in besonders guten Schächten kann man bis auf 80 mm heruntergehen.

**158. — Seilführungen.** Drahtseile ermöglichen es, bei geringen Fördertiefen mit einem Mindestmaß von Raum auszukommen, da Einstriche hier überhaupt nicht erforderlich werden. Sie sind außerdem sehr bequem einzubauen und zu erneuern und wegen ihrer Biegsamkeit wenig dem Verschleiß ausgesetzt, auch ermöglichen sie einen stoßfreien Gang der Förderkörbe. Daher stellen sie für mäßig tiefe Schächte ein vorzügliches Führungsmittel dar. Dagegen sind sie gerade für große Fördertiefen, für die die Möglichkeit einer stoßfreien Führung von besonders großer Bedeutung ist, wenig geeignet, weil hier der Vorteil der geringen Raumbeanspruchung, wie ihn die Seile an sich bieten, durch das Schlagen der Seile aufgewogen wird, das sich auch bei möglichst starren und stark gespannten Seilen nicht vermeiden läßt und zu einem entsprechend großen Zwischenraum zwischen den Fördergestellen der Sicherheit halber nötig ist. Dieser Zwischenraum beträgt für Teufen von 500 m schon mindestens 30 cm. Seilführungen haben daher bei uns, wo es sich vielfach schon um größere Tiefen handelt, keine ausgedehnte Verwendung gefunden.

Als Führungseile eignen sich am besten Seile patentverschlossener Bauart (Ziff. 138), weil diese wegen ihrer glatten Oberfläche eine sehr ruhige Führung ermöglichen und einen sehr geringen Verschleiß ergeben und außerdem wegen ihrer Starrheit wenig schlagen.

Die Aufhängung der Führungseile muß dem unvermeidlichen Längen derselben Rechnung tragen. Solche Seile dürfen daher am unteren

Ende nicht starr eingespannt werden, sondern müssen zwar zur Vermeidung von Bewegungen mit wenig Spiel durch einen Rahmen geführt werden, dürfen aber die erforderliche Spannung nur durch Belastung mit Gewichten unterhalb des Rahmens erhalten. Die Fördergestelle führen sich an den Seilen mit Hilfe von zylindrischen Führungsbüchsen, die oben konisch erweitert werden und so gleichzeitig als Schmierbüchsen benutzt werden

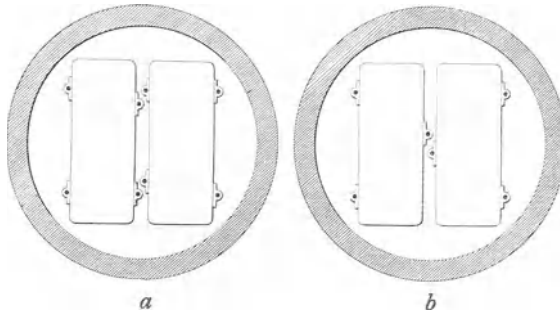


Fig. 509. Anordnung der Führungseile bei Seilleitungen.

können. Man kann für jedes Fördergestell vier Seilführungen verwenden (Fig. 509 *a*), jedoch auch mit dreien (Fig. 509 *b*) auskommen. Die inneren Führungsbüchsen der Fördergestelle werden zur Verringerung des Zwischenraums zweckmäßig gegeneinander versetzt, wie die Figuren andeuten. Verschiedentlich hat man sich auch mit je zwei Führungseilen an den Außenseiten der Fördergestelle begnügt und die gegenseitige Berührung der Fördergestelle einfach durch zwischengehängte Seile verhütet.<sup>1)</sup>

#### e) Die an Hängebank und Füllort für die Fördergestelle notwendigen Vorrichtungen.

##### 159. — Allgemeines über die Verwendung von Aufsetzvorrichtungen.

In früheren Zeiten bildete es die Regel, daß das Fördergestell sowohl an der Hängebank als auch am Füllort auf Aufsetzvorrichtungen (auch „Schachtfallen“ oder nach der englischen Bezeichnung „Keps“<sup>2)</sup> genannt) gesetzt wurde. Heute ist man von dieser allgemeinen Regel vielfach abgekommen, indem man mindestens am Füllort die Aufsetzvorrichtungen lieber fortläßt. Man vermeidet dadurch Unglücksfälle, wie sie durch zu hartes Aufsetzen des Fördergestells infolge unrichtiger Maschinenführung eintreten können und daher beispielsweise im Ruhrbezirk schon zu dem bergpolizeilichen Verbot der Benutzung von Aufsetzvorrichtungen am Füllort während der Seilfahrt geführt haben. Vielfach werden auch an der Hängebank die Aufsetzvorrichtungen fortgelassen, so daß „am freien Seile“ aufgeschoben wird. Allerdings ist hierbei größere Sorgfalt seitens des Maschinenwärters und bei der Ausgleichung der Seillängung im Betriebe erforderlich. Außerdem ergeben sich beim Fehlen von Unterseil Schwierigkeiten dadurch, daß nach dem Abziehen einer besonders schweren Last (z. B. zweier Bergewagen) das Fördergestell etwas hochschnellt und dadurch das

<sup>1)</sup> T. C. Futers: Mechanical engineering of collieries, Bd. I, S. 98.

<sup>2)</sup> Englische Schreibweise (nicht „Caps“).

Aufschieben der leeren Wagen erschwert wird. Jedoch läßt sich hier durch die weiter unten (Ziff. 161) zu besprechenden schwenkbaren Anschlußbühnen Abhilfe schaffen.

Bei der Treibscheibenförderung glaubte man früher, die Aufsetzvorrichtungen mindestens an einer Stelle fortlassen zu müssen, weil sonst ein Rutschen des Seiles auf der Treibscheibe während des Aufsetzens der Gestelle befürchtet wurde. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, daß auch für Aufsetzvorrichtungen, die zum Zurückziehen ein Anheben des Fördergestells erfordern, schon bei mäßigen Schachttiefen diese Befürchtung nicht mehr zutrifft, weil die Seillast an sich schon genügt, um ein Rutschen zu verhindern. Nur kann der untere Förderkorb nicht angehoben werden, während der obere auf den Keps steht.

**160. — Ausbildung der Aufsetzvorrichtungen im einzelnen.** Die Aufsetzvorrichtungen können so eingerichtet sein, daß der Boden des Fördergestells auf sie aufsetzt, oder sie können als sog. „Hängekeps“ das Fördergestell am Kopfe fassen. Bei Aufsetzvorrichtungen der letzteren Art werden die aus dem Plattenbelag der Hängebank aufragenden Hebel vermieden, die zu Unfällen Anlaß geben können. Außerdem werden Hängekeps für hohe Fördergestelle bevorzugt, weil diese beim Aufsetzen starken Stauchwirkungen und wechselnden Beanspruchungen ausgesetzt sind. Denn die während des Treibens vorhanden gewesenen Zugbeanspruchungen gehen beim Aufsetzen plötzlich in eine Druckbeanspruchung über, wogegen bei Hängekeps die Zugbeanspruchung bleibt. Jedoch kann dieser Vorteil

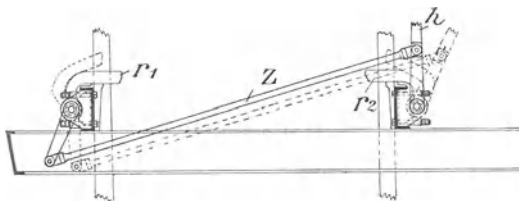


Fig. 510. Riegelkeps.

nur dann voll ausgenutzt werden, wenn die Bedienung an der Hängebank für alle Gestellböden gleichzeitig erfolgt, weil sonst die Hängekeps naturgemäß nur um eine Bühnenhöhe über der Hängebank angebracht werden

können und der Unterschied gegenüber den unter den Korb geschobenen Keps nur noch gering ist.

Zu den älteren Formen der zum Unterschieben unter die Böden der Fördergestelle bestimmten Keps gehörten z. B. die „Riegelkeps“, wie sie durch die Fig. 510<sup>1)</sup> veranschaulicht werden; diese zeigt, wie mit Hilfe des Handhebels  $h$  und der Zugstange  $z$  die beiden Riegel  $r_1 r_2$  von beiden Seiten in den Schacht vorgeschoben werden.

Solchen und ähnlichen Aufsetzvorrichtungen haftet jedoch der Übelstand an, daß sie ein Anheben der Fördergestelle erfordern, um zurückgezogen werden zu können. Damit ergeben sich verschiedene schwerwiegende Nachteile. Zunächst bewirkt das Anheben des Fördergestells an der Hängebank schädliches Hängeseil am Füllort und umgekehrt, und dieser Vorgang wiederholt sich bei mehrbödigen Gestellen so oft, wie umgesetzt wird. Außerdem stellt dieses einseitige Anheben eines Förder-

<sup>1)</sup> Sammelwerk, Bd. V, S. 385.

gestells ohne das Gegengewicht des andern eine starke Belastung der Fördermaschine dar, und überdies wird durch die fortgesetzt wechselnden Bewegungen des Steuerhebels, die zu diesen verschiedenen Umsetzungen notwendig sind, der Fördermaschinist auf die Dauer leichter verwirrt, so daß Unfälle dann nicht ausgeschlossen sind.

Daher finden wir heute Aufsetzvorrichtungen bevorzugt, die unter der Last des Fördergestells selbst zurückgezogen werden können, so daß nicht nur diese zeitraubenden und bedenklichen Anhebungs- und Senkbewegungen wegfallen, sondern außerdem auch der Förderkorb ins Seil fällt und dadurch dem Maschinisten die einzuschlagende Förderrichtung anzeigt. Eine der ältesten dieser Vorrichtungen war die sog. „hydraulische Schachtfalle“ von Frantz.<sup>1)</sup> Bei dieser ruhten die Stützknaggen der Aufsetzvorrichtungen auf Tauchkolben, die auf eine Wasserdruckleitung wirkten, an die auf der andern Seite ein Akkumulator angeschlossen war. Der

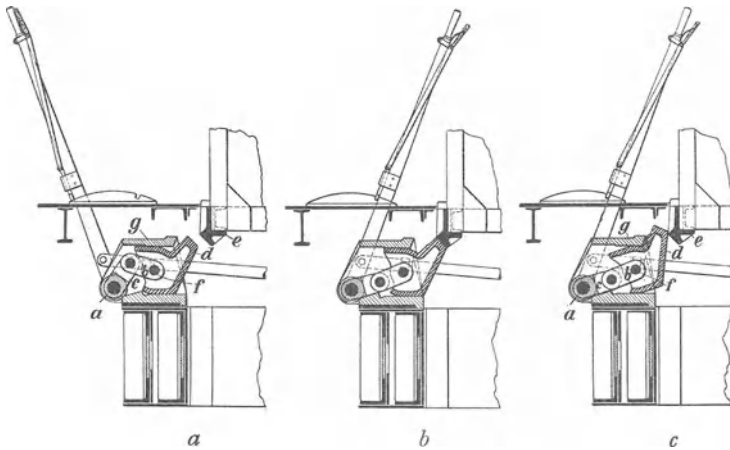


Fig. 511. Aufsetzvorrichtung von Haniel & Lueg in ihren 3 verschiedenen Stellungen.

Anschläger konnte nach erfolgtem Wagenwechsel durch Umstellung eines Hahnes die Verbindungsleitung zum Akkumulator freigeben und so das Senken des Förderkorbes ermöglichen, indem dieser durch sein Gewicht die Tauchkolben niederdrückte. Solche Aufsetzvorrichtungen wirken allerdings unbedingt sicher auch für die größeren Förderlasten, haben aber den Übelstand der schwierigen Unterhaltung wegen der zahlreichen Stopfbüchsen und erfordern außerdem Rücksicht auf Frost im Winter, weshalb sie dann mit Öl oder Glycerin gefüllt werden müssen. Die heute üblichen Schachtfallen erreichen denselben Zweck ohne Verwendung von Flüssigkeiten. Als Beispiele mögen diejenigen von Haniel & Lueg, Beien und Westmeyer angeführt werden.

Die Aufsetzvorrichtung von Haniel & Lueg (Fig. 511) hat mit der Westmeyerschen (sowie übrigens auch mit der älteren Schachtfalle von Staub)<sup>2)</sup> den Grundgedanken gemeinsam, daß ein in eine gerade

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. *Sammelwerk*, Bd. V, S. 388.

<sup>2)</sup> *Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes.* 1885, S. 234; *Versuche u. Verbesserungen*.



Linie gebrachter Gelenkhebel sich in einer Totpunktlage befindet, in der er dem Drucke des Gestelles Widerstand leisten kann, die aber durch Einknicken des Hebels mit Hilfe des Handhebels des Anschlägers ohne große Anstrengung aufgehoben werden kann. Die Vorrichtung setzt sich in ihrer neuen Bauart aus dem oben keilförmig abgeschrägten Gleitstück *d*, das sich in

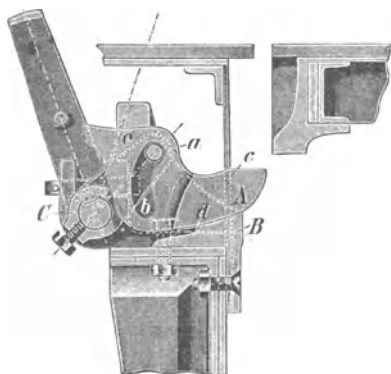


Fig. 512. Beiensche Aufsetzvorrichtung.

der festen Führungsbüchse *g* bewegt, und dem Handhebel mit dem Gelenkhebel *b c* zusammen. Beim Aufsetzen des Gestells wird das Gleitstück durch den Gegendruck des starren Hebels *b c* (Fig. 511 *b*) zurückgehalten, kann aber zum Ausweichen unter der Last des Fördergestells dadurch veranlaßt werden, daß der Anschläger den Hebel einknickt (Fig. 511 *a*), wobei *d* sich in die Büchse *g* zurückschiebt. Befindet sich infolge eines Versehens des Anschlägers das Gleitstück *d* in vorgeschobener Stellung, wenn das Fördergestell ankommt, so kann es von diesem einfach zurückgeschlagen werden (Fig. 511 *c*), da es um den Drehpunkt *f* am Ende des Hebels *b* frei schwingen kann.

Ähnlich wirkt die Beiensche Aufsetzvorrichtung (Fig. 512). In der Figur ist die drehbare Aufsetzknagge *A* in zurückgezogener Stellung

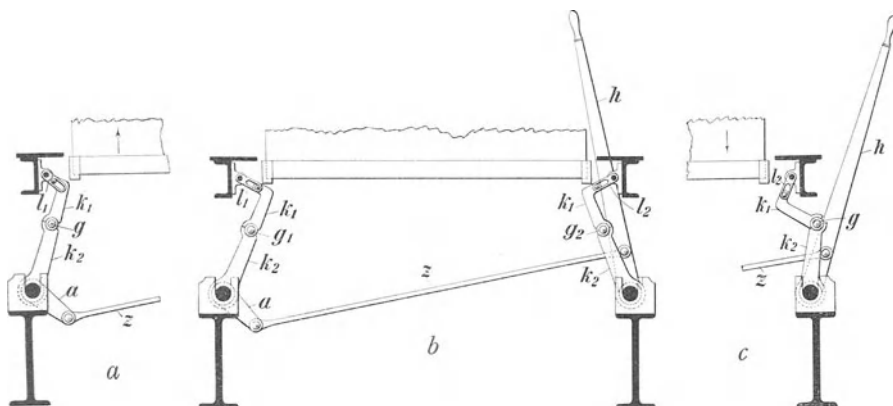


Fig. 513. Kniegelenkstützen von Westmeyer in ihren 3 verschiedenen Stellungen.

gezeichnet. Das Vorschieben erfolgt durch den Handhebel mit Hilfe des in dem Schlitz *b* gleitenden Bolzens *a*. Dabei führt sich die Knagge sowohl an dem Fußstück *B* als auch an dem hinteren oberen Anschlag *e* mittels gekrümmter Flächen. Der Anschlag *e* nimmt auch den Gegendruck des aufruhenden Fördergestells auf, so daß der Bolzen *a* entlastet und das Zurückziehen des Handhebels erleichtert wird. In vorgeschobener

Lage kann die Knagge  $A$  von dem hochgehenden Gestell zurückgeschlagen werden, da sie um den Bolzen  $a$ , der dann unten liegt, nach oben schwingen kann.

Die Westmeyerschen „Kniegelenkstützen“ (Fig. 513) bestehen aus Hebeln  $k_1 k_2$ , deren jeder mit einem Knickpunkt  $g_1 g_2$  in der Mitte versehen ist, auf den der Handhebel  $h$  des Anschlägers unmittelbar bezw. durch Vermittlung der Zugstange  $z$  und des Hebelarmes  $a$  einwirkt. Damit der obere Teil der Kniehebel nicht herunterfällt, wird er durch die Lenker  $l_1 l_2$  festgehalten. Diese Lenker ermöglichen gleichzeitig, da der Bolzen von  $k_1 k_2$  sich in ihnen in einem Schlitz führen kann, daß im Falle falscher Stellung die Aufsetzknaggen durch das hochgehende Fördergestell zurückgeklappt werden (Fig. 513 *a*).

Die verbesserten Aufsetzvorrichtungen eignen sich besonders für einen solchen Betrieb am Anschlage, bei dem das Fördergestell in der Reihenfolge von unten nach oben bedient wird, so daß der unterste Boden zuerst aufsetzt und daher der Korb gesenkt werden muß (vgl. Ziff 163).

**161. — Schwenkbühnen an Stelle von Aufsetzvorrichtungen.** Für das vorhin erwähnte Aufschieben „am freien Seil“ haben sich am Füllort, wo die Längenänderungen der Förderseile sich in erster Linie geltend machen, die Schwenk- oder Anschlußbühnen nach Patent Eickelberg als vorzügliches Hilfsmittel erwiesen und daher sehr rasch eingeführt. Bei

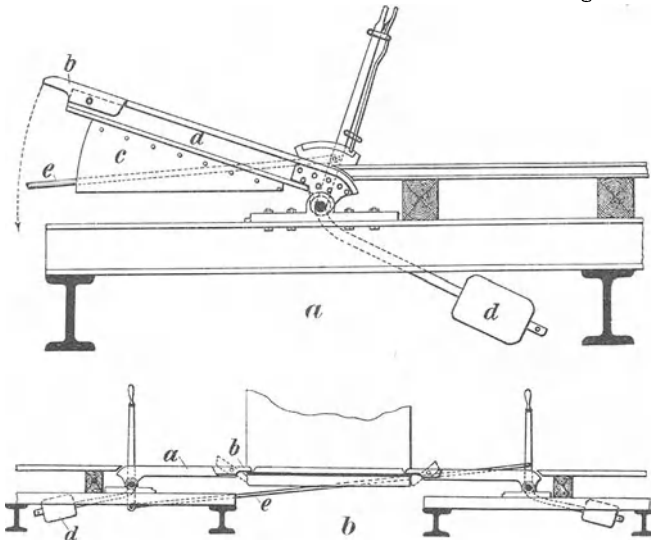


Fig. 514. Anschlußbühne nach Eickelberg.

dieser Vorrichtung ist das letzte Stück des Plattenbelags an den Anschlägen zu einer schwenkbaren Bühne ausgestaltet, die mittels eines Handhebels bewegt wird und sich mit dem vorderen Ende auf den Förderkorb legt, so daß sie ein bequemes und stoßfreies Aufschieben auch dann gestattet, wenn der Boden des letzteren etwas ober- oder unterhalb des Anschlags sich befindet.

Die Bühne, die in Fig. 514 *a* nach ihrer Bauart im einzelnen und in Fig. 514 *b* nach ihrer allgemeinen Anordnung gezeichnet ist, besteht aus einer um einen Bolzen drehbaren und mit Schienenbelag versehenen Plattform *a*, die durch das Gegengewicht *d* ausgeglichen und deren vorderster Teil *b* drehbar angeordnet ist, so daß er nötigenfalls vom niedergehenden Fördergestell heruntergeklappt werden kann, während das hochgehende Gestell die Bühne so weit anzuheben vermag, daß es vorbei kann. Die Bühne wird einfach durch Druck auf den Handhebel auf den zu bedienenden Boden des Fördergestells gelegt. Infolge der Gewichtsausgleichung durch das Gegengewicht folgt sie leicht dem Hebeldruck. Die beiderseitigen Bühnen werden in der üblichen Weise mittels der Zugstange *e* gleichzeitig bewegt.

Durch diese Bühnen ist es möglich geworden, die Übelstände, die das Aufschieben am freien Seile zunächst mit sich bringt, zu beseitigen. Nicht nur ist man nicht in dem Maße wie früher von der Sorgfalt des Maschinenführers abhängig, sondern es machen sich auch Längenänderungen des Seiles, wie sie je nach den abzuziehenden und aufzuschiebenden Lasten sich ergeben, nicht störend bemerklich, da die Bühnen bei genügender Länge Höhenunterschiede von 15 cm und mehr nach oben sowohl wie nach unten auszugleichen gestatten. Allerdings muß darauf geachtet werden, daß nach vollzogener Bedienung des Fördergestells der Schacht sofort abgeschlossen wird oder kein Wagen mehr auf der Bühne steht, weil diese sonst sich unter dessen Gewicht senken und der Wagen in den Schacht stürzen kann.

Neuerdings hat Ingenieur Siede<sup>1)</sup> vorgeschlagen, solche Schwenkbühnen auf dem Förderkorb selbst anzuordnen und sie dadurch an den Anschlägen entbehrlich zu machen.

**162. — Bewegliche Aufsetzbühnen.** Bei der Förderung mit Seilkörben, die ungleich große Durchmesser für das volle bzw. für das leere Fördergestell ergeben, d. h. bei Spiralkörben für Rundseile (s. unten, Ziff. 184) und Bobinen für Bandseile, werden im belgischen, französischen und englischen Steinkohlenbergbau besondere, bewegliche Aufsetzbühnen verwendet. Bei einer derartigen Anordnung<sup>2)</sup> wird das Fördergestell auf eine an einem Seile hängende Bühne aufgesetzt, die durch ein Gegengewicht ausgeglichen ist und deren Bewegung mittels einer Bremse vom Anschläger beherrscht werden kann. Bei anderen Ausführungen<sup>3)</sup> läßt man das Fördergestell auf eine Plattform aufsetzen, die ihrerseits von einem Tauchkolben getragen wird, der auf einen Akkumulator wirkt. Der Bremswirkung entspricht dann die Drosselwirkung, die der Anschläger durch Verstellen eines Ventils in der Rohrleitung zum Akkumulator ausüben kann. Nach Hochgang des Fördergestells wird die leere Bühne durch das Gegengewicht bzw. den Akkumulator wieder hochgedrückt. Auf diese Weise vollzieht

<sup>1)</sup> Möhrle: Fördermittel bei der Schachtförderung (Phönix-Verlag), S. 146.

<sup>2)</sup> Glückauf 1905, S. 1433; Herbst: Der Bergbau auf der Lütticher Weltausstellung.

<sup>3)</sup> Bull. de la Soc. de l'Ind. min. 1908, Comptes-rendues, S. 147 u. f.; Clapier: Taquets hydrauliques du puits Marseille.

sich die Bewegung des Fördergestells am Füllort ganz unabhängig von derjenigen des an der Hängebank befindlichen, so daß die Verschiedenheit der Durchmesser der Seilkörbe keine Rolle mehr spielt.

## B. Der Betrieb der Gestellförderung.

### a) Die Bedienung der Fördergestelle an Hängebank und Füllort.

**163. — Allgemeines über die Bedienung ein- und mehrbödiger Gestelle.** Bei geringen Fördermengen haben Maßregeln zur Beschleunigung der Abfertigung von Fördergestellen an den Anschlägen keinen Zweck; man wendet dann das billigste Verfahren an, indem man den Wagenwechsel am Anschlag nur von einer Seite aus bewirkt und so mit einem einzigen Bedienungsmann auskommt. Bei lebhafterer Förderung empfiehlt es sich, den Betrieb zum Durchschieben einzurichten, so daß dann mindestens 2 Mann erforderlich werden. Damit wird gleichzeitig auch einer bequemen und raschen Wagenbewegung am Füllort und an der Hängebank vorgearbeitet, da diese an beiden Seiten in derselben, immer gleichbleibenden Richtung erfolgen kann und künstliche Gefälle-Unterschiede (s. Ziff. 170 u. 172) zu Hilfe genommen werden können. Das Durchschieben ist besonders wichtig für Gestelle mit Hintereinanderstellung der Wagen. Im übrigen ist hier daran zu erinnern, daß Gestelle mit je 2 Wagen nebeneinander eine beschleunigte Bedienung gegenüber denjenigen mit hintereinander stehenden Wagen ermöglichen.

Besondere Erörterungen über die Bedienung der Gestelle sind nur für mehrbödige Fördergestelle erforderlich. Zunächst ist zu unterscheiden, ob die Bedienung in der Reihenfolge von unten nach oben oder von oben nach unten erfolgt. Das Fördergestell muß während der Bedienung im ersteren Falle nach und nach gesenkt, im zweiten Falle gehoben werden. Beide Bewegungen können sich an Hängebank und Füllort nicht in derselben Weise vollziehen, da ja die Seillänge dieselbe bleibt; vielmehr geht das Gestell am Füllort hoch, wenn dasjenige an der Hängebank sich senkt, und umgekehrt. Die Bedienung in der Reihenfolge von unten nach oben an der Hängebank und in umgekehrter Reihenfolge am Füllort war früher für den Ruhrkohlenbezirk die übliche. Sie wird durch das Schema in Fig. 515 *a* veranschaulicht, wo die vollen Wagen durch schwarze, die leeren durch weiße Kreise bezeichnet sind, oben die Hängebank und unten das Füllort angedeutet und bei *I* die Anfangs-, bei *IV* die Endstellung der Gestelle dargestellt ist. Neuerdings ist man vielfach, sofern auf Keps aufgesetzt wird, zum umgekehrten Verfahren übergegangen, was in erster Linie durch das

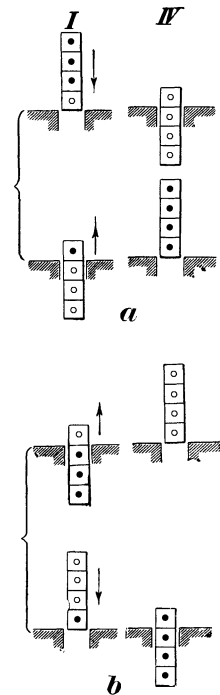


Fig. 515<sup>1)</sup>. Verschiedene Reihenfolge der Bedienung der Fördergestelle an der Hängebank und am Füllort.

<sup>1)</sup> Nach dem Sammelwerk, Bd. V, S. 394.

große Gewicht der heute immer mehr bevorzugten vierbödigen Gestelle mit zwei Wagen auf jedem Boden veranlaßt wurde. Wenn nämlich ein solches Fördergestell an der Hängebank mit dem untersten Boden zuerst aufgesetzt wird, so erleidet es eine starke Stauchwirkung, der während des Senkens wieder eine starke Zugbeanspruchung folgt. Diese schädlichen Druckwechsel werden wesentlich abgeschwächt, wenn nach Fig. 515 *b* an der Hängebank die oberste Bühne zuerst bedient wird, weil die schweren, gefüllten Wagen nicht oberhalb, sondern unterhalb des Stützpunktes sich befinden und die neu aufgeschobenen leeren Wagen einen nur mäßigen Druck ausüben. Jedoch wird der Nachteil der Stauchung hoher Fördergestelle heute auch durch Aufschieben am freien Seile mittels Anschlußbühnen vermieden, wobei dann die Reihenfolge der Bedienung der Bühnen nicht mehr von solcher Bedeutung ist. Immerhin bietet aber die Bedienung nach Fig. 515 *b* noch den weiteren Vorteil, daß das Fördergestell an der Hängebank bei Beginn des Wagenwechsels sich noch in größerem Abstand von den Seilscheiben befindet und dadurch die Gefahr des Übertreibens vermindert wird.

**164. — Beschleunigung der Bedienung.** Den großen Schachtiefen der heutigen Zeit entsprechend ist die Frage einer Beschleunigung der Abfertigung der Gestelle an den Anschlagpunkten von immer größerer Bedeutung geworden. Man hat allerdings zur Erhöhung der Förderleistung bei tieferen Schächten noch zwei andere Möglichkeiten, indem man das Fördergestell für die Aufnahme einer größeren Anzahl von Wagen einrichtet oder zweitens die Fördergeschwindigkeit entsprechend erhöhen kann. Jedoch kommt man mit diesen Mitteln bald an eine gewisse Grenze, weil im ersten Falle die sehr hohe Seilbelastung große Schwierigkeiten verursacht und im zweiten Falle die Fördergeschwindigkeit naturgemäß eine gewisse Höchstgrenze nicht übersteigen kann. Diese Höchstgrenze liegt bei uns im allgemeinen bei 20 m; vereinzelt finden sich allerdings auch Geschwindigkeiten bis zu 32 m in der Sekunde<sup>1)</sup>, wenn der Schacht in tadellosem Zustand ist.

**165. — Verbilligung der Bedienung.** Für solche Schächte, bei denen wegen weniger starker Förderung eine Beschleunigung des Wagenwechsels nicht notwendig ist, sind neuerdings mehr und mehr Maßnahmen zur Verbilligung der Bedienung in Aufnahme gekommen. Diese richten sich mit Rücksicht auf die erheblich gestiegenen Löhne in erster Linie auf die Verringerung der Anschlägermannschaft durch mechanisch bewegte Vorrichtungen, da die Ausschaltung nur eines Bedienungsmannes in jeder Schicht bei doppelschichtigem Betriebe schon eine jährliche Ersparnis von ca. 2500 *M* bedeutet. Naturgemäß ist auch die Möglichkeit gegeben, durch die mechanischen Bedienungsvorrichtungen gleichzeitig eine größere Geschwindigkeit des Wagenwechsels zu erzielen. Doch erfolgt dieser bei ausreichender und gut eingearbeiteter Anschläger-Mannschaft bereits mit solcher Schnelligkeit, daß der Wettbewerb mechanisch angetriebener Vorrichtungen in dieser Hinsicht nicht sehr aussichtsreich ist. Im Gegenteil,

<sup>1)</sup> Zeitschrift „Fördertechnik“ 1912, S. 53; Wallichs: Die Berechnung der Hauptschacht-Fördermaschinen.

es ist sogar damit zu rechnen, daß im ganzen durch die unvermeidlichen Betriebsstörungen bei solchen Vorrichtungen die Förderleistung etwas herabgedrückt wird.

Da für große Fördermengen nur mehrbödige Gestelle verwendet werden, so sind die Hilfsmittel für die Bedienung nur für solche Gestelle berechnet.

**166. — Vermehrung der Abzugbühnen.** Für die Beschleunigung der Abfertigung der mehrbödigen Gestelle im ganzen ist die Verwendung mehrerer fester Abzugbühnen das wichtigste Hilfsmittel. Es kommt vorzugsweise für Gestelle mit mehr als 2 Böden in Betracht, da es ja nur für stark beanspruchte Schächte zu Hilfe genommen wird und für diese die Verwendung von Förderkörben mit nur zwei Böden nicht zu empfehlen ist. Bei einer solchen Ausgestaltung der Anschläge wird für jeden Boden des Fördergestells oder für je zwei Böden eine besondere feste Abzugbühne vorgesehen; diese verschiedenen Bühnen werden durch kleine Bremsen untereinander verbunden. Naturgemäß liegt die Hauptbühne an der Hängebank unten, am Füllort oben, weil die vollen Wagen das Übergewicht für den Bremsbetrieb hergeben und an der Hängebank alle vollen Wagen auf die Hauptbühne gebracht werden müssen, während sie am Füllort auf dieser ankommen.

Man ordnet die Bremsen besser neben dem Schachte an (s. Fig. 516) als vor bzw. hinter demselben. Allerdings wird dann eine Schwenkung der Wagen zwischen Schacht und Bremse um  $90^\circ$  erforderlich, aber dafür ergeben sich kürzere Förderwege zwischen beiden Stellen und die Möglichkeit, die Bremse durch den Anschläger des Hauptschachtes mit bedienen zu lassen, während man bei der Anordnung der Bremsschächtchen vor oder hinter dem Schachte diese wegen der starken Beanspruchung des Raumes am Füllort weiter zurücksetzen und daher die Mannschaft am Anschlag entsprechend vermehren muß.

Diese Bedienungsweise ermöglicht die Abfertigung eines Gestells in annähernd derselben Zeit, wie sie für die Bedienung einer einzigen Bühne beansprucht wird. Sie hat außerdem den Vorteil einer größeren Schonung des Seiles und der Fördergestelle, da das Umsetzen der letzteren mit den dadurch veranlaßten wechselnden Beanspruchungen des Seileinbandes und der Gestelle selbst wegfällt. Jedoch sind anderseits die Nachteile dieser Einrichtung nicht zu verkennen. Zunächst verursacht sie große Kosten, weil die Anschlägermannschaft annähernd der Zahl der Bühnen entsprechend vermehrt werden muß. Ferner ist die Bedienung auf den einzelnen Bühnen schwierig, da die Abstände zwischen diesen sich nach denjenigen zwischen den Gestellböden richten müssen und von dieser an sich schon geringen Höhe über dem Plattenbelag jeder Bühne noch die Höhe der Träger, auf denen die Bühnen ruhen, in Abzug kommt. Eine entsprechende Erhöhung des Fördergestells würde dessen Gewicht zu sehr steigern. Überdies nehmen die Bremsen an dem ohnehin schon stark in Anspruch genommenen Füllort Platz weg und erschweren den Betrieb. Auch sind Mißverständnisse bei der Signalgebung zwischen den einzelnen Bühnen und dadurch verursachte Unfälle und Betriebsstörungen möglich.

Man hat sich bemüht, die Mängel der Verwendung mehrerer Anschlagbühnen möglichst zu verringern. Eine empfehlenswerte Lösung dieser Aufgabe ist der Mittelweg, die Zahl der festen Bühnen geringer zu nehmen, als der Zahl der Korbböden entsprechen würde. Eine vielfach übliche Anordnung ist die in Fig. 516 dargestellte, bei der ein vierbödiges Gestell von nur zwei festen Bühnen aus bedient wird, so daß die Zahl der Anschläger und die Zahl der Bremsen entsprechend verringert werden kann und die Anschläger genügend Raum zur Verfügung haben. Es wird dabei einmal umgesetzt und der Wagenwechsel zuerst für die erste und dritte, sodann für die zweite und vierte Bühne des Fördergestells bewirkt.

Während bei diesem Verfahren vorzugsweise an Anschlägermannschaft gespart wird, richten sich andere Bestrebungen auf die Erhöhung des Raumes zwischen den festen Bühnen und auf eine weitere Verringerung der Zahl der

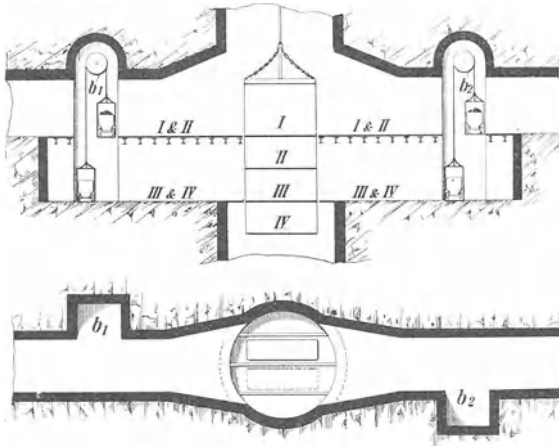


Fig. 516. Bedienung vierbödiger Fördergestelle von zwei festen Bühnen aus mit einmaligem Umsetzen.

Bremsen. Dieser Zweck wird ganz ohne Umsetzen dadurch erreicht, daß das Füllort an der einen Seite des Fördergestells um einen Bühnenabstand tiefer gelegt wird als an der anderen Seite, so daß die beiden Bühnen auf der einen Seite mit der zugehörigen Bremse zur Bedienung des ersten und dritten Gestellbodens und die Bühnen auf der anderen Seite mit einer zweiten Bremse zur Bedienung des zweiten und vierten Gestellbodens benutzt werden. Wenn man hierbei auf Durchschieben verzichtet, so bleibt eine genügende Höhe für die Anschläger gewahrt; doch eignet sich dann das Verfahren schlecht für schmale Fördergestelle mit Hintereinanderstellung der Wagen. Auf Zeche Prosper bei Bottrop hat man, um das Durchschieben zu ermöglichen, die Anordnung so getroffen, daß das Fördergestell 8 Böden erhält und einmal umgesetzt wird (s. Fig. 517a, in welcher der höher liegende Querschlag mit  $Q_1$ , der tiefer liegende mit  $Q_2$  bezeichnet ist). An der Hängebank erfolgt hier die Bedienung in der gewöhnlichen Weise, weil wegen des an der Hängebank zur Verfügung stehenden, größeren Raumes eine größere Anzahl von Bremsen sich leicht

unterbringen läßt (Fig. 517 *b*). Die Bremsen  $b_4$  und  $b_5$  sind für die zur Aufbereitung gehenden Kohlen bestimmt.

Der zur Abfertigung eines Gestells auf dieser Schachtanlage erforderliche Zeitaufwand beläuft sich im Mittel auf nur 16 Sekunden.<sup>1)</sup>

Beisolchen Füllortanlagen mit verschiedener Höhe der beiderseitigen Anschläge und Aufschieben von beiden Seiten ist Bedingung, daß von beiden Seiten gleich große Fördermengen herangeschafft werden können. Bei ganz flacher Lagerung wird sich diese gleichmäßige Zuführung durch zweckentsprechende Verteilung der Abbaubetriebe ohne große Schwierigkeiten ermöglichen lassen. Bei steilerer Lagerung dagegen kann durch Durchsetzen eines flözreichen Mittels nach der anderen eine gewisse Ungleichmäßigkeit zwischen je zwei Fördersohlen herbeigeführt werden. Es müssen dann Einrichtungen getroffen werden, um das Mehr an Wagen, das von der einen Seite geliefert wird, nach der anderen Seite herüberzuschaffen. Für diesen Zweck werden auf Zeche Prosper Differentialbremsen<sup>2)</sup> und unterlaufende Ketten benutzt.

Die eben geschilderte Erschwerung der Bedienung bei nicht ganz gleichmäßiger Wagenzufuhr von beiden Seiten und die Notwendigkeit, achtbödige Fördergestelle verwen-

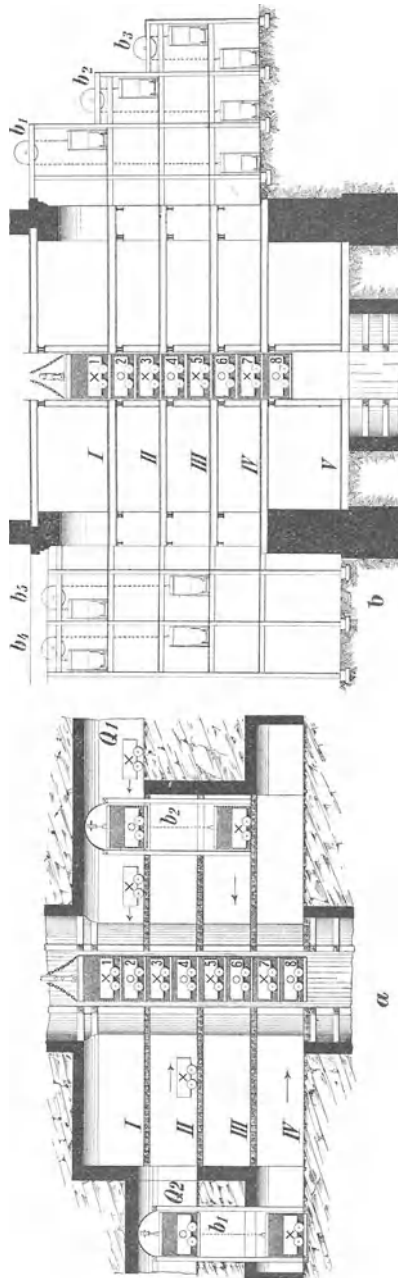


Fig. 517. Bedienung achtbödiger Fördergestelle an dem Füllort (*a*) und der Hängebank (*b*) auf Zeche Prosper nach dem Umsetzen.

<sup>1)</sup> Sammelwerk, Bd. V, S. 417.

<sup>2)</sup> Glückauf 1903, S. 372.



den und sehr hohe Füllörter ausschließen zu müssen, um den nötigen Platz für die Anschläger auf den Zwischenbühnen zu erhalten, hat eine weitere Verbreitung dieses Anschlagverfahrens trotz seiner großen Leistungsfähigkeit verhindert.

Wenn der Wagenumlauf am Füllort so geregelt wird, daß die vollen Wagen stets nur von einer und derselben Seite zugeführt werden und die leeren Wagen stets nach einer und derselben Seite ablaufen, so ist es zweckmäßig, die Bremsen auf beiden Seiten mit nur je einem Gestell zu betreiben und demgemäß das die Gestelle tragende Seil am Schachte vorbei von der einen zur anderen Seite zu führen. Da dann nach Abziehen der Wagen von den Bremsgestellen diese beide leer sind, so muß das für die leeren Wagen bestimmte Gestell etwas schwerer als das Gestell für die vollen Wagen sein, um dieses wieder hochziehen zu können. Um die Bremse nicht so oft betätigen zu müssen, kann man bei solcher Förderung jedes Bremsgestell für die Aufnahme von 2—4 Wagen einrichten.<sup>1)</sup>

**167. — Beschleunigung der Seilfahrt.** Die gesetzlichen Bestimmungen über die Dauer der nicht auf die Schichtzeit anzurechnenden Seilfahrt haben dahin geführt, daß Gruben mit tiefen Schächten und starker Belegschaft auch auf die Beschleunigung der Seilfahrt Wert legen müssen. Daher werden vielfach auch dort, wo der Wagenwechsel nur von einer festen Bühne aus erfolgt, für die Seilfahrt mehrere feste Bühnen in Benutzung genommen, so daß alle auf einem Förderkorb Fahrenden gleichzeitig ein- und aussteigen können. Damit die Förderung durch die dazu nötigen Treppen nicht behindert wird, kann man diese durch Einschaltung eines Drehgelenks zum Hochziehen während der Förderung einrichten.<sup>2)</sup>

**168. — Mechanische Bedienungsvorrichtungen.** Zur Ersparung von Anschlägern dienen mechanische Hilfsmittel für die Wagenbewegung, die entweder auf der Verwendung besonderer Stoß- oder Zugeinrichtungen oder auf der Herstellung von Gefälleunterschieden beruhen. Beide Arten von Vorrichtungen sind besonders für die Hängebank wichtig, weil hier die leeren Wagen die vollen vom Fördergestell stoßen müssen, wogegen am Füllort das Umgekehrte erfolgt und die große lebendige Masse der vollen Wagen die Bewegung wesentlich erleichtert.

**169. — Wagen-Stoß- oder -Zugvorrichtungen.** Hier kommen zunächst Ketten oder Seile in Frage, die mit Hilfe einfacher Mitnehmer die Wagen vorziehen können. Am besten eignen sich die unterlaufenden Ketten, da sie die Bewegung der Anschläger am wenigsten hindern.

Eine solche „Einlaufförderung“ mit Unterketten ist die in Fig. 518 dargestellte von Heckel. Jedem Fördertrumm im Schachte entspricht ein Geleise am Füllort, und in jedem dieser Geleise liegt eine Kette  $k$ , die mittels der Anschläge  $a_1 a_2$  die Wagenachsen mitnimmt und von einem Motor in Bewegung gesetzt wird, nachdem der Anschläger durch seinen Handhebel  $h_1$  diesen eingeschaltet hat. Dieser Handhebel dient außerdem dazu, den Sperrhebel  $h_2$  umzulegen und die Stange  $s_1$  gegen den Förderkorb zu schieben, um vermittelst des Puffers  $p$  am Ende dieser Stange, der sich gegen einen entsprechenden Puffer an der auf dem Förderkorb befindlichen

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. Futers: Mechanical engineering of collieries, Vol. II, S. 305.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wesen 1913, S. 53; Schulze-Höing: Über Schachtförderung aus größerer Teufe im Oberbergamtsbezirk Dortmund.

Stange  $z$  stützt, die letztere nach rechts zu verschieben. Dadurch wird der Sperrarm  $f_2$ , der die Wagen auf dem Förderkorbe festhält, niedergelegt und so der Wagenablauf ermöglicht. Gleichzeitig wird mit Hilfe des Puffers  $p$  auf der rechten Seite die Stange  $s_2$  nach rechts geschoben, die an den Sperrhebel  $h_3$  angreift, der von der vorderen Achse des ersten der ablaufenden Wagen niedergedrückt wird. Da der Abstand zwischen diesem Hebel und der Vorderachse des ersten Wagens entsprechend bemessen ist, so wird auf diese Weise durch Umlegen des Hebels  $h_3$  in die punktierte Lage und Linksbewegung der Stangen  $s_2$  und  $z$  die Sperrung auf dem Förderkorbe mittels des Hebels  $f_2$  selbsttätig zur rechten Zeit wieder hergestellt, um die auflaufenden Wagen festzuhalten. Nach dem Ablauf der Wagen stellt der Hebel  $h_3$  sich durch sein Gegengewicht wieder senkrecht.

Um sowohl die Sperrung auf dem Korbe auslösen als auch den Motor für die Kettenbewegung einrücken zu können, ist der Handhebel  $h_1$

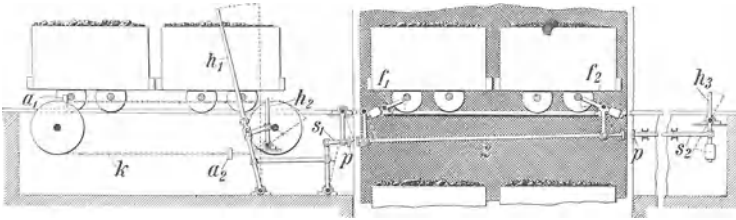


Fig. 518. Selbsttätige Wagenwechsellvorrichtung von Heckel.

für eine Längs- und eine Querbewegung eingerichtet. Er wird also zunächst in einem Längsschlitz des Plattenbelags nach rechts bewegt, um die Wagen auf dem Gestell freizugeben, und sodann mittels eines zweiten Gelenks in einem quer dazu verlaufenden Schlitz umgelegt, um den Motor in Gang zu setzen.

Andere Bewegungsvorrichtungen mit Ketten oder Seilen und daran befestigten Mitnehmern sind diejenigen von Gebr. Eickhoff in Bochum und der Rybniker Hütte in Rybnik i. Schl.<sup>1)</sup>

Ohne Kette u. dgl. arbeitet die Stoßvorrichtung von Wolff,<sup>2)</sup> bei der mittels eines Elektromotors lange, von der oberen Bühne herabhängende Stoßarme in pendelnde Bewegung nach dem Schachte hin versetzt werden und dabei die Wagen mitnehmen.

**170. — Benutzung von Gefälle.** Die Erzeugung von Höhenunterschieden für die Wagenbewegung an Hängebank und Füllort ist einfach. Man legt zu diesem Zwecke sowohl in die für die vollen als auch in die für die leeren Wagen bestimmte Seite dieser Anschlagstellen Gefällestrecken ein (s. Ziff. 172). Solche Einrichtungen sind schon früher vielfach hergestellt worden und können ganz unabhängig von der Art des Ablaufs der Wagen vom Förderkorbe bestehen.

In dieses Gefälle zu beiden Seiten des Schachtes kann man nun das Fördergestell dadurch einschalten, daß man seinen Böden gleichfalls eine schräge Lage gibt. Und zwar kann diese dauernd vorhanden sein

<sup>1)</sup> S. auch Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wesen 1900, S. 65; Versuche und Verbesserungen. — Dasselbst 1912, S. 112 u. f.; Vers. u. Verb.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wesen 1911, S. 139; Versuche und Verbesserungen. — Möhrle: Die Fördermittel, S. 153.

(s. Fig. 521 auf S. 482) oder erst im Augenblicke des Wagenwechsels künstlich hergestellt werden. Das letztere Verfahren ist vorzuziehen, da Förderkörbe mit dauernd schrägen Böden für die Seilfahrt unbequem und auch nur für Anschläge mit genau bestimmten Höhenunterschieden geeignet sind. Eine Ausführungsart nach der Bauart der Deutschen Maschinen-

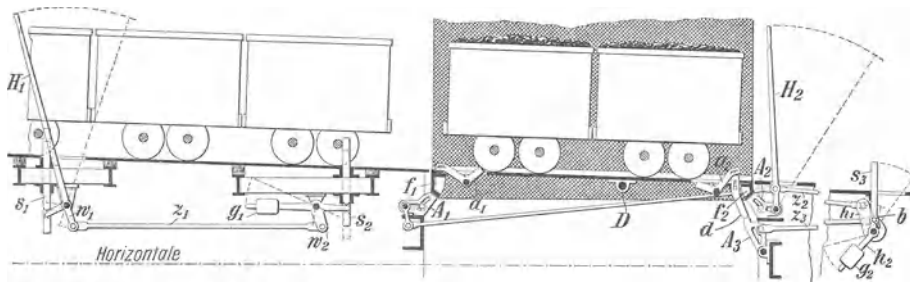


Fig. 519. Selbsttätige Wagenablauf-Vorrichtung der Deutschen Maschinenfabrik A.-G.

in Duisburg veranschaulicht in etwas vereinfachter und daher nicht ganz genauer Darstellung Fig. 519. Jeder Förderkorb-

boden ruht während der Förderung in söhlicher Lage auf Innenvorsprüngen des Gestells. Er ist aber drehbar um den Gelenkzapfen  $D$ . Dieser ist außerhalb der Mitte angeordnet, damit der Boden nach Beseitigung der einseitigen Stützung, die die Schrägstellung bewirkt, selbsttätig in die söhliche Lage zurückfällt. Die Schrägstellung erfolgt einfach dadurch, daß von den beiden am Boden befestigten und auf die Aufsetzvorrichtungen sich stützenden Schuhen  $f_1 f_2$  der linke ( $f_1$ ) länger ist als der rechte ( $f_2$ ).

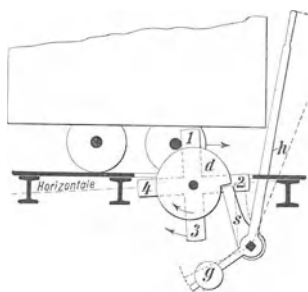


Fig. 520. Sperrvorrichtung für ablaufende Wagen.

Bei solchen und ähnlichen Einrichtungen sind noch folgende Vorgänge selbsttätig zu bewirken:

1. Das Freigeben der auf dem Fördergestell festgehaltenen Wagen für den Ablauf. Dies erfolgt nach Fig. 519 dadurch, daß an der Ablaufseite die Feststellhebel  $a_2$ , die sich gegen die Räder der Förderwagen stemmen, sich beim Aufsetzen mit ihren hinteren Enden mittels Hilfstützen  $d$  auf die Hilfs-Aufsetzknaggen  $A_3$  setzen und dadurch hinten hochgehoben und vorn niedergeklappt werden.

2. Das rechtzeitige Festhalten der auf das Gestell von der anderen Seite auflaufenden Wagen. Es wird ähnlich wie in Fig. 518 dadurch bewirkt, daß der vorderste ablaufende Wagen mit seiner vorderen Achse gegen einen Hebel  $s_3$  stößt, der in einem Abstand von etwa 2 Wagenlängen vom linken Ende des Hebels  $a_2$  eingebaut und durch eine Zugstange  $z_3$  mit der Knagge  $A_3$  verbunden ist. Diese wird infolgedessen zurückgezogen und gibt somit die Hilfstütze  $d$ , also das hintere Ende des Sperrhebels  $a_2$  frei, der demgemäß, da dieses hintere Ende das schwerere ist, selbsttätig in die Sperrstellung zurückfällt. Damit die Bewegung des Hebels  $s_3$  nicht auf den Hebel  $H_2$  und dadurch auf die Aufsetzvorrichtungen  $A_1 A_2$  zurück-

wirkt, führt er sich mit einem Bolzen  $b$  in einem Schlitze des Hebels  $h_1$ . Andererseits aber wird die Rechtsdrehung des Hebels  $H_2$  beim Zurückziehen der Aufsetzvorrichtungen durch die Stange  $z_2$  und den Hebel  $h_1$  auf  $s_3$  und damit auf die Stange  $z_3$  und die Hilfsknagge  $A_3$  übertragen, so daß dann auch letztere zurückgezogen und die Bahn für den niedergehenden Förderkorb völlig frei gegeben wird.

3. Das Freigeben der auf der linken Seite auf schiefer Ebene für das Auflaufen auf das Gestell bereit stehenden Wagen und

4. Das Festhalten der hinter den beiden ersten Wagen folgenden Wagen auf dieser Seite, die nicht mit ablaufen sollen.

Diese beiden Aufgaben werden nach der Figur gleichzeitig durch den Handhebel  $H_1$  gelöst, der durch die Zugstange  $z_1$  und die Winkelhebel  $w_1 w_2$ , die beiden Sperrhebel  $s_1 s_2$ , die sich in entgegengesetzter Richtung bewegen, gleichzeitig betätigt. Da diese um 2 Wagenlängen voneinander entfernt sind, so wird dadurch jedesmal zugleich mit der Freigabe des vorderen die Betätigung des hinteren Verschlusses bewirkt, so daß immer nur 2 Wagen ablaufen können.

Eine sinnreiche und einfache Vorrichtung, die demselben Zwecke dient, wird durch Fig. 520<sup>1)</sup> veranschaulicht. Sie besteht in einem drehbaren, vierarmigen Sperrkreuz, auf dessen Achse eine Daumenscheibe  $d$  aufgekeilt ist, gegen deren Daumen sich die Sperrklinke  $s$  stützt und dadurch die Feststellung des Kreuzes, also das Festhalten des mit seiner vorderen Achse gegen den Arm 1 stoßenden Wagens bewirkt. Durch den Handhebel  $h$  kann die Sperrklinke für einen Augenblick ausgelöst werden, um dann infolge ihrer Belastung durch das Gegengewicht  $g$  in die frühere Lage zurückzufallen. Das Kreuz wird nunmehr durch die 4 Achsen der ablaufenden 2 Wagen viermal um je  $90^\circ$  gedreht und ist dann in der Anfangstellung angelangt, in der die Sperrklinke wieder vor den Daumen tritt und die weitere Drehung verhindert.

Förderkörbe mit kippbaren Böden können auch in solchen Fällen Verwendung finden, in denen die Ebenen von Hängebank und Füllort söglich liegen. Die Schrägstellung der Böden dient dann nur zur Erleichterung des Ablaufens. Zur Ermöglichung des Auflaufens der Wagen auf die Böden müssen diese zunächst wieder in die söhlige Lage gebracht werden, was freilich die Dauer des Wagenwechsels verlängert.

Für die Seilfahrt bieten solche Fördergestelle kein Hindernis, da Aufsetzvorrichtungen für die Seilfahrt entbehrlich sind und am Füllort sogar (s. Ziff. 159) neuerdings verboten werden. Die Gestelle bleiben also an den Anschlägen frei im Seile hängen, und die Schrägstellung der Böden tritt nicht ein.

**171. — Bewegliche Abzugbühnen.** Die größtmögliche Beschleunigung bei gleichzeitiger Verbilligung durch Verwendung einer möglichst geringen Anzahl von Anschlägern strebt das Förderverfahren von Tomson<sup>2)</sup> (Fig. 521) an. Hier werden die festen Abzugbühnen unter Vermeidung ihrer in Ziff. 166 geschilderten Mängel durch bewegliche Bühnen in Gestalt

<sup>1)</sup> Nach T. C. Futers: The mechanical engineering of collieries, Bd. II, S. 298.

<sup>2)</sup> Glückauf 1898, S. 453 f.; Tomson: Förderanlagen für große Teufen Heise u. Herbst, Bergbaukunde. II. 2. Aufl.

der Hilfsgestelle  $h_1$   $h_2$  und  $h_3$   $h_4$  ersetzt, die auf Tauchkolben  $p_1$   $p_2$  usw. stehen, welche ihrerseits sich in den Druckwasserzylindern  $c_1$   $c_2$  auf und ab bewegen. Diese Zylinder sind durch die Zweigleitungen  $r_1$   $r_2$  an die Hauptleitung  $r_3$  angeschlossen, die nach Bedarf (s. unten) mit einer Preßpumpe oder mit der Atmosphäre in Verbindung gesetzt werden kann. Die Böden der Hilfsgestelle wie des Hauptfördergestells sind schräg verlagert und bilden, wenn das Gestell auf den Aufsetzvorrichtungen steht, zusammen eine durchlaufende schiefe Ebene. Ist das Gestell beispielsweise an der Hängebank angekommen, so werden die (in der schematischen Darstellung der Figur nicht gezeichneten) Sperrvorrichtungen auf dem Gestell und auf den Hilfsgestellen durch Betätigung eines Handhebels ausgelöst. Die

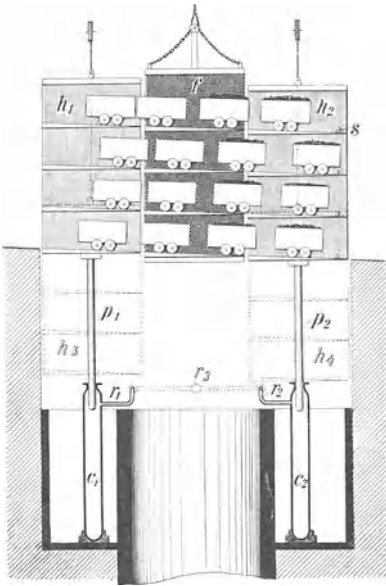


Fig. 521. Tomsonsche Wagenwechsellvorrichtung mit beweglichen Bühnen.

vollen Wagen laufen vom Fördergestell  $f$  auf das Hilfsgestell  $h_2$  ab, und gleichzeitig laufen die leeren Wagen vom Hilfsgestell  $h_1$  auf das Fördergestell, worauf dieses sofort wieder niedergehen kann. Das Festhalten der auf das Hauptgestell  $f$  und auf das Hilfsgestell  $h_2$  aufgelaufenen Wagen wird durch selbsttätiges Einfallen einer Sperrvorrichtung ermöglicht, wie sie bei  $h_2$  (mit  $s$  bezeichnet) angedeutet ist. Dieselben Vorgänge vollziehen sich am Füllort, wo die leeren Wagen vom Fördergestell auf das eine Hilfsgestell ablaufen und - durch die vom anderen Hilfsgestell nachfolgenden, vollen Wagen ersetzt werden. Es folgt nun, während die Fördergestelle sich im Schachte auf und ab bewegen, die Bedienung der Bühnen, indem diese absatzweise um je eine Bühnenhöhe gesenkt und von ihren Wagen befreit bzw. mit vollen oder leeren Wagen neu besetzt werden. Auf diese

Weise wird die Zeit, während welcher die Fördergestelle sich im Schachte befinden, für die Bedienung ausgenutzt. Die Anschläger-Mannschaft braucht nur so weit vermehrt zu werden, daß die durch die ununterbrochene Arbeit an Stelle der sonst üblichen Arbeitsweise mit Zwischenpausen hier sich ergebende Mehranstrengung ausgeglichen wird.

Theoretisch läßt sich, wenn auf der einen Seite nur volle, auf der anderen nur leere Wagen vorhanden sind, die Bewegung der Bühnen durch das Übergewicht der vollen Wagen bewirken. Da aber das Gewichtsverhältnis sich während der Schicht durch Einhängung von Wagen mit Holz, Ziegelsteinen, Mörtel, Pferdefutter, Bergeversatz u. dgl. sowie andererseits durch Herausfordern ungenügend beladener Wagen, durch Wagen mit Altholz, Gezähe usw. vielfach verschiebt, so ist jetzt für die Hebung und Senkung der Gestelle eine kleine hydraulische Preßpumpe vorgesehen, die bei mangelndem Übergewicht auf der Seite der vollen Wagen eingreift.

Das Tomson-Verfahren ermöglicht eine große Beschleunigung der Förderung. Es ist auf den Schachtanlagen Preußen I, Preußen II und Scharnhorst der Harpener Bergbau-A.-G. in Anwendung, hat sich jedoch anderwärts nicht eingeführt, da es verschiedene Mängel aufweist. Einerseits nämlich ist der Betrieb verhältnismäßig verwickelt und schwer zu übersehen, so daß Betriebsstörungen nicht zu vermeiden sind. Andererseits leidet die Zugänglichkeit zum Schachte und wird die Seilfahrt sowie das Einhängen von Maschinenteilen sehr erschwert.

172. — **Erleichterung des Wagenumlaufs an Füllort und Hängebank.** Im Anschluß hieran sind die Bestrebungen zu erwähnen, die vom Fördergestell abgezogenen bzw. abgelaufenen Wagen in möglichst selbsttätiger und billiger Weise ihrer weiteren Bestimmung zuzuführen und von dort zum Schachte zurückzubringen. Man stellt zu diesem Zwecke stets die bereits in Ziff. 170 erwähnten künstlichen Höhenunterschiede her und läßt die Wagen mit Gefälle vom Schachte ab- und diesem wieder zulaufen. Der Höhenunterschied auf beiden Seiten muß durch ein mechanisches Zugmittel ausgeglichen werden. Man verwendet als solches am besten eine unterlaufende Kette (s. auch Fig. 518 auf S. 479). Solche Ketten fassen (Fig. 522) mit Haken *h* in die Wagenringe. Zur Verringerung der Reibung kann man neben der Rinne, in der die Kette sich zwischen den Schienen bewegt, Winkeleisen-Bahnen anbringen, auf denen sich kleine Laufrollen bewegen, von denen die Kette getragen

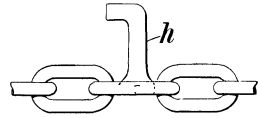


Fig. 522. Hakenglied einer unterlaufenden Kette.

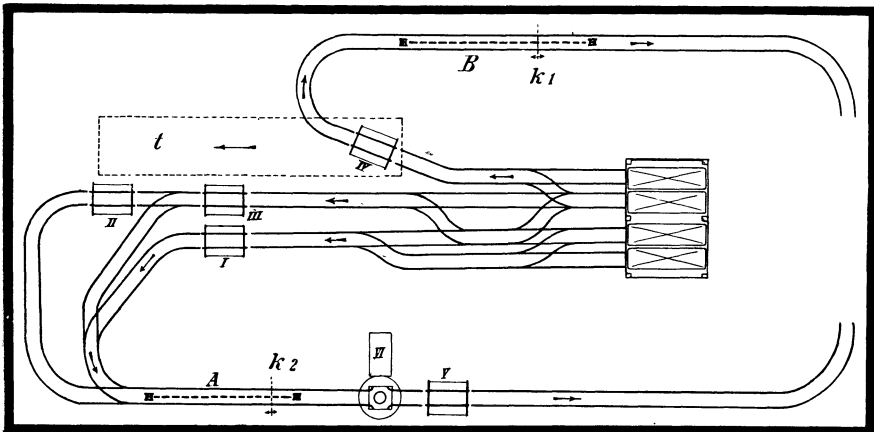


Fig. 523. Fördereinrichtung an der Hängebank der Schachanlage Neumühl II.

wird. Um mit möglichst wenig Kraftaufwand auszukommen, läßt man nicht die vollen, sondern die leeren Wagen durch solche Ketten hochziehen, legt also die Abziehbühne an der Hängebank etwas höher, am Füllort etwas tiefer als die Haupt-Förderebene. Die Lösung der Wagen von der Kette erfolgt selbsttätig, indem die Wagen, auf der Höhe der schiefen

Ebene angelangt, frei ablaufen, während die Kette durch eine Umkehrscheibe unter das Geleise und dann zur Treibscheibe zurückgeführt wird.

Wegen ihrer Vorzüge finden unterlaufende Ketten auch für andere Förderzwecke über Tage aus den oben (S. 346 und 347) angeführten Gründen vielfach Verwendung.

Eine unter Benutzung dieses Mittels und anderer neuerer Erfahrungen gebaute Hängebankanlage ist diejenige der Zeche Neumühl, die durch Fig. 523<sup>1)</sup> veranschaulicht wird. Es handelt sich hier um die Be-

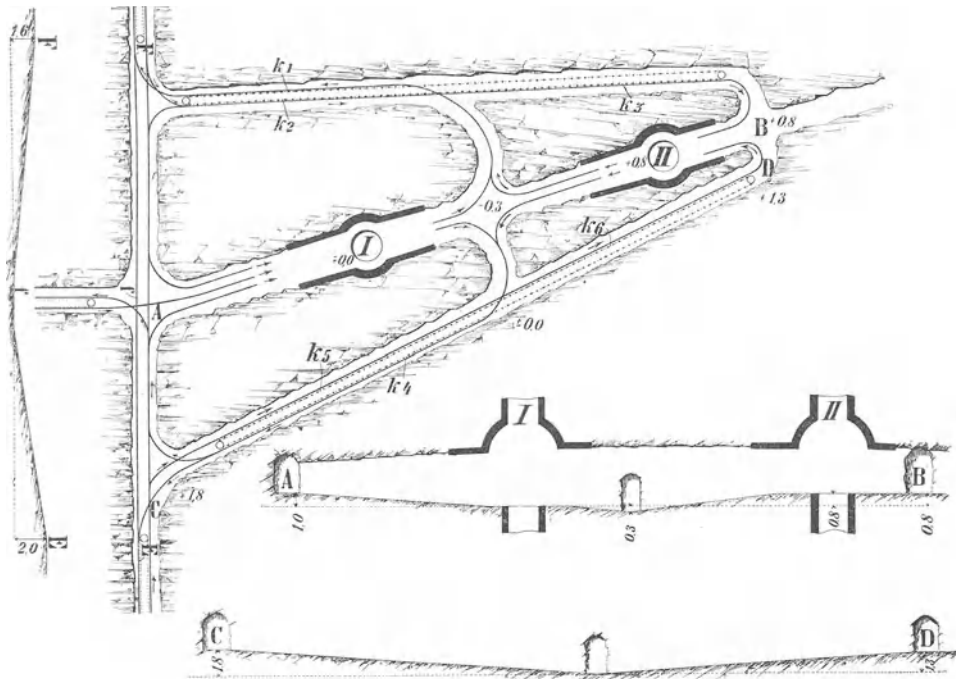


Fig. 524. Fördereinrichtung am Füllort der Zeche Preußen.

dienung einer Doppelförderanlage. Die von den Gestellen ablaufenden Wagen laufen durch 4 unter sich verbundene Gleise mit Gefälle den Kreiselschleppern I—IV zu, auf die sie nach Bedarf verteilt werden. Die Wipper I und III sowie II stürzen auf zwei parallel zueinander und quer zum Transportband  $t$  liegende Schwingsiebe und Lesebänder, der Wipper IV auf das Band  $t$ , das die Kohlen dem Schwingsiebe unter Wipper II zuführt. A und B sind unterlaufende Ketten, welche die entleerten bzw. auch die für die Wipper V und VI bestimmten vollen Wagen bis zu den Knickpunkten  $k_1$  und  $k_2$  heben und sie von dort mit Gefälle wieder hinter den Schacht laufen lassen. Die Wipper V und VI dienen zur Füllung des Förderkohlenturms.

<sup>1)</sup> Glückauf 1907, S. 339; Stapff: Die mechanische Förderungsanlage an der Hängebank vom Schacht II der Zeche Neumühl.

Die Ausgestaltung eines Füllorts für große Förderungen nach den Vorschlägen von Tomson ist aus Fig. 524<sup>1)</sup> ersichtlich. Auch hier ist eine Doppelschachanlage zu bedienen. Die Wagen laufen mit Gefälle von 3 Seilförderungen, die bei den Punkten *E*, *A* und *F* anschließen, den Schächten selbsttätig zu, und zwar gelangen die bei *E* und *F* ablaufenden Wagen durch die äußeren Umbrüche zum Punkte *B* und von dort zum Schachte *II*, während die von der mittleren Seilbahn gelieferten Wagen unmittelbar dem Schachte *I* zulaufen. Die leeren Wagen laufen von beiden Schächten selbsttätig nach der Mitte hin ab und werden von dort nach beiden Seiten verteilt. Dabei wird aus dem Umbruch *CD* noch der Bedarf der mittleren Seilförderung an leeren Wagen entnommen und dem Punkte *A* zugeführt. Wie die beigegebenen Profile und die eingeschriebenen Höhenzahlen erkennen lassen, laufen die vollen Wagen in den beiden äußeren Umbrüchen selbsttätig bis etwas über die Mitte hinaus und werden dann durch die Teile  $k_3$  und  $k_6$  der beiden dort in Betrieb befindlichen unterlaufenden Ketten wieder auf die erforderliche Höhe gehoben; die leeren Wagen dagegen werden durch die Kettenstücke  $k_1$  und  $k_4$  wieder soweit hochgezogen, daß sie mit Gefälle den Seilbahnen zulaufen können.

**173. — Beurteilung der Hilfseinrichtungen für die Bedienung der Fördergestelle.** Während beispielsweise in England mechanische Hilfsmittel für den Wagenwechsel auf den größeren Gruben die Regel bilden und auch in Nordfrankreich solche Vorrichtungen vielfach in Gebrauch sind, haben sie im deutschen Bergbau noch wenig Eingang gefunden. Ein Urteil über ihre Bewährung im Dauerbetriebe für unsere Verhältnisse läßt sich daher noch nicht fällen. Doch ist anzunehmen, daß dort, wo es nicht nur auf Billigkeit, sondern auch auf Schnelligkeit der Bedienung ankommt, die mit Gefälle arbeitenden Einrichtungen den Anforderungen des Betriebes am besten entsprechen werden, da sie einen raschen Wagenwechsel ermöglichen, verhältnismäßig einfach sind und den Verkehr an Hängebank und Füllort am wenigsten behindern.

Eine besonders beschleunigte Bedienung der Fördergestelle wird stets durch gleichzeitige Bedienung der einzelnen Gestellböden, die das Umsetzen der Gestelle entbehrlich macht, wesentlich erleichtert werden. Die in Ziff. 166 geschilderten Mängel dieses Verfahrens werden durch die Beschränkung der Zahl der Anschläger, wie sie durch die Gefälle-Ablaufvorrichtungen ermöglicht wird, erheblich verringert. Es ist also wahrscheinlich, daß solche Vorrichtungen in Verbindung mit mehreren Abzugbühnen sich mehr und mehr auch bei uns einbürgern werden, zumal für die Seilfahrt ohnehin mehrere Bühnen erwünscht sind.

**174. — Leistungen bei der Schachtförderung.** Die bedeutendsten Förderleistungen haben im deutschen Bergbau wohl der Ruhr-Lippe- und der oberschlesische Steinkohlenbergbau aufzuweisen. Im Braunkohlenbergbau, soweit er nicht als Tagebau betrieben wird, werden zwar auch große Fördermengen bewältigt, doch sind hier die Teufen meist nur gering (40—120 m). Beispiele für größere Förderleistungen in den beiden erstgenannten Bezirken liefert die nachstehende Zahlentafel, in der die größten Zahlen in den einzelnen Spalten jedesmal durch Fettdruck hervorgehoben sind.

<sup>1)</sup> Glückauf 1898, S. 450; Tomson: Förderanlagen für große Teufen (Taf. XII).



Name des Schachtes	Förderteufe in m	Nutzlast je Auf- zug in t Kohle	Zahl der Gestell- böden u. Wagen	Das Förder- gestell wird während der Bedienung umgesetzt	Größte Förder- leistung in der 8 stündigen Schicht			
					in t <sup>1)</sup>	in Auf- zügen	in Nutz- tkm <sup>2)</sup>	
Ruhrbezirk	Shamrock III . . .	265	4,4	4 × 2	3 mal	1960	446	519
	Emscher-Lippe II . .	660	6,0	4 × 2	3 mal	1802	284	1125
	Neumühl II (Westen)	368	4,8	4 × 2	3 mal	1745	337	594
	Prosper V . . . . .	382	4,32	8 × 1	1 mal	1591	388	640
	Neumühl I (Westen)	272	4,8	4 × 2	3 mal	1495	576 <sup>3)</sup>	751
	Rheinerbe I . . . . .	362	4,4	4 × 2	3 mal	1319	313	498
	Shamrock II . . . . .	572	4,4	4 × 2	1 mal	1298	316	795
	Ewald II . . . . .	587	3,6	3 × 2	2 mal	1242	345	780
	Grimberg I . . . . .	760	4,4	4 × 2	3 mal	862	188	628
Ober- schlesien	Gustav (Nyslowitz-Grube)	350	5,0	2 × 4	1 mal	2000	400	700
	Julius (Donnersmarkh.)	235	2,4	2 × 2	keinmal	1200	500	282
	Concordia . . . . .	575	4,8	4 × 2	1 mal	900	190	524

Diese Zahlen zeigen die Leistungsfähigkeit neuzeitlicher Schachtförderungen. Bemerkenswert ist die geringe Bedeutung des Umsetzens bei gut eingearbeiteter Anschlägermannschaft, da gerade bei Förderungen mit sehr hohen Leistungen dreimal umgesetzt wird.

Dagegen ist die Größe der Förderwagen von wesentlichem Einfluß, wie der Schacht Emscher-Lippe II mit Förderwagen von 750 kg und Gustav mit Wagen von 625 kg Ladegewicht erkennen läßt.

Auf welche Höhe die Leistungsfähigkeit eines Schachtes durch die Einrichtung einer Doppelförderung gebracht werden kann, zeigt der Schacht Neumühl I, dessen beide Förderungen zusammen bis zu 2800 t in der 8-stündigen Schicht geleistet haben.

## b) Die Betätigung der Schachtförderung.

### Gestellförderung mit Seil.

#### 1. Trommelförderung.

175. — **Wesen der Trommelförderung.** Die Förderung mit Hilfe von Seiltrommeln oder Seilkörben geht auf die uralte Förderung mit dem Haspelrundbaum zurück. Das Seil ist mit einem Ende an der Trommel befestigt; für jedes Fördertrum ist also ein Seil erforderlich. Die Gestalt der Seilkörbe kann mit Rücksicht auf die Ausgleichung des Seilgewichts (Ziff. 184) verschieden sein. Damit die Seile nicht zu stark auf Biegung beansprucht werden, soll bei stärkerer Seilbelastung der Trommelhalbmesser nicht unter das 800-fache des Drahtdurchmessers herabgehen.

Die Trommelförderung kann für beliebige Förderlasten und -Teufen Verwendung finden, stößt aber bei größeren Teufen auf Schwierigkeiten

<sup>1)</sup> Einschl. Bergförderung.

<sup>2)</sup> Berechnet aus der Höchstzahl der Aufzüge und der gewöhnlichen Förderlast in Kohlegewicht.

<sup>3)</sup> Einschl. Seilfahrt.

infolge der Größe der zu bewegenden Trommelgewichte, die sich aus nachstehender Zahlentafel<sup>1)</sup> ergibt.

**Gewichte von zylindrischen Doppeltrommeln in Kilogramm.**

Durchmesser m	Gewicht der Doppeltrommel bei einer Breite jeder einzelnen Trommel von	
	1,50 m kg	2,00 m kg
5,0	28 000	40 000
6,0	44 000	52 000
7,0	63 000	75 000
8,0	74 000	90 000

**176. — Bedeutung der Ausgleichung des Seilgewichts.** Das Seilgewicht ist für einigermaßen tiefe Schächte heute von großer Bedeutung, die mit der Tiefe sehr schnell zunimmt. Aus der in Ziff. 141 angegebenen Gleichung ergibt sich beispielsweise, daß für eine Gesamtlast von 10 000 kg, am Seileinband gemessen, das Seil bei 500 m Schachtteufe, 8 facher Sicherheit und 150 kg/qmm Bruchfestigkeit rd. 3400 kg (ohne Berücksichtigung des Seilstücks zwischen Hängebank und Fördermaschine) wiegt, während bei 1000 m Teufe das Seilgewicht schon rd. 10300 kg betragen muß. Somit macht das Seilgewicht bei 500 m Teufe schon etwa 25% und bei 1000 m Teufe sogar bereits über 50% der Gesamtlast aus.

Dazu tritt nun noch erschwerend hinzu, daß das auf die Fördermaschine wirkende Seilgewicht sich fortwährend ändert, da im Anfange des Treibens die ganze Seillast sich auf der Seite des vollen Fördergestells befindet, in der Mitte beide Seiltrumme mit gleichem Gewicht ziehen, sich also in ihren Wirkungen auf die Fördermaschine genau ausgleichen, und am Schlusse das niedergehende Seilstück mit demselben Gewicht wirkt, mit dem im Anfange des Treibens das hochgehende Seiltrumm anzuheben war. Diese starken Schwankungen in der Belastung nötigen zur Beschaffung unverhältnismäßig teurer und schlecht ausgenutzter Fördermaschinen und erschweren deren Führung bedeutend.

**177. — Unterseil.** Das einfachste Mittel zur vollkommenen Ausgleichung des Seilgewichts ist das Unterseil, d. h. ein Seil, das mit den beiden Enden unter den beiden Fördergestellen befestigt wird und dessen Schleife bis zum Schachttiefsten reicht (Fig. 491 auf S. 450, Fig. 527 auf S. 488). Es ist ohne weiteres klar, daß, wenn ein solches Seil das gleiche Gewicht für das laufende Meter hat wie die Förderseile, in jedem Augenblicke auf beiden Seiten der Seiltrommel genau die gleichen Seillasten wirken. Als Unterseile kommen in erster Linie Flachseile in Betracht, die sich durch große Biegsamkeit und durch Fehlen des Dralles auszeichnen. Weniger zu empfehlen ist die vielfach übliche Verwendung

<sup>1)</sup> Zeitschrift „Fördertechnik“ 1912, S. 50; Wallichs: Die Berechnung der Hauptschacht-Fördermaschinen.

abgelegter Rundseile, da deren Biegsamkeit erheblich nachgelassen hat, gerade an Unterseile aber wegen ihrer verhältnismäßig scharfen Umbiegung im Schachttiefsten hohe Anforderungen hinsichtlich der Biegsamkeit gestellt werden.

Die Befestigung des Unterseils am Boden des Fördergestells muß einerseits durch Zwischenschalten einer Federung auf die Milderung von Stößen während der Förderung Rücksicht nehmen und andererseits, namentlich bei Verwendung drall Rechnung tragen. bei der Förderung einmal gestells eintreten, da dann schleunigen ist, und außer-

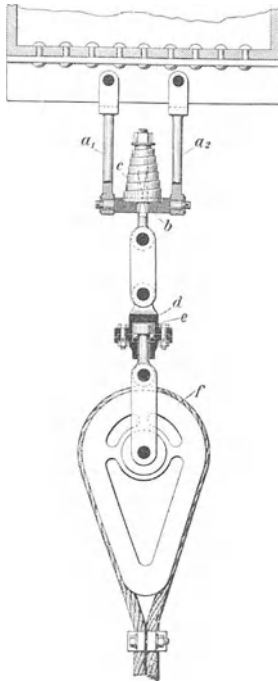


Fig. 525. Unterseilaufhängung nach Kuhn mit Federung und Kugellager.

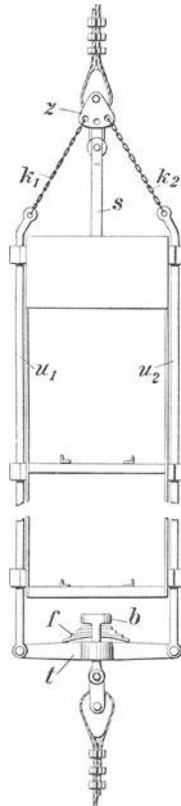


Fig. 526. Unterseilaufhängung unmittelbar am Förderseil mittels Umführung.

von Rundseilen, dem Seilstöße können nämlich beim Anheben des Förderdas Unterseil mit zu bedem bei Geschwindigkeitsschwankungen während des Treibens. Ein Beispiel für eine empfehlenswerte Aufhängung nach

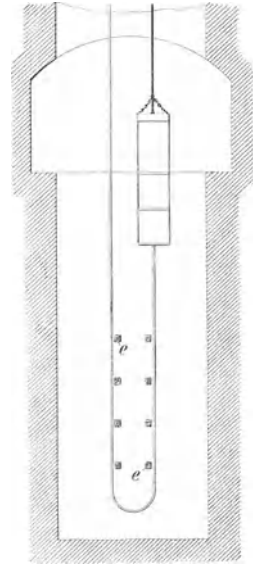


Fig. 527. Führung des Unterseils im Schachttiefsten.

Kuhn gibt Fig. 525, in der zwischen Unterseilkausche  $f$  und Fördergestellboden eine Pufferfeder  $c$  eingeschaltet ist, die sich auf ein Querstück  $b$  stützt, welches mittels der Stangen  $a_1$   $a_2$  am Gestellboden hängt. Ferner hängt der Einband des Unterseils an einem Bolzen, auf den die Mutter  $e$  geschraubt ist. Diese ruht durch Vermittelung eines Kugellagers auf dem Boden der an dem Oberstück  $d$  mittels Schrauben aufgehängten Pfanne; das Seil kann sich also infolge des Kugellagers in seiner Aufhängung beliebig drehen und so dem Dralle nachgeben.

Durch das Gewicht des Unterseiles und die infolgedessen während der Förderung auftretenden Stöße werden die Fördergestelle erheblich beansprucht. Außerdem wird die Betätigung der Aufsetzvorrichtungen erschwert, da auf diesen auch das Gewicht des Unterseiles ruht. Zur Entlastung der Fördergestelle und Aufsetzvorrichtungen ist bereits früher die unmittelbare Aufhängung des Unterseiles an den Förderseilen ausgeführt und dieser Gedanke neuerdings auch wieder von der Deutschen Maschinen-Fabr. A.-G. in Duisburg aufgegriffen worden. Die Ausführung zeigt Fig. 526. Der Förderkorb wird durch Vermittelung des Zwischenstücks  $z$  von der Königstange  $s$  getragen, während das Unterseil mittels des Bundes  $b$  und der Feder  $f$  auf dem Querstück  $t$  ruht, das seinerseits mit Hilfe des Umführungsgestänges  $u_1 u_2$  und der Ketten  $k_1 k_2$  unmittelbar an dem Zwischenstück  $z$  hängt.

Auch beim Unterseil sind wie beim Förderseil Zwischenstücke zweckmäßig, die ein Ausgleichen der Längung des Seiles gestatten und den beim Förderseil verwandten ähnlich sind (vgl. Fig. 501 auf Seite 462). Solche Zwischenstücke spielen allerdings eine geringere Rolle, wenn der Schachtsumpf genügend tief ist, so daß die Unterseilschlinge auch bei Längung des Seiles noch genügend Spielraum behält.

Im Schachttiefsten kann das Unterseil über eine Nutscheibe geführt werden. Diese darf dann aber, da mit dem Längen des Seiles und mit Stößen während der Förderung gerechnet werden muß, nicht fest eingespannt werden, sondern muß durch Gewichtsbelastung nach unten gezogen und in einer Gleitführung mit Hilfe eines Schlittenrahmens geführt werden, so daß sie sich während der Förderung auf und ab bewegen kann. Da jedoch mit dem Ausspringen des Seiles aus der Nut gerechnet werden muß, so begnügt man sich meistens mit einer einfachen Führung durch eine Reihe von Einstrichen nach Fig. 527. Die Beanspruchung des Unterseils durch die Umbiegung im Schachttiefsten ist naturgemäß bei breiten Fördergestellen mit Nebeneinanderstellung der Wagen geringer als bei schmalen Gestellen, weil der Abstand der Gestellmittelpunkte im ersteren Falle entsprechend größer ist als im zweiten.

#### 178. — Besondere Ausführungen der Unterseil-Ausgleichung.

Wegen der ungünstigen Beanspruchung der Unterseile durch die scharfe Umbiegung im Schachttiefsten, namentlich bei schmalen Förderkörben, hat man neuerdings die Verwendung von 2 Unterseilen an Stelle eines einzigen vorgeschlagen<sup>1)</sup>. Diese werden schräg von der vorderen Seite des einen Förderkorbes nach der hinteren des anderen geführt, wobei die Umbiegung des einen Unterseiles unter der des anderen hergeführt werden muß. Der Biegungshalbmesser wird dadurch wesentlich vergrößert; auch sind naturgemäß die Seile an sich wegen ihrer geringeren Dicke erheblich biegsamer. Außerdem ist anzunehmen, daß bei starken Stoßbeanspruchungen während der Förderung nur das eine Seil reißen wird und somit die durch Reißen des Unterseils herbeigeführten Beschädigungen, Betriebsstörungen und Kosten stark verringert werden. Andererseits ist die Anbringung und Überwachung von 2 Unterseilen umständlich.

<sup>1)</sup> Glückauf 1911, S. 660; Kaltheuner: Gekreuzte Unterseile.

Um die Belastung von Förderkorb, Seil und Maschine durch das Gewicht des Unterseils zu verringern, verzichtet man vielfach auf eine vollständige Ausgleichung, indem man ein Unterseil von geringerem Gewichte als das des Förderseils benutzt. Man kann dann die durch große Biegsamkeit ausgezeichneten Pflanzenfaserseile mit Nutzen verwenden.

Umgekehrt geht man neuerdings verschiedentlich zur Förderung mit Unterseilen über, die schwerer als die Förderseile sind<sup>1)</sup>. Man erzielt dadurch schon bei kleinen Gewichtsunterschieden (300—500 kg) den Vorteil, daß das Anfahren der Maschine und ebenso ihr rechtzeitiges Stillsetzen am Schlusse des Treibens nicht unerheblich erleichtert wird und an Betriebskraft gespart werden kann.

**179. — Beurteilung der Seilausgleichung mit Unterseil.** Das Unterseil ermöglicht die denkbar einfachste Ausgleichung des Seilgewichts. Auf der anderen Seite sind jedoch seine erheblichen Nachteile nicht zu verkennen.

Zunächst wird die auf die Maschine und die Seilscheiben wirkende Gesamtlast erheblich vergrößert, was zu einer entsprechenden Verstärkung und Verteuerung der Maschine, der Seilscheiben und des Fördergerüsts und zu einem vermehrten Kraftverlust durch Reibung der bewegten Teile Veranlassung gibt. Außerdem werden Förderkörbe und Zwischengeschirrtteile (außer bei entlastender Aufhängung des Unterseils nach Fig. 526) stark beansprucht und müssen deshalb entsprechend kräftiger und schwerer ausgeführt werden, wodurch die tote Last noch weiter vermehrt wird. Diese vermehrte Belastung macht sich auch beim etwaigen Eingreifen der Fangvorrichtung bemerkbar, da diese sowie der Schachteinbau eine bedeutend größere Beanspruchung auszuhalten hat als beim Fehlen des Unterseiles. Ferner ist die Verwendung von verjüngten Förderseilen nicht möglich, da ja das Seil in allen Querschnitten stets die gleiche Belastung zu tragen hat. Dazu kommt die Unmöglichkeit, die Schachtförderung für verschiedene Sohlen einzurichten, denn das sog. Umstecken des Seilkorbes der Fördermaschine, wie es vorgenommen wird, wenn von einer anderen Sohle gefördert werden soll, würde hier die Folge haben, daß die im Schachttiefsten hängende Unterseilschleife sich entsprechend verschieben müßte, was in der Regel nicht zugänglich ist. Erheblich sind ferner die Nachteile, die sich aus dem Schlagen des Unterseiles und aus seiner großen bewegten Masse ergeben. Letztere wirkt besonders ungünstig bei plötzlichen Geschwindigkeitsänderungen des aufgehenden Fördergestells, wie sie durch Gegendampf oder Aufwerfen der Bremse eintreten können. Es wird dann das Fördergestell nebst der bewegten Masse des Unterseils seine Bewegung noch einen Augenblick fortzusetzen suchen und dann in das Seil zurückfallen. Da nun dieser Rückstoß durch die ganze Masse des Unterseiles verstärkt wird, ist in solchen Fällen leicht ein Abreißen des Unterseiles oder sogar des Förderseiles möglich.

Die gegen das Unterseil vorzubringenden Bedenken gewinnen um so größere Kraft, je größer die Schachttiefe wird, weil dann die Masse sowohl als auch das Schlagen des Unterseiles immer mehr zunimmt. Gerade für große Teufen aber ist ja die Frage des Seilausgleiches von besonders großer Bedeutung.

**180. — Nebenseile.** Man hat sich bemüht, wenigstens einen Teil der Nachteile des Unterseiles dadurch zu umgehen, daß man an Stelle eines unter den Fördergestellen befestigten Ausgleichseiles ein neben denselben durch den Schacht geführtes vorgeschlagen hat. Es ist dies die Lindenbergs-*Meinickesche* Ausgleichung,<sup>1)</sup> von der Fig. 528 eine Ausführungsart wiedergibt. Der Ausgleich erfolgt hier durch ein genügend schweres Seil (dick gezeichnet), das durch Vermittelung der von der Seiltrommel mitgenommenen Zugseile  $z_1, z_2$  entsprechend bewegt wird, und zwar so, daß seine niedergehende Last sich in demselben Maße verringert bzw. vergrößert, wie das Übergewicht des hochgehenden über das niedergehende Förderseil abnimmt bzw. zunimmt. Diese Ausgleichverfahren sind jedoch wegen ihrer Umständlichkeit wieder aufgegeben worden, zumal sie auch die mit der Schwerfälligkeit des Unterseiles zusammenhängenden Mängel, das Schlagen im Schachttiefsten usw., nicht beseitigten.

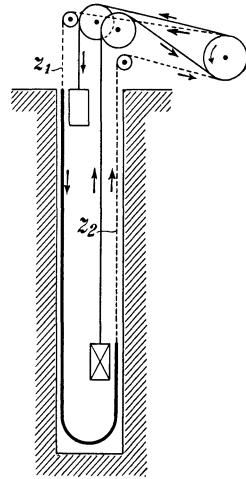


Fig. 528. Seilausgleichung mit Gegenseil.

**181. — Gegengewichte.** Ebenfalls eine unmittelbare Gewichtsausgleichung wird angestrebt durch besondere Gegengewichte, die sich außerhalb des Schachtes auf und ab bewegen und deren Bewegung so eingerichtet ist, daß sie während der ersten Hälfte des Treibens, also bis zur Begegnung der beiden Fördergestelle im Schachte, abwärts gehen und sodann wieder hochzuziehen sind. Da nun das Übergewicht des hochgehenden bzw. niedergehenden Seiltrums über das andere fortwährend abnimmt bzw. wieder zunimmt, so wird zweckmäßig eine solche Gewichtsausgleichung derartig eingerichtet, daß das Gewicht in seiner höchsten Stellung, d. h. zu Beginn des Treibens und gegen Ende desselben, die größte Zugkraft ausübt und daß diese Zugkraft nach der Mitte des Treibens hin fortgesetzt abnimmt. Diese Forderung wird z. B. erfüllt durch Verwendung einer schweren Kette,<sup>2)</sup> die mit Hilfe eines Zugseils von der Seiltrommel aus in einem besonderen Gesenk auf und ab bewegt wird, und zwar so, daß im Anfange des Treibens das ganze Kettengewicht am Zugseil hängt und sodann die Kette sich mehr und mehr auf die Sohle des Gesenks legt, so daß in der Mitte des Treibens ihr Gewicht überhaupt nicht mehr wirkt. In der zweiten Hälfte des Treibens wird dann um-

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1884, S. 239; Meinicke: Ausgleichung des Seilgewichts bei Förderungsanlagen.

<sup>2)</sup> Futers: Mechanical engineering of collieries, vol. I, S. 156. — Haton de la Goupillière: Cours d'exploitation des mines, vol. II, S. 1384 u. f.

gekehrt die Kette nach und nach wieder angehoben. Ähnlich wirkt die in Ziff. 178 erwähnte Förderung mit schwererem Unterseil. Eine andere Möglichkeit ist dadurch gegeben, daß als Gegengewicht ein entsprechend belasteter Wagen benutzt wird, der sich auf einer anfangs steilen, dann immer flacher geneigten Bahn bis zu einem tiefsten, der Begegnungstelle der Förderkörbe entsprechenden Punkte bewegt und dann wieder hochgezogen wird. Dieses Verfahren hat sich wegen seiner Umständlichkeit und seines großen Raumbedarfs nicht einbürgern können.

Bei einer auf der Saargrube „Camphausen“ eingebauten Seilausgleichsvorrichtung<sup>1)</sup> bewegt sich das Gegengewicht in einem kleinen Schächtchen und wirkt auf zwei besondere Doppelspiraltrommeln, die auf die verlängerte Achse der Seilkörbe der Fördermaschine aufgewickelt sind. Das von diesen Spiralkörben sich abwickelnde bzw. sich auf diese aufwickelnde Seil trägt eine Flaschenzugrolle, an der ein Gegengewicht befestigt ist. Da das von dem größeren Durchmesser sich abwickelnde Seilende naturgemäß bei einer gleichen Drehung der Achse einen größeren Weg beschreibt als das von dem kürzesten Durchmesser aufgewickelte und umgekehrt, so muß offenbar zunächst ein Sinken des Gewichtes eintreten bis zu dem der Begegnungstelle der Förderkörbe entsprechenden Punkte, wo beide Durchmesser gleich sind. Von da ab findet dann eine zuerst langsame und dann immer schnellere Hebung des Gewichtes bis zu seiner ursprünglichen Höhe statt.

Auch diese Seilausgleichung hat keine Nachahmung gefunden, weil die Anlage eines besonderen Schächtchens umständlich und teuer ist und außerdem die Fördermaschine sehr schwerfällig und ihre Führung erschwert wird, zumal da der Maschinenwärter noch durch die Spiraltrommeln in seiner Aufmerksamkeit abgelenkt werden kann.

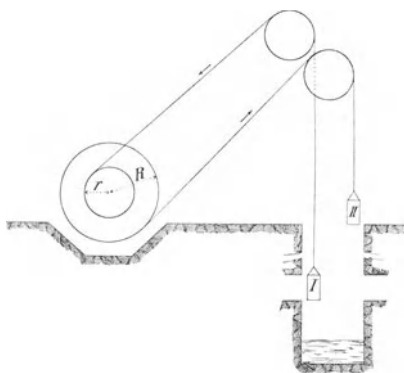


Fig. 529. Schema der Seilausgleichung durch ungleiche Hebelarme.

**182. — Ausgleichung durch Gleichheit der statischen Momente.** Während bei den bisher beschriebenen Ausgleichverfahren es sich um unmittelbare Wirkungen von Gegengewichten in der einen oder anderen Form handelte, gründen sich andere Seilausgleichungen darauf, daß nach Fig. 529 das größte Seilgewicht am kleinsten, das kleinste Seilgewicht am größten Hebelarm wirkt. Es wird damit eine Gleichheit der statischen Momente, d. h. der Produkte aus Last  $\times$  Hebelarm, angestrebt. Eine solche Aus-

gleichung kann durch die Gestalt der Seilkörbe der Fördermaschine

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1899, S. 68; Leybold: Bewahrung der eigenartigen Seilgewichtsausgleichung auf dem Förderschachte I der Grube Camphausen.

erreicht werden, und zwar dienen dazu die als „Bobinen“ bezeichneten Seilkörbe für Bandseile und die konischen Körbe und Spiralkörbe für Rundseile.

Soll ein vollständiger Ausgleich der Seilgewichte erzielt werden, so müssen in jedem Augenblicke eines Treibens die statischen Momente gleich sein. Die Erfüllung dieser Bedingung würde jedoch, wie hier nicht näher ausgeführt werden kann, auf einen Seilkorb führen, dessen Oberfläche im Querschnitt nach einer gewissen Kurve verlaufen müßte. Solche Seilkörbe würden in der Herstellung zu teuer sein und im Betriebe zu große Schwierigkeiten verursachen. Man begnügt sich daher mit einer annähernden Ausgleichung, indem man dafür sorgt, daß wenigstens am Anfang und am Ende des Treibens der Belastungsunterschied auf beiden Seiten der Seiltrommel oder Treibscheibe nach Möglichkeit derselbe ist.

Bezeichnet man nun mit  $G$  das Gewicht des Fördergestells nebst den leeren Wagen, mit  $N$  das Gewicht der Nutzlast, mit  $T$  die Länge des Seiles in m und mit  $\gamma$  das Seilgewicht je lfd. m, sowie mit  $r$  den kleinsten, mit  $R$  den größten Aufwickelungsradius, so wirkt bei Beginn des Treibens auf den großen Radius die Leerlast  $G$ , auf den kleinen Radius die volle Last  $G + N + \gamma \cdot T$ , wogegen am Ende des Treibens die entsprechenden Gewichte sind:  $G + N$  und  $G + \gamma \cdot T$ . Sollen die statischen Momente im Anfang und am Ende einander gleich sein, so muß hiernach die Gleichung bestehen:

$$(G + N + \gamma \cdot T) \cdot r - G \cdot R = (G + N) \cdot R - (G + \gamma \cdot T) \cdot r.$$

**183. — Bobinen.** Auf die Bobinen ist bereits früher gelegentlich der Erwähnung der Bandseile hingewiesen worden. Wie Fig. 530 zeigt, bestehen sie aus einem Kerne, auf den 8—12 Speichen  $a_1$  usw. geschraubt sind, die das Abfallen des sich auf den Kern  $k_1 k_2$  aufwickelnden Seiles verhüten. Durch das Übereinanderlegen der einzelnen Seilwindungen ergibt sich ohne weiteres eine Vergrößerung des Durchmessers mit abnehmender Länge des Seiles im Schachte und umgekehrt. Da nun offenbar der zwischen dem größten und dem kleinsten Durchmesser liegende und durch das Seil ausgefüllte Ringkörper gleich dem ganzen Seilinhalt ist, so tritt hier zu der vorhin aufgestellten Bedingungs-gleichung noch die weitere:

$$R^2 \cdot \pi - r^2 \cdot \pi = b \cdot T,$$

wenn  $b$  die Dicke des Seiles, in m ausgedrückt, bezeichnet.

Der durch solche Rechnungen ermittelte Kernhalbmesser  $r$  ergibt sich nun bei größeren Schachteufen als ziemlich klein. Ein solcher

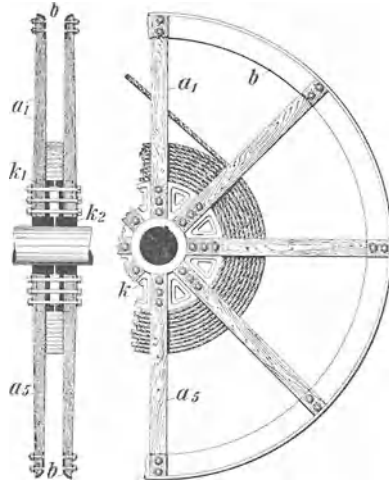


Fig. 530. Bobine.



kleinster Radius bietet bei Pflanzenfaserseilen keine Schwierigkeiten, so daß mit diesen sich eine nahezu vollkommene Ausgleichung erzielen läßt. Bei Stahldrahtseilen dagegen wird dieser Radius, da das Verhältnis zwischen Radius und Drahtstärke nicht unter 1:800 betragen soll (s. Ziff. 175), von einer gewissen Teufe ab zu klein. Es läßt sich also mit einem Drahtbandseil bei größeren Teufen keine vollkommene Ausgleichung mehr erreichen.

Mit zunehmender Teufe ändert sich das Verhältnis der Radien, so daß die Ausgleichung nicht mehr vollkommen ist. Jedoch spielt bei dem verhältnismäßig geringen Kostenpunkte der Bobinen ihre Umarbeitung für die größere Teufe oder die Beschaffung neuer Seilkörbe keine große Rolle.

Da überdies auch die Verwendung verjüngter Seile durch dieses Förderverfahren nicht verhindert wird, so ist für Pflanzenfaserseile die Aufgabe der Seilausgleichung in einfacher und befriedigender Weise gelöst. Nachteilig ist allerdings der durch die fortwährend wechselnden Aufwicklungsdurchmesser verursachte Wechsel in der Seilgeschwindigkeit, der zu einem starken Schlagen der Seile führt, und außerdem die auf der Verschiedenheit der Aufwicklungsdurchmesser zu Anfang und zu Ende des Treibens beruhende Erschwerung der Bedienung der Fördergestelle (Ziff. 162).

**184. — Seilkörbe mit Ausgleichung für Rundseile.** Für Rundseile sind von Demanet ebenfalls Bobinen vorgeschlagen worden.<sup>1)</sup> Man ist jedoch wieder davon abgekommen, da das Rundseil sich wegen seiner

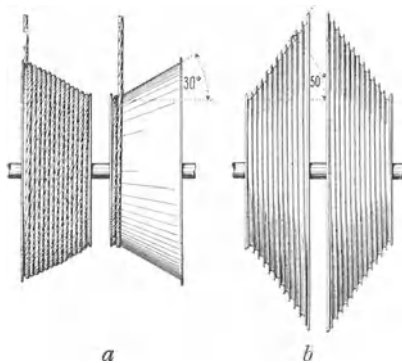


Fig. 531. Konische und Spiral-Seilkörbe.

geringen Biegsamkeit nicht dazu eignet. Daher kommen für Rundseile nur solche Seilkörbe in Betracht, bei denen sich das Seil in nebeneinanderliegenden Windungen aufwickeln kann, wie die Fig. 531 *a* und *b* erkennen lassen. Bei einem Böschungswinkel der Trommeloberfläche gegen die Horizontale bis zu 30° kommt man ohne besondere Vorkehrungen aus, indem das Seil sich in nebeneinanderliegenden Windungen ohne weiteres auf- und abwickelt. Man bezeichnet solche Seilkörbe als „konische“ (Fig. 531 *a*). Bei stärkeren Böschungswinkeln

dagegen erhält man die sog. „Spiralkörbe“, die ihren Namen daher haben, daß auf die Seiltrommeloberfläche spiralig verlaufende Rillen (Fig. 531 *b*) aufgenietet sind, in die sich das Seil hineinlegt. Man geht hier bis zu einem Winkel von etwa 60°.

Eine einigermaßen befriedigende Ausgleichung läßt sich für größere Teufen und Lasten nur mit Spiralkörben erreichen; bei den konischen Seilkörben ist der Unterschied zwischen den Hebelarmen zu gering.

<sup>1)</sup> Rev. univ. des mines, 2 sér., t. IV, S. 216; Demanet: Emploi des bobines pour l'enroulement des câbles ronds métalliques.

Jedoch gestatten schon bei verhältnismäßig geringen Teufen auch die Spiralkörbe nicht mehr die volle Ausnutzung der ausgleichenden Wirkung, da sie in diesem Falle entweder zu große Maximaldurchmesser erhalten oder zu breit werden würden. Aber auch an und für sich sind die Spiralkörbe mit erheblichen Mängeln behaftet.

Zunächst treten wegen der größeren Breite der Spiralkörbe durch den schrägen Zug der Seile nach den Seilscheiben hin Seitenkräfte auf, welche die aufgenieteten Rillen nach zu verschieben bestrebt sind und daher leicht zu einem Abspringen der Niete derselben führen. Ferner ergeben sich infolge der großen Gewichte der Spiralkörbe schwere, teure und schwer zu lenkende Fördermaschinen. Man hat sich bemüht, einen Teil dieser Übelstände der Spiralkörbe durch zweckmäßige Verlagerung derselben zu beheben. Zu diesem Zwecke hat man, statt beide Seilkörbe auf dieselbe Achse zu setzen, sie getrennt auf zwei hintereinanderliegenden Achsen verlagert. Dadurch erreicht man den Vorteil einer geringen Belastung der Achsen, also einer geringen Bruchgefahr derselben, sowie denjenigen einer schmäleren Bauart der Fördermaschine. Doch wird dadurch die Maschine nicht billiger und das Gewicht der bewegten Massen nicht kleiner. Im übrigen ist auch noch zu berücksichtigen, daß die Spiralkörbe die vorhin erwähnten Nachteile der Bobinen — Schlagen der Seile infolge wechselnder Geschwindigkeit und Erschwerung der Bedienung der Förderkörbe — teilen. Das Schlagen der Seile ist aber hier besonders unerwünscht, da es leicht zu ihrem Herausspringen aus den Rillen führen kann, und das umständliche Umsetzen der Förderkörbe an den Anschlagstellen führt zur häufigen Hänge-seilbildung, die für Aloëbandseile belanglos, für Stahlrundseile aber sehr schädlich ist. Daher haben Spiralkörbe im deutschen Bergbau nur in beschränktem Maße Eingang finden können.

## 2. Treibscheibenförderung.

### 185. — Vorbedingungen für die Förderung mit Treibscheibe.

Bei der Treibscheibenförderung, die nach ihrem Erfinder, dem Bergwerksdirektor Koepe, auch als „Koepe-Förderung“ bezeichnet wird, erfolgt die Bewegung des Seiles lediglich durch Reibung, also nach demselben Grundgedanken wie bei der Streckenförderung mit Seil ohne Ende. Infolgedessen ist nur ein Seil erforderlich, an dem beide Fördergestelle hängen.

Die Seilnut der Treibscheibe wird zur Erhöhung der Reibung meist mit Holz ausgefüllt. Es kann also für die Reibung, die die Seilbewegung vermittelt, der Koeffizient für die Reibung von Draht auf Holz eingesetzt werden, der nach Versuchen von Baumann<sup>1)</sup> etwa 0,24 beträgt. Setzt man nun in derselben Weise, wie das in Ziff. 56 geschehen ist, die Seilspannungen auf beiden Seiten der Treibscheibe zueinander in Beziehung, so ermittelt sich unter Zugrundelegung des Koeffizienten 0,24 das Verhältnis beider Spannungen beispielsweise zu

2,21 bei einem Berührungswinkel zwischen Seil und Treibscheibe (Umschlingungswinkel) von  $190^{\circ}$  und zu

2,40 bei einem Umschlingungswinkel von  $210^{\circ}$ .

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1883, S. 181; Baumann: Untersuchungen über die Förderung mit Treibscheibe.

Mithin darf die hochzuziehende Last des Gestells mit den vollen Wagen einschließlich der Anfahrbeschleunigung eine 2,21 bzw. 2,40 mal so große Zugkraft ausüben wie die niedergehende Last des Gestells mit den leeren Wagen, ohne daß das Seil rutscht.

Ohne hier weiter auf diese Reibungsverhältnisse eingehen zu können,<sup>1)</sup> sei nur noch darauf aufmerksam gemacht, daß bei Förderung mit Unterseil die Treibscheibenförderung auch für Teufen von weniger als 300 m noch durchführbar ist. Jedoch wird das Rutschen des Seiles um so leichter vermieden, je größer die Gesamtlast, d. h. je größer die Teufe ist. Ferner ist hervorzuheben, daß im Gegensatz zu weitverbreiteten Anschauungen auch große Gewichtsunterschiede auf beiden Seiten, wie sie bei der Bewältigung größerer Förderlasten auftreten, nicht zum Gleiten des Seiles führen, sondern im Gegenteil schon bei Teufen von 300 m das Gleiten besser als kleinere Lasten verhindern. Dieser scheinbare Widerspruch erklärt sich durch die Vergrößerung des Seilgewichts und damit auch der Reibung bei wachsenden Förderlasten.

Auf der Wirkung des Seilgewichts beruhen auch zwei Tatsachen, die für die Treibscheibenförderung wichtig sind. Zunächst ist bei größeren Teufen und Förderlasten die Verwendung von Aufsetzvorrichtungen möglich, obwohl die Reibung ein großes Übergewicht zu überwinden hat, wenn am Füllort das Gestell mit den leeren Wagen auf den Keps steht und dasjenige mit den vollen Wagen an der Hängebank anzuheben ist (vgl. S. 468). Ferner ist unter solchen Verhältnissen auch ein Übertreiben über die Hängebank bei dieser Förderung möglich, weil auch nach dem Aufstoßen des niedergehenden Gestells die Reibung noch ausreicht, um das hochgehende Gestell allein weiter zu ziehen.

**186. — Beurteilung der Treibscheibenförderung.** Die Treibscheibenförderung bietet gegenüber der Trommelförderung manche große Vorteile. Zunächst wird das Gewicht der bewegten Massen ganz wesentlich verringert, da z. B. eine Treibscheibe für eine größere Förderanlage bei 8 m Durchmesser etwa 35 000 kg, eine doppelte Seiltrommel vom gleichen Durchmesser dagegen 70 000—90 000 kg wiegt. Dieser Unterschied wird umso mehr in die Erscheinung treten, je größer die Schachttiefe ist, da mit größerer Tiefe das Gewicht der Treibscheibe nur unbedeutend, das der Trommel dagegen, die entsprechend breiter werden muß, in mindestens gleichem Verhältnis mit der Teufe zunimmt. Daher kann bei der Treibscheibenförderung die Fördermaschine entsprechend leichter gebaut und im Falle der Gefahr leichter zum Stehen gebracht werden, überhaupt leichter gelenkt werden. Auch der Verbrauch an Betriebskraft ist geringer. Ferner ist günstig, daß die Treibscheibe mit beiden Seilscheiben in einer Vertikalebene liegen kann und infolgedessen die schädliche seitliche Ablenkung des Seiles nach den Seilscheiben hin, wie sie bei der Trommelförderung gegen Ende jedes Treibens eintritt, wegfällt. Ferner ist man so von der Lage der Fördertrümme im Schachte wenig abhängig, da durch die Anordnung der Seilscheiben übereinander es bei ungünstigen Raumverhältnissen ohne Schwierigkeiten ermöglicht wird, die Maschine

<sup>1)</sup> Vgl. hierzu „Die Fördertechnik“ 1912, S. 28 u. f.; Wallichs: Die Berechnung der Hauptschacht-Fördermaschinen. — Glückauf 1905, S. 1152 u. 1467; Baumann: Über Förderung mit Treibscheibe.

auch quer zu den Seitenwandungen der Förderkörbe aufzustellen, was bei der Trommelförderung zu einer starken Seilablenkung führen würde. Auch insofern braucht man auf die Raumverhältnisse in der Nähe des Schachtes weniger Rücksicht zu nehmen, als wegen der fehlenden Seitenablenkung des Seiles die Maschine dichter an den Schacht herangertückt werden kann. Endlich sind auch die Seilkosten geringer (s. S. 452), da ein Seil beide Gestelle trägt und daher gut ausgenutzt wird.

Diesen Vorteilen stehen allerdings gewisse Nachteile gegenüber. Zunächst muß, wenn auch ein Gleiten des Seiles auf der Treibscheibe in stärkerem Maße nicht auftritt, doch bei den unvermeidlichen stärkeren Stößen in der Förderung mit einem gewissen Gleiten gerechnet werden. Dieses erschwert infolge der dadurch bewirkten unrichtigen Anzeige des Teufenzeigers die Bedienung der Fördergestelle an den Anschlägen und kann außerdem gefährlich wirken, indem ein mit dem Teufenzeiger verbundener Sicherheitsapparat zu spät zum Eingreifen gebracht wird. Ferner ist zu berücksichtigen, daß beide Förderkörbe an dem gleichen Seile hängen, im Falle eines Seilbruches also beide abstürzen müssen, wenn nicht die Fangvorrichtungen rechtzeitig eingreifen.

Außerdem ist nachteilig, daß eine Prüfung des Seiles durch Abhauen des untersten Endes, wie sie bei der Trommelförderung gebräuchlich ist (s. S. 446), bei der Treibscheibenförderung nicht möglich ist, da das Seil nicht verkürzt werden darf. Endlich ist auch wegen der Notwendigkeit des Unterseils die Förderung von mehreren Sohlen mit einer Maschine, abgesehen von dem in Ziff. 188 zu erwähnenden Fall der Vereinigung von Förder- und Unterseil zu einem endlosen Seile, nicht in einfacher Weise möglich.

Überhaupt sind die in Ziff. 179 geschilderten Mängel des Unterseils auch solche der Treibscheibenförderung. Diese Erwägung fällt aber nicht schwer ins Gewicht, da andere Vorrichtungen zur Ausgleichung des Seilgewichts sich für größere Teufen und Stahlrundseile nicht bewährt haben und daher auch für die Trommelförderung das Unterseil vielfach benutzt wird.

#### 187. — Gewöhnliche Ausführung der Treibscheibenförderung.

Die ursprüngliche Anordnung der Treibscheibenförderung war die, daß die Fördermaschine oben auf das Seilscheibengerüst gesetzt wurde, wodurch die unten in Ziff. 218 hervorgehobenen Vorteile erzielt wurden. Man ist dann wegen der Beschädigungen der Maschine durch die Erschütterungen des Seilscheibengerüsts, wegen der großen Gewichte und Abmessungen der neuzeitlichen Dampf-Fördermaschinen, wegen der Schwierigkeit, die Dampfleitung dicht zu halten und wegen der Gefährdung der Maschine im Falle eines Übertreibens über die Hängebank wieder davon abgegangen, so daß jetzt die Aufstellung der Treibscheibe seitwärts vom Schachte und die Leitung des Seiles über Seilscheiben die Regel bildet.

Durch die Einführung der elektrischen Fördermaschine sind jedoch die Bedenken gegen die Aufstellung der Maschine über dem Schachte wesentlich verringert worden. Denn eine elektrische Fördermaschine kann genügend leicht und gedrängt gebaut werden, um keine zu

große Belastung des Seilscheibengerüsts darzustellen, so daß die Gesamtkosten von Maschine und Seilscheibengerüst niedriger ausfallen. Dazu kommt, daß bei elektrisch angetriebenen Fördermaschinen, die für ein rechtzeitiges Anhalten des Fördergestells die denkbar beste Gewähr bieten, die Gefahr des Übertreibens auf ein Mindestmaß herabgedrückt ist (vgl. unten, S. 516). Daher sind heute schon eine ganze Reihe von Treibscheibenförderungen mit derartig aufgestellter Fördermaschine im Steinkohlen- und Kalibergbau im Betrieb.<sup>1)</sup>

**188. — Abarten der Treibscheibenförderung.** Ein bereits frühzeitig geäußelter Gedanke, der auch vereinzelt zur Ausführung gekommen ist, war der, die Treibscheibenförderung als eine solche mit endlosem Seile zu betreiben. Man erzielt auf diese Weise den Vorteil, daß eine Belastung des Fördergestells und des Zwischengeschirrs durch das Unterseil vermieden wird. Ferner ist die Möglichkeit des Umsteckens in beliebiger Weise gegeben, da es zu diesem Zwecke nur notwendig ist, die Befestigung des einen Fördergestells am Seile vorübergehend zu lösen, dieses Gestell festzulegen und nun das Seil mit dem noch daranhängenden Fördergestell so lange durchzuziehen, bis der Abstand der Fördergestelle voneinander dem neuen Sohlenabstände entspricht.

Doch ist dieses Förderverfahren nur durchführbar, wenn mit Gestellen für je 2 Wagen nebeneinander gefördert wird. Im übrigen hat es auch den Nachteil, daß die ganze Förderung von einem einzigen Seile abhängig ist und das öftere Lösen und Wiederanklemmen von Seilschlössern leicht zu geringerer Sorgfalt dabei verführt, wodurch Förderung und Seilfahrt gefährdet werden.

Zur vollständigen Verhütung des Gleitens zwischen Seil und Treibscheibe kann man der letzteren wie bei der Seilförderung in Strecken eine Gegenscheibe vorschalten. Dieses Hilfsmittel wird angewandt bei einem amerikanischen Förderverfahren (Whiting-System), das in Deutschland durch die Firma Heckel in Saarbrücken eingeführt worden ist.<sup>2)</sup> Man kann dabei außerdem den wichtigen Vorteil erzielen, die Koepe-Förderung für die Bedienung mehrerer Sohlen einzurichten, indem man die Gegenscheibe auf einer Schlittenführung verschiebbar macht und je nach Bedarf dicht an die Treibscheibe heranrückt oder weiter von dieser entfernt. Außerdem ergibt sich hier die Möglichkeit, das Förderseil allmählich verkürzen, also ebenso wie bei der Trommelförderung die untersten Seilenden regelmäßig abhauen zu können.

Da jedoch dieses Förderverfahren durch die mehrfachen, starken Kehrwendungen des Seiles dieses stark auf Biegung beansprucht, so ist es nur anwendbar bei nicht zu dicken Förderseilen. Dadurch gewinnt es besondere Bedeutung für die Förderung geringer Massen, insbesondere für die Gefäßförderung, bei der man wegen der geringeren Gesamtlast mit Seilen von geringerer Stärke auskommt, sowie für wenig tiefe Schächte,

<sup>1)</sup> Kali 1912, S. 265; Möhrle: Förderturm oder Fördergerüst? — Glückauf 1906, S. 1201; Damm: Die elektrisch betriebene Hauptschacht-Fördermaschine usw.

<sup>2)</sup> „Die Fördertechnik“ 1911, Nr. 9; Tillmann: Schachtförderung System Koepe-Heckel.

zumal in diesen auch die Gefahr des Gleitens des Seiles größer ist. (Die Anwendung des Verfahrens auf die Haspelförderung zeigt Fig. 463 auf S. 422.)

Mitunter bedient man sich auch zu demselben Zwecke der Verhütung des Gleitens einer Treibscheibe von größerer Breite, die mehrere nebeneinanderliegende Seilumschläge aufnehmen kann (sog. „Reibungstrommel“). Dabei wird im Vergleich mit der Trommelförderung der Vorteil erreicht, daß man statt mit zwei Förderseilen mit einem auskommt (wozu dann allerdings noch die auf dem Seilkorb bleibenden Windungen zu rechnen sind) und daß infolgedessen an Gewicht und Raumbedarf erheblich gespart und die seitliche Seilablenkung wesentlich verringert wird.

**189. — Anwendungsgebiet der Treibscheibenförderung.** Wie aus den vorstehenden Ausführungen zu entnehmen ist, kommen die Vorzüge der Treibscheibenförderung besonders in folgenden Fällen zur Geltung:

1. bei der Förderung großer Massen aus tiefen Schächten. Hier ist wegen des hohen Seilgewichts die Gefahr des Gleitens des Seiles gering und andererseits der Gewicht-, Raumbedarf- und Preisunterschied zwischen Treibscheibe und Trommel sehr erheblich.
2. Wenn kein Bedürfnis besteht, von mehreren Sohlen abwechselnd zu fördern, oder doch wenigstens die Gesamtförderung sich ohne große Schwierigkeiten auf einer Sohle vereinigen läßt, so daß ein Umstecken nicht erforderlich wird, oder wenn für jede Fördersohle eine besondere Förderanlage zur Verfügung steht.
3. Bei beschränkten Raumverhältnissen am Schachte, wo man die Fördermaschine entweder möglichst nahe an den Schacht heranrücken oder quer zur Richtung des Aufschiebens der Wagen aufstellen oder auf das Fördergerüst selbst setzen will. Solche Fälle werden besonders dort vorliegen, wo man auf einer älteren Schachtanlage nachträglich einen neuen Schacht niedergebracht hat.

3. Förderung mit mehreren Gestellen gleichzeitig an jedem Seile.

**190. — Tandem-Förderung.** Die Schwierigkeiten, die der Förderung mit Seil für große Teufen anhaften, sollen durch die Tandem-Förderung verringert werden, die von den amerikanischen Ingenieuren Cook und Behr<sup>1)</sup> vorgeschlagen worden ist. Bei diesem Förderverfahren hängen nach Fig. 532 an jedem Seile 2 Gestelle  $k_1 k_2$  bzw.  $k_3 k_4$ , deren Abstand je gleich der halben Fördertiefe ist und die sowohl durch eine Trommel- als auch durch eine Treibscheibenförderung bewegt werden können. Die Gestelle  $k_1$  und  $k_3$  verkehren nur zwischen Zwischensohle und Hängebank, die Gestelle  $k_2$  und  $k_4$  nur zwischen Füllort und Zwischensohle. Auf der letzteren geben die Gestelle  $k_2$  bzw.  $k_4$  ihre vollen Wagen

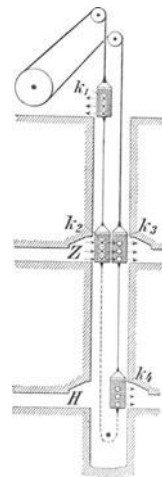


Fig. 532. Schema der Tandem-Förderung.

<sup>1)</sup> Mines a. Minerals 1903, Bd. 23, S. 632 u. f.; Behr: Hoisting from great depths.

an die Gestelle  $k_3$  (s. Figur) bzw.  $k_1$  ab und nehmen dann die leeren Wagen wieder mit nach unten, die von den Gestellen  $k_1$  und  $k_3$  von Tage heruntergebracht und auf der Zwischensohle abgezogen worden waren.

Bei diesem Förderverfahren dauert also ein Treiben nur halb so lange wie bei der gewöhnlichen Gestellförderung, da die Teufe gewissermaßen auf die Hälfte verringert wird. Durch Dreiteilung des Schachtes und gleichzeitige Förderung mit 3 Gestellen (Triplex-Förderung) kann man die Dauer eines Treibens auf ein Drittel der sonst benötigten Zeit herabdrücken.

Wie in der Figur angedeutet ist, kann das Zwischen-Förderseil zwischen je 2 Gestellen entsprechend schwächer ausfallen als das obere Seil, da es weniger zu tragen hat als dieses. Außerdem ist sein Verschleiß sehr gering, denn es wird überhaupt nicht auf Biegung beansprucht.

Das Verfahren hat aber den Nachteil der Umständlichkeit und Verteuerung der Bedienung durch den zweimaligen Wagenwechsel, durch den gleichzeitig eine gewisse Verzögerung herbeigeführt wird, die den an und für sich erzielten Zeitgewinn teilweise wieder vernichtet. Außerdem ist in vielen Fällen die Notwendigkeit einer Zwischensohle genau in der halben Teufe sehr nachteilig. Ferner werden die oberen Seile sehr stark belastet und fallen infolgedessen sehr schwer und teuer aus. Für unsere Verhältnisse erscheint daher die Tandem- und Triplex-Förderung bis auf weiteres nicht geeignet.

### Andere Schachtförderverfahren.

**191. — Förderung mit Ersatz der Gestelle durch kleine, in kurzen Abständen hoch bewegte Fördergefäße.** Hier ist zunächst ein auf

2 englischen Gruben zur Ausführung gelangter Gedanke erwähnenswert, die Schachtförderung als eine Wagenförderung mit endlosem Zugmittel einzurichten (vgl. Fig. 533)<sup>1)</sup>. Die Förderung erfolgt mit Hilfe von 2 Laschenkettensystemen  $g_1, g_2$ , die durch die Kettenscheiben  $f_1, f_2$  (durch die Stirnräder  $z_1, z_2$  angetrieben) im Schachte bewegt werden und in gewissen Abständen mit Querstäben  $h$  versehen sind. An letztere werden am Füllort die einzelnen Förderwagen mit Hilfe eines Ketten-Zwischengeschirrs und eines Hakens gehängt und oben an der Hängebank wieder abgenommen. Ein derartiges Förderverfahren ist für tiefe Schächte, bei denen gerade der Ersatz der bisherigen Förderung durch ein einfaches Verfahren am wichtigsten wäre, nicht geeignet. Denn die Ketten stellen

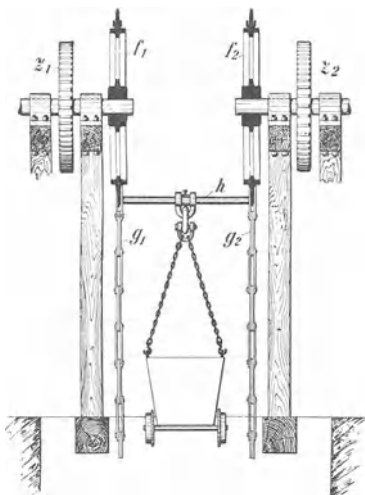


Fig. 533. Schachtförderung mit endlosen Ketten.

eine zu große tote Last dar, und Kettenbrüche können zu großen Unfällen

<sup>1)</sup> Glückauf 1899, S. 645; Schachtförderung mit Kette ohne Ende.

Anlaß geben, auch wenn Fangvorrichtungen eingebaut werden. Daher ist diese Einrichtung, obwohl sie sich für eine Förderung von 83 m Teufe einigermaßen bewährt zu haben scheint, nicht nachgeahmt worden.

Aussichtsreich dagegen sind Förderungen mit endloser Kette für den deutschen unterirdischen Braunkohlenbergbau, wo es sich um die Förderung großer Massen aus Schächten von geringer Tiefe handelt. Hier hat zuerst die Maschinenfabrik Buckau in Magdeburg-Buckau auf der Grube Emma bei Helmstedt eine Becherwerk-Förderung in einem Schachte von rd. 50 m Teufe eingebaut, die bei 0,4 m Geschwindigkeit in der Stunde ca. 80 t fördert. Die Becher von je 70 l Inhalt hängen an Laschenketten aus Stahlguß, führen sich mit kleinen Rollen in U-Eisen und werden aus einem Vorratrumpf am Füllort gefüllt, um über Tage in eine Rutsche auszugießen; aus letzterer wird ein Förderband beschickt, das die Kohle zur Verladung führt. Später hat die genannte Firma diese Fördereinrichtung, die sich ohne große Schwierigkeiten auch für Schächte von etwa 100 m Tiefe einrichten läßt, bereits auf verschiedenen anderen Gruben im Helmstedter und im Sachsen-Altenburger Bezirk für Teufen bis 63 m ausgeführt. Ferner hat sie für die Grube Johanne Henriette bei Staßfurt neuerdings für 76 m Teufe und 70 t Stundenleistung eine Anlage mit der über Tage viel benutzten Huntschen Conveyor-Förderung (Schaukelbecherwerk) geliefert, bei der die Becher beweglich aufgehängt sind und infolgedessen die Förderkette unter und über Tage im Anschluß an den Schacht ohne Unterbrechung auch sählig geführt werden kann.

Bezüglich der Beurteilung dieser Förderung für große Teufen gilt jedoch das vorhin Gesagte.

Andere Bestrebungen suchen den gleichen Zweck durch Fördereinrichtungen mit endlosen Seilen zu erreichen, an die in geringen Abständen kleine Fördergefäße angekuppelt werden.<sup>1)</sup> Diese sollen dann über Tage wie bei den oben genannten Schaukelbecherwerken dadurch, daß das im Schachte vertikal sich bewegende Seil oben in die Horizontalebene umgelenkt wird, bis zur Entladungstelle gebracht und durch Kippung entleert werden. Betriebsmäßige Ausgestaltung hat dieser Vorschlag bisher nicht gefunden.

**192. — Zahnstangenförderung.** Von Seilen oder Ketten wird gänzlich abgesehen bei einem von der früheren Firma Siemens & Halske<sup>2)</sup> vorgeschlagenen Förderverfahren (D. R. P. 151307), wonach im Schachte Zahnstangenleitungen eingebaut werden und an diesen die Fördergefäße gewissermaßen „hochklettern“ sollen. Die letzteren sollen zu diesem Zwecke je mit einem kleinen Motor ausgertüstet werden, der ein Doppelzahnradgetriebe in Tätigkeit zu setzen hätte. Auch dieser Gedanke ist noch nicht ausgeführt worden.

**193. — Pneumatische Förderung.** Die verhältnismäßig große Kraft, die der Luftdruck auf eine größere Fläche auszuüben vermag,

<sup>1)</sup> Cséti v. Verbó: Die neue Förderung für vertikale Schächte mit ununterbrochenem Maschinenantrieb. Leipzig 1903.

<sup>2)</sup> Braunkohle 1904, III. Jahrgang, S. 160; Fördereinrichtung für ununterbrochene Horizontal- und Vertikalförderung.



führte den französischen Bergwerksdirektor Blanchet<sup>1)</sup> Ende der 1870 er Jahre auf den Gedanken, das Fördergestell oben und unten mit Kolben auszurüsten, die in einem im Schachte eingebauten Rohre sich bewegen sollten. Die Bewegung wurde dadurch vermittelt, daß durch die Wirkung einer Luftpumpe die Luft in dem Raume über dem oberen Kolben verdünnt wurde, so daß der Überdruck der atmosphärischen Luft, der gegen den unteren Kolben wirkte, das Fördergestell anhub. Die Fördermaschine wurde also hier durch die Luftpumpe ersetzt. Da eine Atmosphäre gleich einem Drucke von rd. 10 000 kg auf 1 qm ist, so ist man bei einer Kolbenfläche von beispielsweise 2 qm und einem Vakuum von  $\frac{3}{4}$  Atm. imstande, eine Last von  $2 \times 7500 = 15\,000$  kg zu heben bzw. eine entsprechend geringere Last zu beschleunigen. Das niedergehende Fördergestell preßte durch sein Eigengewicht die Luft im unteren Teile des Rohres, indem deren Entweichen behindert wurde, zusammen und konnte so mit Hilfe eines Luftpolsters stoßfrei bis zum Füllort gebracht werden. Eine derartige Förderanlage ist auch ausgeführt worden, und zwar für einen Schacht von über 600 m Teufe; jedoch sind keine weiteren Anwendungen erfolgt. Der Grund dafür ist darin zu suchen, daß die Leistung verhältnismäßig gering ist, weil das Auspumpen eines langen Rohres eine erhebliche Zeit erfordert. Außerdem wurde der Förderbetrieb sehr teuer, da ein bedeutend größerer Dampfverbrauch als bei der gewöhnlichen Schachtförderung zu verzeichnen war.

**194. — Wasserauftriebsverfahren.** Mit der vorgenannten Förderung hat das von dem Ingenieur Mähner vorgeschlagene Wasserauftriebsverfahren (D. R. P. 139 129 u. 139 477) eine gewisse Ähnlichkeit. Hier wird statt der Luft Wasser benutzt und mit der Gewichtsverminderung von Körpern im Wasser gerechnet, so daß eine besondere Betriebsmaschine fortfällt. Der Gedanke ist dabei der, daß in einem Schachte bzw. in einem Förderrohr die leeren Gefäße abwärts gehen, wogegen im anderen Förderrohr die vollen Gefäße aufwärts bewegt werden. Das Gewicht der vollen Gefäße muß dann zu ihrer Wasserverdrängung in solche Beziehung gesetzt werden, daß es durch den Auftrieb überwunden wird, wogegen das Sinken der leeren Gefäße durch Wasserballast ermöglicht werden muß. Letzterer ist wieder zu heben, stellt also den Kraftverbrauch dar. Die Entfernung der leeren Fördergefäße am Füllort und ihr Ersatz durch gefüllte sollte durch Schleusen ermöglicht werden. Eine Versuchsanlage nach diesem System ist in kleinem Maßstabe in Betrieb gewesen.<sup>2)</sup> Jedoch ist die Einführung für größere Teufen ausgeschlossen. Für tiefe Förderschächte nämlich erscheint die Dichthaltung von Förderrohren und Verschlüssen bei den hier in Betracht kommenden Drücken von 50 Atm. und mehr nach dem heutigen Stande der Technik bis auf weiteres als unmöglich. Für geringe Förderhöhen andererseits sind die Vorteile, die das Auftriebsverfahren gegenüber der gewöhnlichen Seilförderung bieten könnte, von zu geringer Bedeutung.

**195. — Rückblick.** Obwohl also die Förderung mit Trommel oder Treibscheibe für tiefe Schächte bedeutende Nachteile hat, die sich in der

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1879, S. 242; Bericht über die Bergwerksmaschinen auf der Weltausstellung Paris.

<sup>2)</sup> Braunkohle 1903, II. Jahrgang, S. 291; Auftriebsförderanlagen.

Ungleichmäßigkeit der Förderung, in der Notwendigkeit, mit sehr großen Fördergeschwindigkeiten während kurzer Zeiträume zu arbeiten, um eine genügende Leistungsfähigkeit zu erzielen, und in der unverhältnismäßig großen Stärke der Fördermaschine ausprägen, ist doch bisher kein erfolgreicher Versuch zu verzeichnen gewesen, für größere Tiefen dieses ursprüngliche Förderverfahren durch andere, zweckmäßigere Verfahren zu ersetzen.

### c) Sicherheitsvorrichtungen bei der Schachtförderung.

#### 1. Fangvorrichtungen.

**196. — Beurteilung der Fangvorrichtungen.** Die Hauptbestimmung der Fangvorrichtungen ist naturgemäß die Sicherung fahrender Personen für den Fall eines Bruches des Förderseiles, der Königstange oder anderer Zwischengeschirrteile.

Die Bedingungen für die regelrechte und rechtzeitige Wirkung der Fangvorrichtungen sind bei der Seilfahrt ziemlich günstig. Einerseits nämlich sind die zu fangenden Gewichte geringer als bei der Förderung und andererseits wird mit kleineren Geschwindigkeiten gefahren, so daß auch die lebendigen Kräfte, die von der Fangvorrichtung vernichtet werden müssen, geringer ausfallen. Wegen der geringeren Geschwindigkeiten sind auch die Geschwindigkeitschwankungen weniger erheblich. Daher kommen bei der Seilfahrt auch diejenigen Unfälle seltener vor, die durch ein unzeitiges Eingreifen der Fangvorrichtung verursacht werden, wenn z. B. infolge rascher Steigerung der Geschwindigkeit die Bedingungen des freien Falls des niedergehenden Fördergestells nahezu erreicht werden. Die Fangvorrichtung kann dann vorübergehend einschnappen, so daß das Fördergestell hängen bleibt und sich über ihm Hängeseil bildet, durch dessen Gewicht schließlich das Fördergestell wieder zum Fallen gebracht und infolgedessen ein Seilbruch verursacht werden kann. Endlich sind wegen der geringeren Geschwindigkeiten auch Entgleisungen und Zusammenstöße von Fördergestellen mit nachfolgendem Seilbruch bei der Seilfahrt bedeutend seltener als bei der Förderung.

Die Bedeutung der Fangvorrichtungen für die Seilfahrt ist allerdings in den letzten Jahrzehnten zurückgegangen, und zwar an und für sich wegen der bedeutend gesteigerten Sicherheit der Förderseile (s. Ziff. 144) und Zwischengeschirrteile, verhältnismäßig wegen der wachsenden Bedeutung der weiter unten zu besprechenden Sicherheitsvorrichtungen gegen Übertreiben und zu hartes Aufsetzen.

Wesentlich anders fällt das Urteil über die Bedeutung der Fangvorrichtungen für die Förderung aus. Hier ist zunächst der Nutzen der Fangvorrichtungen umstritten. Denn einmal sind die zu fangenden Massen und die zu vernichtenden lebendigen Kräfte sehr bedeutend. Infolgedessen müssen die Fangvorrichtungen, wenn sie für alle Fälle stark genug sein sollen, sehr kräftig und schwer gebaut werden, wodurch nicht nur die tote Förderlast unliebsam gesteigert, sondern auch die Betätigung der Fangvorrichtungen während der Seilfahrt ungünstig beeinflusst wird. Ferner werden aus dem gleichen Grunde auch die Schachtleitungen und Einstriche, überhaupt der ganze Schachtein- und Ausbau im Falle des

Eingreifens der Fänger stark beansprucht, so daß hier größere Zerstörungen möglich sind und dadurch das Fangen vereitelt oder doch eine größere Betriebsstörung als durch das einfache Abstürzen des Fördergestells verursacht werden kann. Außerdem aber ist auch die Möglichkeit eines unzeitigen Eingreifens der Fangvorrichtungen mit seinen schädlichen Folgen hier größer als bei der Seilfahrt. Daher hat man sich z. B. im französischen Bergbau dahin entschieden, die Fangvorrichtungen nur für die Seilfahrt zu fordern, für die Förderung dagegen ihre Verriegelung zu gestatten, die ihre Wirkung ausschließt.

Im deutschen Bergbau sind Fangvorrichtungen für die wichtigsten Bergbaubezirke vorgeschrieben.

Eine Übersicht über die bekannt gewordenen Fälle des Eingreifens der Fangvorrichtungen bei der Förderung einerseits und bei der Seilfahrt andererseits gibt die nachfolgende Zusammenstellung für den Oberbergamtsbezirk Dortmund für die Zeit von 1890—1900.<sup>1)</sup>

Es ergibt sich hieraus zunächst, daß die Fangvorrichtungen etwa in der Hälfte der Fälle tatsächlich gewirkt haben. Ferner läßt diese Zusammenstellung erkennen, daß bei der Seilfahrt einerseits das Eingreifen der Fangvorrichtung bedeutend seltener eintritt als bei der Förderung und andererseits der Erfolg des Eingreifens sicherer ist als bei der letzteren.

Die Fangvorrichtungen haben nämlich

gefangen		versagt	
während der Seilfahrt	während der Förderung	während der Seilfahrt	während der Förderung
in 6	86	1	41 Fällen.

Ein Festhalten durch die Fangvorrichtungen ist also in insgesamt 92 Fällen zu verzeichnen gewesen. Darunter befinden sich jedoch 27 Fälle, in denen die Fangvorrichtungen zur Unzeit eingegriffen haben.

Die Wirksamkeit der Fangvorrichtungen ist, wie vorhin schon angedeutet wurde, von den näheren Umständen des Seilbruches u. dgl. abhängig.<sup>2)</sup> Erfolgt der Bruch beim hochgehenden Fördergestell, so wird dieses noch während einer ganz kurzen Zeit seinen Weg nach aufwärts fortsetzen und dann zu fallen beginnen. Eine rechtzeitig eingreifende Fangvorrichtung wird also fast nur das Gewicht des Gestells selbst mit beispielsweise 9000 kg zu halten haben. Geht dagegen das Fördergestell im Augenblick des Seilbruches abwärts, so sind die zu leistenden Fangarbeiten bei verschiedenen Fördergeschwindigkeiten und verschiedenen langen Zeitzwischenräumen zwischen Seilbruch und Fangen in runden Zahlen folgende:

Fördergeschwindigkeit in m	Fangarbeit bei einer Verzögerung des Fangens um		
	0,2	0,4	0,8 Sek.
	kg	kg	kg
10	65 500	88 500	145 000
20	220 000	260 000	355 000

<sup>1)</sup> Glückauf 1903, S. 729; Harte. Die bisherige Anwendung von Fangvorrichtungen in den Seilfahrtschächten des Oberbergamtsbezirks Dortmund.

<sup>2)</sup> Näheres s. bei Undeutsch: Grundzüge für den Bau der Fallbremsen Kattowitz 1906).

Erfolgt anderseits der Seilbruch in größerer Höhe über einem Fördergestell, so kann der über dem letzteren noch hängende „Seilschwanz“ in der Schachtzimmerung hängen bleiben und dadurch die Fangvorrichtung nach ihrem erfolgten Eingreifen wieder lösen und das gefangene Fördergestell doch noch zum Absturz bringen. Ferner wird durch das Vorhandensein eines Unterseils die eingreifende Fangvorrichtung stark belastet und dadurch ihre Wirkung in Frage gestellt.

Endlich ist auch der Zustand der Schachtleitungen an der Fangstelle von wesentlicher Bedeutung für den Erfolg der Fangarbeit. Was die Art der Schachtleitungen betrifft, so wird bei hölzernen Führungen die Fangarbeit dadurch erleichtert, daß die Fänger tief in das Holz einschneiden können, während bei Eisenleitungen nur mit einer Klemmwirkung oder einem oberflächlichen Einschneiden gerechnet werden kann und durch die Schmierung der Leitungen die Fangwirkung beeinträchtigt wird.

**197. — Allgemeine Erfordernisse der Fangvorrichtungen.** Von einer Fangvorrichtung ist nicht nur eine unbedingt sichere Wirkung auch im ungünstigsten Falle (Seilbruch beim niedergehenden Gestell mit voller Belastung, höchster Geschwindigkeit und anhängendem Seilschwanz) zu verlangen, sondern es darf auch diese Wirkung nicht zu plötzlich eintreten. Denn wenn das Fangen mit einem Ruck erfolgt, so sind bei der Seilfahrt schwere Beschädigungen der Fahrenden zu befürchten; bei der Mineralförderung aber wird dann der Schachteinbau in stärkster Weise beansprucht, so daß die Gefahr besteht, daß er nachgibt und die Wirkung der Fangvorrichtung wieder aufgehoben wird. Ferner soll die Fangvorrichtung namentlich bei niedergehendem Fördergestell nicht zu spät eingreifen, damit nicht in den bis zum Eingreifen verstreichenden Bruchteilen von Sekunden das Fördergestell eine zu große Beschleunigung erlangt. Außerdem muß verlangt werden, daß die Fangvorrichtung in ihrer Wirkung möglichst wenig von dem jeweiligen Zustande der Schachtleitungen abhängig ist. Weiterhin darf das Gewicht der Fangvorrichtung nicht zu groß sein, damit nicht die tote Last unnötig vermehrt und überdies die Fangarbeit durch größere Beanspruchung der Fänger noch weiter erschwert wird. Die Fangvorrichtung soll ferner betriebsicher sein, d. h. aus nicht zu vielen, voneinander abhängigen Einzelteilen, wie Gelenken, Schrauben, Zahnrädern u. dgl. zusammengesetzt sein und nicht einzelne besonders empfindliche und leicht zerstörbare oder leicht sich festsetzende Teile enthalten. Weiterhin sollen die Fangvorrichtungen gleich sicher auf den hochgehenden wie auf den niedergehenden Förderkorb einwirken. Endlich soll nach erfolgtem Festhalten des Fördergestells die Lösung nicht durch irgendwelche Zufälligkeiten geschehen können, sondern es soll zur Befreiung des Fördergestells aus seiner Lage ein vollständiges Anheben desselben erforderlich sein, damit nicht durch die nach der erfolgten Festhaltung notwendigen Arbeiten mit ihren Erschütterungen das Gestell doch noch zum Absturz gebracht wird.

Von Wichtigkeit ist bei der Wirkung der Fangvorrichtungen einerseits die Geschwindigkeit, die das Fördergestell bis zum Augenblicke des Festhaltens erlangt, und anderseits der sog. Bremsweg, d. h. die

Höhe, um die das Fördergestell nach Beginn des Eingreifens der Fangvorrichtung noch fällt, bis das Festhalten erfolgt. Der Bremsweg ist für die Seilfahrt besonders wichtig; je größer er ist, um so sanfter wirkt die Fangvorrichtung.

Da die oben genannten Anforderungen an die Fangvorrichtungen sich teilweise widersprechen, so ist es erklärlich, daß trotz der großen Zahl von Fangvorrichtungen keine als völlig einwandfreie Lösung der ganzen Aufgabe angesehen werden kann, sondern die eine nach dieser, die andere nach jener Richtung Mängel aufweist.

Fast stets wird die Betätigung der Fangvorrichtungen durch die Entspannung einer Feder bewirkt, die während des Treibens durch die Förderlast selbst oder durch eine besondere, von derselben unabhängige Belastung gespannt gehalten wurde. Das Fangen erfolgt am besten in der Weise, daß jede Schachtleitung von beiden Seiten her durch je einen Fänger erfaßt wird, da die Schachtleitungen dann eine große Tragkraft ausüben können (s. die Figuren 534—537).

Die Feder darf während der Förderung nicht voll belastet sein, also nicht etwa das ganze Gewicht des Fördergestells tragen. Denn nicht nur nimmt dann ihre Kraft mit der Zeit rasch ab, sondern sie fällt dann auch zu stark aus, so daß schon bei geringen Beschleunigungen des Seiles mit dem niedergehenden Fördergestell ein Eingreifen der Fangvorrichtung möglich wird. Jede Beschleunigung bewirkt nämlich eine Verringerung der Seilspannung. Man sollte deshalb der Feder keine größere Spannkraft geben, als etwa dem 0,8-fachen des Gewichts des leeren Förderkorbes entspricht.<sup>1)</sup> Es muß daher beispielsweise, wie Fig. 534 *b* zeigt, an der Königstange ein Anschlag *b* vorgesehen werden, der das Korbgewicht trägt und die Feder entlastet.

Da durch den vorhin erwähnten „Seilschwanz“ die Feder wieder gespannt und damit die Fangvorrichtung gelöst werden kann, so verdienen diejenigen Bauarten von Fangvorrichtungen den Vorzug, bei denen die Feder die Fänger nicht unmittelbar, sondern nur mittelbar betätigt oder sich auf die Einleitung der Fangbewegung beschränkt, so daß die unbeabsichtigte erneute Anspannung der Feder nichts mehr ändert. Das ist z. B. der Fall bei der gleich zu beschreibenden Fangvorrichtung von Undeutsch, bei derjenigen von Münzner<sup>2)</sup>, von Schweder<sup>3)</sup> u. a. Die letztgenannte Fangvorrichtung hat noch die Besonderheit, daß gepreßte Kohlensäure für die Betätigung der Fänger mit Hilfe eines kleinen Motors benutzt wird, dessen Steuerung durch die Feder eingertückt wird.

Wegen der allmählichen Abnahme der Federspannung ist eine häufige Nachprüfung der Federn und, wenn nötig, eine entsprechende Änderung der Stellung der Fänger unerlässlich.

Die Einzelbesprechung der Fangvorrichtungen soll nach 4 Hauptgruppen erfolgen.

<sup>1)</sup> Möhrle: Die Fördermittel usw., S. 72.

<sup>2)</sup> Dasselbst S. 80.

<sup>3)</sup> Glückauf 1907, S. 1099; Undeutsch: Die Ergebnisse der Untersuchungen der Transvaaler Seilfahrtkommission.

**198. — Fangvorrichtungen mit Schneidehebeln.** Die der ersten Gruppe angehörigen Fangvorrichtungen sind durch die Wirkung von schneidenden Hebeln gekennzeichnet, die in die Schachtleitungen hineingedrängt werden. Hierhin gehören z. B. die älteren Fangvorrichtungen von Fontaine und Lohmann;<sup>1)</sup> doch soll auf deren Bauart, da sie heute nur noch geringe Bedeutung haben, hier nicht näher eingegangen werden. Eine Anwendung dieses Gedankens auf eiserne Schachtleitungen stellt die Fangvorrichtung von Hypersiel dar.<sup>2)</sup> Hier dient als Fänger eine die Leitschiene von beiden Seiten umfassende Fangklaue, die von einer Spiralfeder durch Vermittelung einer Hebelübertragung vorgedrückt wird; während der Förderung wird die Spiralfeder durch Einwirkung des Seilzuges auf eine Kette, die mit der Königstange gekuppelt ist, gespannt gehalten. Wenn man Fänger aus gehärtetem Stahl und Führungsschienen aus Flußeisen verwendet, kann man ein Einschneiden der Fänger in die Schienen erzielen. Bei Holzführungen läßt sich mit Schneidehebeln als Fängern eine allmähliche, bremsende Wirkung erzielen, da die Fänger nach und nach

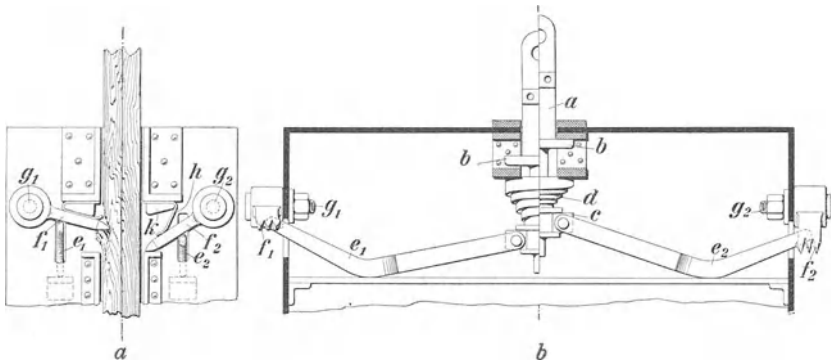


Fig. 534. Wirkungsweise der Fangvorrichtung von Undeutsch, (rechts: Zustand während der Förderung, links: Zustand nach erfolgtem Seilbruch).

immer tiefer eindringen und so einen stets steigenden Widerstand finden.

Eine besonders sorgfältig durchgebildete und in ihrer Wirksamkeit unter schwierigen Bedingungen erprobte Fangvorrichtung ist diejenige von Undeutsch<sup>3)</sup> (Fig. 534). Bei dieser dient die Feder  $d$  nur dazu, im entspannten Zustande mittels des Querstücks  $c$  die Stützhebel  $e_1 e_2$ , die auf einem Querstege aufliegen, mit ihren inneren Enden zu senken und infolgedessen ihre anderen Enden an den Außenseiten des Fördergestells anzuheben. Dadurch werden die gezahnten Fänger  $f_1 f_2$ , unter welche diese Stützhebel fassen, in Eingriff mit den Spurlatten gebracht und schneiden in diese hinein, so daß sie auch bei etwaiger erneuter Anspannung der Feder nicht mehr zurückfallen können. Durch das Gewicht des Förderkorbes, der von den Drehachsen der Fänger getragen wird, werden diese dann immer tiefer eingedrückt, bis sie schließlich an den Keiflächen  $k$  ihre Hubbegrenzung nach oben

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt. u. Sal.-Wes. 1880, S. 40; Selbach: Kritik der Fangvorrichtungen an Förderkörben. (Taf. I, Fig. 1.)

<sup>2)</sup> Sammelwerk, Bd. V, S. 343.

<sup>3)</sup> S. den nebenstehend unter <sup>3)</sup> genannten Aufsatz von Undeutsch, S. 1100 u. f.

hin finden. Durch dieses allmähliche Anwachsen des Widerstandes wird eine sanftere, bremsende Wirkung erzielt. Je nach den Gewichtsverhältnissen und der Breite der Spurlatten können Keilstücke mit mehr oder weniger steilen Winkeln eingesetzt werden, so daß die Tiefe des Eindringens der Fänger geregelt werden kann. Ähnlich wirkt die Fangvorrichtung von Münzner.

**199. — Exzenter-Fangvorrichtungen.** Eine zweite Gruppe von Fangvorrichtungen wird gekennzeichnet durch die Einwirkung gezahnter Exzenter oder exzentrischer Scheiben. Eine alte Bauart nach diesem

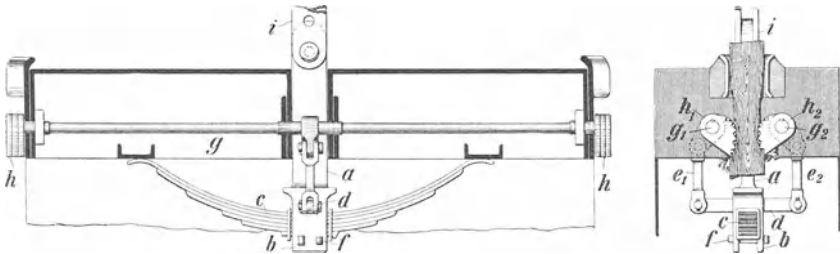


Fig. 535. Fangvorrichtung von White & Grant.

Grundgedanken ist diejenige von White und Grant, die durch Fig. 535 veranschaulicht wird. Die gezahnten Klauen  $h_1$   $h_2$  sind exzentrisch um die Wellen  $g_1$   $g_2$  drehbar. Die Drehung der Wellen erfolgt durch die Hebelübertragung  $d$   $e_1$   $e_2$  von der Blattfeder  $c$  aus, welche letztere durch den Seilzug mittels der Königstange  $a$ , der Gabel  $b$  und der Keile  $f$  für gewöhnlich gespannt gehalten wird, so daß die Fangklauen in zurückgezogener Stellung verharren und erst im Falle des Seilbruches durch Entspannung der Feder zum Eingreifen gebracht werden.

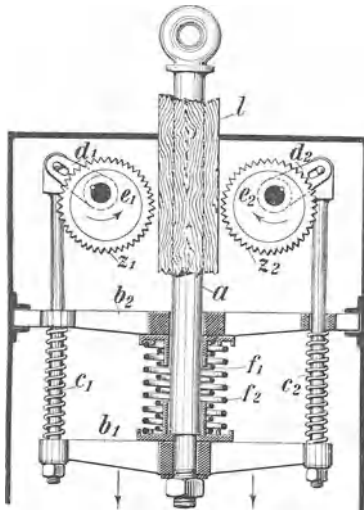


Fig. 536. Fangvorrichtung von Gerlach & Bömeke.

Um die Wahrscheinlichkeit des Eingreifens möglichst zu erhöhen, sind die Zähne der Fänger nicht einfach, sondern aus mehreren Reihen zusammengesetzt, deren Schneiden gegeneinander versetzt sind.

Bei der ebenfalls zu dieser Gruppe gehörigen Fangvorrichtung der Dortmunder Maschinenfabrik Gerlach & Bömeke (Fig. 536) ist eine Verbesserung der soeben beschriebenen Vorrichtung angestrebt, indem ein längerer Bremsweg erzielt werden soll. Die gezahnten Scheiben  $z_1$   $z_2$ , die den Klauen der White & Grantschen Fangvorrichtung entsprechen, sind hier nämlich als lose Ringe ausgebildet, welche die Exzenter scheiben  $e_1$   $e_2$  umgeben. Durch Entspannung der Federn  $f_1$   $f_2$  werden die gezahnten Ringe

mit den Schachtleitungen in Eingriff gebracht und ziehen nun durch die zwischen ihnen und den Exzentrerscheiben entstehende Reibung die letzteren immer mehr herum, so daß sie dadurch immer mehr in die Leitbäume hineingedrückt werden. Das Festhalten erfolgt demgemäß nicht starr wie bei White und Grant, sondern durch die Reibung zwischen den gezahnten Ringen und den Exzentrerscheiben, weshalb das Fördergestell allmählich zum Stillstande kommt.

Auch die Hohmannsche Fangvorrichtung<sup>1)</sup> beruht auf dem Eingreifen gezahnter Scheiben, und zwar bewegen sich diese in schrägen Schlitzten gegen die Schachtleitungen hin.

**200. — Fangvorrichtungen mit Klemmbacken.** Bei dieser Gruppe von Fangvorrichtungen wird eine möglichst stoßfreie Fangwirkung dadurch angestrebt, daß Bremsbacken gegen die Schachtleitungen angepreßt werden. Diese Bauart wird veranschaulicht durch die Fangvorrichtung von Lessing (Fig. 537). Bei dieser erfolgt das Fangen mit Hilfe der Backen *g*, die vermittelt der „Finger“ *f* getragen werden; die letzteren sind um zwei im Fördergestell fest verlagerte Wellen drehbar. Die Betätigung erfolgt von den Federn *c*<sub>1</sub> *c*<sub>2</sub> aus mit Hilfe der Brücke *b*, die durch Vermittlung der Zugstangen *d* auf die Hebelarme *e* der Finger wirkt. Eine parallel zu den Schachtleitungen erfolgende Verschiebung der Bremsbacken wird durch die Lenker *h*<sub>1</sub> *h*<sub>2</sub> zwischen den Backen und den Seitenwandungen des Fördergestells erreicht. Die Lenkerpaare stellen Kniehebel dar, die während des Fangens mehr und mehr durchgedrückt werden. Da die Stützpunkte dieser Lenkhebel in den Seitenwandungen des Fördergestells liegen, so werden diese auf Durchbiegung beansprucht; damit wird die ganze, im Fördergestell vorhandene Elastizität zur Fangarbeit mit herangezogen und der Stoß beim Fangen noch weiter gemildert. — Auf einem ähnlichen Gedanken beruht die „Fallbremse“ von Hoppe.<sup>2)</sup>

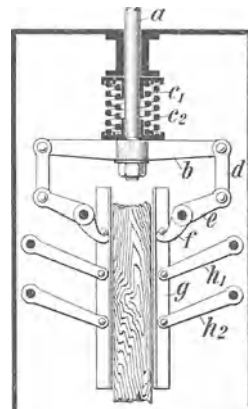


Fig. 537. Schema der Fangvorrichtung von Lessing.

Die Fangvorrichtung von Kania & Kuntze<sup>3)</sup> hat gezahnte Klemmbacken, diejenige von Gräfe (ausgeführt durch die Deutsche Masch.-Fabr. Akt.-Ges.) klemmend wirkende Daumen. Bei anderen Fangvorrichtungen, wie z. B. derjenigen von Libotte,<sup>4)</sup> werden durch die Entspannung der Federn mittels einer Hebelübertragung Keilstücke zwischen die Schachtleitungen und die nach unten hin sich entsprechend erweiternden Führungsschuhe eingeschoben.

<sup>1)</sup> Sammelwerk, Bd. V, S. 342.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Salinenwesen 1880, S. 68; Selbach: Kritik usw. (Taf. II, Fig. 52). — Dasselbst 1899, S. 199; Versuche und Verbesserungen.

<sup>3)</sup> Möhrle: Die Fördermittel, S. 86.

<sup>4)</sup> Selbach: Kritik usw.; S. 77 (Taf. II, Fig. 65).



**201. — Fangvorrichtungen für Seilführungen.** Die für Seilführungen bestimmten Fangvorrichtungen beruhen teilweise auf dem vorhin behandelten Grundgedanken der Bremswirkung, indem in die Führungsbüchsen Keilstücke eingeschoben werden, die sich zwischen diese und die Seile einklemmen. Ein anderer Gedanke liegt der Fangvorrichtung von Solfrian<sup>1)</sup> zugrunde. Bei dieser wird der Fangwiderstand dadurch erzeugt, daß die Seile eingeknickt werden. Das Einknicken erfolgt durch Vermittelung von Seilführungsbüchsen, die von einem beweglichen Mittelstück aus durch Vermittelung von Hebeln in die Schräglage gebracht werden können, sobald durch Entspannung der Feder dieses Mittelstück nach unten geschoben wird.

## 2. Vorrichtungen gegen das Übertreiben und zu harte Aufsetzen der Fördergestelle.

**202. — Überblick.** Während der Nutzen der Fangvorrichtungen ein begrenzter und umstrittener ist, sind auf der anderen Seite bei den heutigen großen Schachttiefen und entsprechenden Fördergeschwindigkeiten die zum rechtzeitigen Anhalten der Fördergestelle am Ende ihres Weges bestimmten Sicherheitsvorrichtungen von immer größerer Bedeutung geworden. Man kann schon das Weglassen der Aufsetzvorrichtungen am Füllort (Ziff. 159) zu diesen Sicherheitsvorrichtungen rechnen, da dadurch ein zu hartes Aufsetzen des Fördergestells infolge nicht rechtzeitigen Anhaltens ausgeschlossen wird. In Schächten, in denen in dieser Weise gefördert wird, ist dann die Bedeutung der in Rede stehenden Sicherheitsvorrichtungen etwas geringer. Denn es gehört schon ein größeres Versehen oder eine größere Störung im Gange der Maschine dazu, das Fördergestell über die Hängebank bis unter die Seilscheiben zu ziehen, wogegen ein Zufall, der ein geringes Übertreiben und damit für das niedergehende Gestell ein zu hartes Aufsetzen zur Folge hat, wesentlich leichter vorkommen kann.

Bei den Vorrichtungen, die ein Übertreiben der Fördergestelle verhüten sollen, kann man unterscheiden:

1. Einrichtungen, die auf das Fördergestell selbst einwirken, und
2. Vorkehrungen, die den Gang der Fördermaschine zu beeinflussen suchen.

### 1. Einwirkung auf die Fördergestelle selbst.

**203. — Gegeneinander geneigte Spurlatten.** Das einfachste Mittel zum Anhalten eines zu hoch gezogenen Fördergestells besteht in einer Annäherung der Spurlatten oberhalb der Hängebank, wodurch der Zwischenraum zwischen ihnen nach oben hin allmählich verringert wird und die Gestelle durch Klemmwirkung festgehalten werden. Solche Einrichtungen eignen sich zwar für mäßig schwere, mit geringen Geschwindigkeiten bewegte Förderschalen, müssen aber für die großen und schweren Gestelle und die hohen Fördergeschwindigkeiten und gewaltigen lebendigen Kräfte der im deutschen Bergbau unserer Zeit häufig anzutreffenden großen Fördermaschinen als zu bedenklich bezeichnet werden, da die Folgen eines solchen gewaltsamen Anhaltens für Förderkorb, Seil, Seileinband, Seilscheiben und Fördermaschine sich nicht übersehen lassen.

<sup>1)</sup> Selbach: Kritik usw.; S. 71.

**204. — Seilauflösevorrichtungen.** Ein weniger gewaltsames Mittel, das längere Zeit hindurch vielfach angewandt worden ist, liefern die sog. Seilauflösevorrichtungen. Der Grundgedanke ist die Aufhebung der Verbindung zwischen Seil und Fördergestell im Notfall, wogegen für gewöhnlich diese Verbindung durch eine für den regelrechten Betrieb der Förderung ausreichende Sicherung aufrecht erhalten wird. Die Ausführung dieses Gedankens wird durch Fig. 538 veranschaulicht. Die Auslöser haben die gemeinsame Eigentümlichkeit, daß an einer genügend hoch über der Hängebank liegenden, aber noch weit genug von den Seilscheiben entfernten Stelle des Seilscheibengerüsts ein Trichter eingebaut wird, der dem Seil den Durchgang gestattet, dagegen der gegen ihn gezogenen Auflösevorrichtung den Weg versperrt, so daß die Sicherung durchgeschnitten und das Seil freigegeben wird. Die Sicherung besteht bei diesen Vorrichtungen in Kupferstiften oder Kupferröhrchen.

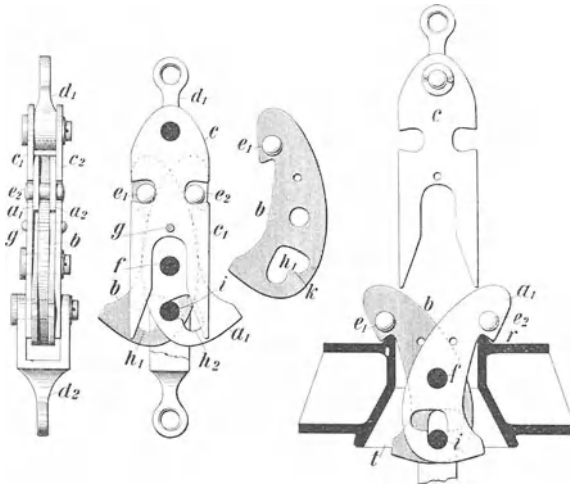


Fig. 538. Seilauflösevorrichtung von Haniel & Lueg.

Die älteren Seilauflösevorrichtungen sind nach drei Richtungen hin verbessert worden. Zunächst hat man sich dagegen zu schützen gesucht, daß infolge des Fallens von schweren, im Schachte niederstürzenden Gegenständen wie Steinen aus dem Schachtstoß, Eiszapfen im Winter u. dgl. die Kupferstifte zerschnitten werden können. Das geschieht dadurch, daß man den Widerstand, der das Freigeben des Seiles herbeiführt, so groß macht, daß das ganze Gewicht des Fördergestells zu diesem Zwecke angehoben werden muß. Ferner macht sich bei den Kupferstiften die Gefahr bemerklich, daß infolge der zahlreichen Beanspruchungen durch Schwankungen der Fördergeschwindigkeit oder durch Widerstände bei der Förderung allmählich eine Verdrückung und gefährliche Schwächung der Stifte eintreten kann, die sich der Beobachtung entzieht. Man hat daher neuerdings die Stifte durch Kupferröhrchen ersetzt, durch die man hindurchsehen kann, um sich von ihrem Erhaltungszustande zu überzeugen. Endlich ist man bestrebt gewesen, den Fall des Fördergestells nach

Beseitigung der Verbindung zwischen ihm und dem Förderseil auf ein möglichst geringes Maß zu beschränken. Während man früher sich damit begnügte, oberhalb der Hängebank an einer passenden Stelle besondere sog. Sicherheits- oder Not-Keps anzuordnen, die beim Übertreiben des Gestells zunächst von diesem zur Seite geschleudert wurden, dann aber wieder zurückfielen und nun das vom Seil getrennte Gestell auffingen, richtet man neuerdings außerdem den die Auslösung bewirkenden Trichter so ein, daß er mit seinem oberen Rande selbst das Gestell festhält.

Bei der Haniel & Luegschen Bauart (Fig. 538) hängt das Gestell durch Vermittelung des Schäckels  $d_2$  und des Bolzens  $i$  in den bogenförmigen unteren Schlitzen der beiden inneren Seitenstücke  $a_1 a_2$  und des (schraffiert gezeichneten) Mittelstücks  $b$ . Der Seilschäkel  $d_1$  dagegen greift an den äußeren Seitenlaschen  $c_1 c_2$  an. Die Verbindung zwischen  $c_1 c_2$  einerseits und  $a_1 a_2$  und  $b$  andererseits wird durch die Bolzen  $e_1 e_2$  hergestellt. Im Falle des Übertreibens stoßen die nach außen herausragenden schrägen, unteren Flächen der Stücke  $a_1 a_2$  und  $b$  gegen die schrägen Innenwände des Trichters  $t$  und werden dadurch nach Zerschneidung des Kupferstiftes  $g$  unten zusammen- und oben auseinandergedrückt, wobei die Bolzen  $e_1 e_2$  aus den Schlitzen der äußeren Laschen  $c_1 c_2$  herausgeschoben werden. Dadurch werden diese freigegeben, während die Stücke  $a_1 a_2$  und  $b$  mit ihren vorspringenden Nasen auf dem Rande  $r$  des Trichters hängen bleiben und so das Fördergestell fangen.

Wie die Figur erkennen läßt, ist zur Öffnung dieses Auslösers eine sehr große Kraft nötig, da der Schäckelbolzen  $i$  sowohl wie die beiden oberen Bolzen  $e_1 e_2$  auf den schrägen Bahnen der Schlitze etwas hochgeschoben werden müssen, mithin das ganze Gestellgewicht anzuheben ist. Eine unbeabsichtigte Auslösung kann somit hier als ausgeschlossen gelten.

Die Auslösevorrichtungen haben den gemeinsamen Ubelstand, daß sie das Seil vollständig freigeben. Wird die Maschine nach erfolgter Auslösung nicht rechtzeitig zum Stillstand gebracht, so kann das Seil bis in den Maschinenraum gezogen werden und dort große Verwüstungen anrichten. Außerdem wird durch das Hindurchgehen des Seiles durch den Auslösetrichter der Seilverschleiß vergrößert. Ferner macht man auch durch das Freigeben des Fördergestells sich von einem sicheren und rechtzeitigen Fangen desselben abhängig, wodurch eine weitere Unsicherheit hineingebracht wird. Die Anwendung dieser Vorrichtungen ist daher bei uns mehr und mehr zurückgegangen.

## 2. Beeinflussung der Fördermaschine.

**205. — Grundgedanken.** In der Erkenntnis, daß die eigentliche Ursache des Übertreibens in der Fördermaschine zu suchen ist, hat man sich neuerdings mit Erfolg bestrebt, auf diese selbst einzuwirken. Und zwar bestand diese Einwirkung früher darin, daß man die Bremse aufwerfen ließ, während man bei den neuesten Vorrichtungen noch einen Schritt weiter gegangen ist und Einfluß auf die Steuerung selbst zu gewinnen sich bemüht hat.

**206. — Teufenzeiger und Geschwindigkeitsmesser.** Ein einfaches und unerläßliches Hilfsmittel für die sichere Führung der Fördermaschine

ist der Teufenzeiger. Er besteht meist aus 2 kleinen Schlitten, die sich an einem senkrechten Ständer auf- und abbewegen, welcher in verkleinertem Maßstabe den Förderschacht wiedergibt und somit die jeweilige Stellung der Fördergestelle in diesem erkennen läßt. Auch kann man statt der senkrechten eine bogenförmige Teilung benutzen, auf der ein drehend bewegter Zeiger spielt.

Der Teufenzeiger ist besonders wichtig für die Treibscheibenförderung, da er hier den einzigen Anhalt für die Stellung der Fördergestelle im Schachte bietet, wogegen bei der Trommelförderung auch die Zahl der noch auf der Trommel liegenden Seilwindungen und die auf dem Seile angebrachten Marken eine gewisse Hilfe geben. Dennoch ist gerade bei der Förderung mit Treibscheibe die sichere Anzeige des Teufenzeigers erschwert. Denn wenn dieser, wie das bei Trommelmaschinen stets geschieht, von der Welle der Fördermaschine aus mittels eines Zahnrad- oder Schneckengetriebes angetrieben wird, so kommt in seiner Anzeige ein Gleiten des Seiles auf der Treibscheibe, mit dem stets in geringem Maße gerechnet werden muß, nicht zur Geltung. Man muß daher bei solchen Maschinen den Teufenzeiger ständig überwachen und seine Angaben täglich berichtigen.

Besonders wichtig ist die richtige Angabe des Teufenzeigers dort, wo er mit einer Sicherheitsvorrichtung gegen das Übertreiben (Ziff. 208 und 209) in Verbindung steht.

Mit dem Teufenzeiger ist in der Regel die Warnglocke verbunden, die auf das bevorstehende Ende des Treibens aufmerksam macht und deren Klöppel durch eine Wandermutter meist vor Beginn der zweitletzten Umdrehung der Maschine betätigt wird.

Als Geschwindigkeitsmesser wird jetzt durchweg derjenige von Karlik benutzt, dessen Wirkung darauf beruht, daß der Spiegel einer Flüssigkeit (Quecksilber) in einem mit einem Mittelschenkel und 2 Außenschenkeln versehenen Rohre durch die Schwingkraft bei der Drehung im Mittelschenkel gesenkt und in den Außenschenkeln gehoben wird. Durch einen im Mittelschenkel auf- und abbewegten Schwimmer kann diese Bewegung auf einen Zeiger übertragen und außerdem auch auf einer durch ein Uhrwerk gedrehten Papierrolle ständig aufgezeichnet werden, so daß sowohl augenblicklich als auch nachträglich jederzeit die Feststellung der Fördergeschwindigkeit möglich ist.

**207. — Ältere Vorrichtungen.** Die Vorrichtungen, die ein Aufwerfen der Bremse zum Ziele haben, wurden zunächst in einfacher Weise mit dem Teufenzeiger und der Warnglocke in Verbindung gebracht. Meist wird bei derartigen Anordnungen die zur Betätigung der Warnglocke dienende Wandermutter benutzt, indem diese bei der höchsten Stellung des Fördergestells an der Hängebank unmittelbar vor einem Nocken anlangt. Gegen diesen stützt sich von der anderen Seite ein Hebel, der mittels eines großen Gewichts nach Freigabe herumgeworfen wird und dann durch eine Zugstange den Schieber der Dampfbremse öffnet. Wird das Gestell über die Hängebank gezogen, so schiebt sich die Wandermutter dementsprechend noch ein Stück weiter, drückt den Nocken zurück und gibt dadurch den Hebel frei.

Diese einfache Vorrichtung hat sich jedoch als unzureichend erwiesen, da die lebendige Kraft eines mit voller Geschwindigkeit an der Hängebank ankommenden Fördergestells heute in vielen Fällen zu groß ist, als daß durch Aufwerfen der Bremse diese Masse bei dem verhältnismäßig kurzen Bremswege zwischen Hängebank und Seilscheiben noch mit Sicherheit aufgehalten werden könnte. Nun wird allerdings in den meisten Fällen die Geschwindigkeit eines der Hängebank sich nähernden Fördergestells bereits stark vermindert sein. Jedoch muß man, wie schlimme Erfahrungen gezeigt haben, immer mit der Möglichkeit der vollen Geschwindigkeit an der Hängebank rechnen.

**208. — Neuere Hemmvorrichtungen.** Man ist daher in neuerer Zeit weiter gegangen und wirkt bereits früher auf das im Schachte sich bewegende Gestell ein, so daß es überhaupt nicht mehr mit einer gefährlichen Geschwindigkeit an die Hängebank gelangen kann.

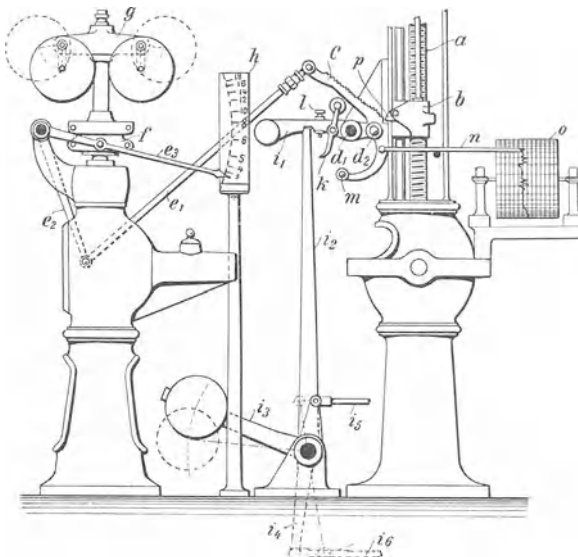


Fig. 538. Sicherheitsvorrichtung von Baumann.

Die Wirksamkeit solcher Sicherheitsvorkehrungen beruht darauf, daß einerseits ein mit der Achse der Fördermaschine fest verbundenes Glied nach Art eines Teufenzeigers vorhanden ist, das aus 2 Schlitten oder dgl. besteht, die sich ebenso wie die Schlitten eines Teufenzeigers bewegen. Ein zweiter Bestandteil der Vorrichtung ist mit Nasen oder Haken versehen, auf welche die Schlitten sich aufsetzen, wenn die Geschwindigkeit an irgend einer Stelle des Schachtes eine für diese Stelle nicht zulässige Größe überschreitet. Dieser Teil wird nämlich von einem Regulator aus bewegt, so daß seine Bewegung je nach den Geschwindigkeiten der Maschine eine verschiedene ist.

Eine der ersten Vorrichtungen dieser Gattung war diejenige des Ingenieurs Römer<sup>1)</sup> in Freiberg. Eine andere Ausführung ist diejenige von Baumann<sup>2)</sup> (Fig. 538), die in folgender Weise wirkt. Der mit einem Gegengewichtarm  $i_3$  versehene Hebel  $i_2$  stützt sich gegen einen Einschnitt in dem Hebel  $i_1$ , so daß er nach Lüftung desselben an dessen hinterem (linkem) Ende herunterfällt und damit sowohl die Schieberstange der Dampfbremse mittels der Zugstange  $i_5$ , als auch die Drosselklappe der Dampfleitung mittels der Hebelstange  $i_6$  betätigen kann. Auf dem anderen Endpunkt des Hebels  $i_1$  sitzt nun, um den Bolzen  $d_2$  drehbar, die gezahnte Schwinge  $c$ . Mit einem der Zähne dieser Schwinge kann der Schlitten  $b$ , der sich an der von der Welle aus gedrehten Schraubenspindel  $a$  auf- und abschieben kann, mittels seiner Nase  $p$  in Berührung kommen, sofern nicht durch einen nach links unten gerichteten Zug an der Stange  $e_1$  die Schwinge dem Bereich der Nase  $p$  entzogen wird. Die Bewegung von  $e_1$  wird mit Hilfe der Muffe  $f$  und des Winkelhebels  $e_2, e_3$  von dem Regulator  $g$  bewerkstelligt. Je langsamer nämlich die Maschine sich bewegt, um so mehr sinkt der Regulator und damit die Muffe  $f$  nach unten, um so weiter wird also die Schwinge  $c$  zurückgezogen. Gleichzeitig gestattet ein mit dem Regulator verbundener Zeigerhebel  $e_3$ , die Geschwindigkeit der Maschine an der Einteilung  $h$  abzulesen. Ein Eingreifen der Sicherheitsvorrichtung wird durch den mit der Schwinge  $c$  verbundenen Schreibstift  $n$  auf dem Papier der Trommel  $o$  vermerkt. Dieses Papier ist durch Horizontallinien nach Tagen und Stunden eingeteilt, so daß nachträglich abgelesen werden kann, wie oft und wann der Maschinist es zu einer zu großen Geschwindigkeit hat kommen lassen. Durch diese Überwachung wird der Maschinenwärter zu größerer Vorsicht veranlaßt.

Eine solche Vorrichtung wird nun so eingestellt, daß beispielsweise die Geschwindigkeit in einer Teufe von

60 m unter Tage	den Betrag von 15 m,
30 " " " "	" " " " 8 " ,
10 " " " "	" " " " 3 "

nicht überschreiten kann, ohne daß das Eingreifen der Vorrichtung erfolgt.

Außerdem wird aber auch die Überschreitung der überhaupt im Schachte zulässigen Höchstgeschwindigkeit verhütet. Steigt nämlich der Regulator zu hoch, so stößt die an dem unteren Hebelarm der Schwinge  $c$  sitzende Druckrolle  $m$  gegen den Schraubenstift  $l$ , dessen Stellung geregelt werden kann, und löst dadurch den Hebel  $i_2$  aus. Bei der Seilfahrt tritt diese Wirkung schon bei geringerer Geschwindigkeit ein, indem die Klappe  $k$ , die mit dem Hebel  $i_1$  fest verbunden ist, herumgelegt wird, so daß die Druckrolle  $m$  bereits früher Widerstand findet.

Andere Vorrichtungen dieser Art<sup>3)</sup> sind diejenigen von Müller, Jetschin, Thyssen, der Gute-Hoffnungshütte und Schlüter.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1898, S. 87; Mellin: Sicherheitsapparate an Fördermaschinen. — Sammelwerk, Bd. V, S. 447 u. f.

<sup>2)</sup> S. die unter <sup>1)</sup> genannte Abhandlung von Mellin, S. 89.

<sup>3)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1898, S. 91 u. f.; Mellin: Über Sicherheitsapparate an Fördermaschinen. — Dasselbst 1899, S. 199; Versuche u. Verbesserungen. — Sammelwerk, Bd. V, S. 450 u. f. — Glückauf 1902, S. 444; Schlüter: Sicherung des Förderbetriebes durch besondere Apparate.

**209. — Einwirkung auf die Steuerung der Fördermaschine.**

Während die beschriebenen Vorrichtungen sich mit der von der Maschine ausgeübten Wirkung beschäftigen und diese in mäßigen Grenzen halten sollen, ist man neuerdings noch weiter gegangen, indem man den Gang der Maschine selbst mit Hilfe einer Einwirkung auf die Steuerung zu beeinflussen sucht. Die auf die Bremse und die Drosselklappe wirkenden Vorrichtungen haben nämlich verschiedene Nachteile. Zunächst verursacht das plötzliche Aufwerfen der Bremse starke und schädliche Rucke im Seile, im Gestell und in der Maschine und wirkt bei Seilfahrt auch nachteilig auf die Fahrenden. Bei Förderungen mit Treibscheibe kann durch das plötzliche Anhalten ein Gleiten des Seiles auf der Scheibe eintreten. Beim Vorhandensein eines Unterseiles bringt die scharfe Bremsung die oben (S. 490) geschilderte Gefahr des Zurückschlagens des Unterseiles mit sich. Die Betätigung der Drosselklappe aber hat das Bedenliche, daß dadurch gerade im gefährlichsten Augenblick dem Maschinenführer die Herrschaft über die Maschine, die er sonst zum Gegendampfgeben ausnutzen könnte, gänzlich genommen wird.

Den Anstoß zu diesen Bestrebungen, auf die Steuerung unmittelbar zu wirken, hat die elektrische Fördermaschine gegeben, bei der eine vorzügliche Regelung dadurch gegeben ist, daß jeder Stellung des Anlasserhebels eine ganz bestimmte Geschwindigkeit der Maschine entspricht. Man kann also hier durch Einwirkung auf den Anlasser, die selbsttätig vom Teufenzeiger aus stattfinden kann, die Geschwindigkeit der Maschine beliebig beeinflussen. Eine Ausführung dieses Gedankens stellt der sog. Retardier-Apparat der Siemens-Schuckert-Werke dar. Bei diesem sind mit dem Teufenzeiger verbunden und mit ihm von der Achse der Fördermaschine aus zu bewegen zwei unrunde Scheiben, von denen die eine für den Vorwärtsgang, die andere für den Rückwärtsgang der Maschine bestimmt ist. Auf diesen Scheiben gleiten nun zwei Rollen, die auf einem zweiarmigen Hebel sitzen, dessen anderes Ende mit dem Steuerhebel verbunden ist. Gegen das Ende eines Treibens sind die Rollen vor den Verdickungen der genannten Scheiben angelangt. Läuft nun die Maschine noch weiter, so werden die Rollen auf diesen Ansätzen nach oben geschoben und drücken dadurch selbsttätig den Steuerhebel nach und nach in die Mittelstellung, machen also den Motor der Maschine allmählich stromlos. Man kann auf diese Weise sogar erreichen, daß die Maschine sich ohne Beisein des Maschinenführers selbsttätig stillstellt. Bedingung ist allerdings, daß die Stellung des Teufenzeigers und damit diejenige der beiden Scheiben stets genau der Stellung der Förderkörbe im Schachte entspricht, worauf gemäß Ziff. 206 besonders bei Treibscheiben zu achten ist.

Die große Sicherheit der elektrischen Fördermaschine verschaffte ihr einen erheblichen Vorsprung vor der Dampf-Fördermaschine, zumal außerdem auch noch infolge der gleichmäßigen Geschwindigkeit des Elektromotors das Schlagen des Förderseiles, das bei der Dampffördermaschine ziemlich beträchtlich werden kann, fast ganz beseitigt wird und infolgedessen die Fördergestelle sich so ruhig im Schachte bewegen, daß die Bergbehörde auch für die Seilfahrt eine Fördergeschwindigkeit von 10 m in der Sekunde zugelassen hat.

Neuerdings sind jedoch auch Dampfmaschinen mit einer ähnlichen Regelung ausgerüstet worden, indem auch hier in verschiedenen Ausführungsformen eine zwangsläufige Verbindung zwischen Teufenzeiger und Steuerhebel geschaffen worden ist. Doch greifen solche Vorrichtungen zu sehr in das Gebiet der Maschinenteknik über, als daß sie hier im einzelnen besprochen werden könnten.<sup>1)</sup> Die Stellung der Dampffördermaschine im Vergleich zu der elektrisch angetriebenen Maschine ist dadurch wieder günstiger geworden.

#### d) Signal-Vorrichtungen bei der Schachtförderung.

**210. — Überblick.** Für die Verständigung mit Hilfe von Signalen bei der Schachtförderung kommen drei Hauptfälle in Betracht, nämlich:

1. Verständigung zwischen Füllort bzw. Zwischensohle und Hängebank,
2. Verständigung zwischen Hängebank und Fördermaschine,
3. Signalgebung von einer beliebigen Stelle des Förderschachtes aus bei Schachtreparaturen, Besichtigungen, Unfällen usw.

Ihrem Grundgedanken nach können die Signale sein:

1. akustische oder Hörsignale und
2. optische oder Schausignale; auch gibt es
3. Signalvorrichtungen, die sich gleichzeitig an Ohr und Auge wenden.

**211. — Akustische Signale.** Die einfachste und lange Zeit ausschließlich in Benutzung gewesene Hörsignalgebung ist diejenige mittels des einfachen Hammers, der durch Drahtzug bewegt wird und gegen eine Blechplatte schlägt. In neuerer Zeit ist mit zunehmender Tiefe der Schächte diese einfache Signalgebung mehr und mehr zurückgedrängt worden. Denn der lange Draht stellt ein großes Gewicht dar, ist dem Rosten ausgesetzt und ermöglicht bei der Betätigung keine sichere Kontrolle, ob das beabsichtigte Signal auch tatsächlich übermittelt worden ist, weil die Trägheit des Drahtes infolge seiner großen Länge erheblich ist. Es lag daher nahe, zu den auch sonst viel gebräuchlichen elektrischen Signalen überzugehen, die in der Tat jetzt auf einer großen Reihe von Schachtanlagen in Benutzung sind.

**212. — Elektrische Signalvorrichtungen.**<sup>2)</sup> Eine gewöhnliche elektrische Signalanlage besteht aus drei Hauptteilen:

- a) der Stromquelle, als welche man eine besondere galvanische Batterie, einen Induktor oder ein vorhandenes Starkstromnetz verwenden kann;
- b) dem Stromkreise, der den Strom fortleitet, und
- c) der Glocke, die das Signal ertönen läßt.

Je nachdem, ob (wie bei Hausklingeln) eine große Anzahl hintereinander folgender Töne oder nur je ein Ton gegeben wird, unterscheidet man die „Rasselwecker“ einerseits und die „Einschlagwecker“ andererseits. Bei den ersteren ist ein Unterbrecher erforderlich. Dieser wird durch

<sup>1)</sup> Näheres s. in Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1911, S. 2002; Wallichs: Die neuere Entwicklung der Fördermaschinenantriebe und der Sicherheitsvorrichtungen. — Glückauf 1910, S. 1045; Dr. Hoffmann: Die Lenkung von Fördermaschinen usw.

<sup>2)</sup> Näheres s. bei Ryba: Die elektrischen Signalvorrichtungen der Bergwerke (Brüx 1906), S. 82 u. f.



eine Feder immer wieder zurückgeschleudert und abwechselnd von einem magnetisch gewordenen Eisenkern angezogen und nach Unterbrechung des Stromes und dadurch erfolgter Entmagnetisierung des Kernes wieder durch die Feder in seine frühere Lage zurückgebracht, wodurch der Stromkreis sich von neuem schließt, der Eisenkern wieder magnetisch wird usf. Beim Einschlagwecker dagegen ist ein solcher Hammer nicht vorhanden;

vielmehr wird bei ihm durch Betätigung des Klöppels, der gegen die Glocke schlägt, der Stromkreis endgültig unterbrochen, so daß keine Zurückziehung des Hammers mehr stattfinden kann. Rasselwecker gestatten im Gegensatz zu den Einschlagweckern auch eine Unterscheidung der Signale nach längerer oder kürzerer Dauer der einzelnen Töne. Sie finden besonders auch für Notsignale Verwendung, bei denen eine längere Dauer des Ertönsens der Glocke erwünscht ist.

Wo Mißverständnisse durch gleichzeitige Signalisierung an verschiedenen Stellen möglich sind, wie z. B. bei Doppelförderungen, bei gleichzeitiger Bedienung der Fördergestelle von mehreren Bühnen aus usw., werden zweckmäßig Signalglocken verschiedener Klangfarbe verwendet, indem z. B. die eine Glocke aus Bronze, die andere aus Stahl hergestellt wird.

Das Schema einer einfachen elektrischen Signalanlage wird durch Fig. 539<sup>1)</sup> veranschaulicht. Hier ist zunächst die Vorsichtsmaßregel getroffen, für die Rückleitung des Stromes nicht die Erde, sondern eine besondere Drahtleitung  $Z$  zu benutzen, weil sonst durch einen Isolationsfehler, der an einer Stelle einen unbeabsichtigten Erdschluß schafft, Kurzschluß entstehen und das Ertönen der Signalglocken zur Unzeit veranlaßt werden

Fig. 539. Schaltungsschema einer elektrischen Schachtsignalanlage.

kann. Ferner ist die Signalanlage mit „Rückstrom“ eingerichtet, d. h. es ist an jeder Stelle, wo Signale gegeben werden, eine Signalglocke ( $G_I$ ,  $G_{II}$  usw.) angebracht, die gleichzeitig mit der Hinaussendung der Signale in den Stromkreis betätigt wird. So z. B. ist in der Figur der Fall einer Signalgebung auf der I. Sohle durch Niederdrücken der Taste  $T_I$  dargestellt. Aus dem Verlauf der Strompfeile ist zu erkennen, daß der von der galvanischen Batterie  $B_I$  durch die Leitung  $K$  zugeführte Strom nicht nur die Glocke  $G_{h_1}$  an der Hängebank, sondern auch die Glocke  $G_I$  auf der I. Sohle zum Ertönen bringt. Auf diese Weise hört der Anschläger jedes Signal, das er gibt, selbst und hat eine sichere Kontrolle nicht nur über die von ihm gegebenen Signale, sondern auch über das Vorhandensein von Strom in der Leitung. Diese Möglichkeit ist gleichzeitig ein weiterer wesentlicher Vorzug der elektrischen Signalanlagen.

<sup>1)</sup> Glückauf 1907, S. 844; Schmiede: Die elektrischen Schacht-Signalanlagen.

Damit die von den Anschlägern der einzelnen Sohlen gegebenen Signale sich nicht durchkreuzen können, ist die Einrichtung so getroffen, daß der Anschläger an der Hängebank mittels einer Kontaktbrücke  $u$  nur immer diejenige Sohle (in der Figur die I. Sohle) in den Stromkreis einschaltet, mit der er sich verständigen will.

Der Taster  $Th_1$  mit der Leitung  $R$  und der Rückstromglocke  $Gh_1$  ist für Signale bestimmt, die der Anschläger an der Hängebank seinerseits nach unten geben will und die durch die Glocken  $G_I$  usw. vermittelt werden.

Für die Verständigung zwischen Hängebank und Fördermaschine ist in der dargestellten Signalanlage eine besondere Stromquelle  $B_{II}$  mit selbständigem Stromkreise vorhanden. Der Maschinist hört also nicht die zwischen den Anschlagstellen gewechselten Signale („Verständigungssignale“), sondern erhält sein Signal („Ausführungssignal“) lediglich von dem Hauptanschläger der Hängebank mittels der Taste  $Th_2$  und der Glocke  $Gf$ , wobei gleichzeitig die Rückstromglocke  $Gh_2$  ertönt.

**213. — Optische Signale.** Die für das Auge berechneten Signale haben den Vorteil, daß sie von dem am Schachte herrschenden Lärm nicht übertönt werden können, daß sie ferner im Gegensatz zu den vergänglichen Hörsignalen dauernd sichtbar bleiben und dadurch Mißverständnisse besser ausschließen und daß sie sich endlich auch für den Fall besonders gut eignen, daß für verschiedene, nicht weit voneinander entfernte Punkte je eine selbständige Signalanlage eingerichtet werden soll.

Dieser letztere Fall liegt bei der Bedienung mehrbödiger Fördergestelle mit Hilfe mehrerer Abzugbühnen vor, wo sich dann die Notwendigkeit ergibt, daß einerseits die Anschläger der Nebenbühnen ihre Signale dem Anschläger der Hauptbühne übermitteln und daß andererseits dieser letztere das Signal zur Hängebank bezw. zur Maschine weitergibt. In diesem Falle würden bei Hörsignalen Glocken mit verschiedener Klangfarbe zu verwenden, trotzdem aber noch leicht Mißverständnisse möglich sein. Bei optischer Signalgebung dagegen kann die Verständigung in der Weise erfolgen, daß<sup>1)</sup> jedem Nebenanschlag eine bestimmte Nummer entspricht, die möglichst deutlich (z. B. schwarz auf weißem Grunde) bei der Betätigung der Signalvorrichtung erscheint und mit der Betätigung des Signals zur Hängebank bezw. Maschine durch den Anschläger der Hauptbühne wieder zum Verschwinden gebracht wird, so daß der Anschläger gleichzeitig eine Kontrolle für richtige Signalgebung hat. Auf diese Weise wird auch die erneute Signalgebung beim nächsten Treiben ermöglicht und jedem Hilfsanschläger die Gewißheit gegeben, daß sein Signal verstanden worden ist.

**214. — Vereinigte Hör- und Schausignale.** Zu einer Verbindung der akustischen mit den optischen Signalen eignet sich in vorzüglicher Weise die elektrische Signalgebung, und zwar in der Form der sog. Zeigertelegraphen, die z. B. auf Schiffen schon seit langer Zeit für die Verbindung zwischen Kapitän und Maschinenraum gebräuchlich sind. Derartige Einrichtungen, wie sie besonders von der Firma Siemens & Halske in Berlin geliefert werden, bestehen nach Fig. 540 aus einem

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. Sammelwerk, Bd. V, S. 353.

Zifferblatt, das mit entsprechenden Aufschriften, wie „Auf“, „Halt“, „Seilfahrt“ usw., in radialer Teilung versehen ist. Durch eine Drehkurbel *a* kann der Zeiger nach Belieben auf das eine oder andere dieser Felder gestellt werden, womit sich dann auch der Zeiger des Empfänger-Telegraphen entsprechend einstellt. Meist ist dabei die Einrichtung so getroffen, daß jedesmal, wenn der Zeiger ein Feld weiter rückt, ein Schlag ertönt, so daß der Nummer jedes Signalfeldes die Zahl der auf dieses Signal entfallenden Schläge entspricht. Jeder Anschläger sieht also das Signal, das er gegeben hat, vor sich und kann außerdem durch Zählen der Zahl der Schläge, die mittels Rückstroms in der oben geschilderten Weise ihm selbst vernehmlich gemacht werden, sich von der Richtigkeit seiner Signalgebung überzeugen.

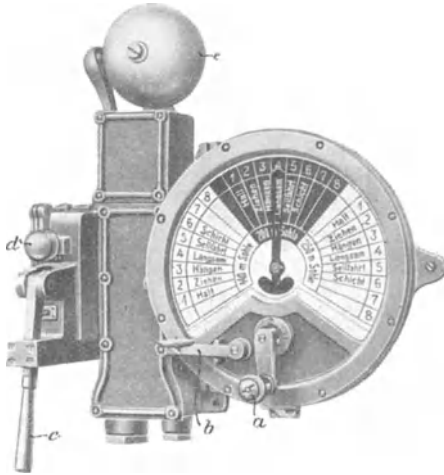


Fig. 540. Zeigertelegraph („Geber“ und „Empfänger“) von Siemens & Halske für Signalgebung von 3 Sohlen.

Gibt beispielsweise der Anschläger der II. Sohle das Signal „Halt“, so stellen sich die Zeiger der Empfängerscheiben auf der 200 m-Sohle und an der Hängebank auf das entsprechende Feld der mittleren Abteilung, wobei gleichzeitig die Glocke *e* einmal ertönt. Der Anschläger an der Hängebank gibt das Signal mittels des Hebels *c* zur Maschine weiter und stellt dann durch Drehung der Kurbel *a* den Zeiger seiner Scheibe und derjenigen auf der II. Sohle wieder in die Nullstellung. Um das zu können, muß er die Taste *b* niederdrücken und damit den Läutestrom ausschalten, so daß die Glocke dabei nicht betätigt wird. Die Taste *d* ist für Notsignale bestimmt.

Neuerdings hat dieselbe Firma auch<sup>1)</sup> das Hörsignal mit dem Schausignal in der Weise verbunden, daß durch die Stromstöße beim Signalisieren auf einem durch ein Uhrwerk bewegten Papierstreifen Löcher hergestellt werden, die durch Spiegelung mit Hilfe einer Lichtquelle bequem sichtbar gemacht werden.

**215. — Signalisierung zur Fördermaschine. Fernsprecher.** Der Fördermaschinist erhielt bei uns früher das Ausführungssignal lediglich durch den Hauptanschläger der Hängebank. Die elektrische Signalgebung hat es aber ermöglicht, auch die vom Füllort-Anschläger gegebenen Signale zur Kenntnis des Maschinisten zu bringen, ohne diesen zu verwirren. Es ge-

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wesen 1911, S. 143; Versuche und Verbesserungen.

schieht dies am einfachsten mit Hilfe von Zeigertelegraphen nach Fig. 540 in der Weise, daß durch die Signalisierung vom Füllorte aus nur der Zeiger auf der Signalscheibe im Maschinenraum bewegt wird und erst das durch den Hängebank-Anschläger gegebene Ausführungssignal auch die zugehörigen Töne in diesem Raume erzeugt. Da deren Anzahl bei richtiger Signalgebung mit der Zeigerstellung im Einklang stehen muß, so hat der Maschinist seinerseits eine Kontrolle über die Signalisierung. Außerdem empfiehlt sich eine Verbindung durch Sprachrohr oder Fernsprecher zwischen Hängebank und Fördermaschine, damit in ungewöhnlichen Fällen der Maschinenführer genau aufgeklärt und eine besondere Führung der Maschine verabredet werden kann.

Fernsprechvorrichtungen sind überhaupt neuerdings in steigendem Maße auch unter Tage (s. Ziff. 83) zur Ergänzung der Signalvorrichtungen in Gebrauch gekommen. Sie werden in wasserdichten Gehäusen untergebracht, um gegen die Grubenfeuchtigkeit möglichst geschützt zu werden, und mit Rücksicht auf den an den Anschlägen herrschenden Lärm als sog. „lautsprechende Telephone“ mit kräftiger Schallwirkung eingerichtet.

**216. — Signalgebung vom Förderkorbe aus.** In einfachster Weise kann die Verständigung vom Förderkorbe aus durch Schläge gegen das Seil erfolgen, jedoch reicht diese Signalgebung für größere Teufen nicht mehr aus und kann dann wegen der dadurch bedingten Unsicherheit gefährlich werden. Auch die für mäßige Teufen sehr zweckmäßige Signalisierung mit Hilfe von Sirenen, Huppen u. dgl. ist nicht für tiefe Schächte geeignet.

Für größere Teufen sind vielmehr auf manchen Gruben Signaleinrichtungen mit Drahtzug<sup>1)</sup> verwandt worden, bei denen ein Draht im Schachte herabhängt und durch verschiedenartige Vorrichtungen vom Förderkorbe aus gezogen werden kann. Solche Drähte können entweder zur unmittelbaren Erzeugung von Tönen durch Betätigung von Schlaghämern u. dgl. oder zur mittelbaren Signalisierung durch Schließung eines elektrischen Stromes benutzt werden.

Da aber die Drähte leicht reißen können und auch durch Schlingern derselben Kurzschlüsse und damit falsche Signale möglich sind, so werden neuerdings von der Firma Siemens & Halske<sup>2)</sup> Kontaktschienen vorgeschlagen, die nach Fig. 541 an den Einstrichen mit Hilfe von Porzellan-Isolatoren befestigt und oben an eine Stromquelle und eine Glocken-Signalanlage angeschlossen sind, so daß durch Verbindung beider Schienen ein Signalstrom durch die Anlage geschickt werden kann. Diese Verbindung

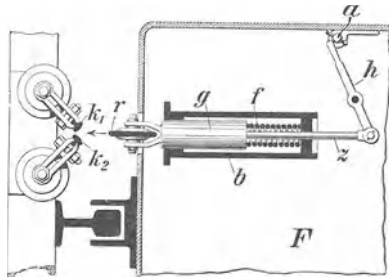


Fig. 541. Vorrichtung zur Signalgebung vom Förderkorbe aus.

<sup>1)</sup> Ryba: Die elektrischen Signalvorrichtungen der Bergwerke, S. 101 u. f.

<sup>2)</sup> Glückauf 1911, S. 155; Weise: Signalisieren und Telephonieren vom fahrenden Förderkorb.

wird vom Fördergestell aus mittels einer doppelt konischen Rolle mit Metallscheibe  $r$  in der Mitte geschaffen, die nach Lösung einer Sperrung (in der Figur durch den den Hebel  $h$  sperrenden Bolzen  $a$  angedeutet) durch den Druck der Feder  $f$  elastisch zwischen die Kontaktschienen  $k_1 k_2$  gepreßt wird.

### e) Fördergerüste und Seilscheiben.

217. — Fördergerüste. Bei der Ausgestaltung der die Seilscheiben

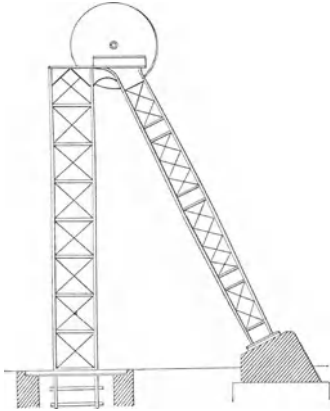
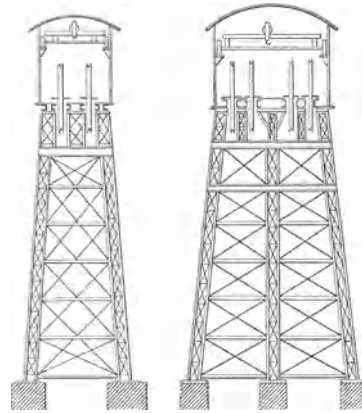


Fig. 542. Seitenansicht eines eisernen Fördergerüsts.



a) Zweibeiniger b) Dreibeiniger Bock.  
Fig. 543. Vorderansicht von eisernen Fördergerüsten.

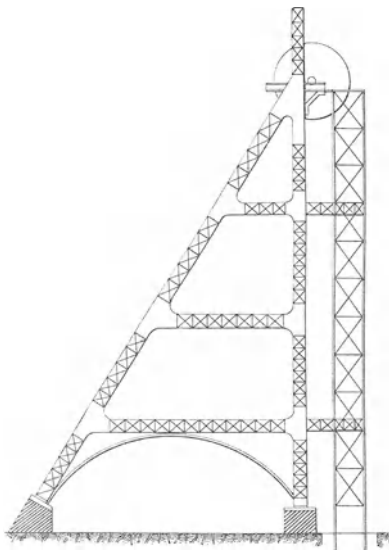


Fig. 544. Seitenansicht eines englischen Bocks.

tragenden Fördergerüste ist außer den auftretenden Zugkräften einmal die erforderliche Höhe und ferner die Art der Verlagerung der Seilscheiben zu berücksichtigen.

Die Höhe wird in erster Linie durch die Erwägung bedingt, daß zwischen der Hängebank und den Seilscheiben ein genügender Spielraum bleiben muß, um im Falle eines Übertreibens eine gewisse Sicherheit zu bieten. Je größer also das Gewicht und die Geschwindigkeit der Fördergestelle und die Schwungmassen der Fördermaschine sind, um so höher muß das Gerüst werden. Außerdem kommt hier noch die Höhe der Hängebank in Frage. Da man nämlich wegen des Haldensturzes und der Verladung für die Abzugsbühne eine gewisse Höhe über dem

Gelände nötig hat, so schafft man auf allen größeren Schachtenanlagen über

der natürlichen oder „Rasenhängebank“, die in der Höhe der Schachtmündung liegt, eine künstliche zweite Hängebank; bei Benutzung mehrerer Abzugbühnen kommen noch weitere Hängebänke hinzu. Die Rasenhängebank dient dann zum Einhängen, von schweren Maschinenteilen von Holz, Schienen, Bergen, zum Einbau neuer Fördergestelle u. dgl.

Was die Verlagerung der Seilscheiben betrifft, so können diese neben- und übereinander liegen. Ersteres ist der Fall bei Fördermaschinen mit Seiltrommeln oder Bobinen, weil deren Breite bezw. Abstand zur Verringerung der schädlichen seitlichen Seilablenkung einen seitlichen Abstand der Seilscheiben erforderlich macht, der am besten gleich der Entfernung von Mitte zu Mitte Trommel bezw. Bobine ist. Bei Fördermaschinen mit Treibscheibe dagegen ist es aus demselben Grunde erwünscht, die Seilscheiben unter sich und mit der Treibscheibe in eine vertikale Ebene zu verlegen, so daß dann die Seilscheiben übereinander zu liegen kommen. Für Rundseile wird im allgemeinen ein größter Seilablenkungswinkel von  $1\frac{1}{2}^{\circ}$  noch als zulässig betrachtet.

Das Fördergerüst muß hauptsächlich die durch die Maschine und die Förderlast ausgeübten Zugkräfte aufnehmen, während seine Beanspruchung durch das Eigengewicht der Seilscheiben und des Gerüsts selbst im Vergleich dazu gering ist.

Bei gemauerten Schachttürmen werden die Seitenkräfte durch starke Strebe Pfeiler aufgenommen. Die Seilscheiben ruhen hier auf Sprengwerken.

Neuerdings werden bei uns nur noch eiserne Gerüste gebaut. Der wichtigste Teil eines solchen ist nach dem Obigen — abgesehen von den Fällen, in denen die Fördermaschine auf dem Gerüst selbst steht —, die Strebe, die nach Fig. 542 die Seilscheiben gegen den von der Maschine ausgeübten Seilzug absteift. Diese erhält die Richtung der Resultierenden, welche sich aus dem Zusammenwirken des Seilzugs zur Maschine und des Seilzugs im Schachte ergibt. Je nachdem, ob diese Strebe sich aus 2 oder 3 Einzelstützen zusammensetzt, spricht man von einem „zweibeinigen“ oder „dreibeinigen Bock“ (Fig. 543 *a* und *b*). Wird das Eigengewicht der Seilscheiben und der Strebe noch durch zwei besondere Streben getragen, so ergibt sich der „vierbeinige“ oder „englische“ Bock (Fig. 544).

Das Gewicht der neuzeitlichen Fördergerüste für größere Förderlasten schwankt zwischen etwa 80 000 und 110 000 kg, ihr Preis also bei einem Einheitsatze von 280 *M* je Tonne zwischen 24 000 und 31 000 *M*. Ihre Höhe beträgt bis zu 40 m und darüber.

Das Führungsgerüst soll zur Aufnahme der Zugkräfte nicht mit herangezogen, sondern davon entlastet, sozusagen an dem Bockgerüst „aufgehängt“ werden. Denn es würde sonst den Druck auf den Schachtausbau übertragen und außerdem elastischen Formänderungen ausgesetzt werden, die für die Führung der Gestelle ungünstig sein würden.

**218. — Fördertürme.** Wenn bei der elektrischen Treibscheibenförderung (s. Ziff. 187) die Fördermaschine auf das Fördergerüst selbst gesetzt wird, so fallen die Seilscheiben fort, und an die Stelle eines gegen die Fördermaschine hin abgestützten Gerüsts tritt ein einfacher Turm, der die während der Förderung auftretenden Zug- und Druckspannungen in sich selbst aufnehmen muß. Ein solcher Turm wird an sich verhält-

nismäßig teuer, da er ja gleichzeitig das Eigengewicht der Fördermaschine zu tragen hat. Dafür fallen aber die Streben und das Fördermaschinengebäude fort, so daß die Anlagekosten im ganzen verringert werden. Günstig ist ferner die Raumersparnis und der Wegfall des sonst zwischen Fördermaschine und Schacht durchhängenden Seilstückes, wodurch das Schlagen des Seiles im Schachte wesentlich vermindert wird. Auch wird das Seil mehr geschont, da es weniger Biegungen erleidet und den Witterungseinflüssen entzogen wird.

Solche Fördertürme werden neuerdings von der Firma Brandt in Düsseldorf aus Eisenbeton gebaut. Fig. 545<sup>1)</sup> zeigt einen derartigen Turm für eine Doppelförderung.  $T_1 T_2$  sind die beiden Treibscheiben,  $G_1 G_2$  die Gegenscheiben, die das eine Seiltrumm in die richtige Lage bringen, und  $s_1 s_2$  Schienen für eine Laufkatze zum Zwecke des Einbaues neuer Fördergestelle.

**219. — Seilscheiben.** Die Seilscheiben erhalten auf größeren Förderanlagen zur Schonung der Seile, denen zu starke Biegungen schädlich sind, neuerdings Durchmesser von 4—6 m. Sie können aus Gußeisen, Gußstahl oder Schmiedeeisen bestehen; in der Regel werden sie aus Gußeisen- bzw. Gußstahl- und Schmiedeeisen-Teilen zusammengesetzt, indem

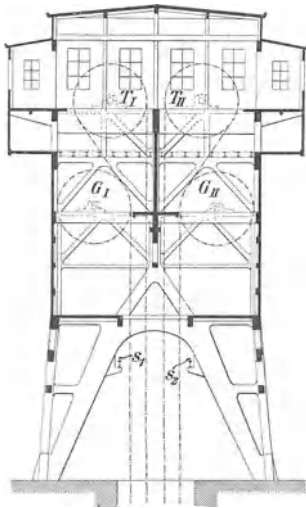


Fig. 545. Förderturm aus Eisenbeton für einen Doppel-Förderschacht auf der Saargrube Camp-hausen.

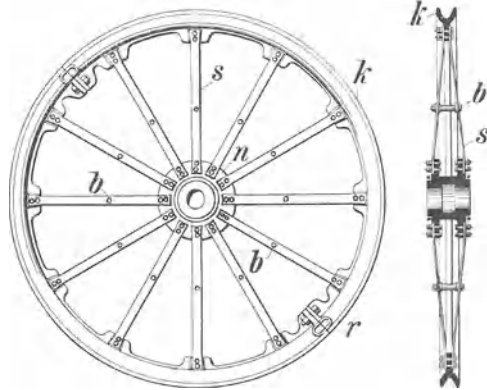


Fig. 546. Gußeiserne Seilscheibe mit schmiedeeisernen Speichen.

man die Nabe und den Kranz aus Gußeisen oder Gußstahl herstellt und diese Teile durch schmiedeeiserne Speichen verbindet. Eine solche Bauart zeigt Fig. 546. Der zweiteilige gußeiserne Kranz  $k$  ist mit der Nabe  $n$  durch schmiedeeiserne Flacheisen  $s$  verbunden; diese sind zu je zweien vorhanden und durch Bolzen  $b$  untereinander verbunden.

Da die Kränze im Laufe der Zeit durch das Seil angegriffen werden und scharfe Stellen in ihnen die Seildrähte zerschneiden, so müssen sie regelmäßig nachgesehen und etwaige Unebenheiten entfernt werden.

<sup>1)</sup> Zeitschr. „Armierter Beton“ 1911, Nr. 7; Dr.-Ing. Mautner: Neuere Eisenbeton-Konstruktionen im Gebiete des Bergbaues.

Außerdem muß man, um verschlissene Seilscheiben rechtzeitig ersetzen zu können, von Zeit zu Zeit die noch vorhandene Stärke der Kränze ermitteln, wozu man sich besonderer Blechschablonen bedient.

Unter die Seilscheiben werden vielfach starke Querträger als Fangträger gelegt, die im Falle eines Übertreibens das zu hoch gezogene Fördergestell von der Seilscheibe fernhalten sollen. Ferner umgibt man in der Regel die untere Hälfte der Seilscheiben mit halbkreisförmigen Blechtaschen, die im Falle eines Bruches einer Seilscheibe oder Achse die herabfallenden Teile auffangen sollen. Oberhalb der Seilscheiben wird zweckmäßig eine Fahrbahn für eine Laufkatze eingebaut (s. Fig. 543), um die Seilscheiben bequem ein- und ausbauen zu können. — Gegen Regen schützt ein Dach aus Eisenblech.

Verschiedentlich hat man, um die seitliche Ablenkung der Seile bei Trommelmaschinen zu beseitigen, zu dem Mittel gegriffen, die Achsen der Seilscheiben als Schraubenspindeln herzustellen, um zu ermöglichen, daß die Seilscheiben sich, dem Wandern des Förderseiles auf den Trommeln entsprechend, verschieben und immer in die jeweilige Lage des Seiles einstellen. Jedoch hat dieses Verfahren wegen der Unsicherheit, die es in die Verlagerung eines so wichtigen Teiles der Schachtförderung bringt, keine weitere Verbreitung gefunden.

---



Neunter Abschnitt.

## **Wasserhaltung.**

### **I. Einleitender Teil.**

1. — **Vorbemerkung.** In dem Abschnitte „Wasserhaltung“ pflegen in den Lehrbüchern der Bergbaukunde alle Fragen behandelt zu werden, die sich mit der Bedrohung der Grubenräume durch das Auftreten von Wasser, mit den Maßnahmen und Vorrichtungen zur Fernhaltung der Wasser von den Grubenbauen, mit der Ausrichtung der Grube im Hinblick auf die Wasserhaltung und mit der Wasserhebung aus den Bauen beschäftigen. Was insbesondere die Wasserhebung betrifft, so ist dies ein Gebiet, das vielfach nicht mehr in dem Rahmen rein bergmännischer, sondern in demjenigen maschinentechnischer Betrachtungen liegt. Dementsprechend ist in dem folgenden Abschnitte der maschinelle Teil nur kurz und insoweit behandelt, als es zum Verständnis der bergbaulichen Gesichtspunkte notwendig schien.

#### **1. Die Wasserführung des Gebirges.**

2. — **Die atmosphärischen Niederschläge.** Die atmosphärischen Niederschläge, die auf die Tagesoberfläche fallen, fließen zum Teil oberirdisch ab, indem sie sich zu Wasserläufen, Bächen und Flüssen sammeln und dem Meere zuströmen. Ein anderer Teil der Niederschläge geht durch Verdunstung unmittelbar wieder in die Atmosphäre über oder wird von den Pflanzen aufgesaugt und entweder zum Aufbau der Pflanzensubstanz verwandt oder ebenfalls zum Verdunsten gebracht. Ein dritter Teil sickert in das Erdreich ein, bildet das sog. Grundwasser, bleibt als solches mehr oder weniger in Bewegung und tritt nach längerer Zeit als Quelle sichtbar an der Tagesoberfläche oder unsichtbar unter dem Spiegel von Wasserläufen oder Seen oder unter dem des Meeres wieder aus. Geringere Mengen des Grundwassers werden auch durch chemische Vorgänge in der Erdrinde gebunden. Nach der gewöhnlichen Annahme entfällt auf den abfließenden, verdunstenden und einsickernden Teil der Niederschläge etwa je ein Drittel. Doch ist dieses Verhältnis starken Schwankungen ausgesetzt. In steilem, abschüssigem Gelände mit festem Gebirge und schwacher Pflanzendecke wird nur ein geringer Teil der Niederschläge Zeit finden, in das Erdreich einzusickern; in ebenen, flachen Gebieten dagegen wird ein weit größerer Teil der Niederschläge vom Erdboden vorläufig aufgenommen werden, namentlich dann, wenn dieser durchlässig und locker ist.

Die jährliche Niederschlagshöhe beträgt für das Flachland unserer Heimat 70—80 cm, steigt aber im Gebirge auf 1 m und darüber.

**3. — Das Grundwasser.** Das Auftreten und Verhalten des in das Erdreich einsickernden Wassers hängt von den Eigenschaften der Schichten ab, auf die es trifft. Die Gebirgsschichten, welche die Erdrinde zusammensetzen, gliedern sich in wasserdurchlässige und wassertragende. Die wasserdurchlässigen Schichten unterhalb des Grundwasserspiegels sind, falls nicht durch den Bergbau oder aus andern Gründen eine Abtrocknung erfolgt ist, auch wasserführend. Die wassertragenden Schichten sind im bergmännischen Sinne trocken. Allgemein besteht bezüglich der Wasserführung ein Unterschied zwischen geschichteten und ungeschichteten Gesteinen. Bei den ersteren wechselt je nach der Beschaffenheit der einzelnen Schichten die Wasserführung öfter; ungeschichtete Gesteine zeigen häufig ein durch ihre ganze Mächtigkeit gleiches Verhalten. Bei den geschichteten Gesteinen ist ferner durch die Schichtung der etwaigen Bewegung der Wasser die Bahn vorgeschrieben.

Zu den wasserdurchlässigen Schichten gehören insbesondere Kies und Sand, Sandsteine, klüftige Konglomerate und Kalksteine, zu den wassertragenden Schichten z. B. Lehm, Mergel, Ton, tonige Schiefer und andere tonige Gesteine.

Wie aus den aufgeführten Beispielen hervorgeht, können auch sehr feste Gesteine wasserführend sein, wenn sie porös oder von feineren oder stärkeren Rissen, Spalten, Klüften oder sonstigen Hohlräumen durchzogen werden. Als Beispiel für poröses Gestein sei insbesondere der Sandstein, für klüftiges der Kalk genannt.

Gewöhnlich ist die Erdrinde im senkrechten Schnitt aus einer Wechsellagerung von wasserführenden und wassertragenden Schichten zusammengesetzt. Das in das durchlässige Erdreich einsickernde Wasser staut sich über der obersten wassertragenden Schicht an. Diese Schicht bildet die untere Begrenzung, der sog. Grundwasserspiegel dagegen, d. h. die Fläche, in der man beim Stoßen eines Bohrloches oder beim Graben eines Brunnens auf Wasser stößt, die obere Begrenzung des Grundwassers. Ähnlich wie die oberirdischen Wasserläufe ist auch das Grundwasser mehr oder weniger in Bewegung und fließt (freilich der Widerstände wegen nur langsam) nach denjenigen Punkten hin, wo es als Quelle wieder an die Erdoberfläche tritt. Als Geschwindigkeit eines mit mittlerer Schnelligkeit fließenden Grundwassers werden z. B. 2—3 m in der Stunde angegeben.

Das Gefälle des Grundwasserspiegels ist abhängig von der Durchlässigkeit der Schichten. In leicht durchlässigem Gebirge fällt der Spiegel nur langsam ab, während er in Schichten, die dem Wasser beim Durchgange eine erhebliche Reibung bieten, schnell sich einsenken kann.

Hiernach ist klar, daß der Grundwasserspiegel keine wagerechte Ebene sein wird. Bis zu einem gewissen Grade schmiegt er sich der Erdoberfläche an und liegt unter Hochflächen und Bergen höher als im Tale. Im übrigen ist die unterirdische Abflußrichtung entscheidend, da in dieser Richtung der Grundwasserspiegel sich niedriger einstellen muß.

Der Höhe nach schwankt der Grundwasserspiegel je nach der Jahreszeit. Im Frühjahr, zur Zeit der Schneeschmelze, wird er in der Regel am höchsten, im Herbst am niedrigsten sein.

Bisher war nur das über der obersten, wassertragenden Schicht befindliche Wasser als Grundwasser angesprochen und nur von diesem war die Rede. Jedoch pflegen auch die darunter folgenden, wasserdurchlässigen Schichten allgemein mit Wasser erfüllt zu sein, solange nicht durch den Bergbau oder aus anderen Gründen eine Abtrocknung erfolgt ist. Es scheint zweckmäßig, jenes das obere Grundwasser, dieses das untere zu nennen. Das untere Grundwasser kann bei Auftreten einer Wechselagerung von wasserführenden und wassertragenden Schichten in mehrfacher Wiederholung angetroffen werden. Es wird an der Bewegung des oberen Wassers in der Regel nicht teilnehmen.

Das untere Grundwasser kann mit dem oberen auf irgend welchen Wegen in einer gewissen Verbindung und Wechselwirkung stehen; die Verbindung braucht aber auch nur schwach oder gar nicht vorhanden zu sein. Je tiefer die Grube ist und je mehr wassertragende Schichten sich zwischen das obere und untere wasserführende Gebirge eingeschoben haben, um so weniger ist solche Verbindung zu fürchten.

Viele Gruben sind völlig trocken, obwohl im Deckgebirge über wassertragenden Schichten ganz erhebliche Wassermengen vorhanden sind. Andererseits können auch tiefere Schichten viel mehr Wasser als die oberen führen, und das Wasser kann sogar unter höherem Drucke stehen, als es der Teufe unter der Erdoberfläche entspricht (artesische Brunnen). Auf Braunkohlengruben sowie auf Steinkohlengruben, deren Flöze über dem klüftigen Kohlenkalk abgelagert sind, kommt es öfter vor, daß die Wasser in der Hauptsache nicht aus hangenden, sondern aus liegenden Schichten den Grubenbauen zufließen.

**4. — Sonstige die Wasserführung des Gebirges beeinflussende Verhältnisse.** Von erheblicher Bedeutung bezüglich der Wasserführung des Gebirges sind die Klüfte, Spalten und Risse, die als Folge von Schollenverschiebungen in der Erdrinde (Gebirgsstörungen) die Schichten durchsetzen. Sie treten häufig als Wasserzubringer auf, indem sie gute Verbindungswege innerhalb einer und derselben wasserführenden Schicht auf weite Entfernungen schaffen oder quer durch ein sonst wassertragendes Mittel die eine wasserführende Schicht mit einer anderen höher oder tiefer liegenden verbinden. Hier sind z. B. die Solquellen des Ruhrbezirks zu nennen<sup>1)</sup>. Auch können auf solchen Wegen bisweilen dem Bergbau Wasser unbekanntem Ursprunges aus größeren, unbekanntem Teufen zufließen. Die Grenzlinie zwischen gewöhnlichem Grundwasser und diesem Wasser wird aber nicht immer scharf zu ziehen sein.

Eine wichtige, der besonderen Erwähnung werthe Rolle spielen manchmal Absonderungspalten und Auswaschungshohlräume, falls sie innerhalb bestimmter Gebirgsglieder in großer Zahl oder in beträchtlichen Größenverhältnissen vorkommen. In ihnen sind dann oft gewaltige Wassermengen aufgespeichert. Es sei an den Plattendolomit im Thüringischen und an die Schlottenzüge des Zechsteins im Mansfeldschen erinnert.

Zum Unterschiede von den im Gebirge vorkommenden Wassern nennt der Bergmann Wasser, welche alte, verlassene Grubenbaue erfüllen, Standwasser. Diese können unter Umständen eine Gefahr für den Grubenbetrieb bilden.

<sup>1)</sup> S. Anm. 2 auf S. 530.

**5. — Die verschiedenartige Stellung des Bergbaues gegenüber den Wassern.** Am gefährlichsten sind die Wasser für den Salzbergbau, da hier ein Tropfen Sickerwasser in den Bauen der Anfang vom Ende sein kann. Bei der Empfindlichkeit insbesondere der Kalisalze gegen Feuchtigkeit ist Kalibergbau ohne ein schützendes Deckgebirge nicht denkbar. Dieses in seinem Zusammenhange zu erhalten, ist deshalb das erste Bestreben des Salzbergmannes. Man arbeitet mit ausreichenden Sicherheitspfeilern, die imstande sind, das Hangende zu tragen, und wendet außerdem zur Erhöhung der Sicherheit noch vollen Versatz an.

Im schärfsten Gegensatze hierzu steht der Braunkohlenbergbau in seinem Verhältnis zur Wasserfrage. Da bei ihm in der Regel von vornherein das Fernhalten der hangenden Wasser von den Grubenbauen eine Unmöglichkeit ist und man mit dem Zerreißen und einer dadurch eintretenden Entwässerung des Hangenden rechnen muß, arbeitet man mit Absicht auf eine baldige Abtrocknung des Hangenden hin. Zu diesem Zwecke beginnt man z. B. an geeigneten Punkten mit dem Zubruchwerfen des Hangenden, häufig noch ehe der planmäßige Abbau eingesetzt hat, oder man sucht durch Bohrlöcher die Wasser abzuzapfen.<sup>1)</sup>

Der Steinkohlenbergmann wird, ohne die Wasserzuflüsse ganz verhindern zu können, durchaus das Bestreben haben, sie sich soviel wie möglich fernzuhalten, um seine Selbstkosten zu verringern. Beim Vorhandensein eines tragenden Deckgebirges sowie von wassertragenden Schiefertonschichten im flach gelagerten Steinkohlengebirge selbst sucht er deshalb durch geeigneten Abbau darauf hinzuwirken, daß das Hangende sich nach Möglichkeit ohne Bruch senkt. Es gelingt dies zwar nicht immer gänzlich, aber in vielen Fällen zum Teil.

Der Erzbergbau muß zumeist des schützenden Deckgebirges entraten, so daß er mit dem im Gebirge vorhandenen und ihm zuzitenden Wasser rechnen muß. Je nach der Art des Gebirges und der Lagerstätte sind die Zuflüsse verschieden groß.

**6. — Die Wasserführung des Gebirges im Ruhrbezirk.** Im Süden des Bezirkes, wo das Steinkohlengebirge zutage ausgeht, gewähren die vielfach gefalteten, durch Störungen in eine Anzahl von Schollen zerrissenen und außerdem durch die Wirkung des Abbaues zerklüfteten Schichten dem Tagewasser einen leichten Zugang. Die Wasserzuflüsse sind demgemäß verhältnismäßig bedeutend und haben die für die Wasserhaltung unerwünschte Eigenschaft, stark veränderlich zu sein. Die Wasserzugänge im Frühjahr steigen z. T. auf das dreifache derjenigen in der trockensten Zeit.

Im Norden des Bezirkes, wo eine mächtige Mergeldecke mit einzelnen wassertragenden Gliedern sich dem Steinkohlengebirge auflagert, ist der Bergbau in dieser Hinsicht besser geschützt. Die atmosphärischen Niederschläge und die Wasser aus den oberflächlichen, diluvialen Schichten werden deshalb hier in der Regel nicht den Grubenbauen zufallen.

Im einzelnen ist folgendes zu bemerken: Das oberste Glied des Kreidegebirges, die Sande von Haltern und die Recklinghäuser Sandmergel sind, soweit sie mehr sandig als mergelig entwickelt sind, sehr wasserreich und bereiten alsdann dem Abteufen von Schächten

<sup>1)</sup> Kegel: Bergmännische Wasserwirtschaft, S. 76 u. f.

Schwierigkeiten. Die in ihnen enthaltenen Wasser werden aber von dem darunter folgenden Emscher-Mergel getragen, so daß sie dem Bergbau selbst nicht lästig werden. Der Emscher-Mergel bewahrt seine wassertragende Eigenschaft über den ganzen Bezirk hinweg. Der weiße Mergel, der nach unten auf den Emscher-Mergel folgt, zeigt ein wechselndes Verhalten. Er ist im Westen trocken, wird aber gegen Osten, insbesondere im Südosten klüftig und sehr wasserreich. Ähnlich verhält sich auch das unterste Glied der Kreide, der Grünsand. Im Westen besitzt er eine dichte, wassertragende Ausbildung, während er nach Osten in einen klüftigen Mergelkalk übergeht.<sup>1)</sup>

Im Nordwesten schieben sich zwischen Kreide und Steinkohlegebirge die Schichten des Buntsandsteins und des Zechsteins ein, die wasserführend sind, ohne daß sie allerdings einen allzu großen Wasserreichtum zu besitzen scheinen. Da sie ohne schützende, wassertragende Schicht dem Steinkohlegebirge auflagern,<sup>2)</sup> wird der Bergbau mit der Notwendigkeit ihrer Entwässerung zu rechnen haben. Die Erfahrungen in dieser Beziehung sind aber noch nicht als abgeschlossen zu betrachten.

Was schließlich die im Steinkohlegebirge selbst unter dem Deckgebirge vorhandenen Wasser betrifft, so ist in der Regel ihre Menge gering, falls keine Verbindungen mit den wasserführenden Kreideschichten bestehen. An Stellen freilich, wo solche Schichten unmittelbar dem Kohlegebirge aufliegen und wo vielleicht noch das Deckgebirge durchsetzende Sprünge vorzügliche Kanäle bilden, kann ein dauernder und großer Wasserandrang vorhanden sein.

Die Rolle der Gebirgstörungen als Wasserzubringer erklärt auch die bisweilen ungemein große Verschiedenheit in den Wassermengen, die benachbarten Gruben zufließen können. Die eine Grube kann nahezu trocken sein, während die Nachbargrube vielleicht mit sehr starken Wasserzuflüssen zu kämpfen hat.

Im allgemeinen wird im Ruhrbezirke viel mehr Wasser als Kohle gefördert. Für einzelne unter besonders ungünstigen Wasserverhältnissen bauende Gruben steigt das Verhältnis der Wasser- zur Kohlenförderung sogar auf 15 : 1 bis 20 : 1 und noch darüber. Durchschnittlich kamen nach der Zusammenstellung des Sammelwerks<sup>3)</sup> im Jahre 1899 auf 1 t Kohle 3,08 cbm Wasser. Auf den Feldern ohne Mergelüberlagerung mußten 7,84 cbm Wasser für jede Tonne Kohle gehoben werden, während diese Zahl für die ausschließlich unter dem Mergel bauenden Zechen nur 2,05 cbm betrug. Man erhält einen schnellen Überblick für jede Grube, wenn man beachtet, daß 1 cbm minutlich einer jährlichen Wasserförderung von 525 000 t entspricht.

Im Saarrevier kommen auf 1 t Förderung durchschnittlich etwa 2,75 cbm Wasser.

**7. — Zusammensetzung des Grubenwassers.** Die Grubenwasser sind selten rein, sondern enthalten teils in mechanischer Beimengung und teils in Lösung stets mehr oder weniger fremde Bestandteile. Für den

<sup>1)</sup> Vgl. Bd. I dieses Werkes, Abschnitt I, „Die Kreideschichten“.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1902; Mittelschulte: Über die Deckgebirgsschichten des Ruhrkohlenbeckens und deren Wasserführung.

<sup>3)</sup> Bd. IV, S. 116.

Bergbau und die Wasserhaltung lästig sind sowohl schlammige als auch saure und salzige Wasser. Durch schlammiges Wasser, wie es besonders auf Gruben, die mit Spülversatz arbeiten, vorkommt, leiden die bewegten Teile der Pumpen sehr. Deshalb muß dem Wasser Zeit und Gelegenheit zur tunlichst weitgehenden Klärung gegeben werden. Saure Wasser greifen das Metall der Wasserhaltungsmaschinen an und zerstören es mit der Zeit. Man hat in solchen Fällen mit gutem Erfolg eine Entsäuerung der Wasser vor ihrer Hebung dadurch bewirkt, daß man in besonderen Kästen die Wasser über gebrannten Kalk fließen ließ, der die freie Säure band und unschädlich machte.<sup>1)</sup>

Salzige Wasser greifen Pumpenteile aus Eisen ebenfalls an, so daß man, da die Fällung des Salzes vor der Hebung praktisch unmöglich ist, in solchem Falle gezwungen ist, die sämtlichen mit dem Wasser in Berührung kommenden Pumpenteile aus Bronze anzufertigen.

Salzige Wasser sind auch insofern lästig, als sie das spezifische Gewicht der Wassersäule stark erhöhen (bei voller Sättigung um 21<sup>0</sup>/<sub>0</sub>), so daß die Pumpe eine entsprechende Mehrarbeit zu leisten hat und die Leitungen mit dem höheren Druck in Anspruch genommen werden.

Für die Wasserhebung unangenehm sind ferner solche Wasser, die Absätze bilden. Am häufigsten sind wohl Niederschläge von kohlen-saurem Kalk, die erscheinen, sobald aus dem in die Grubenbaue übertretenden, vom Drucke befreiten Wasser Kohlensäure entweicht, wobei die Fähigkeit des Wassers, kohlen-sauren Kalk zu lösen, teilweise verloren geht.

Im Ruhrbezirk sind auch mehrfach Schwerspatbildungen vorgekommen, die auftreten, sobald Wasser mit einem Chlorbaryumgehalt mit Wasser, das Schwefelsäure führt, zusammentrifft.

Solche Niederschläge verengen unter Umständen die Pumpenleitungen, auch haben sie sich namentlich in Zentrifugalpumpen unangenehm bemerkbar gemacht.

## 2. Maßnahmen und Vorrichtungen zur Fernhaltung der Wasser von den Grubenbauen.

8. — **Maßnahmen über Tage.** Vor allen Dingen ist Vorsorge zu treffen, daß die Tagesöffnungen des Grubengebäudes hochwasserfrei liegen. Die Schachtöffnungen müssen nötigenfalls künstlich aufgesattelt werden; Stollen sind in jedem Falle so hoch anzusetzen, daß ihr Mundloch über dem höchsten zu erwartenden Wasserstand des Tales liegt.

Aus Flußläufen, die über Grubenfeldern liegen, fallen bei fehlendem oder durchlässigem Deckgebirge häufig den Bauen Wasser zu. Man kann diesen Übelstand durch Geradlegung des Laufes mildern, da hierdurch zunächst die Länge der schädigenden Linie verkürzt und außerdem das Gefälle erhöht wird. Der letztere Umstand hat ein schnelleres Abfließen der Wasser zur Folge. Mehrfach hat man Wasserläufe nicht allein gerade gelegt, sondern ihre Sohle auch mit Ton ausgestampft oder ausbetoniert.

Bei Vorhandensein von Seen und Teichen über dem Grubenfelde kann es notwendig werden, sie trocken zu legen und die ihnen zufließenden Wasser durch Ringkanäle abzufangen (Salziger See im Mansfeldschen).

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- und Sal.-Wes. 1886, S. 304; Zörner: Einrichtungen zur Entsäuerung und Klärung der Grubenwasser usw.

**9. — Maßnahmen und Vorrichtungen unter Tage.** Schon bei Besprechung der verschiedenartigen Stellung des Bergbaues zu den Wassern (s. Ziff. 5) ist auf die Bedeutung der Abbauart für die Fernhaltung der Wasser hingewiesen worden. Hier sei nur noch allgemein hinzugefügt, daß der Versatz um so besser das Hangende unterstützen und Zerreißen bei dessen unvermeidlicher Durchbiegung verhindern wird, je dichter und fester er ist. Spülversatz wird in dieser Beziehung sich am günstigsten erhalten, wenn er allgemein durchgeführt wird, andernfalls bricht das Gebirge wie bei Sicherheitspfeilern an den Spülversatzgrenzen ab.

Wo die wasserführenden Schichten den Bauen nahe kommen, wird man einen unverritzten Sicherheitspfeiler von genügender Stärke zwischen jenen und diesen stehen lassen, der auch durch Aus- und Vorrichtungstrecken nicht durchörtert werden darf. Besonders im Kalibergbau ist diese Vorsichtsmaßregel von Wichtigkeit. Im Ruhrbezirk ist mit Rücksicht auf die Wassergefahr ein Sicherheitspfeiler von 20 m seigerer Höhe im Steinkohlengebirge unterhalb des Deckgebirges vorgeschrieben.

**10. — Wasserabdämmungen. Allgemeines.** Schon die im Abschnitt „Grubenausbau“ besprochenen, wasserdichten Schachtauskleidungen, die verhüten, daß das im Deckgebirge angefahrne Wasser durch den Schacht den Grubenbauen zufällt, sind nach ihrer Wirkung als Wasserabdämmungen zu betrachten. Wenn sie trotzdem nicht dazu gerechnet werden, so ist der Grund, daß sie von vornherein den Austritt des Wassers aus dem Gebirge verhindern, aber nicht einzelne Teile des fertiggestellten Grubengebäudes gegen andere oder auch gegen Nachbargruben absperren. Letzteres ist das Kennzeichen der eigentlichen Abdämmungen.

Solche Abdämmungen werden vorgenommen, wenn das Grubengebäude zu ersaufen droht und man einzelne Teile dem Wasserandrang preisgeben, dafür aber andere Teile wasserfrei erhalten will, oder wenn ein bereits abgebauter Feldesteil zur Entlastung der Wasserhaltung abgedämmt werden soll. Man baut dann einen geschlossenen Wasserdamm ein. Es geschieht dies in der Regel in Strecken, unter Umständen aber auch in Schächten.

Ist ein Feldesteil einstweilen nur gefährdet derart, daß erhebliche Wasserzugänge zu befürchten stehen oder daß es zweifelhaft ist, ob die vorhandenen Zuflüsse dauernd werden gewältigt werden können, so baut man Dammtore (Ziff. 12) ein. Diese bleiben zunächst geöffnet, so daß der Betrieb in dem gefährdeten Feldesteil aufrecht erhalten werden kann. Nur im Falle der Not schließt man die Türen und läßt das Wasser hinter ihnen ansteigen. Dammtüren werden nie in Schächten, sondern nur in Strecken gesetzt. Als geeignete Stellen kommen dafür hauptsächlich Querschläge und Richtstrecken in Betracht.

**11. — Wasserdämme.** Die Wasserdämme werden jetzt nur noch in Mauerung oder Beton hergestellt, da Holzdämme für höhere Drücke nicht sicher und nicht dicht genug sind. Als Form wählt man allgemein Kugelgewölbe, so daß der Damm einen Ausschnitt aus einer Kugelschale darstellt. Die Widerlager liegen radial. Wegen dieser Form nennt man den Damm einen Kugeldamm.

Die Stärke des Gewölbes richtet sich nach dem Wasserdrucke, dem es standhalten soll, und wird wie für ein Mauergewölbe berechnet. Wird das Gewölbe sehr stark, so setzt man, um nicht allzuviel Gestein fortnehmen zu müssen, die Widerlager nach Fig. 547 ab, so daß zwei oder mehrere Kugelschalenausschnitte übereinander liegen.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Wahl des Standortes für den Damm. Das Gebirge muß fest, gesund und geschlossen sein und darf auch nach seinen sonstigen Eigenschaften in keinem Falle Wasser durchlassen, da ja sonst der Damm seinen Zweck verfehlen und das Wasser durch das Gebirge seinen Weg suchen würde. Sandsteine und Konglomerate z. B. pflegen für die Aufstellung von Wasserdämmen wegen ihrer Porosität nicht geeignet zu sein. Am besten eignen sich feste, tonhaltige Gesteine, wie sandige Tonschiefer u. dgl.

Für die Herstellung der Widerlager darf Sprengarbeit nicht angewandt werden, um das Gebirge nicht zu zerklüften. Vielmehr geschieht die Arbeit ausschließlich mit Hand durch Wegspitzen und neuerdings mit Preßluft-Spitzhämmern.

Die Mauerung selbst ist mit größter Sorgfalt unter Beobachtung der auf S. 117 unter Ziff. 109 angegebenen Vorsichtsmaßregeln auszuführen.<sup>1)</sup>

Am Fuße des Dammes mauert man nach Fig. 547 ein Wasserabflußrohr *a* und nahe der Firste ein Rührchen *b* ein, durch das die hinter dem Damme stehende Luft entweichen kann. Das Wasserabflußrohr dient während der Herstellung des Dammes zur Abführung der Wasser und kann von der zugänglichen Dammseite aus ebenso wie das Luftrührchen verschlossen werden. Es kann später zur Abzapfung der hinter dem Damme stehenden Wasser benutzt werden. An dem oberen Rührchen kann man ein Manometer anbringen, um jederzeit den Wasserdruck hinter dem Damme leicht feststellen zu können.

Vorteilhaft ist es ferner, in den Damm ein eisernes Rohr *c* einzubauen, das einem Manne gerade noch das Durchkriechen gestattet. Auf diese Weise ist es möglich, bis zur völligen Fertigstellung einen Maurer hinter dem Damme zu lassen, der das Einlegen der letzten Steine und das sorgfältige Verputzen von der Rückseite aus besser besorgt, als es von der anderen Seite her möglich ist. Das Rohr wird ähnlich wie ein Mannloch bei einem Kessel durch einen Deckel verschlossen, der durch eine Kette oder Stange von der Zugangseite des Dammes aus angezogen und durch einen Querriegel angepreßt wird.

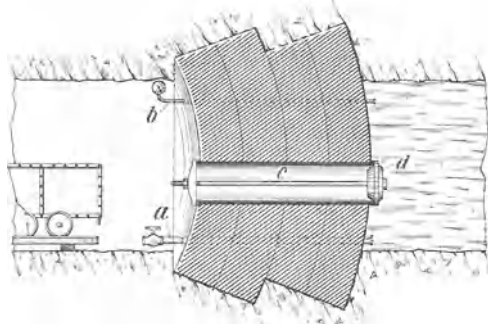


Fig. 547. Wasserdamm.

<sup>1)</sup> Vgl. auch S. 78 ff.



**12. — Dammtore.** Dammtore bestehen aus dem den Türrahmen umfassenden Mauerwerk, dem Türrahmen und der Tür oder, falls es sich um ein Doppeltor handelt, den Türen.

Vom Mauerwerk gilt das, was unter Ziff. 11 für den Wasserdamm gesagt ist. Nur ist das Kugelgewölbe in diesem Falle nicht geschlossen,

sondern läßt eine entsprechend große Öffnung mit abgeschrägten Widerlagerflächen für den Türrahmen frei.

Die gußeisernen Türrahmen bestehen nach der Bauart der Bochumer Eisenhütte bei dem einfachen Tor aus 4, bei dem Doppeltor (Fig. 548) aus 7 keilförmigen Stücken, welche zusammengesetzt eine abgestumpfte Pyramide mit abgerundeten Ecken bilden. Die Grundfläche der Pyramide ist ein nach der Druckseite gerichteter Kugelabschnitt, während sich die Seitenwände an die Widerlager des Mauerwerks anlegen. In dem so zusammengesetzten Rahmen befinden sich eine bzw. zwei Türöffnungen, welche zur Durchführung der Schienenleitung dienen und groß genug sind, um von einem Pferde durchschritten zu werden. Die gewöhn-

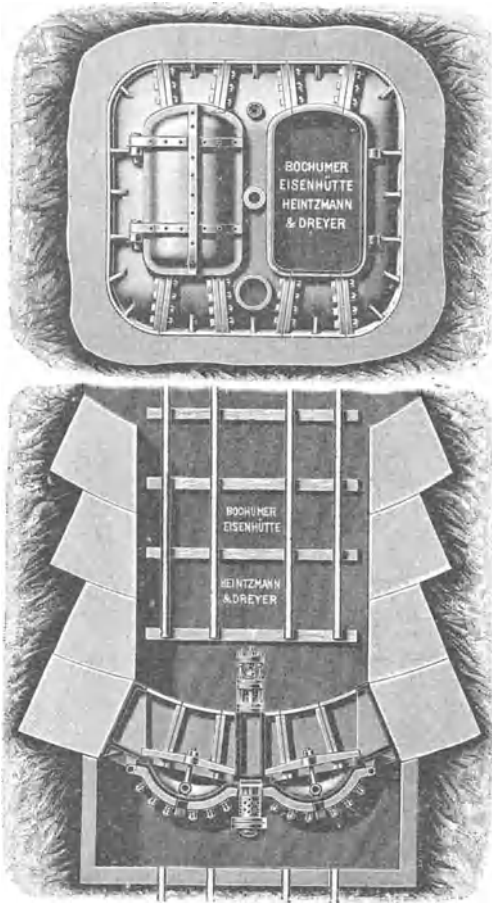


Fig. 548. Dammtor mit zwei Türen in der Ausführung der Bochumer Eisenhütte.

lichen Maße sind 0,93 m Breite und 1,74 m Höhe.

Im unteren Teile des Rahmens ist ein Rohr vorgesehen, das für gewöhnlich offen ist und als Wasserseige dem Grubenwasser den Durchfluß gestattet. Werden die Türen geschlossen, so schließt man durch einen gewölbten Deckel auch dieses Rohr und zieht den Deckel von der entgegengesetzten Seite an. Etwa in halber Höhe des Rahmens ist ein anderes Rohr eingegossen, das durch ein auf der Druckseite vorgeschraubtes

Ventil abgesperrt werden kann. Das Ventil läßt sich von der Schachtseite her einstellen und hat den Zweck, die hinter der Tür angesammelten Wasser abzulassen, falls dies erwünscht sein sollte. Ferner ist oben in dem Rahmen ein Rohr angebracht, das zur Luftabführung dient und geschlossen wird, sobald der Querschlag mit Wasser gefüllt ist. Ein Stutzen zur Anbringung eines Manometers zwecks Ablesung des Druckes vervollständigt die Ausstattung des Tores.

Die Türen bestehen aus Schmiedeeisen und werden durch Stahlrippen verstärkt. Sie sind entgegen dem Drucke des Wassers aufgekümpelt. Die Blechstärke ist 35—65 mm. Die Abdichtung der Tür nach erfolgtem Schlusse geschieht durch einen geschlossenen, schmiedeeisernen Liderring, der mit geteertem Segeltuch bewickelt und auf die Dichtungsfläche gelegt wird. Durch eine um die Türöffnung laufende, vorspringende Leiste wird der Ring vor dem völligen Zerdrücken geschützt.

Alle zum Schließen des Dammtores erforderlichen Teile (Spannbrücke, Schrauben, Liderring, Deckel, Schraubenschlüssel usw.) pflegt man in einer kleinen, verschließbaren Kammer unmittelbar neben der Dammvoranlage unterzubringen.

Dammtore werden insbesondere von der Firma Heintzmann & Dreyer, Bochumer Eisenhütte, geliefert. Ein zweiflügeliges Tor von der üblichen Größe kostet für Drücke von 40—50 Atm. etwa 5000 *M*.

### 3. Ausrichtung der Grube im Hinblick auf die Wasserhaltung.

**13. — Stollen.** Die Ausrichtung einer Lagerstätte durch einen oberhalb der Talsohle angesetzten Stollen ist die einfachste Wasserlösung der Grube. Da der jetzige Bergbau aber sich in der Regel unter der Talsohle bewegt, sind Stollengruben, bei denen Abbau nur über der Stollensohle umgeht und die sämtlichen zuziehenden Wasser ohne weiteres abfließen können, selten geworden. An die Stelle der früheren Stollengruben sind Tiefbaugruben getreten, aus denen die Wasser künstlich gehoben werden müssen.

Immerhin haben die Stollen auch heute noch nicht völlig ihre Bedeutung verloren, wenn sie vielfach auch nur zur Abführung der ihnen aus tieferen Teilen der Grube zugehobenen Wasser dienen. Man denke an den 31 km langen Schlüsselstollen im Mansfeldschen, der mit einem Kostenaufwande von 3 $\frac{1}{2}$  Mill. *M* hergestellt ist und noch jetzt sämtliche Wasser aus den Tiefbauten der Mansfelder Gruben abführt. Der Stollen nimmt den Wasserhaltungen 80—100 m Hubhöhe ab, was bei mäßiger Schätzung eine Ersparnis von etwa 200 000 *M* jährlich bedeutet. Für die Gruben des Oberharzes ist der 23,6 km lange Ernst-August-Stollen, der etwa 400 m Seigerhöhe einbringt, von dauernder Wichtigkeit. Ferner ist ein bemerkenswertes Beispiel aus der neueren Zeit der bereits auf S. 366 erwähnte Karlstollen bei Diedenhofen, der mit einer Länge von 6,5 km die Eisenerzlager der Grube Röchling bei Algringen zum Teil unterfährt und der auch für die darunter sich einsenkenden Teile der Lager als Wasserabführung dient. Im lothringischen Minettebezirke finden sich noch mehrere, in neuerer Zeit hergestellte Stollen, wenn sie auch nicht die Länge des Karlstollens erreichen.

**14. — Sumpfanlagen in Tiefbaugruben.** Diejenigen Grubenräume, die in Tiefbaugruben zur vorläufigen Aufnahme und Ansammlung der Wasser bis zur Hebung durch die Wasserhebevorrichtungen und zu einer gewissen Abklärung dienen sollen, pflegt man mit „Sumpf“ zu bezeichnen. Die Anlagen für den Sumpf sind sehr verschieden umfangreich, je nach der Bedeutung, die die Wasserhaltung für die Grube hat. Bei geringen und regelmäßigen Wasserzugängen kann es genügen, den Schacht 10—15 m weiter abzuteufen, als es für die Zwecke der Förderung notwendig wäre, und lediglich das Schachttiefste als Sumpf zu benutzen. Bei stärkeren und wechselnden Zuflüssen werden besondere Sumpfstrecken (z. B. streichende Strecken auf Flözen oder auch Querschläge) aufgefahren, die so tief unter der Fördersohle liegen, daß sie sich vollständig mit Wasser anfüllen können, ehe dieses die Sohle der Förderstrecken erreicht. Bisweilen treibt man die Sumpfstrecken weit ins Feld, um die Wasserseige in den Förderstrecken entbehrlich zu machen.

Der Rauminhalt, den der Sumpf besitzen soll, richtet sich ferner nach Art und Zahl der Wasserhebeeinrichtungen. Ist nur eine einzige

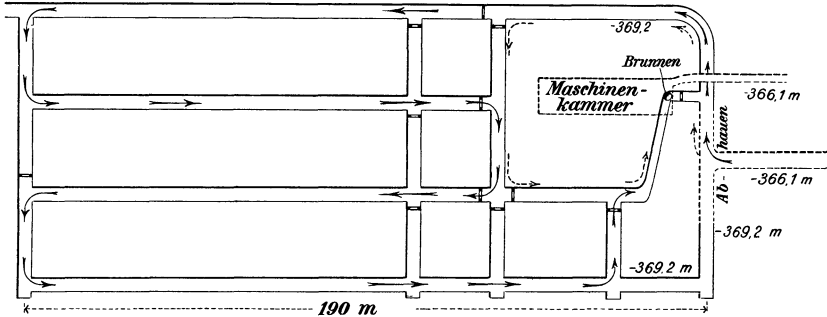


Fig. 549. Sumpfstreckenanlage der Zeche Gneisenau bei Dortmund.

Pumpenanlage oder Wasserförderung vorgesehen, so muß der Sumpf groß genug sein, um für Ausbesserungen an der Wasserhebevorrichtung die nötige Zeit zu gewähren. In solchem Falle wird es erwünscht sein, daß der Sumpf die Wasserzugänge von mindestens 24—48 Stunden fassen kann. Ist aber eine doppelte oder dreifache Reserve vorhanden, so ist es statthaft, dafür den Sumpf entsprechend zu verkleinern. Bisweilen spricht bei der Bemessung der Größe der Sumpfanlagen noch der besondere Gesichtspunkt mit, daß die Pumpe mit Rücksicht auf eine gleichmäßige Beanspruchung der die Antriebskraft liefernden elektrischen Zentrale nur des Nachts betrieben werden soll.

Schließlich dürfen die Anlagekosten des Sumpfes in keinem Mißverhältnis zu den durch die Herstellung oder Vergrößerung erzielten Vorteilen stehen. Auf Erzgruben hat man deshalb vielfach nur einen kleinen Sumpf, weil ein vorübergehendes Ersaufen wenig schadet, falls nur die Pumpe geschützt steht.

Eine große Sumpfstreckenanlage, wie sie für Zeche Gneisenau bei Dortmund geschaffen ist, zeigt Fig. 549. Das ausgedehnte Streckennetz

<sup>1)</sup> Zu vgl. Bd. I, 4. Abschnitt, unter „Stollen“.

dieses Sumpfes vermag 4000 cbm zu fassen.<sup>1)</sup> Das Wasser durchfließt, wie die Pfeile andeuten, die einzelnen Strecken nacheinander, damit es sich möglichst vollkommen absetzt. Um den Schlamm zu entfernen, lassen sich die einzelnen Strecken durch Türen abtrennen. Auch bei geringerer Ausdehnung des Sumpfes pflegt man ihn zur Erleichterung der Reinigung durch eine Mauer mit Wasserschieber in 2 voneinander getrennte Hälften einzuteilen.

Als Ergänzung für die Sumpfanlagen dienen die Förderstrecken. Freilich ist, wenn sie sich mit Wasser füllen, damit eine Unterbrechung der Förderung verknüpft.

**15. — Sumpfanlagen auf verschiedenen Sohlen und Ausnutzung der sog. Abfallwasser.** Es kommt häufig vor, daß einer Grube Wasser auf verschiedenen Sohlen zusitzen. Nicht selten sind es gerade die oberen Sohlen, die unter stärkerem Wasserandrang als die tieferen zu leiden haben. Es ist nun unwirtschaftlich, namentlich wenn größere Mengen in Frage kommen, die Wasser sämtlich der tiefsten Sohle ungenutzt zufallen zu lassen, um sie von hier aus zutage zu heben. Statt dessen stellt man auf jeder höheren Sohle einen Sumpf her, der zunächst die Wasser sammelt, und kann nun aus diesem die

Wasser durch eine besondere Pumpeneinrichtung unmittelbar zutage heben, oder man läßt sie der Pumpe auf der tieferen Sohle unter Ausnutzung des Gefälles (d. h. unter Druck) zuströmen (Betrieb mit Abfallwasser), oder man betreibt mit dem herabgeleiteten Wasser auf der tieferen Sohle zur Ausnutzung der Kraft einen Motor, der z. B. zur Lichterzeugung oder zur Förderung dienen kann. Alle drei Mittel können je nach den Verhältnissen auch gleichzeitig Anwendung finden.

Die Aufstellung von Pumpen auf verschiedenen Sohlen ist trotz der damit verbundenen Zersplitterung des Betriebes besonders dann rätlich, wenn die Zuflüsse auf der oberen Sohle erheblich stärker als auf der unteren sind. In solchen Fällen benutzt man häufig die Wasserhaltung

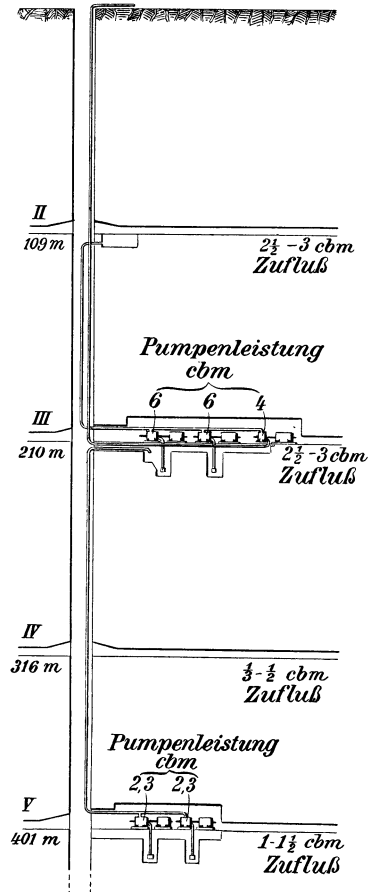


Fig. 550. Zuflüsse und Wasserhaltungsanlagen der Zeche Wiendahlsbank bei Dortmund.

<sup>1)</sup> S. Anm. <sup>1)</sup> auf. S. 538 (Aufsatz von Dr. Hoffmann).

der oberen Sohle als Hauptwasserhaltung der Grube, während man die Wasser der unteren Sohle durch eine besondere Pumpe nicht bis zutage, sondern nur bis in den Sumpf der oberen Sohle heben läßt. Über die Anwendbarkeit der Gestängewasserhaltung in solchem Falle ist Ziff. 34, Abs. 3 zu vergleichen. Von dem zweiten Mittel sollte man in allen den Fällen Gebrauch machen, wo die Aufstellung einer besonderen Pumpenanlage auf der oberen Sohle nicht verlohnt. Besonders gut läßt es sich bei Zentrifugalpumpen anwenden. Das dritte Mittel ist am Platze, wenn auf der unteren Sohle das Bedürfnis nach dem Antriebe eines Motors besteht.

Die Fig. 550 zeigt z. B. die Verteilung der Zuflüsse auf die II.—V. Sohle der Zeche Wiendahlsbank und die allgemeine Anordnung der Wasserhaltungsanlagen auf dieser Zeche. Wie man sieht, steht die Hauptwasserhaltung auf der III. Sohle, der die auf der II. Sohle im Sumpfe gesammelten Wasser unter Druck (Betrieb mit Abfallwasser) zufließen. Die geringen Zuflüsse der IV. Sohle fallen ungenutzt der V. Sohle zu, von wo aus eine

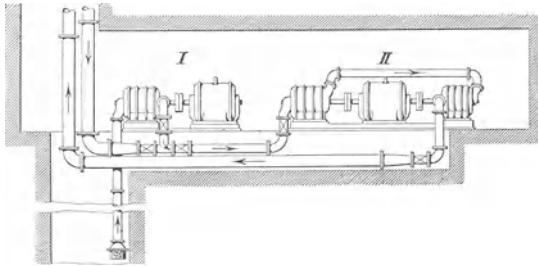


Fig. 551. Ausnutzung der Abfallwasser bei einer Zentrifugalpumpenanlage.

kleine Pumpenanlage die Wasser der beiden unteren Sohlen der Hauptwasserhaltung auf der III. Sohle zuhebt.<sup>1)</sup>

Bei beträchtlichem Abstand der Sohlen und erheblichen oberen Wasserzuflüssen kann die Anordnung der Fig. 551 vorteilhaft sein. Die Pumpe wird in 2 Sätze I und II geteilt. Um von der unteren und oberen Sohle das Wasser zu heben, arbeiten I und II hinter einander. II kann aber auch allein das Abfallwasser der oberen Sohle unter Ausnutzung des Gefälles zutage fördern, wobei I stillgesetzt wird.<sup>1)</sup>

**16. — Neigung der Ausrichtungstrecken.** Die Neigung, die man den Ausrichtungstrecken mit Rücksicht auf ein gutes Abfließen der Wasser geben muß, beträgt etwa 1 : 1000. Bei sehr gutem Liegenden oder ausgemauertem Sohle kann man auch auf 1 : 2000 herabgehen. Bei unruhigem, quellendem Liegenden ist es aber zweckmäßig, stärkere Neigungen zu wählen, damit der Schlamm besser mitgenommen wird und sich nicht Anstauungen an einzelnen Punkten bilden. Man wählt unter solchen Umständen Neigungen von 1 : 500.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Zeitschr. d. Vereins Deutscher Ingenieure 1909, S. 1; Dr. Hoffmann: Maschinenwirtschaft in Bergwerken; und Glückauf 1909, Nr. 29, S. 1033; Eichler: Die neue Wasserhaltungsanlage der Zeche Rosenblumendelle.

<sup>2)</sup> Vergl. Bd. I, 4. Abschnitt, unter „Herstellung der Hauptquerschläge“.

## II. Wasserhebevorrichtungen.

**17. — Überblick.** Die Wasserhebevorrichtungen haben sich in recht mannigfaltiger Weise entwickelt. Die größte und wichtigste Gruppe wird durch die Kolbenpumpen gebildet, die sich nach der Aufstellung der Antriebsmaschine über oder unter Tage, sowie nach der Art des Antriebsmittels und der Pumpen weiter gliedern. Nächstem kommen für größere, unterirdische Wasserhaltungen hauptsächlich die Hochdruckzentrifugalpumpen in Betracht, deren Bedeutung im Laufe des letzten Jahrzehntes schnell gestiegen ist. Schließlich gesellt sich eine Anzahl kleiner Gruppen, nämlich der Wasserzieheinrichtungen, der Strahlapparate, der Mammutpumpen und der Pulsometer hinzu.

### A. Kolbenpumpen.

**18. — Einleitende Bemerkungen.** Bei den Kolbenpumpen wird die Wassersäule in der bekannten Weise durch den Hin- und Hergang eines Kolbens in einem Pumpenzylinder unter Mitwirkung zweier Ventile, von denen man das eine als das Saug- und das andere als das Druckventil unterscheidet, in Bewegung gesetzt. Der Antrieb erfolgt, wie übrigens auch bei den Zentrifugalpumpen, durch besondere Antriebsmaschinen oder Motoren. Die antreibende Kraft ist bei den Kolbenpumpen Dampf, Preßluft, Druckwasser oder Elektrizität. Da die Saughöhe einer Pumpe theoretisch nur 10,3 m beträgt und zweckmäßig auch bei langsam laufenden Pumpen nicht über 4—5 m gesteigert wird, während bei Schnellläufern noch geringere Saughöhen angebracht sind, muß in jedem Falle die Pumpe selbst unter Tage aufgestellt werden. Dagegen ist für die Antriebsmaschine die Aufstellung über oder unter Tage möglich. Man unterscheidet hiernach:

1. Kolbenpumpen mit Antriebsmaschine über Tage (Gestängewasserhaltungen, oberirdische Wasserhaltungen),
2. Kolbenpumpen mit Antriebsmaschine unter Tage (unterirdische Wasserhaltungen).

Bei den ersteren ist der Pumpenkolben mit der Antriebsmaschine mittels eines durch den Schacht herabgeführten Gestänges verbunden, das bei dem Gange der Maschine sich auf und nieder bewegt und diese Bewegung auf den Pumpenkolben überträgt; bei den letzteren steht die Maschine mit der Pumpe, mit der sie unmittelbar gekuppelt ist, unter Tage.

#### 1. Kolbenpumpen mit Antriebsmaschine über Tage (Gestängewasserhaltungen, oberirdische Wasserhaltungen).

**19. — Einteilung.** Bei dieser Art der Wasserhaltung unterscheidet man drei verschiedene Pumpengattungen, und zwar:

1. Hubpumpen,
2. Pumpen, die ein Mittelglied zwischen Hub- und Druckpumpen darstellen (z. B. Rittingersätze),
3. Druckpumpen.

20. — **Hubpumpen.** Bei einer Hubpumpe bildet nach Fig. 552 der untere Teil der Steigleitung *d* selbst den Pumpenzylinder, in dem sich der Pumpenkolben *k* auf- und niederbewegt. Dieser ist im Gegensatz zu den Tauchkolben bei den Druckpumpen durchbohrt und mit einem Ventil oder mit Klappen *h* besetzt. Nahe unter dem niedrigsten Stande des Kolbens befindet sich ein das Saugventil *s* enthaltendes Ventilgehäuse *g*, an das sich unten die Saugleitung *t* mit dem Saugkorb *a* anschließt.

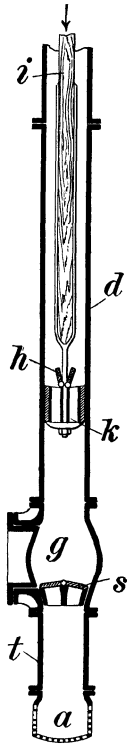


Fig. 552. Hubpumpe.

Die Hubpumpen haben die Eigentümlichkeit, daß das den Kolben bewegende Gestänge *i* innerhalb der Steigleitung untergebracht ist und von deren Wandungen geführt wird. Der Raumbedarf ist somit nur gering. Die Pumpe kann mit dem Saugkorbe unmittelbar auf der Schachtsohle stehen, oder sie kann an der Rasenhängebank in der einen oder anderen Weise aufgehängt werden. Die Unterbringung der Pumpe im Schachte erfordert also keine festen Verlagerungen im Schachtiefsten, das Senken und das Herausholen bis über den Wasserspiegel für etwaige Ausbesserungen können ohne weiteres erfolgen.

Es sind dies Annehmlichkeiten, die sich namentlich beim Schachtabteufen geltend machen.

Der Nachteil der Hubpumpen ist, daß die Höhe, auf die sie das Wasser in einem Satze zu heben gestatten, nur gering ist und 60—80 m, im Höchsthalle 100—120 m nicht übersteigt. Es liegt dies daran, daß die Dichtung zwischen Kolbumfang und Zylinderwand nicht während des Betriebes nachstellbar einzurichten ist und deshalb stets unzuverlässig und mehr oder minder unvollkommen bleibt. Bei höheren Drücken als 6 bis 8 Atmosphären versagt sie schnell gänzlich, namentlich wenn die Wasser nicht ganz rein, sondern sandig sind.

### 21. — Doppeltwirkende Rittingerpumpen, Perspektivpumpen.

Bei dieser Art Pumpen (Fig. 553) ist ein Teil der Rohrleitung selbst als Kolben ausgebildet. Dieser Teil ist mittels der Ansätze *aa* an das Gestänge angeschlossen und schiebt sich beim Auf- und Niedergang unter Dichtung durch die Stopfbüchsen *t*<sub>1</sub> und *t*<sub>2</sub> über den unteren Teil der Steigleitung *d* und in den oberen Teil des Saugrohres *c*. Das obere Ventil *h* sitzt in dem bewegten Teile der Leitung und nimmt an dem Auf- und Niedergange teil.

Die Einrichtung hat den Vorteil, daß die Pumpe beim Hoch- und Niedergehen des Gestänges in ununterbrochenem Strome Wasser ausgießt. Der Grund hierfür ist, daß beim Aufgange der zwischen der Mündung *m* der Steigleitung und dem Ventil *h* befindliche Raum und beim Niedergange der zwischen derselben Mündung und dem Ventil *s* vorhandene Gesamtraum sich verkleinert, so daß dauernd Wasser in die Steigleitung eintreten muß. Selbstverständlich findet das Ansaugen des Wassers nur beim Hochgehen des Kolbens statt. Durch das vorhin angegebene Verhältnis der Räume oberhalb des Saugventils wird aber erreicht, daß das einmalig an-

gesaugte Wasser zur Hälfte bei der einen und zur Hälfte bei der anderen Bewegungsrichtung des Kolbens in die Steigleitung tritt.

Für größere Leistungen ordnet man, um nicht eine allzu große Pumpe zu erhalten, zwei Rittingerpumpen nebeneinander an mit gemeinsamer Steigleitung und gemeinschaftlichem Antriebe.

Ein Nachteil der Rittingerpumpe ist, daß 2 Stopfbüchsen für eine einzige Pumpe vorhanden und dicht zu halten sind. Ferner ist die Verlagerung ziemlich umständlich, weil sowohl die Saugleitung als auch die Steigleitung je für sich getrennt zu verlagern sind. Die Anordnung von besonderen Führungen im Schachte für das Gestänge ist erforderlich.

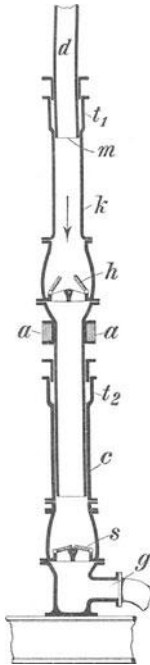


Fig. 553. Doppeltwirkende Rittingerpumpe.

**22. — Druckpumpen.** Im Gegensatze zu der Hub- und auch zur Rittingerpumpe ist der Kolben *k* (Fig. 554) einer Druckpumpe nicht durchbohrt, sondern geschlossen. Er bewegt sich in einem besonderen Pumpenzylinder *c* auf und ab, während Saugventil *s* und Druckventil *h* seitlich innerhalb der Saugleitung *g* und Steigleitung *d* nahe übereinander eingebaut zu sein pflegen. Gewöhnlich ist der Kolben als sog. Tauchkolben (Plunger) ausgebildet und unmittelbar am unteren Ende des Gestanges befestigt. An der Eintrittsstelle des Kolbens in den Zylinder befindet sich eine Stopfbüchse *t*, die während des Betriebes zugänglich bleibt und nachstellbar ist. Es ist so möglich, mit höheren Drücken, als sie bei der Hubpumpe anwendbar sind, zu arbeiten, und man kann das Wasser

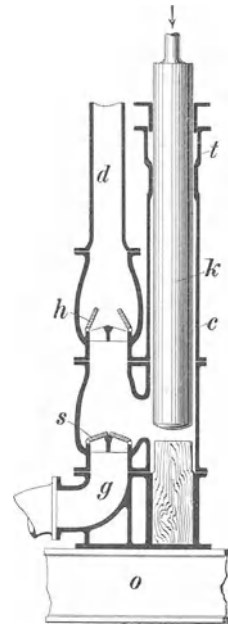


Fig. 554. Druckpumpe.

in einem einzigen Satze mehrere hundert Meter hochdrücken. Man hat Drucksätze im Ruhrbezirke bis zu 270 m Druckhöhe ausgeführt, ohne daß damit die Höchstgrenze erreicht wäre. Gewöhnlich hat man sich freilich bei den oberirdischen Wasserhaltungen mit niedrigeren Drucksätzen begnügt und die Schachtteufe durch Drucksätze von 80—120 m Höhe, die von einem gemeinschaftlichen Gestänge angetrieben wurden, unterteilt. Als untersten Satz wandte man dabei gern eine Hubpumpe an, die wegen der Möglichkeit, sie leicht heben oder senken zu können, hier den Vorzug verdiente. Gegenüber dieser besteht für die Druckpumpe überhaupt der Nachteil, daß der Pumpenzylinder einer festen Verlagerung und das Gestänge einer besonderen Führung im Schachte bedarf. Bei bereits fertigen



Schächten tritt der Übelstand weniger in die Erscheinung als bei solchen Schächten, die noch im Abteufen begriffen sind. Man wird deshalb gewöhnlich für bereits in Betrieb befindliche Gruben, falls man sich überhaupt zu einer Gestängewasserhaltung entschließt, Druckpumpen vorziehen, während für Abteufschächte gern Hubpumpen gewählt werden, solange die Schachttiefe dies zuläßt.

Vereinigt man zwei Druckpumpen unter einheitlichem Antriebe derart, daß der eine Kolben das Wasser ansaugt, während der andere die Wassersäule in die Höhe drückt, so entsteht eine doppeltwirkende Pumpe, die zweckmäßig eine gemeinsame Steigleitung für beide Pumpenzylinder erhält. Das Wasser verbleibt alsdann in der Steigleitung in einer ununterbrochenen Aufwärtsbewegung.

### 23. — Gestänge und Antrieb der oberirdischen Wasserhaltungen.

Die Gestänge wurden früher aus Holz gefertigt, wobei man Nadel- und für sehr nasse Schächte Eichenholz bevorzugte. Die Nachteile des Holzgestänges, insbesondere die Neigung zur Fäulnis, die schnelle Lockerung

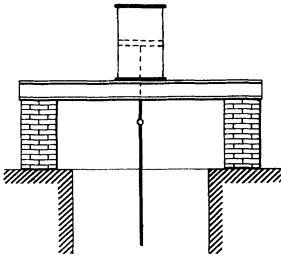


Fig. 555. Unmittelbarer Antrieb einer Gestängewasserhaltung durch eine über dem Schachte aufgestellte Maschine.

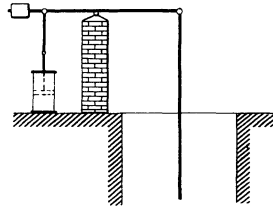


Fig. 556. Antrieb einer Gestängewasserhaltung mittels Schwengels.

der Verbindungen und das große Gewicht im nassen Zustande, führten allmählich dazu, das Holz durch Eisen zu ersetzen. Statt des Holzes benutzte man zunächst schmiedeeiserne, aus zusammengenieteten Profileisen

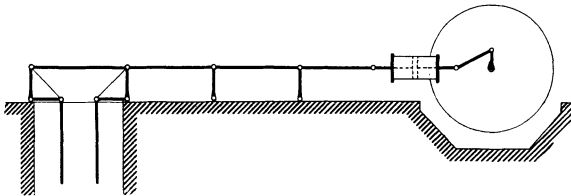


Fig. 557. Antrieb einer Gestängewasserhaltung mittels Feldgestänges und Kunstkreuzes,

bestehende Gestänge, die schließlich durch Rundstahl-Gestänge verdrängt wurden.

Das Gestänge wurde unmittelbar mit der Kolbenstange der Antriebsmaschine verbunden, falls diese nach Fig. 555 oberhalb des Schachtes aufgestellt werden konnte. Stand die Maschine seitlich des Schachtes, so erfolgte die Verbindung mit dem Gestänge nach Fig. 556 durch einen mit

Gegengewicht ausgerüsteten Schwengel (Balancier) oder bei größerer Entfernung vom Schachte durch Kunstkreuz und Feldgestänge (Fig. 557).

Die Antriebsmaschinen der Gestängewasserhaltungen sind in der Regel Dampfmaschinen, die in sehr verschiedenen Ausführungen gebaut worden sind. Bei der geringen und noch immer zurückgehenden Bedeutung, die diese Maschinen zurzeit haben, sei nur erwähnt, daß man z. B. indirekt und einfach wirkende, direkt und einfach wirkende, direkt und doppelt wirkende und schließlich rundlaufende Maschinen unterscheidet, ohne daß damit alle Ausführungsmöglichkeiten und Unterschiede im einzelnen erschöpft sind. Neben den Dampfmaschinen finden sich als Antriebsmaschinen, wo Wasserkraft zur Verfügung steht, Wasserräder und Wassersäulenmaschinen.

## **2. Kolbenpumpen mit Antriebsmaschine unter Tage (Unterirdische Wasserhaltungen).**

**24. — Ort der Aufstellung.** Während bei der Gestängewasserhaltung der Schacht in seinem Tiefsten die Pumpe nebst Zubehör aufnehmen und an der Hängebank der Antriebsmaschine oder mindestens einem Hebelschwengel oder Kunstkreuz Platz gewähren muß, braucht der Schacht für die unterirdische Wasserhaltung weder unten noch oben beansprucht zu werden. Diese wird vielmehr in einer gewissen Entfernung seitlich vom Schacht aufgestellt, wo ein für die Herstellung des Maschinenraumes geeigneter Platz sich findet, der den Verhältnissen des Betriebes sowohl wie des Gebirges Rechnung trägt.

Auch der eigentliche Schacht wird bei der oberirdischen Wasserhaltung durch das auf und nieder gehende Gestänge erheblich mehr in Anspruch genommen, als dies bei einer unterirdischen Wasserhaltung mit ihren fest in den Schacht eingebauten Leitungen erforderlich ist.

Von Wichtigkeit ist die Frage, in welcher Höhenlage zur Bau-  
sohle die Wasserhaltung zweckmäßig einzubauen ist. In der Regel erfolgt die Aufstellung so, daß der Flur der Maschinenkammer sich in gleicher Höhe wie die betreffende Sohle, die Sumpfanlage dagegen etwa 4 m unter dieser befindet. Bei solcher Anordnung kann die Sumpfanlage völlig und die Tiefbausohle noch etwa  $\frac{1}{2}$ —1 m unter Wasser kommen, ehe dieses bis an die Zylinder steigt und der Betrieb der Maschine unmittelbar gefährdet wird. Der Fortbetrieb kann aber noch weiter dadurch gesichert werden, daß man den Zugang zur Maschinenkammer von den Querschlägen oder Richtstrecken der Tiefbausohle aus mit einem Dammtor versieht, das im Falle des Ansteigens der Wasser geschlossen werden kann. Es bleibt alsdann nur noch ein zweiter Zugang zur Maschinenkammer, der 10—15 m über der Tiefbausohle in den Schacht mündet. Auf diese Weise können die Baue der Tiefbausohle für Notfälle als leistungsfähiger Sumpf mit herangezogen werden.

In manchen Fällen hat man auch die Wasserhaltung von vornherein 10—15 m über der Tiefbausohle aufgestellt, um die Maschine noch sicherer gegen ein Ersaufen zu schützen. Freilich muß dann eine besondere Zubringerpumpe vorgesehen werden, die das Wasser aus dem unter der

Tiefbausohle befindlichen Sumpf einem Behälter, der etwa in Höhe der Wasserhaltung oder noch besser darüber angeordnet ist, zuhebt. Diese Anordnung hat den weiteren Vorteil, daß die Pumpe ganz ohne Saughöhe arbeiten kann und das Anlassen sich einfach gestaltet.

**25. — Die Pumpen.** Die für die unterirdische Wasserhaltung benutzten Pumpen sind stets Druckpumpen, die in ihrem Wesen der bei den Gestängewasserhaltungen besprochenen und durch Fig. 554 auf S. 541 dargestellten Pumpe entsprechen. Anordnung und Ausführung weisen allerdings einige Abweichungen auf.

Da die unterirdischen Maschinenräume am leichtesten und sichersten lang gestreckt, aber mit geringen Höhenabmessungen hergestellt werden können, finden wir fast ausnahmslos die liegende Anordnung der Pumpenzylinder statt der in Fig. 554 gezeichneten stehenden. Die Pumpenkolben sind zwar häufig ebenso wie bei der Gestängewasserhaltung Tauchkolben, wie dies z. B. die Figuren 559 und 563 zeigen. Es sind aber auch die gewöhnlichen Kolben, die durch Kolbenstangen bewegt werden, vertreten.

Die Regel ist, daß mehrere, mindestens zwei, aber auch drei und häufig vier Pumpen mit abwechselndem Spiel von einer gemeinsamen

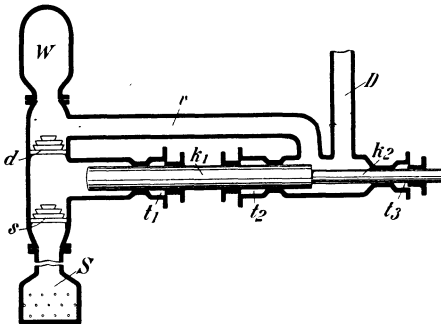


Fig. 558. Differentialpumpe.

Maschine angetrieben werden. Die Pumpenkolben werden zu diesem Zwecke durch Pleuell- oder Umführungstangen miteinander verbunden oder werden von einer gemeinsamen Pleuellwelle aus bewegt. Auf diese Weise gibt die Antriebsmaschine in jedem Augenblick annähernd gleiche Leistungen ab, und die Wassersäule bleibt in der Steigleitung in gleichmäßiger, ununterbrochener Aufwärtsbewegung, was besonders für elek-

trisch angetriebene Pumpen wichtig ist. Beispiele für die verschiedenen Möglichkeiten werden durch die Figuren 559, 563 und 564 gegeben.

Das gleiche Ziel der ununterbrochenen Aufwärtsbewegung des Wassers in der Steigleitung erreicht man mit nur 2 Ventilen bei der Differentialpumpe durch Anwendung eines Stufenkolbens (Fig. 558). Beim Gange des Kolbens nach rechts wird das Wasser angesaugt und steigt durch das Saugventil  $s$  in den linken Zylinder empor. Gleichzeitig wird ein Teil des im rechten Zylinder bereits befindlichen Wassers in die Steigleitung  $D$  befördert. Beim Gange nach links wird das angesaugte Wasser über das Druckventil  $d$  in den rechten Zylinder und aus diesem zum Teil in die Steigleitung gedrückt. Bei entsprechender Abmessung der Pleuellventildurchmesser  $k_1$  und  $k_2$  wird beim Hin- und beim Rückgange des Pleuellkolbens die gleiche Menge Wasser in die Steigleitung gelangen. Wegen der größeren Platzbeanspruchung werden derartige Pumpen nur für mäßige Leistungen angewandt.

**26. — Triebkräfte.** Die unterirdischen Wasserhaltungen können mit Dampf, Preßluft, Druckwasser oder Elektrizität angetrieben werden. Am häufigsten findet sich zurzeit noch die Dampfwasserhaltung. Der Antrieb mit Preßluft beschränkt sich der hohen Betriebskosten wegen in der Regel auf kleinere Anlagen und auf Schachtabteufen, wo die Kondensation des Dampfes Schwierigkeiten macht. Mit Druckwasser betriebene oder hydraulische Wasserhaltungen sind besonders in den Jahren von 1890 bis 1900 gebaut worden, werden neuerdings aber gewöhnlich nicht mehr gewählt, da sie zweckmäßig durch elektrische Wasserhaltungen ersetzt werden, insoweit eine Dampfwasserhaltung nicht anwendbar erscheint.

**27. — Dampfwasserhaltung. Maschinen mit Schwungrad.** Die für größere unterirdische Wasserhaltungen gebrauchten Dampfmaschinen arbeiten mit Schwungrad, wobei Verbundmaschinen in Zwillinganordnung bevorzugt werden. In druckhaftem Gebirge wählt man der langgestreckten Bauart wegen gern Tandemaschinen. Die Steuerungen sind dieselben, wie sie auch für die gleichen Maschinen über Tage gebraucht werden. Kondensation ist stets vorhanden.

Als Beispiel zeigt die dem Sammelwerk Bd. IV entnommene Fig. 559 die mit einer Verbundmaschine ausgerüstete Wasserhaltung der Zeche Centrum II bei Wattenscheid, die eine vierfach wirkende Pumpe antreibt und minutlich 2 cbm auf 425 m Höhe zu drücken imstande ist. Mit *a* ist der Hochdruckzylinder, mit *b* der Zwischen-Dampfaufnehmer, mit *c* der Niederdruckzylinder, mit *d* die Kondensation und mit *e* das Schwungrad bezeichnet. Die Zuleitung des Frischdampfes erfolgt durch das Rohr *f*, während für die Führung des Abdampfes zur Kondensation das Rohr *g* dient. In je 2 Pumpenzylindern  $p_1$  und  $p_2$  bzw.  $p_3$  und  $p_4$  bewegt sich ein gemeinschaftlicher Kolben, von denen nur einer (*k*) sichtbar ist. Die Pumpenkolben stehen durch Kolbenstangen  $i_1$  und  $i_2$  mit den Kolbenstangen der Dampfmaschine in unmittelbarer Verbindung. Die Gehäuse für die Saugventile sind mit  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$  und  $v_4$ , diejenigen für die Druckventile mit  $w_3$  und  $w_4$  ( $w_1$  und  $w_2$  sind nicht sichtbar) bezeichnet. *t* ist die Steigleitung der Pumpe.

Da derartige Wasserhaltungsmaschinen mit einer Umdrehungszahl von 40—80 minutlich arbeiten, können ihre Abmessungen im Gegensatz zu den sehr langsam laufenden Gestängewasserhaltungen, die nur 8—12 Hübe minutlich machen, verhältnismäßig klein gehalten werden. Dementsprechend sind die Anlagekosten, obwohl unterirdische Maschinenräume hergestellt werden müssen, gering und mögen nach den Angaben des Sammelwerks<sup>1)</sup> auf 350—400 *M* je Pferdestärke geschätzt werden. Auch der Dampfverbrauch ist günstig und beträgt bei ununterbrochenem Betriebe nur etwa 8—12 kg je Pferdekraftstunde in gehobenem Wasser. Mit der Abnahme der täglichen Betriebszeit nimmt freilich der Dampfverbrauch für die Pferdekraftstunde zu, was darin begründet liegt, daß man die von der Kesselanlage zur Wasserhaltung führende Dampfleitung während des Stillstandes der letzteren nicht über Tage absperren darf, sondern bis zur Maschine unter Tage unter Dampf stehen lassen muß. Andernfalls

<sup>1)</sup> Sammelwerk Bd. IV, S. 371, Tabelle 11.

würde die Leitung durch den dauernden Wechsel von Erwärmung und Abkühlung leiden und undicht werden. Man muß deshalb den Leitungs-

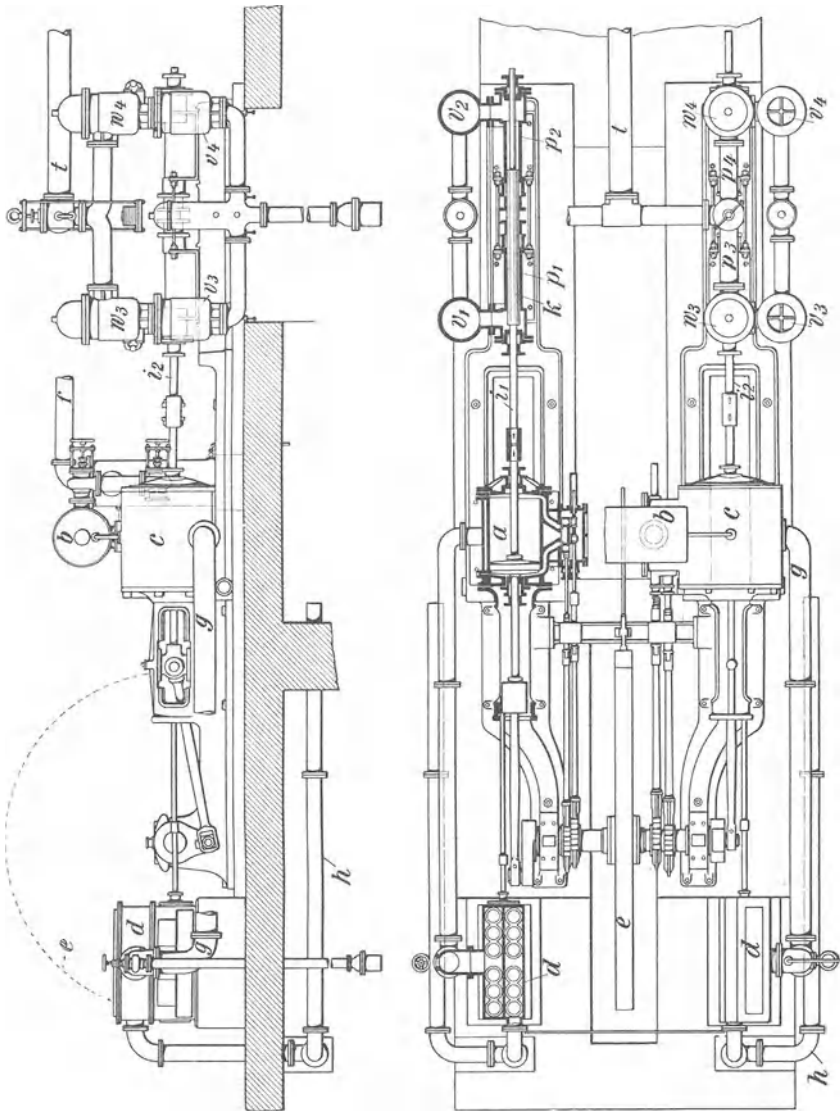


Fig. 559. Unterirdische Verbund-Wasserhaltungsmaschine der Zeche Centrum II bei Wattenscheid.  
(Leistung: 2 cbm aus 425 m Teufe bei 50 Umdrehungen in der Minute.)

Kondensationsverlust während des Stillstandes der Maschine in den Kauf nehmen.

**28. — Kosten.** Die laufenden Kosten einer derartigen größeren Wasserhaltung können nach den Angaben des Sammelwerks<sup>1)</sup> etwa wie folgt berechnet werden:

<sup>1)</sup> Sammelwerk Bd. IV, S. 371 ff.

Kosten einer Pferdekraftstunde in gehobenem Wasser				
bei einer Arbeitszeit von täglich Stunden	Verzinsung und Tilgung <i>Pf</i>	Wartung und Unterhaltung <i>Pf</i>	Dampfkosten <i>Pf</i>	Summe <i>Pf</i>
24	0,5	0,3	2,0	2,8
12	1,0	0,5	3,2	4,7
4	3,0	1,3	4,2	8,5

Da nun 1 Pferdekraftstunde 270 mt oder 2,7 Hundert-mt leistet, würde die Hundert-mt rund 1—3 *Pf* kosten. Nimmt man 2 *Pf* als Durchschnittssatz an, so kostet einer Grube von 500 m Teufe die Hebung von 1 cbm minutlich im Jahre etwa 50000 M.

**29. — Maschinen ohne Schwungrad. Duplexpumpen.** Für kleinere Wasserhaltungen wählt man statt der vorerwähnten Antriebsmaschinen gern einfachere, schwungradlose Maschinen, die zwar den Nachteil eines höheren Dampfverbrauches besitzen, dafür aber einer minder sorgfältigen Wartung bedürfen, einen geringeren Platzbedarf haben und leicht und schnell (bei kleinen Leistungen sogar ohne Fundamentmauerwerk) aufgestellt werden können. Da derartige Maschinen auch mit Preßluft betrieben werden können, fällt in solchem Falle der Kondensator fort, so daß die Einfachheit und Verwendungsmöglichkeit im Grubenbetriebe noch

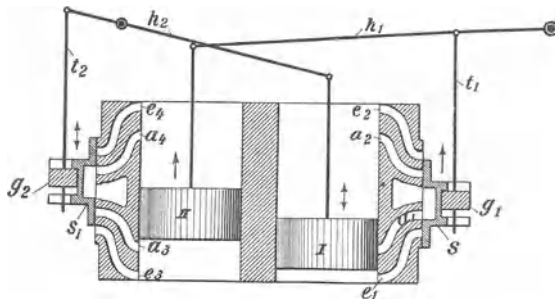


Fig. 560. Veranschaulichung der Steuerung bei Duplexpumpen.

erhöht werden. Am verbreitetsten sind die Duplexpumpen, wie sie in mehr oder minder ähnlicher Ausführung z. B. von Schwade & Co. in Erfurt, von Weise & Monski in Halle a. S., von der Maschinenfabrik Odessa in Oschersleben u. a. geliefert werden. Sie sind so einfach und betriebssicher, daß sie stundenlang ohne alle Wartung laufen können.

Duplexpumpen sind Zwillingspumpen, bei denen jede Maschinenhälfte aus einem Dampfzylinder mit zugehörigem Pumpenzylinder besteht. Der Dampfmaschinen- und der Pumpenkolben sind durch ihre Kolbenstangen unmittelbar miteinander verbunden. Dabei bestehen die Eigentümlichkeiten, daß die eine Maschinenhälfte die Umsteuerung der anderen betätigt und daß die Kolben der einen Hälfte nach beendetem Hingange zur Ruhe kommen

und so lange ohne Bewegung bleiben, bis die Kolben der anderen Seite ihren Weg gemacht und am Schlusse desselben die Umsteuerung der anderen Seite betätigt haben. Die beiderseitigen Kolben machen also ihren Weg nacheinander mit Pausen am Ende eines jeden Hubes.

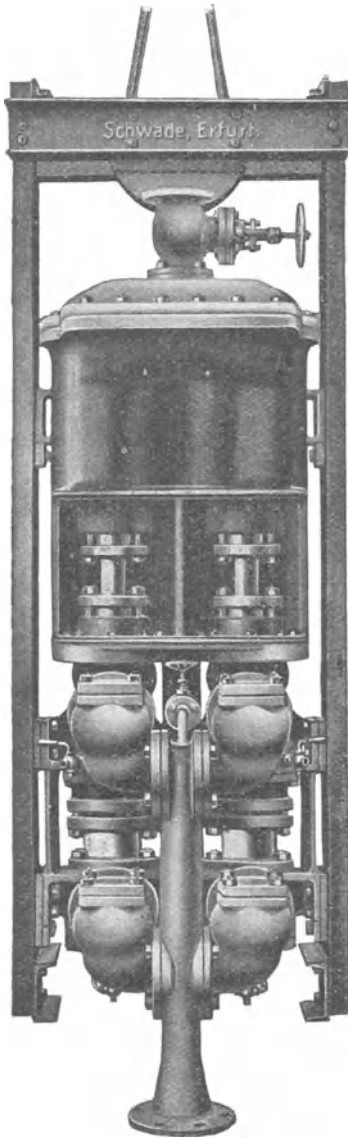


Fig. 561. Duplexpumpe für Abteufzwecke von Otto Schwade & Co. zu Erfurt (für 3 cbm minutlich bei 130 m Druckhöhe).

gebauete Senkpumpe, die mittels eines Drahtseiles oder einer Kette, die um eine obere Rolle gelegt ist, gehoben und gesenkt werden kann.

Das Wesen der Steuerung wird leicht aus der schematischen Fig. 560<sup>1)</sup> klar. Der Kolben *II* bewegt sich in der Pfeilrichtung, da durch den Einlaßkanal  $e_3$  Frischdampf einströmt und der Abdampf durch den Kanal  $a_4$  entweichen kann. Der Kolben *I* befindet sich in Ruhe, da noch Frischdampf über dem Kolben steht und nicht ausströmen kann. Der Schieber  $s_1$  ist durch einen zweiarmligen und der Schieber  $s$  durch einen einarmigen Hebel mit der wechselseitigen Kolbenstange verbunden, wobei aber durch eingeschaltete Gleitstücke  $g_2$  und  $g_1$  dafür Sorge getragen ist, daß bis zu einem gewissen Grade toter Gang entsteht. Setzt der Kolben *II* seinen Weg fort, so öffnet er am Ende seines Hubes durch den Schieber  $g_1$  den Einlaßkanal  $e_1$  und den Auslaßkanal  $a_2$ , worauf sich Kolben *I* in Bewegung setzt. Kurz darauf beendet Kolben *II* seinen Weg und kommt, da der Volldampf einströmen nicht aus dem Zylinder entweichen kann, zur Ruhe. Die Umsteuerung für *II* erfolgt ebenfalls erst, wenn der Kolben *I* nahezu seinen Hub beendet hat.

Die tatsächliche Ausführung ist im Laufe der Zeit von den verschiedenen Pumpenfabriken in mannigfacher Weise vereinfacht worden. Insbesondere hat man die früher außen liegenden Hebel und Gelenke beseitigt; statt dessen wird die Steuerung durch völlig eingekapselte Drehgetriebe betätigt, so daß sich ein sehr gedrängter, einfacher Bau ergibt. Die Vorzüge der Duplexpumpen machen sie besonders für Schachtabteufzwecke geeignet. Fig. 561 zeigt eine von der Firma O. Schwade & Co. zu Erfurt

<sup>1)</sup> Aus Hartmann-Knoke-Berg: Die Pumpen, III. Aufl., S. 368, Fig. 418.

Je nach dem Verhältnis der Durchmesser der Dampf- und Pumpenzylinder und nach dem Dampfdrucke werden mit den Duplex-Abteufpumpen Förderhöhen bis zu 200 m überwunden und dabei Leistungen bis zu 4 cbm minutlich erzielt. Der Dampfverbrauch der gewöhnlichen Duplexpumpen ist hoch, er wird je nach der Größe auf 27—50 kg je Pferdekraftstunde angegeben.<sup>1)</sup> In Schächten wird er bei dem oftmals unterbrochenen Betrieb und den wachsenden Teufen, die eine dauernd richtige Bemessung des Verhältnisses zwischen Dampf- und Pumpenzylinder zur Unmöglichkeit machen, noch größer sein.

Duplexpumpen werden, um eine bessere Ausnutzung des Dampfes zu erhalten, auch mit je 2 hintereinander liegenden und zusammen arbeitenden Dampfzylindern für Hoch- und Niederdruck gebaut. Für solche Pumpen wird ein Dampfverbrauch von 17—24 kg je Pferdekraftstunde angegeben. Für größere Wasserhaltungsanlagen ordnet man sogar zur besseren Ausnutzung des Dampfes je 3 Dampfzylinder hintereinander an und erreicht hierdurch einen noch geringeren Dampfverbrauch. Die Dampfersparnis im Betriebe wird aber mit einem größeren Gewichte der Maschine, größerem Raumbedarf und höheren Anschaffungskosten erkauft.

**30. — Nachteile des Dampfes als Antriebsmittel unter Tage.** Die Benutzung des Dampfes für den Antrieb der Wasserhaltung unter Tage ist für die Grube mit mancherlei Unbequemlichkeiten und unter Umständen mit Gefahren verknüpft. Ist man gezwungen, die Dampfzuleitung teilweise oder ganz in den einziehenden Schacht zu verlegen, so tritt eine Behinderung und Schwächung des Wetterstromes ein. Im ausziehenden Schachte wirkt freilich die Wärmeabgabe förderlich und wird durch eine Minderbelastung der Bewetterungsmaschine wirtschaftlich ausgenutzt. In jedem Falle muß aber für Abführung der in der Maschinenkammer ausstrahlenden Wärme durch einen genügend starken Teilstrom Sorge getragen werden. Ferner darf mit Rücksicht auf die zu befürchtende Austrocknung und die dadurch entstehende Brandgefahr der Schacht, durch den die Leitung geführt ist, nur mit feuersicherem Ein- und Ausbau versehen sein.

Je tiefer die Grube ist, umso mehr Dampf ist zur Hebung eines Kubikmeters Wasser erforderlich, und umso mehr Kühlwasser ist für die Kondensation nötig. Man kommt schließlich an eine Grenze, wo das zu hebende Wasser zur Kondensation des Dampfes nicht mehr ausreicht. Man pflegt diese Grenze bei etwa 600 m Tiefe anzunehmen.

Alle diese Nachteile drängen für tiefe Schächte auf einen Ersatz der Dampfwaterhaltung. An Stelle des Dampfes kommt, da die Verwendung von Preßluft für größere Anlagen zu teuer ist, nur die hydraulische und die elektrische Kraftübertragung in Frage.

**31. — Die hydraulische Wasserhaltung.<sup>2)</sup>** Eine solche Wasserhaltung erfordert umständliche und teure Einrichtungen. Eine über Tage aufgestellte Dampfmaschine betreibt eine Preßpumpe, in der das Kraft-

<sup>1)</sup> Hartmann-Knoke-Berg: Die Pumpen, 1906, S. 381 und 382.

<sup>2)</sup> Um die Einführung der hydraulischen Wasserhaltung hat sich insbesondere der i. J. 1900 verstorbene Prof. Herbst, Lehrer an der Bergschule zu Bochum, verdient gemacht.



wasser auf den Betriebsdruck, der auf 200 bis 300 Atm. steigt, gepreßt wird. Ein Akkumulator, der gewöhnlich aus einem großen Preßluftkolben besteht, welcher auf einen kleinen Druckwasserkolben wirkt, nimmt das Wasser zunächst auf und dient zum Ausgleich der auftretenden Wasserstöße. Von hier wird es durch die in den Schacht eingebaute Fallrohrleitung dem unterirdischen Teile der Wasserhaltung zugeführt. Dieser Teil besteht aus Wassersäulenmaschine und Pumpe. Schematisch ist die Anordnung unter Tage durch Fig. 562 dargestellt. Danach sind in einer Linie vier Zylinder angeordnet, von denen die beiden mittleren  $m_1$  und  $m_2$  zusammen mit der Steuerung  $n$  zur Wassersäulenmaschine gehören, während die beiden äußeren  $l_1$  und  $l_2$  die Pumpenzylinder sind. Für je einen Zylinder der Wassersäulenmaschine und einen Pumpenzylinder ist ein gemeinsamer Kolben ( $k_1$  bzw.  $k_2$ ) vorhanden. Beide Kolben sind durch die Kolbenstange  $z$  miteinander verbunden. Durch die Steuerung wird das aus der Druckleitung  $Kd$  kommende Kraftwasser bald in den einen und bald in den anderen Zylinder der Wassersäulenmaschine geleitet und treibt die Kolben hin und her, wobei jedesmal beim Rückgange des

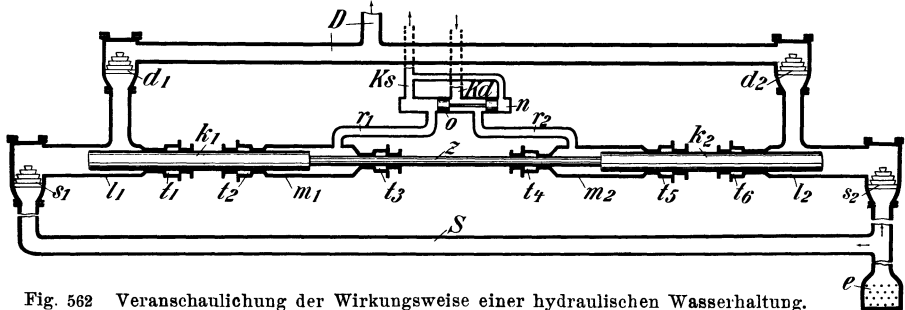


Fig. 562 Veranschaulichung der Wirkungsweise einer hydraulischen Wasserhaltung.

Kolbens das Kraftwasser, das seine Arbeit geleistet hat, in die Kraftwassersteigleitung  $Ks$  gedrückt wird.

Die hydraulische Wasserhaltung scheint zwar auf den ersten Blick mancherlei Vorteile zu bieten: Wassersäulenmaschine und Pumpe sind einander ähnliche und unter annähernd gleichen Bedingungen arbeitende Maschinen, deren Hubzahl zueinander paßt. Das Wasser ist ein ohne erhebliche Kraftverluste arbeitendes Kraftübertragungsmittel, es übt keine schädlichen Wärmewirkungen auf die Grube aus, sondern kühlt sie eher ab. Auch Gefahren, wie sie z. B. bei Verwendung der Elektrizität bestehen, sind nicht zu befürchten. Selbst unter Wasser kann die hydraulische Wasserhaltung noch eine Zeitlang fortarbeiten.

Dem stehen aber schwerwiegende Nachteile gegenüber: Die Anlagekosten sind wegen der Notwendigkeit dreier Leitungen im Schachte und der Einrichtung einer besonderen Preßwasseranlage über Tage hoch und können für größere Anlagen auf etwa 700  $M$  für eine Pferdekraft geschätzt werden. Ferner gestaltet sich der Betrieb bei den hohen, in Frage kommenden Betriebsdrücken schwierig. Das Dichthalten der Stopfbüchsen im Dauerbetriebe ist eine nur unter Aufwendung besonderer Sorgfalt zu lösende Aufgabe, die bedeutende Kosten verursacht. Die

Druckventilkästen der Preßpumpe sind sehr hoch beansprucht und springen leicht. Schließlich ist auch unter Umständen der Frost dem Betriebe solcher Wasserhaltungen lästig.

Wegen dieser Nachteile sind hydraulische Wasserhaltungen seit einer Reihe von Jahren nur noch ausnahmsweise gebaut worden.

**32. — Elektrisch angetriebene Kolbenpumpen.** Bei den elektrischen Wasserhaltungen wird die Pumpe durch einen Elektromotor angetrieben, dem der Strom von über Tage her zugeführt wird. Dabei sind 2 Fälle möglich, nämlich daß entweder der Motor an eine größere Zentrale, also an ein dauernd unter Strom befindliches Netz angeschlossen oder daß für den Wasserhaltungsmotor eine eigene Dynamo vorgesehen wird. Im ersteren Falle können wir von einem Zentral-, in letzterem von einem Einzelbetriebe sprechen.

Es ist klar, daß eine an eine Zentrale angeschlossene Wasserhaltung sich in der Anlage billiger als eine Einzelanlage stellen wird, da ja die besondere Dynamomaschine mit Antrieb fortfällt. Auf 1 PS. berechnet, mag die erstere Wasserhaltung 400—500  $M$  kosten, während die Kosten einer Einzelanlage auf etwa 600  $M$  zu schätzen sind.

Bei geringen Wasserzuflüssen und kleinen Anlagen wird deshalb der Anschluß an eine Zentrale unbedingt vorzuziehen sein. Er hat freilich den Nachteil, daß damit die Geschwindigkeit von Motor und Pumpe festgelegt ist und sich nicht einstellen läßt.

Große Wasserhaltungen mit bedeutendem Stromverbrauch bedürfen einer sehr starken Zentrale, wie sie nicht ohne weiteres auf jeder Zechanlage zu finden ist. Der Kraftbedarf kann im Verhältnis zur Leistung der Zechezentrale zu hoch sein, so daß die Zentrale bei Stillstand der Wasserhaltung zu niedrig, bei ihrem Gange zu hoch belastet sein würde. In solchen Fällen ist, falls die Möglichkeit des Anschlusses an eine größere Zentrale nicht besteht, die Einzelanlage vorzuziehen. Der Einzelbetrieb hat außerdem den Vorzug, daß man den Gang der Antriebsmaschine und der Dynamo über Tage den wechselnden Wasserzuflüssen anpassen kann, so daß man bei geringerer Pumpenleistung an Dampf spart.

Die hohe Umdrehungszahl eines Elektromotors ließ ihn von vornherein zum Betrieb einer Kolbenpumpe weniger geeignet erscheinen. Man suchte zuerst einen Teil der Schwierigkeiten auf die Pumpen abzuwälzen, indem man nach den Vorschlägen Riedlers raschlaufende Pumpen, die 200, ja sogar 300 Spiele in der Minute machen sollten, baute. Diese Schnellläufer haben sich aber wenig bewährt, so daß man jetzt allgemein wieder zu langsamer laufenden Pumpen zurückgekehrt ist und Spielzahlen von etwa 100—140 minutlich nicht gern überschreitet.

Die Fig. 563 zeigt die jetzt am meisten übliche Bauart einer elektrischen Wasserhaltung. Der Motor  $M$  ist durch eine Kurbel und die Pleuelstange  $P$  unmittelbar mit der doppelwirkenden Pumpe gekuppelt, deren beide Kolben  $k_1$  und  $k_2$  durch Querstücke  $T_1$  und  $T_2$  und Umführungstangen  $U_1$  und  $U_2$  miteinander verbunden sind. Die Saugleitung ist mit  $SL$ , das Saugventil mit  $s$ , das Druckventil mit  $d$  und die Steigleitung mit  $Dr$  bezeichnet.

Eine andere Ausführungsform zeigt die Fig. 564. Hier treibt der Motor drei nebeneinander aufgestellte Pumpen in Drillingsanordnung an, die überhaupt für elektrischen Antrieb wegen des guten Gleichförmigkeitsgrades der Umdrehung günstig ist.<sup>1)</sup>

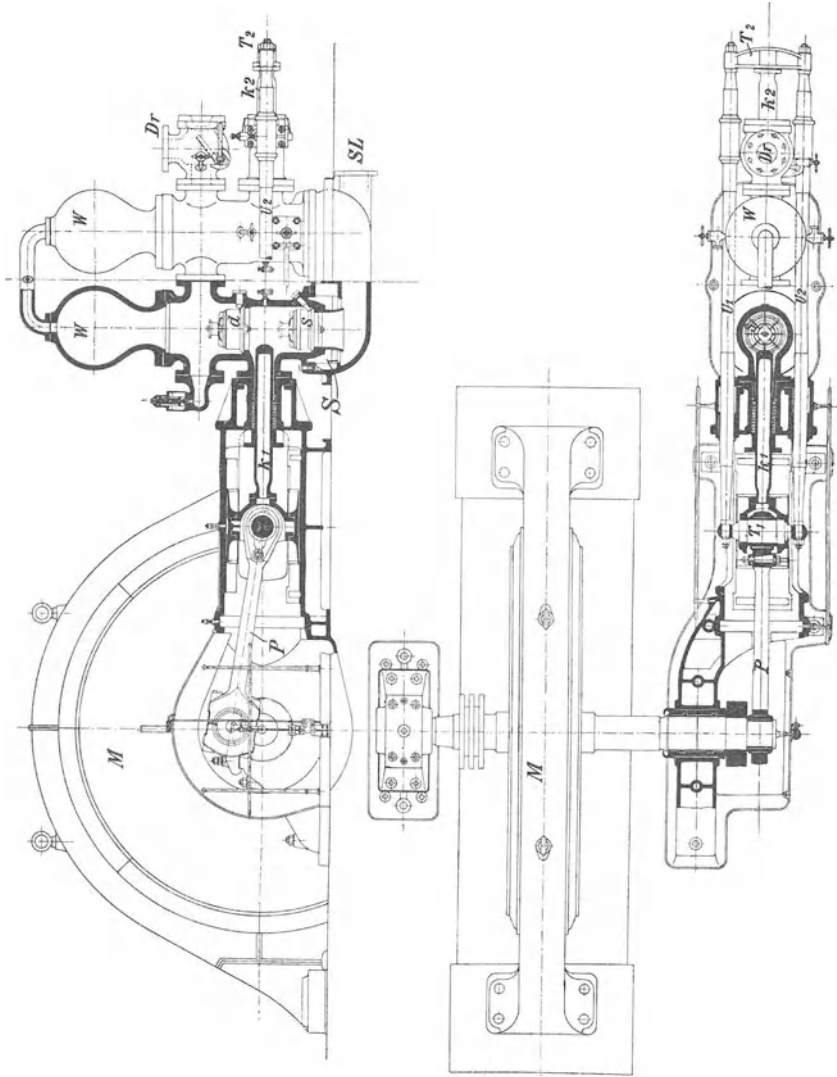


Fig. 563. Elektrische Wasserhaltung für 1,5 cbm minutlich und 495 m Druckhöhe, gebaut von der Firma Erhardt & Sehmer zu Schleifmühle für Schacht Karl des Kölner Bergwerksvereins zu Altenessen.

Für kleinere, namentlich für fahrbare Pumpen verzichtet man meist auf die unmittelbare Kuppelung des Motors mit der Pumpe und schaltet,

<sup>1)</sup> Glückauf 1909, Nr. 5, S. 145; Hartmann: Über die Auswahl unterirdischer Wasserhaltungen.

um für den Motor kleinere Abmessungen zu erhalten, eine Kraftübertragung ins Langsame (gewöhnlich eine Zahnradübersetzung) ein.

Die besonderen Vorteile der elektrischen Wasserhaltung sind die Einfachheit und der geringe Raumbedarf des Kraftübertragungsmittels im Schachte. Es ist im Schachte nur ein dünnes Kabel unterzubringen, dessen Einbau und Verlegung keinerlei Schwierigkeiten macht. Aus diesem Grunde ist die elektrische Wasserhaltung für hochbelastete Förderschächte

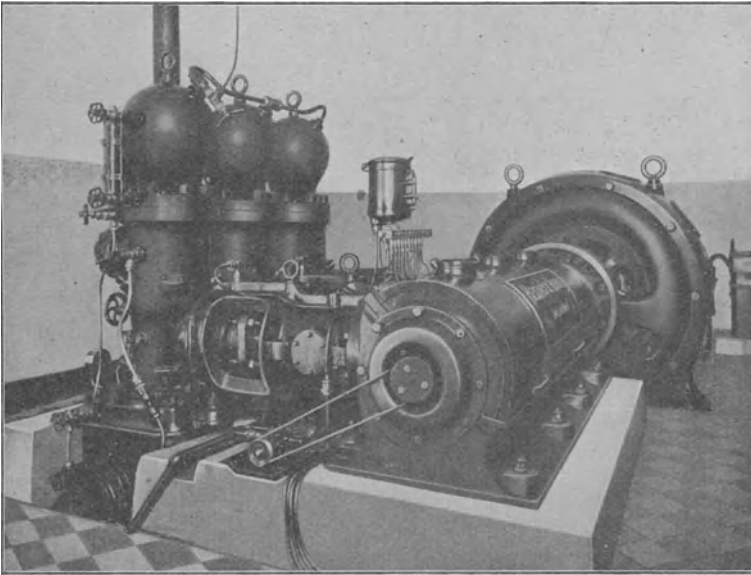


Fig. 564. Elektrische Wasserhaltung für 0,63 cbm minutlich und 420 m Druckhöhe, gebaut von Haniel & Lueg zu Düsseldorf für Zeche Zollverein bei Katernberg.

am meisten zu empfehlen. Der Betrieb ist einfach und sicher, wenn auch natürlich die elektrische Wasserhaltung in keinem Falle unter Wasser weiter- oder anlaufen kann.

Der Gesamtwirkungsgrad einer größeren elektrischen Wasserhaltung kann auf ungefähr 65—70 % der an der Antriebsmaschine der Dynamo indizierten Leistung angenommen werden, während derjenige der hydraulischen Wasserhaltung bei sehr gutem Zustande der Dichtungen vielleicht noch etwas höher liegt.

### 33. — Kosten der hydraulischen und elektrischen Wasserhaltung.

Stellt man die Kosten der hydraulischen und der elektrischen Wasserhaltung gegenüber, so erhält man für einen 12-stündigen, täglichen Betrieb etwa folgendes Bild, das selbstverständlich nur ganz im allgemeinen zum Anhalt genommen werden darf.

(Siehe die Tabelle auf Seite 554.)

Vergleicht man diese Zahlen mit den auf S. 547 angegebenen, so sieht man, daß, je kürzer die tägliche Betriebszeit ist, um so eher die

hydraulische und elektrische Wasserhaltung hinsichtlich der Kosten mit der Dampfwasserhaltung in Wettbewerb treten können. Das Gleiche ist bei größerer Schachttiefe der Fall (s. Ziff. 30, S. 549).

Kosten einer Pferdekraftstunde in gehobenem Wasser bei einer Arbeitszeit von täglich 12 Stunden

	Verzinsung und Tilgung <i>Pf</i>	Wartung und Unterhaltung <i>Pf</i>	Betriebskraft <i>Pf</i>	Insgesamt <i>Pf</i>
Hydraulische Wasserhaltung . . . . .	2,2	1,0	2,8	6,0
Elektrische Wasserhaltung . . . . .	2,0	1,0	3,0	6,0

### 3. Vor- und Nachteile der oberirdischen und der unterirdischen Kolbenpumpen.

**34. — Vergleich.** Die Entwicklung der Wasserhaltungen hat von der oberirdischen Wasserhaltung ihren Ausgang genommen. Erst verhältnismäßig spät (im Ruhrbezirke seit den 80er Jahren) ist man mehr und mehr zu den unterirdischen Wasserhaltungen übergegangen.

Die Gestängewasserhaltung hat zunächst den Vorzug, daß beim Ersaufen der Grube die Antriebsmaschine nicht mit unter Wasser kommt und daß deshalb, da die Pumpe unter Wasser eine gewisse Zeit lang fortarbeiten kann, der Weiterbetrieb der Wasserhebung auch in solchem Falle möglich bleibt. Es ist also, wenn allein die Rücksicht auf die Wasserhaltung maßgebend ist, nur ein kleiner Sumpf erforderlich. Oberirdische Wasserhaltungen wird man auch jetzt noch bevorzugen, wenn Gruben unter plötzlich auftretenden, starken Wasserzugängen zu leiden haben, so daß ein zeitweiliges Ersaufen unter Umständen nicht zu vermeiden ist. Für Braunkohlen- und gelegentlich auch für Erzgruben, die nahe unter der Erdoberfläche bauen und fast unvermittelt bei der Schneeschmelze oder bei Wolkenbrüchen große Wassermengen aufzunehmen haben, kann die Rücksicht hierauf die Wahl der Wasserhaltung entscheidend beeinflussen.

Ferner ist es für manche Fälle eine große Annehmlichkeit, daß man durch das Gestänge der oberirdischen Wasserhaltung ohne weiteres auf verschiedenen Sohlen Pumpen betreiben kann. Auf Erzgruben, die auf Gängen bauen, kommt es häufiger vor, daß der Betrieb über mehrere Sohlen verteilt ist, von denen jede einen gewissen, nicht allzu großen Wasserzufluß hat. Es wäre unwirtschaftlich, auf jeder dieser Sohlen einen besonderen Motor mit Pumpe aufzustellen und regelmäßig warten oder die Wasser der oberen Sohlen über beträchtliche Höhenunterschiede zur unteren Sohle fallen zu lassen, um sie von hier aus gemeinsam zu heben. Unter solchen Verhältnissen ist es vielfach richtiger, mit einer oberirdischen Maschine, einem Gestänge und je einer Pumpe von den verschiedenen Sohlen das Wasser fortheben zu lassen.

Diesen Vorteilen stehen aber schwerwiegende Nachteile gegenüber: Zunächst wird im Schachte viel Platz in Anspruch genommen, da einerseits auf die ganze Teufe das Gestänge mit seinen Führungen und anderseits in der Regel auch die Pumpe selbst unmittelbar im Schachte untergebracht werden muß. Betriebsstörungen durch gelegentliche Gestängebrüche sind unvermeidlich. Dabei ist die Leistung verhältnismäßig gering. Es liegt das hauptsächlich daran, daß die schweren, auf und nieder gehenden Massen des Gestänges nur eine niedrige Hubzahl zulassen, die 8—10 in der Minute kaum übersteigt und um so niedriger gewählt werden muß, je tiefer der Schacht und je schwerer das Gestänge ist. Sollen bei so geringen Hubzahlen große Wassermengen gefördert werden, so müssen Maschine und Pumpe entsprechend große Abmessungen erhalten. Man gelangt schließlich bald an die Grenze des technisch Möglichen. Die Antriebsmaschine der für die Zeche General Blumenthal bei Recklinghausen i. J. 1885 beschafften oberirdischen Wasserhaltung, die bei 5,3 Hüben minutlich  $11\frac{1}{4}$  cbm aus 400 m Teufe heben sollte (das entspricht etwa einer Leistung von 1000 PS.), hatte einen Hub von 4500 mm, während die Durchmesser des großen Zylinders 2400 mm und des kleinen 1800 mm betragen.<sup>1)</sup> Gleiche Abmessungen besaßen auch die Maschinen von mehreren anderen um dieselbe Zeit aufgestellten Wasserhaltungen. Daß solche Dampfmaschinen kaum noch einwandfrei herzustellen und dauernd betriebsicher zu erhalten sind, liegt auf der Hand.

Aus diesen Überlegungen insgesamt folgt, daß die Anlagekosten einer oberirdischen Wasserhaltung groß sein und um so höher steigen werden, je tiefer der Schacht ist. Diese Kosten dürften etwa denen einer elektrischen oder hydraulischen Wasserhaltung gleichzusetzen sein.

Zu den unterirdischen Wasserhaltungen entschloß man sich vielfach zunächst nur zögernd, da man die Vorteile der altbekannten Gestängewasserhaltungen und namentlich die Sicherheit gegen das Ersaufen allzu hoch einschätzte. Der Unterschied zwischen den Anlagekosten einer unterirdischen und einer oberirdischen Dampfwaterhaltung (350—400 *M* gegenüber 600—700 *M* je PS.) fiel aber so bedeutend zugunsten jener ins Gewicht, daß man ihre vermeintlichen Nachteile mit in den Kauf nehmen zu müssen glaubte. Der Kostenunterschied liegt in der Hauptsache darin begründet, daß bei den unterirdischen Wasserhaltungen das teure Gestänge fortfällt und daß Antriebsmaschine und Pumpe entsprechend einer auf 50—60 gesteigerten Umdrehungszahl (gegen 8—10 bei der Gestängewasserhaltung) kleinere Abmessungen erhalten können. Bei den elektrisch angetriebenen Pumpen pflegt man die Umdrehungszahl sogar auf 100—140 minutlich zu steigern, so daß die Abmessungen dementsprechend noch kleiner gewählt werden können. Zu diesen Ersparnissen gesellt sich der Vorteil, daß die Betriebsicherheit der Anlage sogar noch sich erhöht, weil die Unterhaltung und Wartung des Schachtgestänges sich erübrigen. Besonders für druckhafte und unruhige Schächte ist dieser Umstand von Bedeutung. Ferner wird an der Hängebank, im Schachte und im Schachtsumpfe viel Platz gespart, der für andere Zwecke ausgenutzt werden kann. Die ganze Wasserhaltung wird zweckmäßig an

<sup>1)</sup> Sammelwerk. Bd. IV. S. 138.

einen geeigneten Punkt seitlich des Schachtes gelegt, wo ihre Unterbringung nicht stört. Schließlich kommt hinzu, daß die Leistungen fast beliebig hoch gesteigert werden können.

Dem einzigen Bedenken, daß die Wasserhaltung zeitweilig unter Wasser kommen und dann die ganze Grube ersaufen kann, läßt sich in vielen Fällen durch Aufstellung genügender Reserven, durch Höherlegung der Maschine (Ziff. 24), unter Umständen auch durch den Einbau von Dammtoren, begegnen. Selbstverständlich wird man auch für einen reichlich großen Fassungsraum des Sumpfes Sorge tragen.

Überblickt man so die den beiden Arten der Wasserhaltung anhaftenden Vor- und Nachteile, so ist leicht verständlich, daß man in letzter Zeit fast nur noch unterirdische Wasserhaltungen eingebaut hat, während die Neuaufstellung von Gestängewasserhaltungen auf einzelne wenige Ausnahmefälle beschränkt geblieben ist.

## B. Zentrifugalpumpen.

**35. — Wesen, Wirkung und Antrieb.** Die Wirkungsweise der Zentrifugal-, Kreisel- oder Turbinenpumpen beruht darauf, daß ein Schaufelrad das Wasser axial ansaugt und annähernd tangential fortschleudert. Eine solche Pumpe ist also in ihrem Wesen dem Zentrifugalventilator (s. Bd. I, 5. Abschnitt, unter „Depressionsmaschinen“) sehr ähnlich. Tatsächlich bestanden auch die ältesten Kreiselpumpen ähnlich wie ein Ventilator nach Fig. 565 aus einem einzigen Schaufelrade  $r$  mit rückwärts gebogenen Schaufeln, an das sich ein spiralförmiger Auslauf  $a$  mit dem Steigrohr  $D$  anschloß.

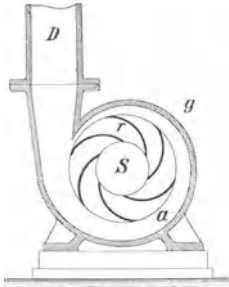


Fig. 565. Zentrifugalpumpe ohne Leitschaufeln.

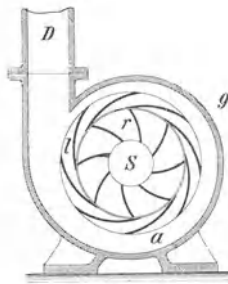


Fig. 566. Zentrifugalpumpe mit Leitschaufeln.

Solche Pumpen werden jetzt nur noch für geringe Förderhöhen, bis höchstens 20 m, gebaut, weil in ihnen eine stoß- und wirbelfreie Führung des Wassers durch den Auslauf bis zum Steigrohr nicht erzielbar ist. Einen besseren Wirkungsgrad besitzen Pumpen (Fig. 566) mit einem feststehenden Kranze von Leitschaufeln  $l$ , die das Wasser bereits mit ermäßigter Geschwindigkeit und in einer bestimmten Bewegungsrichtung in den spiraligen oder kreisförmigen Auslauf  $a$  treten lassen. Es ist dies die jetzt übliche Bauart für die im Bergwerksbetriebe gebrauchten Kreiselpumpen.

Der von dem Schaufelrade erzeugte Druck wächst mit dem Quadrate der Umfangsgeschwindigkeit. Da nun mit Rücksicht auf die Festigkeit des Materials eine bestimmte Umfangsgeschwindigkeit nicht überschritten werden kann, ist auch die erzielbare Druckhöhe nur beschränkt. Sie beträgt bei einer Umfangsgeschwindigkeit des Rades von 32—35 m in der Sekunde etwa 60—70 m.

Handelt es sich um größere Druckhöhen, so bedient man sich zu deren Überwindung der Hintereinanderschaltung mehrerer Räder. Fig. 567<sup>1)</sup> zeigt eine Pumpe, bei der 6 Räder (mit 1—6 bezeichnet) hintereinandergeschaltet sind. Das Rad 1 saugt das Wasser axial aus der Saugringleitung  $Sr$  an und gibt ihm eine gewisse Druck- und Geschwindigkeitsteigerung. Aus den dahinter angeordneten Leitschaufeln  $l$  fließt das Wasser mit wieder verminderter Geschwindigkeit, aber erhöhtem Drucke dem Laufrade 2 zu. In diesem wiederholt sich der Vorgang, so daß das Wasser bereits mit dem doppelten Drucke die Leitschaufeln des zweiten Rades verläßt. So durchströmt das Wasser die einzelnen Räder, um aus dem Rad 6 in den Druck-Ringraum  $Dr$  und aus diesem in die Steigleitung  $D$  überzutreten.

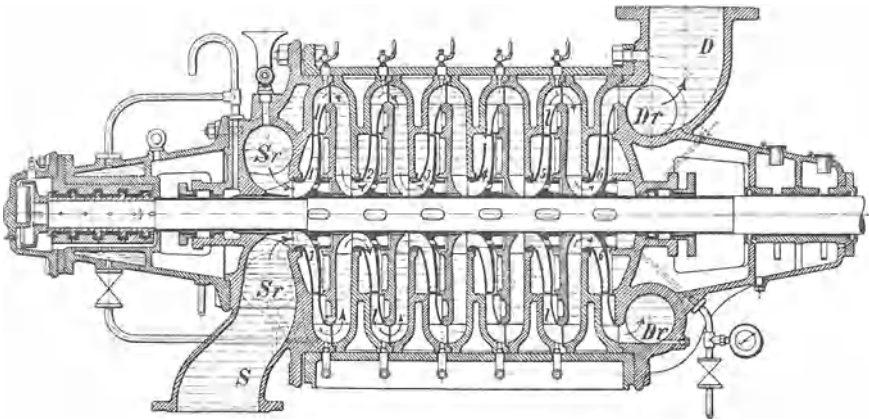


Fig. 567. Sechsstufige Zentrifugalpumpe.

Je nach der Zahl der hintereinandergeschalteten Räder kann man die Druckhöhe steigern. Im Ruhrbezirke werden z. B. Zentrifugalpumpen mit bis zu 14 Schaufelrädern für Druckhöhen bis zu 850 m benutzt (Zeche Hermann bei Bork).

Der gegebene Antrieb für Zentrifugalpumpen sind die Elektromotoren, weil diese mit ihren hohen Drehgeschwindigkeiten ohne lästige Zwischenmittel unmittelbar mit ihnen gekuppelt werden können. Die Umdrehungszahl je Minute muß, wenn man eine bestimmte Druckhöhe erzielen will, um so größer sein, je kleiner die Pumpe ist, da es auf die Erreichung einer gewissen Umfangsgeschwindigkeit ankommt. Bei dem üblichen Drehstrom pflegen die Motore 3000 oder 1500 oder 1000 Umdrehungen zu machen, je nachdem sie 2-, 4- oder 6polig gebaut sind.

**36. — Besonderheiten der Zentrifugalpumpen.** Wenn man die Wasserlieferung der Pumpe bei gleichbleibender Förderhöhe ändern will, so darf man nicht wie bei Kolbenpumpen die Umdrehungszahl der Maschine ändern. Denn alsdann würde ja sofort eine Änderung der Förderhöhe eintreten. Vielmehr kann man eine Änderung der Wasserlieferung nur

<sup>1)</sup> Nach Hartmann-Knoke-Berg: Die Pumpen, 1906, S. 484, Fig. 591.



durch Einbau eines Drosselschiebers oder eines Drosselventils in die Druckleitung erreichen. Öffnet man das Drosselorgan, so erhöht sich, und schließt man es, so vermindert sich die geförderte Wassermenge. Freilich ändert sich auch dabei der Wirkungsgrad der Maschine etwas, da dieser nur für eine ganz bestimmte Wassermenge am günstigsten sein kann. Immerhin kann man bei Veränderungen des Wirkungsgrades um 10% die Wasserlieferung um etwa je 20% nach oben und nach unten von der mittleren abweichen lassen.

Empfindlicher leidet der Wirkungsgrad der Pumpe, wenn Änderungen der Umlaufzahl eintreten, wie sie z. B. bei elektrischem Antriebe die Folge von Periodenschwankungen im Stromnetze sind. Größere Änderungen der Umlaufzahl dürfen überhaupt nicht vorkommen, weil sonst bei

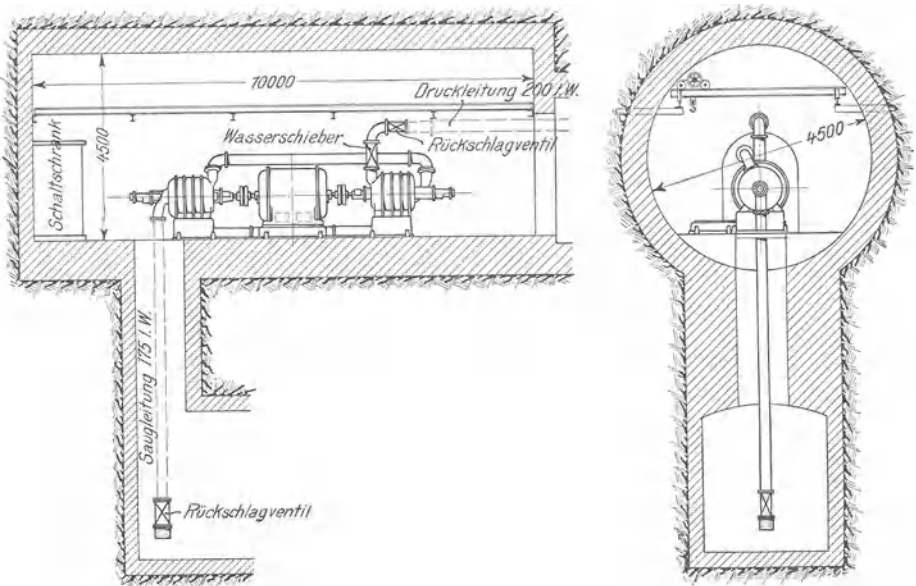


Fig. 568. Hochdruckzentrifugalpumpe, geliefert von Jäger & Co. zu Leipzig-Plagwitz für Zeche Tremonia bei Dortmund, für 4 cbm minutlich und 385 m Druckhöhe. (Der Motor ist zwischen zwei je 4-stufigen Zentrifugalpumpen angeordnet.)

zu langsamem Gange das Wasser vielleicht bis nahe an die beabsichtigte Förderhöhe gehoben, aber nicht ausfließen würde.

Alle Turbinenpumpen haben, falls das Kreisrad das Wasser nur von einer Seite her ansaugt, den Nachteil, daß der Wasserdruck das Wasser nach dieser Seite hin zu verschieben trachtet. Dieser Axialdruck ist sehr lästig. Die Aufgabe, ihn in zweckmäßiger und möglichst sicherer Weise zu beseitigen, ist von den verschiedenen Fabriken in verschiedener Weise gelöst worden. Freilich bedürfen in jedem Falle die Lager einer besonders sorgfältigen Ausführung und Überwachung, da schon die geringsten Verschiedenheiten in der Abnutzung der Dichtungsringe verschiedene Drücke auf die Räder zur Wirkung bringen. Bei vielstufigen

Pumpen setzt man wohl den Motor in die Mitte zwischen die beiden Pumpenhälften, die derart hintereinandergeschaltet sind, daß die eine von links, die andere von rechts her ansaugt. Auf diese Weise sind die entstehenden Axialdrücke gegeneinander gerichtet und heben sich auf (Fig. 568).

Fremdkörper im Wasser, wie sie namentlich beim Schachtabteufen leicht in die Saugleitung gelangen, können die Wirkung der Turbinenpumpen sehr stark beeinträchtigen, da die Kanäle eng sind und bei der oftmaligen Wiederholung der engen Stellen sich die Körper leicht festsetzen. Es kommt deshalb auf zugängliche Bauart an, die ein Nachsehen und Reinigen ohne allzuviel Mühe gestattet. Sand und Schlamm schaden weniger. Dagegen bilden sich bei manchen Wässern an den inneren Teilen der Turbinenpumpen leicht Ansätze, die den Querschnitt verringern und den Wirkungsgrad verringern.

**37. — Vergleich mit der Kolbenpumpe.** Der Nachteil der Zentrifugalpumpen ist, daß ihr Wirkungsgrad demjenigen guter Kolbenpumpen nachsteht, so daß die Betriebskosten höher werden. Während der Wirkungsgrad einer guten Kolbenpumpe 90—94 % erreicht, ist derjenige einer Zentrifugalpumpe auf nur 70—75 % zu schätzen. Als Vorteil steht gegenüber, daß die Anschaffungskosten und der Raumbedarf, der ja namentlich für Bergwerke von Bedeutung ist, erheblich geringer als bei der Kolbenpumpe sind. Diese Vorzüge haben zur Folge gehabt, daß man die Zentrifugalpumpen namentlich als Reserve-Wasserhaltungen gern benutzt. In manchen Fällen ist auch die vorzügliche Eignung der Zentrifugalpumpe für den elektrischen Antrieb ausschlaggebend gewesen.

**38. — Anwendbarkeit für das Schachtabteufen.** Für das Schachtabteufen haben die Zentrifugalpumpen eine Reihe besonderer Vorteile: Sie lassen sich mit senkrechter Achse einbauen, so daß sie den Querschnitt des Schachtes nur in geringem Maße in Anspruch nehmen (s. Fig. 569). Sie bedürfen einer festen Verlagerung nicht, sondern können an Seilen aufgehängt und leicht gehoben oder gesenkt werden. Man kann mit ihnen größere Wassermengen aus beträchtlicher Teufe heben, ohne daß man mit der Druckhöhe an eine nicht übersteigbare Schranke gelangt. Da die Wassersäule in einer ununterbrochenen Aufwärtsbewegung befindlich ist, sind verhältnismäßig große Saughöhen zulässig. Man ist damit bis zu 8 m Höhe gegangen. Die Pumpen sind unempfindlich



Fig. 569. Vierstufige Zentrifugalpumpe für Abteufzwecke in der Ausführung der Firma Gebr. Sulzer zu Winterthur (Leistung 3 cbm minutlich bei 200 m Druckhöhe).

gegen schmutziges, schlammiges Wasser und lassen sich leicht auch unempfindlich gegen salzhaltiges oder saures Wasser herstellen. Der Wirkungsgrad ist für Abteufpumpen verhältnismäßig gut, da die anderen für Schachtabteufen in Frage kommenden Pumpenarten (abgesehen von fest verlagerten Druckpumpen) noch schlechtere Wirkungsgrade besitzen.

### C. Sonstige Wasserhebevorrichtungen.

**39. — Wasserhebung mittels der Fördermaschine.** Die einfachste Wasserhaltung, welche die geringsten Anforderungen hinsichtlich der Beschaffung besonderer Einrichtungen stellt, ist diejenige in Kübeln, Kasten oder Wasserwagen mittels der Fördermaschine.

Handelt es sich um Schachtabteufen, so wird man bei geringen Zuflüssen diese zunächst stets mit dem Kübel zu heben versuchen. Hierbei wird das Abteufen am wenigsten gestört, namentlich wenn die Zuflüsse so gering sind, daß das Wasser zusammen mit den Bergen gefördert werden kann. Je mehr die Wasser zunehmen, um so mehr wird freilich die Bergförderung behindert und um so ausschließlicher wird die Kübelförderung für die Wasserhaltung in Anspruch genommen. Man rechnet, daß man mit dem Bergkübel minutliche Zuflüsse von 50 l noch gut bewältigen kann. Bei stärkeren Zugängen wendet man wohl eine zweite Kübelförderung an. Hierfür können z. B. die Einrichtungen, die für die Materialförderung beim gleichzeitigen Ausmauern und Abteufen des Schachtes bestimmt waren, benutzt werden, wobei man dann aber auf die Möglichkeit des gleichzeitigen Ausmauerns verzichten muß. Vermittels einer solchen lediglich der Wasserhaltung dienenden Kübelförderung kann man etwa 400 l minutlich aus 200—300 m Teufe fördern. Die Entleerung der Kübel erfolgt an der Hängebank durch Kippen in untergeschobene, fahrbare Gerinne.

Wenn es sich um bereits in Betrieb befindliche Gruben handelt, so wendet man statt der Kübel Wasserkasten und Wasserwagen an. Wasserkasten können an dem Boden der Förderkörbe aufgehängt werden, so daß der Förderkorb selbst gleichsam als Führungsschlitten dient. Bei ersoffenen Gruben werden auch größere Kasten mit Führungsschuhen für die Schachtleitungen unmittelbar an das Seil an Stelle der Förderkörbe angeschlagen. Durch selbsttätige Bodenventile, die sich beim Eintauchen der Kasten in das Wasser öffnen, geht die Füllung leicht vor sich. Wasserwagen pflegt man anzuwenden, wenn in einiger Entfernung vom Füllorte des Schachtes Abhauen oder Gesenke gesümpft werden sollen. Die durch Schöpfarbeit oder Handpumpen gefüllten Wasserwagen werden sodann zum Schachte gefahren und mit dem Förderkorbe zutage gehoben. Die Entleerung der Kasten und Wasserwagen geht zweckmäßigerweise durch Bodenventile vor sich und erfolgt gewöhnlich wie bei den Kübeln in untergeschobene Gerinne.

Die Wasserhaltung mittels der Fördermaschine arbeitet in jedem Falle teuer. Sie wird deshalb, abgesehen vom Schachtabteufen, nur dann am Platze sein, wenn es sich um sehr geringe Wasserzuflüsse handelt, so daß die Beschaffung besonderer Pumpen nicht verlohnt.

Für ersoffene Schächte hat die Wasserhebung mittels Kasten freilich noch die besondere Annehmlichkeit, daß man dem sinkenden Wasserspiegel ebenso wie dem etwa ansteigenden einfach durch Umstecken der Fördertrommel folgen kann. In solchen Fällen hat man deshalb die Kastenförderung häufiger angewandt.

**40. — Tomsonsche Wasserziehvorrichtungen.** Tomson hat die Wasserhebung in Kübeln mit der Fördermaschine zu einem besonderen Verfahren ausgebildet, das vermöge seiner Einrichtung zu außerordentlich hohen Leistungen befähigt ist und sich namentlich für das Schachtabteufen und für das Freipumpen ersoffener Schächte bewährt hat. Das Wesen des Verfahrens besteht darin, daß die als hohe, zylindrische Blechgefäße ausgestalteten Kübel nicht unmittelbar auf der Schachtsohle, sondern in einiger Entfernung darüber aus Vorratsbehältern schöpfen, denen durch besondere Zubringerpumpen das Wasser von der Schachtsohle aus dauernd zugehoben wird. Auf diese Weise können Füllung und Entleerung der Kübel selbsttätig mit größter Beschleunigung vor sich gehen. Dabei hat das Verfahren den Vorteil, daß alle erforderlichen Einrichtungen an Seilen aufgehängt im Schachte untergebracht werden können und daß das Heben und Senken entsprechend dem Wechsel des Wasserspiegels oder dem Vorrücken des Abteufens keine Schwierigkeiten macht.

Die Einzelheiten sollen an der Hand der schematischen Figur 570, welche die Großmannsche Ausführung darstellt, besprochen werden. Die Einrichtungen im Schachte bestehen aus den beiden Wasserförderkübeln  $T$ , den Behältern  $V$ , den Pumpen  $P$  mit den Antriebsmaschinen  $C$ , den erforderlichen Führungs- und Trageseilen 1—3, den Leitungen  $L$   $D$ , Trägern und sonstigen Verbindungsteilen. Über Tage befinden sich das Fördergerüst mit den Seilscheiben und Seilrollen, Spannvorrichtungen  $G$  und der Kübelentleerungsvorrichtung  $f$ ,  $k$ ,  $m$ ,  $n$ ,  $o$ , ferner die Wasserfördermaschine, die großen Dampfkabel für die Trageseile und die kleinen Handkabel für die Führungseile.

Die Kübel  $T$  haben für die größeren Einrichtungen bis zu 8,7 m Höhe, besitzen bis zu 1,4 m Durchmesser und fassen bis 12 cbm. Das selbsttätige Füllen beim Eintauchen geschieht durch Ventilkappen, die unten angebracht sind und das Wasser nach innen durchströmen lassen, während sie beim Hochziehen der Kübel durch den Wasserdruck geschlossen werden. Die Entleerung der Kübel erfolgt ebenfalls selbsttätig durch eine in ihnen angebrachte Hebelverbindung  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $q_3$ , die mit dem oben herausragenden Druckstück  $q_1$  gegen den Hebelbalken  $f$  stößt. Hierdurch öffnet sich die Ventilklappe und gleichzeitig wird die Wasserabflußlutte  $o$  selbsttätig untergeschoben. Die Führung eines jeden Förderkübels erfolgt durch 2 Führungseile 3 3, um die vier an den Kübeln angebrachte Führungsklauen greifen. Die Führungseile sind unten in den Behältern  $V$  befestigt, damit die Kübel, sicher geführt und ohne zu kippen, in die Behälter eintauchen. Oben sind die Führungseile über Rollen gelegt und werden durch die Spannvorrichtungen  $G$  dauernd und gleichmäßig gespannt erhalten. Die Seilenden sind über Tage auf Handkabel gewickelt, die an geeigneten Punkten in der Nähe des Schachtes aufgestellt sind.

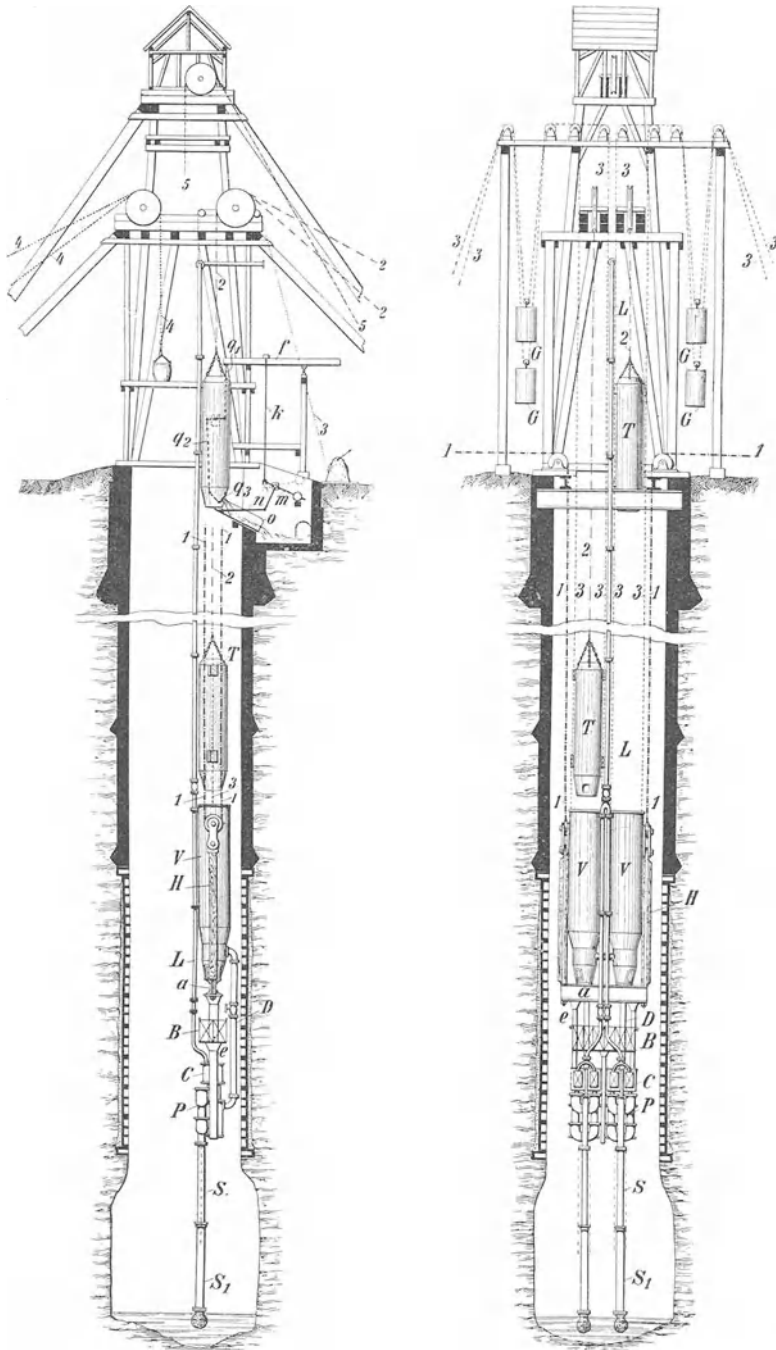


Fig. 570. Tomson'sche Wasserziehvorrichtung von H. und G. Großmann zu Dortmund.

Die Behälter und Pumpen sind zu einem Ganzen miteinander verbunden. Die Behälter stehen mit ihrem Boden auf dem schweren Träger  $\alpha$ , an den nach unten hin die Pumpen aufgehängt sind. An den Enden des Trägers sind die Stangen  $H$  befestigt, welche durch Rollen mit den Trageseilen 11 in Verbindung gebracht sind. Die Trageseile sind über Tage in mehrfacher Umschlingung über die Rollen eines mit Dampf oder mit Hand zu betätigenden Kabels gewickelt und werden über die an der Rasenhängebank verlagerten Rollen hinab in den Schacht über die Rollen der Tragestangen  $H$  und wieder hinauf zur Rasenhängebank geführt, woselbst die Enden der Seile an I-Trägern eingebunden werden. Das Gewicht der Behälter nebst Pumpen verteilt sich also auf 4 Seilstränge. Die Behälter  $V$  haben einen Durchmesser bis zu 1,75 m, eine Höhe bis zu 10,4 m und fassen bis zu 20 cbm Wasser. Um den Wasserspiegel in beiden Behältern stets gleich hoch zu halten, sind dieselben am unteren Ende durch einen Stutzen verbunden.

Als Zubringerpumpen pflegt man Duplexpumpen, die mit Preßluft angetrieben werden, zu bevorzugen. Jede der beiden Pumpen wird zweckmäßig so stark bemessen, daß die andere dauernd als Ersatz bei Betriebsstörungen der ersten zur Verfügung steht. Für die größeren Wasserziehvorrichtungen ist jede Pumpe auf 7–8 cbm minutlich berechnet. Die Pumpe saugt das Wasser mittels eines ausziehbaren Saugrohres  $S S_1$  von der Schachtsohle und drückt es in die Behälter. Das Zuleitungsrohr  $L$  für die Preßluft ist in der Regel an besonderen Trageseilen aufgehängt und durch ein Stopfbüchsenrohr mit dem Anschlußrohr verbunden.

Die Leistungen, die man mit solchen Wasserzieheinrichtungen erzielen kann, sind recht beträchtlich. Wenn man die Fördergeschwindigkeit auf 7–8 m in der Sekunde steigert, so können bis zu 4 cbm minutlich aus einer Teufe von 600 m gehoben werden. Das würde einer Leistung von  $533\frac{1}{3}$  PS. entsprechen, die sich bei der Möglichkeit, zwei Wasserzieheinrichtungen in einem Schachte anzuordnen, sogar noch verdoppeln läßt. Pumpen von einer ähnlichen Leistungsfähigkeit im Schachte nebst den angebauten Motoren an Seilen aufgehängt zu betreiben und entsprechend dem Vorrücken des Abteufens zu senken, geht über das bisherige technische Können hinaus. Für geringere Teufen freilich, d. h. bis etwa 300 m, verdienen Pumpen den Vorzug, weil sie in der Anschaffung billiger sind und auch im Betriebe erheblich billiger arbeiten. Auch gefährden sie die auf der Sohle des Schachtes arbeitenden Leute weniger.

**41. — Strahlpumpen.** Strahlpumpen werden mit Druckwasser, Dampf oder auch Preßluft betrieben. Ihre Wirkung beruht darauf, daß der Strahl des aus einer Düse mit großer Geschwindigkeit ausströmenden Betriebsmittels das Wasser einerseits ansaugt und es anderseits im Steigrohr hochdrückt. Es handelt sich also um eine unmittelbare Einwirkung des Triebmittels auf das Wasser, wie sie in ähnlicher, wenn auch nicht gleicher Weise ebenfalls bei den Mammutpumpen und den Pulsometern vorhanden ist.

Die Fig. 571 zeigt eine Wasserstrahlpumpe, wie sie die Firma Gebr. Körting zu Körtingsdorf bei Hannover liefert, im Schnitt. Durch das Rohr  $a$  wird das Druckwasser zugeleitet. Es strömt aus der

mittels des Kegels *b* mehr oder weniger verschließbaren Düse *c* aus, saugt das zu hebende Wasser bis in die Saugkammer *K* und befördert es von hier durch die Steigleitung *d* nach oben. Solche Pumpen werden von Gebr. Körting für 100—1000 l minutlich bei Förderhöhen, die bis zu 80, ja 120 m ansteigen, zu Preisen von 400 bis 1300 *M* geliefert. Man wendet sie gern beim Weiterabteufen von Schächten an, falls die Zuflüsse sich in mäßigen Grenzen halten und in der Steigleitung der ständigen Wasserhaltung Betriebswasser von genügend hohem Drucke zur Verfügung steht.

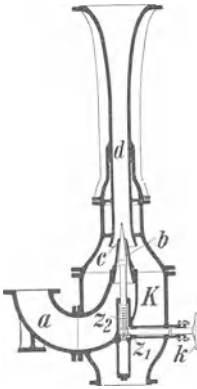


Fig. 571. Strahlpumpe im Schnitt.

Auch von Dampfstrahlpumpen, deren Einrichtung im wesentlichen der Fig. 571 entspricht, macht man gelegentlich im Bergbau Gebrauch. Bei 5—6 Atmosphären Dampfspannung sind Druckhöhen von 20—30 m erzielbar. Die Anschaffungskosten für solche Pumpen sind sehr gering und betragen nur etwa 100—200 *M*. Mit Preßluft betriebene Strahlpumpen nähern sich in ihrer Wirkung den Mammutpumpen (s. Ziff. 42).

Alle Strahlpumpen besitzen nur einen niedrigen Wirkungsgrad, der auf 10—20% eingeschätzt werden kann, deshalb wendet man sie auch nur für geringe Leistungen an.

Am günstigsten arbeiten noch die Wasserstrahlpumpen, falls billiges Druckwasser zur Verfügung steht, am teuersten stellt sich auch hier die Preßluft.

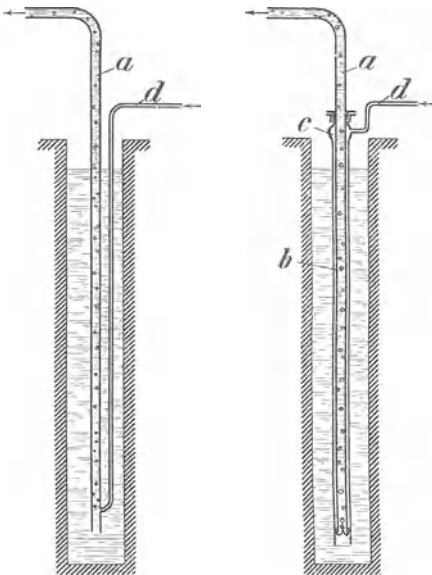


Fig. 572.

Fig. 573.

Mammutpumpen.

#### 42. — Mammutpumpen.

Mammutpumpen sind bereits mehrfach in diesem Bande, z. B. auf S. 198, Ziff. 60 und S. 233, Ziff. 101 erwähnt worden. Ihre eigenartige Wirkung beruht darauf, daß in eine von zwei einander das Gleichgewicht haltenden Wassersäulen Preßluft gedrückt wird, welche im Wasser in Blasen aufsteigt, hierdurch das spezifische Gewicht dieser Wassersäule vermindert und ihr einen Auftrieb gegenüber der schwereren Wassersäule erteilt.

Die Bauart geht aus den schematischen Figuren 572 und 573 hervor. Nach Fig. 572 ist das Steigrohr *a* von einem nur wenig weiteren Rohre *b* umgeben, dessen

Kopfstück  $c$  nach oben hin luftdicht an das Rohr  $a$  anschließt. Die Preßluft wird durch das Röhrchen  $d$  eingepreßt und durch das Rohr  $b$  bis an das untere Ende des Steigrohres  $a$  geführt. Hier tritt sie in dieses über und steigt in und mit dem Wasser hoch. Nach Fig. 573 wird die Preßluft durch eine besondere, enge Rohrleitung  $d$  bis an das untere Ende der Steigleitung  $a$  geführt, wo sie in diese übertritt.

Wie man leicht einsieht, kann ein eigentliches Ansaugen bei Mammutpumpen überhaupt nicht stattfinden. Vorbedingung ist vielmehr, daß die Pumpe verhältnismäßig tief in die Flüssigkeit eintaucht, damit eine äußere, schwerere Wassersäule entsteht. Die Eintauchtiefe beträgt meistens  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$  der Steighöhe. Der Wirkungsgrad bleibt in jedem Falle nur sehr niedrig.

Auf der anderen Seite haben Mammutpumpen den Vorteil, daß für sie ohne weiteres Röhrengestänge, die aus anderen Gründen, z. B. zum Tragen eines Schachtbohrers, erforderlich sind, als Steigleitung benutzt werden können und daß sie ferner zum Heben von schlammigen und sandigen Wassern vorzüglich geeignet sind. Aus diesem Grunde benutzt man sie mit Vorliebe und ausgezeichnetem Erfolge beim Schachtabbahren im toten Wasser, wo es darauf ankommt, aus dem Tiefsten eines mit Wasser gefüllten Schachtes den Bohrschlamm herauf zu fördern.

Von Mammutpumpen hat man in größerem Umfange bei der Wältigung der Wasser auf der fiskalischen Zeche Waltrop bei Waltrop Gebrauch gemacht. Hier wurden im Schachte 5 Mammutpumpen nebeneinander angeordnet, die bei 45—50 m Eintauchtiefe je  $3\frac{1}{2}$  cbm 175 m zu heben imstande waren. Der Kompressor mußte allerdings für jede Pumpe etwa 6500 cbm Luft ansaugen und auf 6 Atm. Überdruck pressen, so daß die dem Kompressor zugeführte Arbeit von etwa 600 PS. in einer Pumpenleistung von nur rund 120 PS. zum Ausdruck kam. Zeitweise stieg die Hubhöhe auf 200 m bei einer Eintauchtiefe von nur 26,7 m, wobei aber der Wirkungsgrad noch weiter sank. Abgesehen von dem geringen Wirkungsgrade bewährten sich die Pumpen ausgezeichnet, da sie außerordentlich einfach, betriebsicher und im Verhältnis zu dem zur Verfügung stehenden Raum leistungsfähig waren.

**43. — Pulsometer.** Ein Pulsometer besteht, wie die schematische Fig. 574 zeigt, aus zwei birnenförmigen Kammern  $k_1$  und  $k_2$ , deren verjüngte Hälse oben zusammenlaufen und sich im Dampfzuleitungsrohr  $a$  vereinigen. An dieser Stelle sitzt ein Kugel- oder Klappenventil  $v$ . Je nach der Stellung des Ventils kann der Frischdampf in die eine oder andere Kammer treten. Am Boden einer jeden Kammer befindet sich ein Saugventil  $s_1$  und  $s_2$ , etwas höher und seitlich verrückt je ein Druckventil  $d_1$  und  $d_2$ . An den über den Druckventilen befindlichen, gemeinsamen Raum schließt sich die Druckleitung  $D$  an. Im unteren Teile einer jeden Kammer schaffen Röhrchen  $r_1$  und  $r_2$  mit Spritzeinrichtung eine Verbindung zwischen dem Druckraum und der Nachbarkammer.

Soll der Pulsometer anfangen zu arbeiten, so müssen vorher beide Kammern mit Wasser gefüllt sein. Beim Zutritt des Dampfes wird nun dieser je nach der Stellung des Ventils unmittelbar auf die Wasseroberfläche in der einen oder anderen Kammer drücken und das Wasser unter



Öffnung des betreffenden Druckventils in die Steigleitung befördern. Während dieser Zeit ist das Saugventil dieser Kammer geschlossen. Sobald nun der Dampf die Kammer bis zur Höhe des Druckventils erfüllt und durch dieses zu treten beginnt, fällt Wasser unter Aufspritzen in die Kammer zurück, und es tritt eine sehr lebhafte Kondensation des Dampfes ein, die so schnell fortschreitet, daß sogar ein Unterdruck oder teilweises Vakuum in der Kammer entsteht. Jetzt lassen auch die oben erwähnten Röhren  $r_1$  bzw.  $r_2$  Wasser ausspritzen, so daß die Kondensation des Dampfes vollständig wird. Das Kugelventil wird, da nunmehr in der Nachbarkammer ein höherer Druck herrscht, herübergeschleudert und schließt den weiteren Dampfzutritt ab. Das Druckventil hat sich bereits geschlossen, und infolge des nun in der Kammer herrschenden Vakuums tritt eine Saugwirkung ein, die ein Öffnen des Saugventils und ein Ansaugen von Wasser zur Folge hat. Mittlerweile wiederholt sich das Spiel in der Nachbarkammer und so fort.

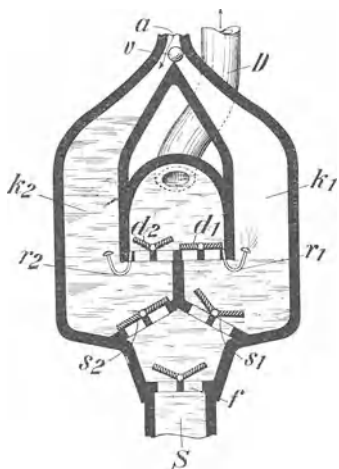


Fig. 574. Veranschaulichung der Wirkungsweise eines Pulsometers.



Fig. 575. Pulsometer.

Für den Fall, daß der Pulsometer „schnarchend“ arbeitet, indem er Luft und Wasser ansaugt, ist eine zweite innere Verbindung zwischen Druck- und Saugraum vorgesehen, die es ermöglicht, daß der Pulsometer sich aus der Steigleitung selbsttätig wieder mit Wasser füllt.

Die Fig. 575 zeigt einen Pulsometer der Firma M. Neuhaus & Co. zu Luckenwalde in der Ansicht.

Die Unterschiede bei den verschiedenen Pulsometern betreffen das Wesen und die Wirkungsweise nicht und betreffen nur die Ventile, die Anordnung der Kammern, die Deckel, den zur Vermeidung von Wasserschlägen angebrachten Windkessel, die Einspritzkanäle usw. Ein Haupterfordernis bei allen Pulsometern ist die leichte Zugänglichkeit der Ventile, da diese öfter nachgesehen werden müssen. Die Pulsometer können auf Unterzügen fest verlagert, aber auch einfach an Seilen oder Ketten frei

aufgehängt werden. Ihre Wirksamkeit hängt jedenfalls nicht von einer festen Verlagerung ab. Die Saughöhe eines Pulsometers steigt zwar im Höchsthalle bis 8 m, die günstigste Wirkung ist aber bei 2—3 m vorhanden. Bei Saughöhen über 3 m sinkt die Leistung schnell.

Da der Dampf unmittelbar auf die Wassersäule wirkt, hängt die erzielbare Druckhöhe von der Dampfspannung ab. Weil aber der Dampf an der Einströmung etwas gedrosselt wird und außerdem stark kondensiert, wird die Wasserdruckhöhe nie der vollen Dampfspannung entsprechen, sondern stets etwa  $1\frac{1}{2}$ —3 Atm. darunter bleiben. Man rechnet gewöhnlich, daß für

10 m Wasserdruckhöhe	3 Atm. Dampfspannung,
20 „ „	4 „ „
30 „ „	5 „ „
40 „ „	6—7 „ „
50 „ „	8 „ „

erforderlich sind. Ist die Druckhöhe größer, als es nach der vorstehenden Aufstellung zulässig ist, so muß man 2 Pulsometer in den entsprechenden Entfernungen übereinander einbauen. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß der obere Pulsometer schlechter als der untere arbeiten wird, weil er bereits vorgewärmtes Wasser erhält und hierdurch die schnelle und plötzliche Kondensation des Dampfes, von der die ordnungsmäßige Tätigkeit abhängt, behindert wird. Aus diesem Grunde wendet man auch wohl Außenkühlung des oberen Pulsometers durch Rieselwasser an. Mehr als 2 Pulsometer übereinander anzuordnen, ist nicht ratsam.

Die Leistungen der in verschiedenen Größen gebauten Pulsometer schwanken bei 30 m Druckhöhe zwischen 60 l und 4 cbm in der Minute. Die Anschaffungskosten ohne Steig- und Dampfleitung liegen zwischen 250 und 3500 *M.*

Pulsometer haben den Vorteil, daß sie schnell, in der Regel sofort, vom Lager geliefert, ohne weitere Vorkehrungen aufgestellt bzw. eingehängt und leicht gehoben und gesenkt werden können, daß sie ferner auch für schlammiges Wasser geeignet sind, keiner besonderen Kondensationseinrichtung bedürfen und dabei nur geringe Ansprüche an Reinigung und Wartung stellen. Bewegte Maschinenteile sind daran außen überhaupt nicht vorhanden. Auch können sie sich unter Wasser frei pumpen. Dem steht gegenüber, daß sie sehr viel Dampf im Verhältnis zu ihrer Leistung gebrauchen. Man nimmt an, daß der Dampfverbrauch 30—50 kg für die Pferdekraftstunde beträgt. Unangenehm ist beim Schachtabteufen die mit dem Gebrauche der Pulsometer verbundene Erwärmung des Schachtes, die sich einerseits aus dem hohen Dampfverbrauch an sich und andererseits aus dem Umstande ergibt, daß der Dampf vollständig im Pulsometer, also im Schachte, niedergeschlagen wird.

**44. — Heber.** Es kommt manchmal vor, daß man Abhauen, falls noch eine tiefere Sohle vorhanden ist, dadurch entwässern kann, daß man eine Hebevorrichtung einbaut, deren Ausflußöffnung natürlich unterhalb des zu senkenden Wasserspiegels liegen muß. Das Arbeiten mit solchen Hebern setzt aber völlige Dichtigkeit der Leitungen voraus, da andernfalls Luft eingesaugt wird, die bald die Tätigkeit des Hebers unterbricht. Auch muß man an der Saugöffnung sorgfältig den Eintritt von Luft ver-

hüten. Im allgemeinen hat man mit Hebern keine guten Erfahrungen gemacht. In der Regel wird das Aufstellen einer Handpumpe zweckmäßiger sein.

### III. Besonderheiten der Wasserhaltung beim Schachtabteufen.

**45. — Die besonderen Bedingungen des Schachtabteufens hinsichtlich der Wasserhaltung.** Im vorstehenden ist bereits mehrfach auf die verschiedene Eignung der einzelnen Wasserhaltungseinrichtungen für das Schachtabteufen hingewiesen worden. Hier seien in teilweiser Wiederholung zunächst kurz die eigenartigen und vielfach einander widersprechenden Anforderungen aufgeführt, die man an die Wasserhebemaschinen beim Schachtabteufen stellt. Zunächst sollen sie wenig Platz einnehmen und insbesondere den Querschnitt des Schachtes wenig verengen. Dementsprechend ist eine hohe Bauart zulässig, wenn nur die Grundfläche keine großen Abmessungen besitzt. Die Abteufpumpen müssen außerdem leicht tiefer gebracht und unter Umständen auch aufwärts bewegt werden können. Am besten ist, wenn sie nicht fest verlagert zu werden brauchen, sondern an Seilen aufgehängt werden können. Erwünscht ist ferner, daß sie das Wasser möglichst in einem Satze bis zutage heben, damit nicht eine mehrfache Anordnung von übereinander befindlichen Pumpen im Schachte notwendig wird. Dabei muß unter Umständen die Wasserhaltung sehr leistungsfähig sein und soll selbst bei schlammigem, unreinem, salzigem oder saurem Wasser betriebsicher bleiben. Schließlich ist auch eine Erwärmung des Schachtes möglichst zu vermeiden. Die größtmögliche Billigkeit im Betriebe ist wohl erwünscht, steht aber beim Schachtabteufen, das doch immer nur eine beschränkte Zeit dauert, nicht in erster Linie. Dementsprechend verdient der Wirkungsgrad eine geringere Berücksichtigung.

**46. — Anwendung der verschiedenen Wasserhebevorrichtungen.** Zuflüsse bis zu 50 l minutlich werden, wie schon in Ziff. 39 gesagt, am einfachsten durch Einschöpfen in die Bergekübel gewältigt und Zuflüsse von 300—400 l durch eine zweite Kübelförderung, wenn eine solche zur Verfügung steht, niedergehalten. Andernfalls werden für derart geringe Zuflüsse gern Strahlpumpen angewandt, wofern Druckwasser vorhanden ist. Bei stärkeren Zuflüssen benutzt man in Teufen bis zu 50—60 m vielfach Pulsometer. Darüber hinaus pflegte man früher Gestängepumpen zu verwenden, und zwar Hubpumpen für Teufen bis zu 120 m und Druckpumpen für größere Teufen. Häufig traf man die Anordnung so, daß eine Druckpumpe im Schachte fest verlagert wurde, während ihr durch eine besondere senkbare Hubpumpe das Wasser aus dem Schachtiefsten zugehoben wurde. In neuerer Zeit sind aber die Gestängepumpen immer mehr durch Duplex- und Zentrifugal-Senkpumpen verdrängt worden, von denen die ersteren bis etwa 150 m, die letzteren bis etwa 200—300 m Teufe noch gebraucht werden. Aus diesen Teufen können mit einer einzigen derartigen Pumpe 3—7 cbm minutlich gehoben werden. Da in Schächten von 5—6 m Durchmesser 2 Pumpen nebeneinander untergebracht

werden können, lassen sich die Leistungen während des gleichzeitigen Ganges beider Pumpen verdoppeln.

Für größere Teufen hilft man sich dadurch, daß man die Wasserhebung absatzweise einrichtet. Man baut bei etwa 300 m Teufe seitlich des Schachtes in geeignetem Gebirge eine feste Wasserhaltungsanlage ein, deren Sumpfe die im Schachte hängenden Senkpumpen das Wasser zuheben. Auf diese Weise kann man auch bei Teufen von 300—600 m noch 6—12 cbm minutlich heben, falls zwei genügend starke Senkpumpen im Schachttiefsten hängen.

Als Beispiel für das letztere Verfahren sei der Schacht Hattorf im Bergrevier Schmalkalden genannt,<sup>1)</sup> wo man bei 340 m Teufe seitlich eine Pumpenkammer für zwei feststehende Hochdruckzentrifugalpumpen von je 7 cbm Leistung in der Minute aufstellte. Dieser Pumpenanlage hoben zwei hängende, in Spurlatten geführte Zentrifugalpumpen, die bis 320 m Teufe je für sich gleichfalls 7 cbm minutlich leisten konnten, das Wasser zu. Da den Motoren der feststehenden Anlage insgesamt 1500 PS. und denen der hängenden Pumpen zusammen 1400 PS. zugeführt werden konnten, war die Wasserhaltung des Schachtes mit 2900 PS. ausgestattet. Die Zuflüsse stiegen freilich im Höchsthalle nur auf 3 cbm, so daß immer nur je eine Pumpe in Betrieb zu sein brauchte.

Will man den Einbau einer festen Wasserhaltung seitlich des Schachtes vermeiden, so wendet man bei größeren Teufen die Tomsonsche Wasserzieheinrichtung an. Bei Wasserzuflüssen, die etwa 4 cbm minutlich übersteigen, baut man sie doppelt ein.

**47. — Besondere Vorkehrungen an Abteufpumpen.** Die Notwendigkeit des Senkens der Abteufpumpen während des Betriebes macht über Tage besondere Vorkehrungen für den Anschluß des Kraftmittels und für den Wasserausfluß notwendig.

Bei den elektrisch angetriebenen Pumpen macht freilich die Kraftzuleitung keine Schwierigkeit, da das auf Rollen gewickelte Kabel leicht nachgelassen werden kann. Bei Dampf- und Preßluftpumpen aber muß man in die Zuleitung des Betriebsmittels ein Stopfbüchsenrohr einschalten, das sich auf eine gewisse Länge ausziehen läßt. Bei kleineren Pumpen verbindet man auch wohl statt dessen den wagerechten Teil des Kraftzuleitungsrohres über Tage mit dem im Schachte befindlichen, senkrechten Teile durch einen längeren Schlauch.

Um ein Auf- und Niederbewegen des Ausflußrohres möglich zu machen, läßt man die Steigleitung in einiger Höhe über einem Holzkasten ausgießen.

Um bei nur geringer Vertiefung des Schachtes nicht so häufig die ganze Pumpe senken zu müssen, wird man häufig vorziehen, allein mit

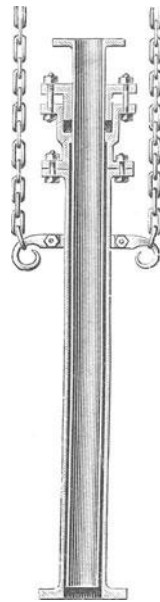


Fig. 576.  
Schläucherrohr.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1908, S. 150.

dem Saugrohr dem Tieferwerden des Schachtes zu folgen. In solchem Falle wendet man sog. „Schläucherrohre“, die in einer das „Degenrohr“ umgebenden Stopfbüchse ausziehbar sind, an (Fig. 576). Auch benutzt man zu diesem Zweck als Saugleitung biegsame, mit Hanf umspinnene Gummischläuche, welche innen durch eine eiserne Spirale verstärkt werden. Das unterste Stück dieses Schlauches kann auf die Sohle gelegt werden, so daß eine gewisse Vertiefung des Schachtes möglich ist, ohne daß der Saugkorb die Schachtsohle verläßt. Dabei besteht noch die Annehmlichkeit, daß das Ende mit dem Saugkorbe ohne weiteres an den jeweilig tiefsten Punkt der Schachtsohle gebracht werden kann.

Da Schläucher aus Gummi mit Innenspirale teuer und wenig haltbar sind, begnügt man sich auch wohl mit biegsamen Zwischenstücken, die zwischen die Pumpe und das starre, eiserne Saugrohr eingeschaltet werden und diesem eine gewisse seitliche Beweglichkeit gestatten.

---

## Zehnter Abschnitt.

# Grubenbrände, Atmungs- und Rettungsgeräte.

## I. Grubenbrände.

### 1. Wesen, Entstehung und Verhütung von Grubenbränden.

1. — **Gefährdung der Gruben durch Brände über Tage.** Brände von Tagesgebäuden, die sich in der Nähe von einziehenden Schächten oder Stollenmundlöchern befinden, können der Grube dadurch gefährlich werden, daß sich das Feuer in sie fortpflanzt oder daß Brandgase in die Grubenräume treten. Erinnerung sei an den Brand einer Schachtkauē über einem einziehenden Schacht auf den kons. Fürstensteiner Gruben in Waldenburg<sup>1)</sup> am 25. Mai 1901, der zur Folge hatte, daß 20 Mann in der Grube durch Einatmen der Brandgase tödlich verunglückten. Ein ähnliches Unglück, das 25 Opfer forderte, ereignete sich i. J. 1862 auf einer Grube im Seegraben bei Leoben.<sup>2)</sup>

Das sicherste Mittel, Fälle solcher Art zu verhüten, ist eine völlig brandsichere Einrichtung und Ausstattung der in Frage kommenden Baulichkeiten, wobei darauf zu achten ist, daß die Räume auch nicht zur Lagerung feuergefährlicher Gegenstände benutzt werden dürfen. Ferner müssen alle einziehenden Schächte an den Hängebänken mit eisernen Klappen, Deckeln oder dergl. versehen werden, die beim Ausbruche eines Brandes über Tage leicht geschlossen werden können. Diese Absperrungen sind im Falle eines Brandes sorgfältig mit Lehm oder Sand abzudichten und durch darüber gelegte Schienen zu schützen, damit sie nicht durch herabstürzende, schwere Gegenstände durchgeschlagen werden.

Zweckmäßig ist es schließlich, einen besonderen, fahrbaren und feuersicheren Kanal vorzusehen, der unterhalb der Absperrrichtungen von dem Schachte abzweigt und von dem brandgefährlichen Tagesgebäude genügend weit entfernt mündet. Dieser Kanal gestattet, während eines Brandes den Schacht für die Wetterführung oder für Rettungszwecke weiter zu benutzen (vergl. Ziff. 9, S. 576).

2. — **Brände unter Tage. Allgemeines.** Wenn durch Brände über Tage nur in seltenen Ausnahmefällen die Grubenbaue gefährdet werden, so ist das anders bei Bränden unter Tage. Ganz abgesehen von

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1902, S. 92 ff.

<sup>2)</sup> Österr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1862, Nr. 11, 12, 13 u. 14.

den wirtschaftlichen Verlusten, die ein jeder solcher Brand für die betroffene Grube mit sich bringt, sind durch sie auch häufig Menschenleben in großer Zahl hingerafft worden. Von den folgenschweren Grubenbränden der letzten Jahrzehnte seien z. B. erwähnt der Brand auf Zeche Borussia in Westfalen vom Juli 1905 mit 39 Toten, der Brand auf Zeche Zollern in Westfalen vom Mai 1898 mit 44 Toten, der Brand auf der Cleophasgrube in Oberschlesien vom März 1896 mit 104 Toten und der verhängnisvolle Brand auf dem Mariaschachte bei Pöbbram vom Mai 1892 mit sogar 319 Toten. Die Zahlen lehren, von welcher ungemein großen Wichtigkeit die Kenntnis von dem Wesen, der Entstehung und der Bekämpfung der Grubenbrände für jeden Grubenbeamten sein muß.

Man kann die Grubenbrände einteilen in

1. Flözbrände,
2. sonstige Brände.

**3. — Flözbrände.** Bei den auf Stein- und Braunkohlengruben sich beschränkenden Flözbränden ist es die Kohle selbst, die in Brand gerät. Derartige Brände sind verhältnismäßig häufig, so daß schon ihre wirtschaftliche Bedeutung für viele Gruben beträchtlich ist. Meistens ist die Entstehungsursache des Brandes Selbstentzündung der Kohle; aber auch andere Ursachen der Entzündung kommen vor.

**4. — Selbstentzündung der Kohle.** Die Selbstentzündung beruht auf der Eigenschaft frisch entblöster Kohle, den Sauerstoff der Luft bis zu einem gewissen Grade aufzusaugen und in sich zu verdichten. Als Folge dieses Vorganges bildet sich unter Kohlensäure-Erzeugung Wärme. Die eintretende Temperaturerhöhung begünstigt die weitere Verbindung zwischen Kohlenstoff und Sauerstoff, so daß die Erhitzung fortschreitet und unter Umständen bis zur Selbstentzündung gehen kann. Bei einem festen, nicht zerklüfteten Kohlenstoße findet der Sauerstoff nicht genügend viel Eingangspforten, so daß Entzündung nicht zu befürchten ist. Es muß stets eine mehr oder weniger zerkleinerte Kohle vorhanden sein. Im übrigen neigt die Kohle verschiedener Flöze in sehr verschiedenem Maße zur Selbsterhitzung. Weiche poröse Kohle, in die der Sauerstoff leicht eindringen kann, unterliegt dessen Angriffen eher als eine harte und feste Kohle. Die Baue auf verschiedenen Flözen können deshalb bei gleicher Bewetterung und gleicher Teufe sehr verschieden warm sein. Aber auch von Natur feste Kohle kann, wenn sie durch Druck oder auf sonstige Weise zermürbt oder zerkleinert wird, brandgefährlich werden.

Früher glaubte man, daß der in der Kohle etwa vorhandene Schwefelkies hauptsächlich die Schuld an der Entzündung trüge. Zwar zersetzt sich auch der Schwefelkies unter der Einwirkung des Sauerstoffs und der Grubenfeuchtigkeit, indem sich Eisenvitriol und schließlich Eisenhydroxyd und Schwefelsäure bilden. Die dabei frei werdende Wärmemenge ist für sich allein aber zu gering, als daß sie die gesamte Kohlenmasse wesentlich erhitzen könnte. Mittelbar kann freilich auch der Schwefelkies an der Selbstentzündung der Kohle mitwirken. Denn seine Zersetzung ist mit einer Volumenzunahme verbunden. Infolgedessen wird die feste Kohle auseinandergetrieben und zum Bersten gebracht. Auf den sich öffnenden Rissen und Spalten findet der Sauerstoff Wege, in die Kohle

einzudringen, so daß er das Werk der allmählichen Oxydation um so leichter vollbringen kann, als ja durch seine Einwirkung auf den Schwefelkies eine geringe Erwärmung bereits eingetreten ist.

Da bei der Selbstentzündung Sauerstoff die Hauptrolle spielt, ist eine gewisse Bewetterung des Brandherdes die Vorbedingung für die Einleitung der Erhitzung. Auch muß die Sauerstoffzufuhr andauern, damit die bereits gebildete Kohlensäure durch frischen Sauerstoff ersetzt werden kann. Stockt der Sauerstoffzufluß, so stockt auch die fernere Oxydation, und die weitere Erwärmung hört auf. Eine starke Bewetterung wirkt ebenfalls hemmend auf die Selbstentzündung, weil ein lebhafter Wetterstrom die entstehende Wärme aufnimmt und fortführt. Infolge der schnellen Abkühlung kann dann in der Kohle eine Temperaturerhöhung nicht eintreten, so daß die Gefahr des Brandes nicht besteht.

Aus dem gleichen Grunde erklärt sich die wichtige Tatsache, daß der Brand nicht unmittelbar an der Oberfläche, sondern im Innern der Kohlenmasse ausbricht. Ebenso kann ein Flözbrand nur entstehen, wenn die Kohle in größeren Haufen vorhanden ist. Handelt es sich um kleinere Kohlenmengen, so ist die Wärmeabgabe an die Umgebung allzu stark, und die Wärmeezeugung reicht nicht aus, die Kohle und das Nachbargestein bis zur Glut zu erhitzen. Je dünner die Flöze sind, um so weniger neigen sie zu Brand.

Die Vorbedingungen für die Entstehung von Grubenbränden durch Selbstentzündung — nämlich mürbe, poröse Kohle in größeren Mengen, eben genügende, aber nicht reichliche Bewetterung — finden sich am häufigsten im alten Manne von mächtigen Flözen, in denen reiner Abbau schwierig ist. Es kommt hier öfter vor, daß infolge vorzeitigen Zubruchegehens der Pfeiler größere Kohlenmengen (namentlich sog. Beine) zurückbleiben. Das niedergehende Hangende zerdrückt diese Kohle vollends zu Feinkohle. Eine gewisse Bewetterung des alten Mannes bleibt bestehen, ohne daß aber der Wetterstrom für eine wirkliche Abkühlung genügt. So kann dann ein Brand die Folge dieser Verhältnisse sein. Auch auf Anschwellungen dünnerer Flöze wiederholt sich leicht das gekennzeichnete Bild. Besonders gefährlich sind druckhaftes Gebirge und Störungen, die zum Anstehenlassen der Kohle zwingen, worauf dann diese Kohlenpfeiler zerdrückt werden.

Seltener als Brände im alten Manne kommen Entzündungen des frischen Kohlenstoffes vor. Hier handelt es sich stets um die Kohle in der Firste (Firstenbrände), nicht in den Stößen der Strecken. Die Entstehung von Bränden in solchen Fällen ist so zu erklären, daß die hängende Kohle sich auf die Kappen der Streckenzimmerung setzt, ohne völlig hereinzukommen. Die Luft kann nun meterweit in die zerklüftete Kohle eindringen. An frischem Sauerstoff ist kein Mangel, da die Diffusion auf die kurzen Entfernungen genügend wirkt. Eine Abkühlung der sich erhitzenden Kohle, die sich vielleicht 1—2 m über der Streckenfirste befindet, tritt nicht ein, weil hier ein eigentlicher Luftzug fehlt, so daß sich unter Umständen ein Brand schnell entwickelt. Dieser frißt sich, wenn er einmal entstanden ist, in der Richtung auf die frische Luft eilig fort. Kurze Zeit nach den ersten Spuren des Brandes ist vielleicht schon die



glühende Kohle an der Streckenfirste sichtbar. Das Auftreten solcher Brände ist naturgemäß auf mächtige oder auf steil stehende, weniger mächtige Flöze beschränkt. Auch hier ist die Nachbarschaft von Klüften und Sprüngen besonders brandgefährlich, da die Kohle in der Nähe der Störungen mehr oder minder zermürbt ist und ihre Festigkeit verloren hat.

In Oberschlesien sind in dem Jahrzehnt 1900—1909 von insgesamt 404 Flözbränden allein 314 durch Selbstentzündung entstanden.<sup>1)</sup>

**5. — Sonstige Ursachen von Flözbränden.** Die sonstigen Ursachen von Flözbränden sind recht mannigfacher Art. Als noch Wetteröfen unter Tage gebräuchlich waren, sind durch sie häufiger Flözbrände eingeleitet worden. Bei Gruben, auf denen mit offenem Lichte gearbeitet wird, kann durch dieses leicht ein Zimmerungsbrand und durch ihn wieder ein Flözbrand verursacht werden. — In Oberschlesien, wo noch mit offenem Lichte gearbeitet wird, ist in mehr als 70 Fällen<sup>1)</sup> (bei den oben genannten 404 Bränden) der Gebrauch der offenen Lampe als Ursache der Entzündung anzusehen. Ganz besonders sind Dochtlampen gefährlich, da häufig Brände durch abspringende, glimmende Dochtteilchen entstanden sind. Azetylenlampen sind viel ungefährlicher.

Mehrfach sind ferner Flözbrände durch Anschießen von Bläsern entstanden. Die Flamme des durch den Schuß entzündeten Bläasers greift auf den Kohlenstoß über, und ehe die Leute zurückkehren, steht die ganze Kohlenwand in Flammen, so daß unmittelbare Löschversuche bereits vergeblich sind. — In ähnlicher Weise können ausblasende Schüsse wirken, wenn sie in der Kohle angesetzt und vielleicht sogar noch mit Kohlenstaub besetzt sind. Der durch die Schußflamme entzündete, glühende Staub kann den an den Stößen haftenden Staub, die Zimmerung und die Kohlenstöße selbst in Brand setzen<sup>1)</sup>. Auch auskochende Schüsse können unter Umständen den Kohlenstoß entzünden.

Öfter haben ferner Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen Flözbrände im Gefolge gehabt. Durch die Explosionsflammen werden zunächst Holzreste, Papier, Kleidungsstücke u. dgl. in Brand gesetzt. Das Feuer findet vielleicht in bloßliegenden Kohlenhaufen Nahrung und greift schließlich auf das Flöz über.

**6. — Vorbeugende Maßnahmen.** Die vorbeugenden Maßnahmen richten sich naturgemäß in erster Linie gegen die Selbstentzündung der Kohle. In dieser Beziehung sind die wichtigsten Mittel reiner Abbau und Luftabschluß durch guten Versatz.

Von den Abbauarten ist zur Verhütung von Flözbränden am besten der Stoß- und Firstenbau, nächst dem der Strebbau geeignet. Am gefährlichsten erweist sich der Pfeilerbau, weil bei ihm beträchtliche Kohlenverluste unvermeidlich sind. Da es darauf ankommt, das frühzeitige Regewerden des Gebirgsdruckes hintanzuhalten, kann es zweckmäßig sein, beim Abbau die Baulängen zu beschränken und die einmal in Angriff genommenen Bauabteilungen möglichst schnell zu verhauen. Auch soll man das Augenmerk darauf richten, abgebaute Feldes-

<sup>1)</sup> Zeitschr. d. Oberschl. B.- u. H.-Vereins 1910, S. 387 u. f.; Hauptbericht der Oberschlesischen Grubenbrand-Kommission.

teile durch wetterdichte Dämme gegen die übrigen Grubenbaue abzuschließen. Von den verschiedenen Versatzarten verhält sich am günstigsten der Spülversatz, da er das Gebirge gut trägt und völlig dicht und für den Wetterzug undurchlässig wird. Auch Waschberge liegen wegen ihrer Feinheit sehr dicht. Trotz eines oft vorhandenen, hohen Kohlenstoffgehaltes pflegen sie selber in der Grube nicht der Selbstentzündung zu unterliegen. Ist allerdings in der Nähe ein Brand ausgebrochen, so kann er in den Waschbergen Nahrung zu längerer Fortdauer finden. Im Königreich Sachsen wendet man zur Verhütung der Brandgefahr eine Verbindung von Berge- und Spülversatz an, indem man zunächst gewöhnlichen Bergeversatz aufführt, sodann aber dessen Hohlräume mit Schlamm vollspült.<sup>1)</sup> Besondere Vorsicht ist bei flacher Lagerung gegenüber Bränden im alten Mann erforderlich, wogegen bei steiler Lagerung der Versatz dichter liegt und die Einschränkung eines etwaigen Brandes leichter möglich ist.

Bei der Durchörterung brandgefährlicher Flöze mit Querschlägen empfiehlt es sich, zur Verhütung des Luftzutritts zur Kohle den Querschlag an der betreffenden Stelle auszumauern oder zu betonieren. Aber auch Mauerung und Beton bieten nicht völlige Sicherheit, wenn nicht alle Hohlräume über der Strecke, die sich mit lockerer Kohle zusetzen können, sorgfältig vermieden oder, wenn sie entstanden sind, dicht mit Bergen versetzt werden.

Im Königreich Sachsen gibt man, wo dies nötig scheint, den Strecken Schlammäntel, indem man den Raum zwischen der Türstockverschalung und den Stößen oder der Firste sorgfältig mit Schlamm ausfüllt. Auf diese Weise beugt man einer Verzettlung der Wetter durch den alten Mann vor. Den gleichen Zweck erfüllen die nur auf dem einen Streckenstoße längs des alten Mannes nachgeführten Dämme, die man aus Berge- mauern mit Flugaschenzwischenfüllung aufzuführen pflegt.

**7. — Sonstige Brände.** Die sonstigen Brände unter Tage können entweder Zimmerungsbrände in Schächten, Strecken oder anderen Räumen sein, oder es können gelegentlich Ansammlungen von brennbaren Gegenständen, z. B. von Grubenholz auf Lagerplätzen, von Putzwolle in Maschinenräumen oder von Futtermitteln in unterirdischen Pferdeställen, in Brand geraten.

In Strecken sind einfache Zimmerungsbrände verhältnismäßig selten. Sie lassen sich gewöhnlich ohne besondere Schwierigkeiten löschen und bleiben demgemäß für die Grube von geringerer Bedeutung.

Schon bedenklicher sind Brände in Maschinenräumen, Pferdeställen und Füllrtern. Hier ist besondere Aufmerksamkeit zur Verhütung der Brandgefahr erforderlich. Der Ausbau ist möglichst feuersicher zu gestalten. Als Beleuchtung dürfen nur geschlossene, nicht explosionsgefährliche Lampen benutzt werden. Vor allen Dingen aber muß Vorsicht bei der Beförderung, Handhabung und Aufbewahrung feuergefährlicher Gegenstände (z. B. von Putzwolle, Schmieröl, Futtermitteln) geübt werden. Die zu ergreifenden Maßnahmen weichen von den auch über Tage gegenüber der Brandgefahr getroffenen Vorbeugungsmaßregeln nur wenig ab.

<sup>1)</sup> Glückauf 1904, S. 609 u. f.; Brauns: Grubenbrände im Zwickauer Revier.

Von noch größerer Wichtigkeit sind die Zimmerungsbrände in Schächten, die im folgenden näher besprochen werden sollen.

**8. — Schachtbrände.** In Schächten bietet das für die Zimmerung, und zwar sowohl für den Ausbau, wie für den Einbau (Einstriche, Spurlatten) verwandte Holz dem Feuer reichliche Nahrung. Die senkrechte Richtung der Schächte begünstigt das schnelle Emporlodern der Flammen, so daß in kurzer Zeit der Brand eine große Ausdehnung erreicht haben kann. Die Bedeutung eines solchen Brandes wird dadurch erhöht, daß die Schächte gleichsam die Lebensadern der Grube sind. Durch sie geht nicht allein die Fahrung und Förderung, sondern auch der Wetterstrom. Bei einem Brande in ihnen wird der Belegschaft der Weg durch sie abgeschnitten, und außerdem wird die Grube, falls es sich um einen Brand in einem einziehenden Schachte handelt, mit giftigen Gasen erfüllt, so daß die ganze Belegschaft oder doch wenigstens diejenige einer größeren Abteilung in Gefahr kommt. Die in Ziff. 2 aufgezählten vier unheilvollen Brände sind sämtlich Schachtbrände gewesen. Nicht dringlich genug kann deshalb die sorgsamste Beobachtung der Schächte auf ihre Brandgefahr betont werden.

Die Entstehung von Schachtbränden ist öfter auf den Gebrauch offenen Geleuchtes zurückzuführen gewesen. Man sollte überall bei Ausbesserungsarbeiten in Schächten, falls nicht die vorhandene Feuchtigkeit jede Brandgefahr ausschließt, elektrische Lampen oder trotz des schlechteren Lichtes Sicherheitslampen benutzen.

**9. — Sicherheitsmaßnahmen.** Im übrigen ist der beste Schutz gegen Schachtbrände ein völlig brandsicherer Ein- und Ausbau. Der hölzerne Ausbau der Förderschächte verschwindet je länger desto mehr, und an seine Stelle tritt Mauerung und eiserner Ausbau. Der Einbau ist freilich in den meisten Fällen noch aus Holz. Ist der Schacht an

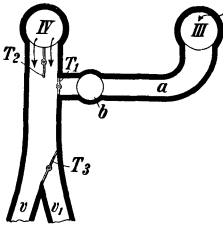


Fig. 577. Wetterumstellvorrichtung auf Zeche Shamrock III/IV.

sich trocken, so empfiehlt sich zeitweise oder dauernde Befeuchtung der Zimmerung durch herabfallendes Wasser. Will man z. B. im Winter der Eisbildung wegen solche Befeuchtung nicht anwenden, so müssen wenigstens Wasseranschlüsse vorhanden sein, um im Notfalle sofort den Schacht bewässern zu können.

Von großer Wichtigkeit sind Wetterumstellvorrichtungen, die verhüten, daß im Falle von Bränden die Gase den belegten Grubenbauen zuströmen. Eine sehr empfehlenswerte Einrichtung dieser Art findet sich auf Zeche Shamrock III/IV bei Wanne.<sup>1)</sup> Hier ist Schacht III (Fig. 577) der einziehende und Schacht IV der ausziehende Schacht. Von den beiden vorhandenen Ventilatoren, die aus den Kanälen  $v$  und  $v_1$  saugen, dient einer dem ständigen Betriebe, während der andere in Reserve steht. Die Schächte sind etwa 6 m unter Tage durch einen Hilfskanal  $a$  miteinander verbunden, der einen ungefähren Querschnitt von 4,5 qm besitzt und durch

<sup>1)</sup> Glückauf 1904, Nr. 6, S. 134 und 135; Einrichtung auf Zeche Shamrock III/IV usw.

einen Hilfschacht *b* von 2,5 m Durchmesser von der Tagesoberfläche aus erreichbar ist. Schacht IV und der Hilfschacht besitzen Verschlußhauben. Schacht III ist mit eisernen Klappen ausgerüstet, die im Falle eines Schachtbrandes niedergelassen werden und den Schacht verschließen. In dem Wetter- und Hilfskanal sind überdies die zweiflügeligen, um eine feste mittlere Achse drehbaren Türen  $T_1$ ,  $T_2$  und  $T_3$  eingebaut.

Bei gewöhnlichem Betriebe ist die Haube des Schachtes IV dicht geschlossen, und die Türen befinden sich in der aus der Figur kenntlichen Stellung. Im Falle eines Brandes in dem Schachtgebäude über dem einziehenden Schachte III läßt man die an der Rasenhängebank befindlichen eisernen Klappen niederfallen, so daß Brandgase nicht mehr in den Schacht treten können. Die frischen Wetter fallen nunmehr durch den für gewöhnlich offenen Hilfschacht ein und schlagen den Weg nach Schacht III ein, so daß dieser einziehender Schacht bleibt. Im Falle eines Brandes im Schachte III selbst wird die Wetterführung umgekehrt. Zu diesem Zwecke wird die Haube über Schacht IV gelüftet, die Tür  $T_2$ , die Haube über dem Hilfschacht und die Klappen des Schachtes III werden geschlossen, und die Tür  $T_1$  wird geöffnet. Alsdann saugt der Ventilator die Wetter aus Schacht III an, während Schacht IV einzieht.

Auch unter Tage soll man nach Möglichkeit Vorsorge treffen, daß im Falle von Bränden in einziehenden Schächten der Übertritt der Brandgase in die Grubenbaue verhindert wird. Man sieht zu diesem Zwecke in der Nähe der Füllörter brandsichere Türen vor oder trifft die erforderlichen Vorkehrungen, um nötigenfalls durch Branddämme schnell den Schacht abzuschließen.

**10. — Brände in Bremsschächten.** Eine besondere Brandgefahr besteht in den seigeren Bremsschächten, den sog. „Stapeln“, falls sie nicht von Natur feucht sind. Durch die andauernde Reibung der Bremse beim Niederlassen der vollen Wagen wird viel Wärme erzeugt, die die Temperatur in der Bremskammer steigert und eine starke Austrocknung der Zimmerung im Gefolge hat. Das Vorhandensein von Schmiere und das Hinzukommen trockenen Kohlenstaubes erhöhen die Gefahr. Ein vom Bremsband abspringender Funke oder das Erglimmen der in die Seilnut gewöhnlich eingelegten Hanfeinlage können genügen, das ausgedörrte Material binnen kurzem in Brand zu setzen.

Man sucht jetzt beim Ausbau der Bremskammern Holz möglichst zu vermeiden. Bremskranz und Bremsband macht man aus Eisen und berieselt die Bremsscheibe ohne Unterbrechung. Außerdem baut man sog. Stapelbrausen ein, die an das Berieselungsnetz angeschlossen werden. Mittels dieser Brausen kann man die Bremskammer und die Schachtzimmerung leicht von Zeit zu Zeit anfeuchten und einen etwa entstehenden Brand schnell löschen.

## 2. Bekämpfung ausgebrochener Brände.

**11. — Meldung.** Für die wirksame Bekämpfung ausgebrochener Brände ist in erster Linie die sofortige Meldung der ersten Brandanzeichen an die Betriebsleitung erforderlich. Hierauf ist angesichts der weitgehenden

Bedeutung für den ganzen Grubenbetrieb, die jedem Brande innewohnen kann, mit aller Strenge zu achten.

Flözbrände pflegen sich durch den infolge der Destillation entstehenden eigenartigen Geruch bereits einige Tage vor dem Ausbruche kenntlich zu machen.

**12. — Anwendung des Wassers und des Spülverfahrens.** Die Anwendung von Wasser zur Löschung des Brandes ist bei Flözbränden zwar gewöhnlich infolge der Unzugänglichkeit des Brandherdes unmöglich. Immerhin hat auch Wasser öfter gute Dienste getan. Namentlich Firstenbrände können unter Umständen durch Spritzen gelöscht werden. Besser lassen sich Schachtbrände, falls sie noch nicht einen zu grossen Umfang angenommen haben, durch fallendes Wasser wirksam bekämpfen.

Eine andere Anwendung des Wassers ist das Ersäufen des Brandes, das vorzüglich bei Unterwerksbauten mit durchgreifendem Erfolge benutzt werden kann. Unter Umständen müssen bei hartnäckigen Bränden auch ganze Sohlen oder die gesamte Grube unter Wasser gesetzt werden. Freilich hat das Ersäufen mehrfach nur vorübergehend zum Ziel geführt, da nach erfolgter Stimpfung der Brand wieder ausbrechen kann, falls die Ursachen bestehen geblieben sind.

Eine dritte Anwendungsart des Wassers ist die Verschlammung des Brandes mittels des Spülverfahrens. Von ihr kann man namentlich dann Gebrauch machen, wenn die vom Brande bedrohten Grubenräume ausgemauert oder betoniert sind oder noch festes Gebirge zwischen Brandherd und Strecke ansteht. Man bohrt dann die Stöße an, führt in das Bohrloch ein Rohr ein, das in beliebiger Weise gegen die Bohrlochwandung abgedichtet wird, und spült nun Lehm, Sand oder Kalkmörtel in den Brandherd, wie man dies z. B. mit gutem Erfolge auf einer chinesischen Grube der Shantung-Bergbau-Gesellschaft getan hat.<sup>1)</sup> Auch im böhmischen Braunkohlenbergbau hat man das Verfahren häufig benutzt.<sup>2)</sup> Zu einem noch durchgreifenderen Verfahren entschloß man sich auf Zeche Vondern I/II bei Oberhausen bei einem Flözbrande, der im Schachtsicherheitspfeiler selbst wütete.<sup>3)</sup> Da die zunächst versuchten Mittel der Abdämmung, der Erstickung des Brandes durch Stickgase und des Ersäufens wegen Zerklüftung des Gebirges versagten, drang man in den in einem etwa 2 m mächtigen Ablöze liegenden Brandherd selbst ein und baute unter fortwährendem Ablöschen der glühenden Kohle diese in einzelnen Abbaustößen ab, worauf man jeden einzelnen sofort mit Schlackensand zuschlammte. Die Arbeiten waren wegen der großen Hitze zwar außerordentlich schwierig, gelangen aber vollständig und führten zum Ziele.

**13. — Abdämmung.** Das gebräuchlichste Mittel ist eine schnelle und enge Abdämmung des Brandherdes, um dem Brande jede Luftzufuhr zu unterbinden und ihn durch die Brandgase selbst zu ersticken. Je

<sup>1)</sup> Glückauf 1908, Nr. 44, S. 1564; Brücher: Bekämpfung von Grubenbränden mit Hilfe des Lehm-spülverfahrens.

<sup>2)</sup> Zeitschr. d. Zentral-Verb. d. Bergb. Betriebsleiter 1910, Nr. 24; Kupka: Eine neuartige Kalkschlamm-pumpe.

<sup>3)</sup> Glückauf 1911, Nr. 46, S. 1789 u. f.; Hasse: Der Grubenbrand im Schachtsicherheitspfeiler der Schachtanlage Vondern I/II bei Oberhausen.

näher die Dämme an die Brandstelle herangerückt werden können, um so besser ist die Wirkung, mit einer um so geringeren Zahl der Dämme kommt man aus, und um so geringer ist die Beeinträchtigung des sonstigen Betriebes. Das Schlagen der Dämme geht unten, wo die frischen Wetter zuströmen, unter weniger Schwierigkeiten vonstatten als oben auf dem Abströmungswege der Brandgase. Man pflegt deshalb unten mit der Abdämmung zu beginnen, sucht aber auf der Abströmungsseite möglichst schnell zu folgen. Häufig wird man hier mit Atmungsgeräten zu arbeiten gezwungen sein (s. diese). Wo bei dem Stocken der Wetterführung nach Unterbrechung des Stromes Schlagwetterexplosionen befürchtet werden, wird darauf geachtet, daß die Dämme oben und unten gleichzeitig geschlossen werden. Man kann dann die Mannschaften auch gleichzeitig zurückziehen.

Man unterscheidet zwischen Hilfsdämmen und Dämmen für den endgültigen Abschluß.

**14. — Hilfsdämme.** Bei den Hilfsdämmen kommt es auf tunlichst schnelle Herstellung, weniger auf Haltbarkeit und völlige Wetterdichtigkeit an. Durch Schlagen der Hilfsdämme will man den Brand vorläufig einengen, um für die Herrichtung und Fertigstellung der dauernden Dämme die erforderliche Zeit zu gewinnen.

Hilfsdämme pflegt man meist aus Holz zu errichten. An zwei oder mehrere in einer Linie quer durch die Strecke aufgestellte Stempel wird ein Bretterschlag genagelt, der mit Mörtel berappt wird. Oder man stellt 2 Stempelreihen in kurzer Entfernung voneinander auf und bildet zwei Bretterschläge, um den Zwischenraum mit Letten, Lehm, Kohlenklein oder dgl. auszufüllen (Fig. 578). Auch durch Dämme aus aufgeschichtetem Pferdemit, Waschbergen usw. hat man sich vorläufig geholfen.

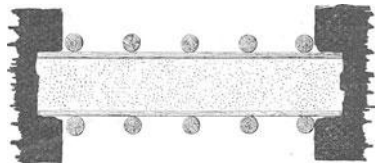


Fig. 578. Hilfsdamm, bestehend aus 2 Bretterschlägen mit Zwischenfüllung aus Letten.

Besondere Erwähnung verdient noch der tragbare Wagnersche Sicherheitsdamm.<sup>1)</sup> Er besteht aus einem Beutel aus luftdichten Stoffwandungen, der aufgeblasen etwa 40 cm breit ist und dessen Länge und Höhe den Abmessungen der abzusperrenden Strecke ungefähr entsprechen. Bänder von 40 cm Länge, die im Innern die beiden großen Wandflächen verbinden, halten den Beutel im aufgeblasenen Zustande in der richtigen Form. Mittels einer kleinen Handpumpe bläst man den Damm, der sich dabei rundum an die Streckenwandungen anlegt, in etwa 5 Minuten auf. Nach erfolgter Aufstellung kann der endgültige Damm errichtet werden.

**15. — Dämme für den endgültigen Abschluß.** Dämme für den endgültigen Abschluß pflegt man aufzumauern. Man gibt solchen Dämmen eine Stärke von etwa 0,5 m, an druckhaften Stellen aber mehr, sogar bis zu 2—3 m. Auf volles Ausfüllen aller Fugen mit Mörtel ist zu achten. Man mauert, nötigenfalls unter Zuhilfenahme von Atmungsgeräten, zweck-

<sup>1)</sup> Glückauf 1895, S. 1345.

mäßig von beiden Seiten der Mauer. Besonders ist dies wichtig, um einen guten Abschluß des Mauerwerks an die Firste zu erhalten. Damit die Leute zurück können, läßt man unten nach Fig. 579 vorläufig ein Mannloch offen, das ganz zuletzt von der freien Seite her geschlossen wird. Auch kann statt dessen ein fahrbares Rohr mit Verschlußdeckel eingemauert werden.



Fig. 579. Herstellung eines Mauerdammes mit Mannloch unter Verwendung eines Druckschlauch-Atmungsgerätes.

Wenn die Dämme ihren Zweck wirklich erfüllen sollen, so ist größter Wert auf guten Anschluß an gesundes Gebirge zu legen. Die Dämme müssen deshalb oft sehr tief in „Schlitzen“ in das Gebirge eingelassen werden. Bei Firstenbränden muß die Strecke, falls sie weiter benutzt wird, auf größere Längen in ein vollständig ringförmig geschlossenes Mauergewölbe gesetzt werden.

Statt der Mauerdämme kann man auch Dämme aus übereinander geschichteten, in der Streckenrichtung längsgelegten Hölzern von etwa 1 m Länge aufführen (Klötzeldämme), deren Fugen mit Kalk, Asche oder Letten ausgefüllt werden. Solche Dämme haben den Vorzug, bei Druck im Gebirge immer dichter zu werden.

Überall, wo Brandgefahr zu befürchten ist, muß man die Stoffe zum schnellen Schlagen der Dämme (Stempel, Bretter, Nägel, Ziegel, Mörtel, Werkzeuge usw.) vorrätig halten.

**16. — Überwachung der Dämme.** Alle Dämme müssen regelmäßig beobachtet und überwacht werden, Auch ist es zweckmäßig, die Gase des

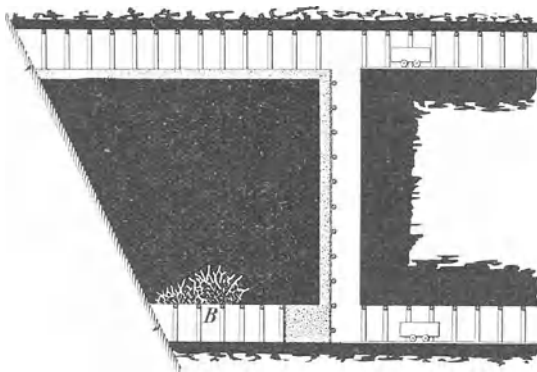


Fig. 580. Bekämpfung eines Grubenbrandes durch Einmantelung des betroffenen Feldesstückes.

Brandfeldes in bestimmten Zwischenräumen zu untersuchen. Zur Probeentnahme sind in den Dämmen Rohre mit Ventilen oder Hähnen vorzusehen. Diese dienen nötigenfalls auch dazu, den hinter den Dämmen etwa ansteigenden Gasdruck zu ermäßigen, indem man einen Teil der Gase entweichen läßt.

**17. — Stoßabdichtungen.** Bisweilen kann es gelingen, den Brand statt durch eine größere Anzahl gewöhnlicher Dämme (Querdämme) durch Stoßverkleidungen (Längsdämme), wie sie schon in Ziffer 6 erwähnt sind,

eng einzuschränken. Fig. 580 veranschaulicht einen solchen auf Zeche Shamrock I/II vorgekommenen Fall. In der Nähe einer Störung war auf einem steil stehenden Flöze ein Firstenbrand an der mit *B* bezeichneten Stelle ausgebrochen. Um nun nicht eine größere Fläche abdämmen zu müssen, mantelte man das gefährdete Feldesstück ein. Dies geschah dadurch, daß man in der unteren Strecke einen Lettendamm herstellte und von hier aus beginnend einen starken Brettverschluss in dem Überhauen hochführte, den man mit Letten dicht hinterstampfte. In der oberen Strecke wurde die Sohle nach Gewinnung eines Kohlenstreifens mit Letten aufgefüllt.

### 3. Die bei Bränden auftretenden Gase.

18. — **Brandgase, Brandwetter, Brandgasexplosionen.**<sup>1)</sup> Die in einem Brandfelde abgedämmten Gase nennt man „Brandgase“; treten diese in den Wetterstrom der Grube über, so spricht man von „Brandwettern“.

Die Brandgase sind hauptsächlich dadurch gekennzeichnet, daß in ihnen der Sauerstoffgehalt der atmosphärischen Luft vermindert, der Kohlensäure- und Stickstoffgehalt dagegen erhöht ist. Außerdem treten in den Brandgasen geringere Mengen Methan, Kohlenoxyd und schwere Kohlenwasserstoffe auf. Wasserstoff, Schwefelwasserstoff und schweflige Säure sind nur selten und dann nur in sehr geringen Mengen nachweisbar.

Insgesamt schwankt die Zusammensetzung in sehr weiten Grenzen. Der Sauerstoffgehalt sinkt unter Umständen bis annähernd auf 0 %; der Kohlensäuregehalt kann demgegenüber bis auf etwa 14 und der Stickstoffgehalt bis etwa 89 % steigen. Kohlenoxyd<sup>2)</sup> ist nicht immer, sondern nur in etwa 25 % der Fälle vorhanden. Sein Gehalt steigt in der Regel nicht über 0,8 %, nur in seltenen Ausnahmefällen ist mehr als 1 % gefunden worden. Wenn Kohlenoxyd auftritt, pflegt auch Methan vorhanden zu sein, dessen Menge in schlagwetterfreien Gruben aber nur gering ist und kaum über 1—2 % steigt. In schlagwetterführenden Gruben kann selbstverständlich ein viel höherer Methangehalt erwartet werden. Auch schwere Kohlenwasserstoffe treten in geringen Mengen in Begleitung des Methans auf.

Brandgasexplosionen sind mehrfach im Verlaufe von Bränden vorgekommen. Früher hielt man sie für Kohlenoxydexplosionen; doch erscheint das Auftreten von Kohlenoxyd in solchen Mengen, daß das Gemisch mit Luft explosibel wird, ausgeschlossen. Die Explosionen sind also auf andere brennbare Gase, insbesondere Methan und schwere Kohlenwasserstoffe zurückzuführen.

## II. Atmungsgeräte.

19. — **Einleitung.** Es kommt im Grubenbetriebe nicht selten vor, daß Arbeiten in unatembaren Gasen verrichtet werden müssen. Am häufigsten ist dies zum Zwecke der Abdämmung und z. T. auch der Löschung von Bränden der Fall. Weiter treten bisweilen Ausströmungen

<sup>1)</sup> Zeitschr. d. Oberschl. B.- u. H.-Ver. 1910, S. 387 u. f; Hauptbericht der Oberschl. Grubenbrand-Kommission.

<sup>2)</sup> Zu vgl. I. Band, 5. Abschnitt: „Kohlenoxyd“.



giftiger oder unatembarer Gase aus dem Gebirge (z. B. von Schwefelwasserstoffgas oder Kohlensäure) in solcher Stärke auf, daß die regelmäßige Wetterführung nicht genügt und der Fortbetrieb der Arbeiten auf die gewöhnliche Weise zur Unmöglichkeit wird. Nach größeren Unglücksfällen, wie Grubenbränden, Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen, kommt es ferner darauf an, möglichst schnell in die Nachschwaden vorzudringen, um Verletzte und Betäubte zu retten oder um durch Wiederherstellung einer geordneten Wetterführung der vielleicht abgeschnittenen und gefährdeten Belegschaft eines Feldesteils Hilfe zu bringen. Diese Aufgaben haben die Einführung von sog. Atmungs- oder Rettungsgeräten zur Folge gehabt.

Vorläufer der Atmungsgeräte waren die einfachen Atmungsmasken, die als Filter zum Auffangen von Staub oder, mit Natronkalk oder Essig getränkt, zur teilweisen Befreiung der Einatemluft von der Kohlensäure dienen sollten. Diese Atmungsmasken konnten freilich keine Bedeutung erlangen, weil sie bei Anwesenheit giftiger Gase ( $H_2S$ ,  $CO$ ) deren Einatmung nicht verhinderten und der Träger auf das Vorhandensein einer immer noch atembaren Luft mehr oder minder angewiesen war. Die neueren Atmungsrichtungen lassen sich wie folgt einteilen:

1. Schlauchgeräte,
2. Behältergeräte ohne Wiederbenutzung der Ausatemluft,
3. Behältergeräte mit Wiederbenutzung der Ausatemluft; sie werden meistens Sauerstoffgeräte genannt, da sie in ihren Behältern nicht gewöhnliche Luft, sondern Sauerstoff zu enthalten pflegen.

Eine größere Bedeutung haben nur die unter 1. und 3. genannten Vorrichtungen erlangt.

### 1. Schlauchgeräte.

**20. — Saugschlauchgeräte.** Ein Saugschlauchgerät besteht aus einem einfachen Schlauche, dessen eines Ende mit einem Mundstück und 2 Lippenventilen ausgestattet ist. Eine die Augen vor dem beizenden Rauche schützende Brille pflegt die Ausrüstung des Mannes zu vervollständigen (Fig. 581). Der Träger saugt die Luft mit der Lunge durch den Schlauch aus einem nicht vergasten Raume über das Einatemventil *a* (Fig. 582) an und atmet sie über das Auslaßventil *b* wieder ins Freie aus. Naturgemäß ist die Länge des Schlauches wegen der Atmungswiderstände sehr beschränkt und beträgt nicht mehr als 10 bis höchstens 20 m. Schon bei derartigen Entfernungen, die ja in der Regel für den Grubenbetrieb viel zu gering sind, ist die Atmung behindert, so daß der Mann schwere Arbeiten nicht ausführen kann. Aus diesem Grunde haben die Saugschlauchgeräte größere Verbreitung nicht gefunden.

**21. — Druckschlauchgeräte.** Besser haben sich dagegen die Druckschlauchgeräte bewährt. Sie bestehen aus Blasebalg, Schlauch und Gesichtsmaske oder Helm. Die früher statt der Maske oder des Helmes benutzten Mundstücke, die zur Verhütung eines zu großen Luftüberdruckes die Einschaltung eines sog. Atmungsreglers (es ist dies ein Druckverminderungsventil) notwendig machten, hat man neuerdings ganz verlassen. Der Blasebalg muß in guten Wettern aufgestellt werden. Mit seiner Hilfe

drückt der Bedienungsmann dem Träger der Atmungsrichtung frische Luft nach, so daß dessen Atmungstätigkeit von der Arbeit des Ansaugens entlastet wird. Die Anpassung der Luftlieferung an den Bedarf des Atmenden wird meist durch Signale ermöglicht.

Der Blasebalg ist gewöhnlich doppelt wirkend und in einem geschlossenen Gehäuse untergebracht, so daß er nur wenig Platz beansprucht. Meist wird seine Betätigung dadurch erleichtert, daß das Gehäuse liegend angeordnet wird, der Bedienungsmann auf ihm sitzt und einen hin und herschwingenden Hebel bewegt (vgl. Fig. 583 auf S. 584). Auch Luftpumpen können benutzt werden; jedoch sind diese teurer, weniger betriebsicher und erfordern größere Kraftanstrengung.

Die Gesichtsmaske besteht aus Blech, die Augenöffnungen sind mit einem Drahtgewebe überspannt. Am Rande der Maske befindet sich als Abdichtung ein aufblasbarer Gummischlauch (Pneumatik). Der statt der Maske

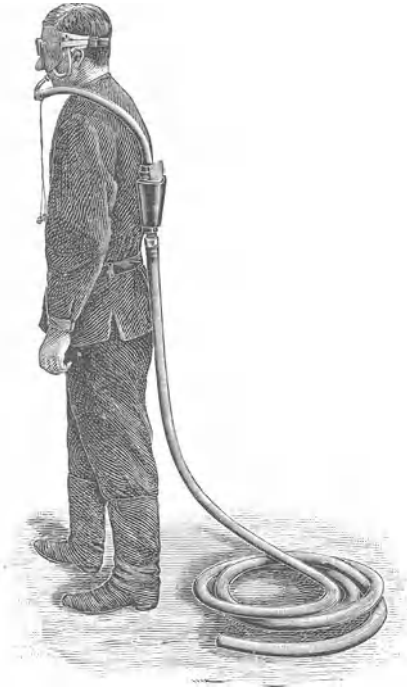


Fig. 581.  
Saugschlauchgerät der Hanseatischen  
Apparatebaugesellschaft.



Fig. 582.  
Ein- und Aus-  
atemventil  
an einem Saug-  
schlauchgerät.

benutzte Helm (auch Rauchkappe genannt) besteht gewöhnlich aus Leder, ist vorn mit aufklappbaren Fenstern versehen und schließt mit einem breiten Halskragen an die Schultern an. Die Abdichtung am Halse geschieht mit einer Schnur. Weder bei der Maske noch bei der Rauchkappe braucht auf besonders gute Abdichtung Bedacht genommen zu werden. Das Eindringen giftiger oder unatembarer Gase in das Innere der Maske oder des Helmes wird vielmehr schon dadurch verhütet, daß die in reichlichem Überschuß nachgedrückte Frischluft zusammen mit der Ausatemluft in ununterbrochenem Strome durch die Undichtigkeiten (bei der Maske insbesondere auch durch die vor den Augen befindlichen Drahtsiebe) ins Freie entweicht. Der Schlauch mündet an Maske oder Helm in der Nähe des Mundes des

Trägers aus, so daß der Mann frei mit der Nase atmen kann und weder Nasenklemme noch Mundstück gebraucht.

Durch Verwendung eines genügend weiten Hauptzuführungsschlauches, an den mehrere Schläuche angeschlossen werden, und eines entsprechend großen Blasebalges wird es ermöglicht, auch mehrere Leute gleichzeitig an eine Hauptleitung anzuschließen (Fig. 583).

Derartige Druckschlauchapparate werden namentlich von der Firma C. B. König in Altona und der Hanseatischen Apparatebauanstalt in Hamburg, sowie von der Maschinenfabrik Westfalia in Gelsenkirchen und von O. Neupert Nachfolger in Wien geliefert. Die Einrichtung von König, die den Erfordernissen des Grubenbetriebes gut angepaßt ist, ergibt sich aus Fig. 583. Die Leute tragen leichte Leder-



Fig. 583. Königsche Druckschlauch-Atmungsgeräte für Nasenatmung, nebst Luftschlauch und Blasebalg.

kappen, in welche die Luftschläuche mit je 2 Zweigschläuchen einmünden. Der Schlauch wird auf eine Trommel aufgewickelt und mit dieser in einen Kasten gesetzt, der nebst dem Blasebalgbehälter in einem gewöhnlichen Förderwagen Platz findet. (Vgl. übrigens auch Fig. 579 auf S. 580.)

Solche Vorrichtungen ermöglichen ein Vordringen des Mannes auf Entfernungen bis zu 200 m von der Entnahmestelle der frischen Luft aus. Für größere Abstände wird das Nachziehen des Schlauches zu lästig und die Gefahr für den Mann im Falle einer Zerstörung oder Verklemmung des Schlauches zu groß. Wenn so die Entfernung, in der das Gerät benutzt werden kann, begrenzt ist, so ist andererseits die Benutzungsdauer unbeschränkt, insofern der Träger bis zu den Grenzen seiner Arbeitsfähigkeit überhaupt Arbeit leisten kann.

**22. — Anderweitige Luftzuführung.** Da überall in einer neuzeitlichen Steinkohlengrube Druckluftleitungen vorhanden zu sein pflegen, so liegt

der Gedanke nahe, durch Anschluß an die Druckluft mit Hilfe besonderer Zweigleitungen den Arbeitern die erforderliche Atmungsluft zuzuführen, was auch öfter mit gutem Erfolge geschehen ist. Dabei muß naturgemäß zwischen Luftleitung und Schlauch ein Ventil eingeschaltet werden, um durch Drosselung den Luftüberdruck nach Bedarf herabdrücken zu können. Diese Drosselung reicht aus, so daß ein besonderes Druckverminderungsventil fortfällt; sie muß um so mehr vermindert werden, je höher der Luftwiderstand im Schlauche mit zunehmender Länge desselben anwächst.

Um möglichst schnell und an jeder beliebigen Stelle den Anschluß herstellen zu können, verwendet Bergwerksdirektor G. A. Meyer in Herne einfache Schellenbänder, die um die Rohrleitung gelegt und durch Schrauben angezogen werden, nachdem mit Hilfe eines Stahldorns ein Loch in die Rohrleitung geschlagen ist, an das der Schlauch anschließt.

Außerdem hat man vorgeschlagen, auf solchen Gruben, die mit einem Berieselungsrohrnetz ausgerüstet sind, dieses mit dem Preßluftnetz zu verbinden, da in der Regel die Berieselungsrohre an mehr Betriebspunkten vorhanden sind als die Luftleitung. Man kann dann nötigenfalls aus der Luftleitung Preßluft in das Wasserrohrnetz gelangen lassen, nachdem aus der in Frage kommenden Strecke des letzteren das Wasser abgelassen ist. Allerdings kann in vielen Fällen nicht mit den Rohrleitungen gerechnet werden, da diese bei größeren Unglücksfällen, in denen man mit Atmungsgeräten arbeiten muß, häufig zerstört sein werden.

Auch hat man wohl Leute, die in schädliche Gase vordringen sollten, mit einer Tuchwetterlutte ausgerüstet, die mit Hilfe einer besonderen Öffnung vorne über den Kopf des Vordringenden gezogen wurde, so daß dieser sich stets in dem durch die Wetterlutte geblasenen frischen Luftstrom befand. Jedoch können solche Einrichtungen nur ganz untergeordnet Verwendung finden, da die Bewegungsfreiheit des Vordringenden durch die Lutte zu stark eingeschränkt wird.

## 2. Behältergeräte ohne Wiederbenutzung der Ausatmungsluft.

23. — **Ältere Ausführungen.** Der Grundgedanke dieser Behältergeräte ist der, daß Atmungsluft in einem Behälter mitgeführt und durch einen Schlauch dem Träger zugeführt wird. In der früheren Ausführungsform bestanden solche Vorratbehälter aus einem mit Luft gefüllten Ledersack oder einem Stahlbehälter, der mit gepreßter Luft gefüllt und infolgedessen eine größere Luftmenge herzugeben imstande war. Die ausgeatmete Luft wurde dabei entweder in den Sack zurückgeatmet, so daß dessen Luftinhalt sich rasch verschlechterte, oder mit Hilfe eines Ventils in die freie Atmosphäre ausgeatmet, wogegen ein zweites Ventil als Saugventil den Zutritt der Luft aus dem Behälter in den Atmungsschlauch vermittelte. Mit Rücksicht auf das große Gewicht derartiger Apparate und die trotzdem nur geringe Benutzungsdauer ist man heute von ihnen abgekommen.

Eine andere Ausführungsform desselben Gedankens ist die Vorrichtung des österreichischen Ingenieurs Wanz, bei der an Stelle der Luft ein mit hochgespanntem Sauerstoff gefüllter Behälter mitgeführt wird. Und zwar ist dieser Behälter, um bei möglichst großem Fassungsraum genügend



Gummiball zum Aufblasen des Abdichtungsschlauches und die Fensteröffnungen mit Wischer erkennbar. Die Ausatemluft fließt (Fig. 584) wieder zum Behälter der flüssigen Luft zurück, den sie in einem Rippenrohre durchströmt, um hier ihre Wärme abzugeben. Auf diese Weise soll bei starker Arbeitsleistung und beschleunigter Atmung auch die Vergasung vermehrt und zwischen ihr und dem jeweiligen Luftbedarfe des Mannes eine Wechselwirkung hergestellt werden. Alsdann gelangt die Ausatemluft in einen Atmungsack, aus dem sie bei genügendem Überdrucke durch ein federbelastetes Glimmerrückschlagventil ins Freie ent-

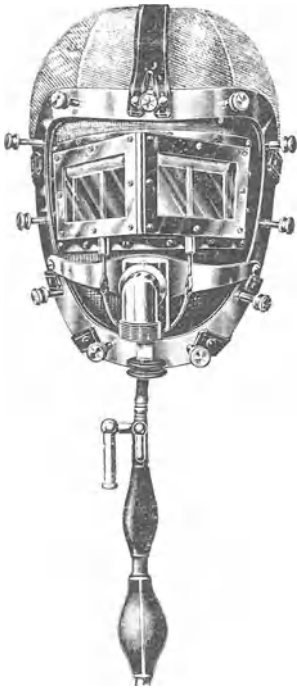


Fig. 585. Gesichtsmaske des Atmungsgerätes Aerolith.

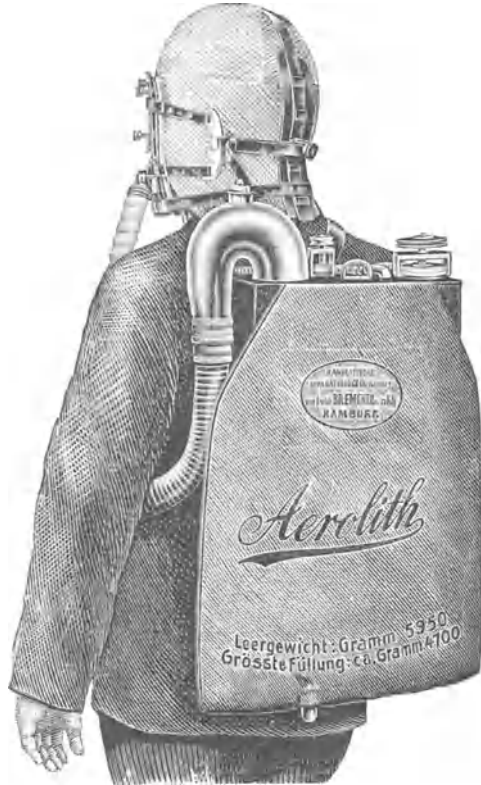


Fig. 586. Ansicht des Atmungsgerätes Aerolith.

weicht. Der Atmungsack dient als Vorratsbehälter für den Fall, daß die Gasentwicklung für Augenblicke ungenügend sein sollte. Die in ihm befindliche Luft ist zwar schon mit Kohlensäure angereichert, immerhin aber, da nicht alle vergaste Luft für die Atmung benötigt worden ist, nicht in solchem Maße, daß sie unatembar wäre.

Die Benutzungsdauer des Aëroliths berechnet sich aus dem verfügbaren Vorrat an flüssiger Luft und der Schnelligkeit der Vergasung, bezw. dem Luftbedarfe des Mannes. Der Behälter faßt bis zu 5 l oder 5 kg flüssige Luft. Da 1 cbm Luft bei 0° C und 760 mm Druck 1,293 kg wiegt, würden nahezu 4000 l vergaster Luft zur Verfügung stehen. Bei

30 l minutlicher Vergasung, die den durchschnittlichen Luftverbrauch des Mannes reichlich decken (s. Ziff. 27), würde also die Gebrauchsdauer über 2 Stunden betragen. Diese Rechnung hat aber keine große Bedeutung, da die Schnelligkeit der Vergasung nicht beliebig geregelt werden kann. Bewegt sich der Mann mit dem Atmungsgerätee viel, so daß die Flüssigkeit immer von neuem mit den verhältnismäßig warmen Behälterwandungen in Berührung kommt, so setzt eine stürmische Vergasung ein, die mehrfach so groß als die gewöhnliche sein kann. Auch die oben erwähnte Wechselwirkung zwischen der jeweiligen Atmungstätigkeit des Mannes und der Vergasung ist tatsächlich in genügender Gleichmäßigkeit nicht vorhanden, da die Aufnahmefähigkeit des Heizrohres für die Wärme der Ausatemungsluft infolge von Eisbildung leidet. Deshalb fehlt bei längerer Benutzung die sichere Gewähr dafür, daß noch eine bestimmte Menge flüssiger Luft zu einem gegebenen Zeitpunkte vorhanden ist.

Auch sonst leidet der Äerolith an Schwierigkeiten, die mit der Natur der flüssigen Luft verknüpft sind. Die Temperatur der Flüssigkeit liegt außerordentlich tief, nämlich bei etwa  $-190^{\circ}\text{C}$  und kann in keinem Falle erhöht werden. Denn diese Temperatur ist die „kritische Temperatur“, oberhalb deren die Luft als Flüssigkeit nicht mehr bestehen kann. Jede stärkere Wärmezufuhr zur Flüssigkeit äußert sich also in einer sofort einsetzenden lebhaften Verdampfung. Aus diesem Grunde darf die flüssige Luft nicht in fest verschlossenen Gefäßen aufbewahrt werden, da sonst bei Erreichung der kritischen Temperatur die Flüssigkeit in ihrer ganzen Menge vergasen und den Behälter sprengen würde. Aus dem gleichen Grunde ist ferner die dauernde Aufbewahrung flüssiger Luft ausgeschlossen, da die ununterbrochene Verdampfung bald der hergestellten Flüssigkeit ein Ende bereitet. Am besten haben sich für die Aufbewahrung doppelwandige, oben offene Flaschen nach Dewar bewährt, bei denen durch den luftleer gemachten Zwischenraum zwischen beiden Wänden eine Isolierschicht hergestellt wird; außerdem sind diese Flaschen außen mit einer Versilberung versehen, wodurch die äußeren Wärmestrahlen zurückgeworfen und am Eindringen in das Innere verhindert werden. Der Verschuß besteht nur in einem lose aufgesetzten Filzstopfen. In derartigen Flaschen kann sich die Luft unter allmählicher Vergasung 14 Tage halten.

Diese Umständlichkeit der Aufbewahrung zwingt dazu, auf der Grube selbst oder doch in deren Nähe eine Luftverflüssigungsanlage einzurichten und in Betrieb zu halten, um in jedem Augenblicke über die erforderlichen Mengen flüssiger Luft verfügen zu können.

Auf die fehlende Regelbarkeit der Vergasung und den Nachteil der Vereisung einzelner Leitungen ist schon oben hingewiesen worden. Von dem letzteren Übelstande werden insbesondere die Leitungen für die Ausatemungsluft betroffen. Die aus der Lunge mitgeführte Feuchtigkeit schlägt sich nämlich an den kalten Wandungen der Leitungen als Eis nieder und verengt allmählich ihren Querschnitt. Es müssen deshalb von Zeit zu Zeit die Leitungen durch Wischer gereinigt werden, wofür besondere Reinigungsstutzen (Fig. 584) vorgesehen sind.

Wenn man alle diese in der Natur der Flüssigkeit liegenden und deshalb unvermeidlichen Schwierigkeiten berücksichtigt, so erscheint der

Schluß gerechtfertigt, daß der Aërolith trotz der in seiner Einfachheit und Billigkeit liegenden Vorzüge bis auf weiteres jedenfalls kein allgemein verwendbares Atmungsgerät für Bergwerke werden, sondern daß seine Benutzung wohl auf solche Arbeitstätten beschränkt bleiben wird, wo flüssige Luft aus anderen Gründen bereitet und dauernd vorrätig gehalten wird.

### 3. Behältergeräte mit Wiederbenutzung der Ausatemungsluft.

#### Sauerstoffgeräte.

**25. — Allgemeines.** Diese Vorrichtungen beruhen auf dem Gedanken, daß der Sauerstoffgehalt der Einatemungsluft durch die Tätigkeit der Lunge bei weitem nicht gänzlich zu Kohlensäure umgewandelt wird. Wenn also die Kohlensäure aus der Ausatemungsluft beseitigt wird, so läßt sich die ausgeatmete Luft wieder mit Nutzen für die Einatmung verwenden, namentlich dann, wenn das für die Atmung benutzte Gas an sich sauerstoffreich ist oder, wie es in diesem Falle die Regel ist, völlig aus reinem Sauerstoff besteht. Man kann so den verfügbaren Sauerstoffvorrat gut ausnutzen und erzielt den Vorteil, daß man mit einer kleinen Menge verhältnismäßig lange auskommt.

Geräte dieser Art gliedern sich in solche mit gasförmigem oder solche mit chemisch gebundenem Sauerstoffvorrat.

#### Geräte mit gasförmigem Sauerstoffvorrat.

**26. — Einleitende Bemerkungen.** Eine AtmungsVorrichtung mit gasförmigem Sauerstoffvorrat und Wiederausnutzung der AusatemungsLuft ist bereits i. J. 1853 in allen Einzelheiten, wie sie ähnlich jetzt ausgeführt werden, von Professor Schwann in Lüttich angegeben worden.<sup>1)</sup> Die von ihm und später von Fleuß gebauten Geräte waren allerdings den Bedürfnissen ihrer Zeit weit vorausgeeilt. Größere Beachtung fanden die Vorrichtungen erst in den 90er Jahren des vorigen Jahrhunderts. Die einzige wirklich wesentliche Verbesserung, die die Schwannsche AtmungsVorrichtung später erfahren hat, ist durch den Branddirektor Giersberg in Berlin hinzugefügt worden und besteht in einer Strahldüse, die in Verbindung mit einem Druckverminderungsventil ohne Zutun des Trägers einen Kreislauf der AtmungsLuft durch die einzelnen Teile der Vorrichtung zuwebringt.

Durch die letztere Erfindung sind die früheren Geräte ohne Luftumlauf, die unter dem Namen Pneumatophoren bekannt sind, so überholt worden, daß sie heute als veraltet angesehen werden können. Nur die mit Sauerstoff in chemisch gebundener Form arbeitenden sog. Pneumatogene (s. Ziff. 36) müssen auch heute noch auf einen selbständigen Kreislauf der Luft verzichten.

Demgemäß setzt sich ein Sauerstoff-Atmungsgerät mit Wiederbenutzung der AusatemungsLuft aus drei Hauptteilen, dem Sauerstoffbehälter, der Einrichtung für die Bindung der Kohlensäure und der Strahldüse nebst Druckverminderungsventil zusammen. Hinzu kommen die Hilfsvorrichtungen, insbesondere der AtmungsSack, die Kühl-

<sup>1)</sup> Rev. univ. d. min. 1877, 2. Série, S. 147—150; Habets: Moyens de prévenir les explosions de grisou etc.



vorrichtung, das Manometer, die Verbindungsschläuche und die Einrichtungen für Mund- oder Nasenatmung.

**27. — Luftverbrauch des Menschen.** Zahlreiche Beobachtungen haben ergeben, daß der Luftverbrauch eines erwachsenen Menschen sich unter normalen Verhältnissen auf etwa 6 l in der Minute beläuft. Jedoch ist zu berücksichtigen, daß dieser Verbrauch bei Beschleunigung der Atmung wesentlich gesteigert wird, so daß man bei mäßigen Anstrengungen schon mit einem Luftverbrauch von 10—20 l i. d. Min. und für Zeiten starker Anstrengung sogar mit einem solchen von 30—50 l rechnen kann.<sup>1)</sup>

Was die Atmung in gewöhnlicher Luft betrifft, so besteht die Einatemungsluft fast ausschließlich aus Sauerstoff und Stickstoff, wozu nur etwa 0,04 % Kohlensäure kommen; dagegen beträgt in der ausgeatmeten Luft der Kohlensäuregehalt etwa 4 %. Derartige Luft kann ohne größere schädliche Wirkungen nur noch kurze Zeit eingeatmet werden. Allerdings wirkt sie weniger schädlich, wenn ein Teil des Stickstoffs der Luft noch durch Sauerstoff ersetzt wird, wie das in diesen Vorrichtungen durch den Sauerstoffzusatz geschieht (vgl. die Luftanalysen weiter unten, S. 595).

Berücksichtigt man, daß bei der angestrengtesten Atmung, wenn man also minutlich 50 l Luft ein- und ausatmet, in derselben Zeit nur 2 l CO<sub>2</sub> erzeugt oder ebensoviel Sauerstoff verbraucht wird, so ergibt sich, daß bei voller Wiederausnutzung der Ausatemungsluft höchstens eine Sauerstoffmenge, die dem angegebenen Betrage gleichkommt, durch künstliche Zufuhr hinzuzufügen ist. Für 2 Stunden = 120 Minuten sind also 240 l Sauerstoff nötig, während im übrigen, um die Lunge genügend füllen zu können, die immer wieder von der Kohlensäure befreite Luft im Kreislaufe verbleiben muß. Für die Lunge ist die Einatmung reinen Sauerstoffs statt der Luft bei atmosphärischem Drucke ohne jede schädliche Wirkung; vielmehr übt der Sauerstoff in Fällen von Bewußtlosigkeit sogar eine belebende Wirkung aus (vgl. Ziff. 44).

**28. — Die Sauerstoffbehälter.** Die zur Mitführung des Sauerstoffvorrates notwendigen Behälter sind Stahlflaschen, die auf einen Druck bis 200 Atm. geprüft sind und deren Inhalt im allgemeinen 1,1 l beträgt. Eine solche Flasche wird bei einem Druck von 120 Atm. 132 l Sauerstoff fassen können. Da zwei solche Flaschen ohne zu große Belastung des Trägers mitgeführt werden können, so verfügt derselbe sodann über einen Sauerstoffvorrat von rund 260 l, der nach dem Gesagten für 2 Stunden voll ausreichen wird. Die Flaschen werden durchweg auf dem Rücken des Mannes angebracht, und zwar in aufrechter oder liegender Stellung.

Verschiedentlich hat man den ganzen Sauerstoffvorrat in einer Flasche untergebracht. Das hat jedoch den Nachteil, daß man eine große und unhandliche Flaschenform erhält, welche die Bewegungsfreiheit des Mannes stärker beeinträchtigt. Außerdem bietet die Verwendung von 2 Flaschen die Möglichkeit, eine Flasche für den Hinweg und die andere für den Rückweg auszunutzen. Der Mann wird also, wenn er bemerkt, daß die erste Flasche erschöpft ist, gewarnt und darauf aufmerksam gemacht, daß

<sup>1)</sup> Glückauf 1904, S. 1332; Dräger: Neue Untersuchungen über die Erfordernisse eines zur Arbeit brauchbaren Rettungsapparates.

er an den Rückzug denken muß. Allerdings ist dieser Gesichtspunkt, wenn man den Mann in die Lage setzt, das Manometer (s. unten) bequem beobachten zu können, oder wenn diese Beobachtung durch einen besonderen Aufsichtsmann erfolgt, von geringerer Bedeutung.

**29. — Bindung der Kohlensäure.** Für die Beseitigung der Kohlensäure bedient man sich des Ätzkalis und Ätznatrons, die sich durch Aufnahme von Kohlensäure leicht in kohlen-saures Kali (Pottasche) und kohlen-saures Natron (Soda) umwandeln. Die Verbindung geht bei dem Ätzkali nach folgender Gleichung vor sich:  $2 KOH + CO_2 = K_2CO_3 + H_2O$ . Man benutzt die Ätzalkalien in fester Form. Um eine große Angriffsfläche zu erhalten, verwendet man sie in feinkörnigem Zustande und lagert sie in dünnen Schichten, die vom Luftstrom im langen Zickzackwege bestrichen werden. Die Ätzkalikörner befinden sich in geschlossenen Behältern, den sog. Patronen, und werden so in das Atmungsgerät eingesetzt. Auf diese Weise hat man den Vorteil, daß die Behälter in der Fabrik gefüllt werden, also eine stets gleich große Füllung erhalten, und daß ferner durch die Aufbewahrung unter Luftabschluß eine Verschlechterung der wirksamen Masse durch die Luft verhindert wird. Jede Patrone ist für eine bestimmte Benutzungsdauer berechnet, so daß man Halbstunden-, Einstunden-, Zweistunden- und Dreistunden-Geräte durch Einsetzung von entsprechend großen Patronen herstellen kann.

Ein Übelstand der Verwendung von Ätzalkalien ist der, daß sie im Laufe der Benutzung mehr und mehr feucht werden und schließlich eine Lauge entstehen lassen, welche die festen Stücke umgibt und ihre Zersetzung hindert. Einerseits wird nämlich bei dem chemischen Umsetzungsvorgang, wie sich aus der oben angeführten Gleichung ergibt, Wasser gebildet, andererseits sind die Ätzalkalien hygroskopisch, saugen also Feuchtigkeit aus der Atmungs-luft auf. Man kann diesen Übelstand dadurch mildern, daß man der Füllung poröse Stoffe beigibt, wie z. B. Löschpapiereinlagen oder dgl. Jedoch ist er bei den neueren Apparaten mit Patronen auf ein geringes Maß herabgedrückt, da in diesen, wie sich aus den unten folgenden Beschreibungen ergeben wird, die einzelnen Körner auf einer Anzahl von Böden mit genügenden Luftzwischenräumen ausgebreitet liegen, so daß der Luftzutritt der denkbar bequemste ist.

**30. — Strahldüse und Druckverminderungsventil (Automat).** Die Strahldüse (der Injektor) besteht aus einer einfachen Düse mit feiner Öffnung, durch die der Sauerstoff mit großer Geschwindigkeit ausströmt und dabei die von der Kohlensäure befreite Luft in dem umgebenden Rohre mit sich reißt. Durch die Strahldüse wird der Geräteträger hinsichtlich der Atmung entlastet. Der Atmungsvorgang ist nämlich, da die Luft die Ätzkalipatrone in einer Anzahl von Zickzackwindungen auf einem langen Wege durchströmen muß, um möglichst gründlich gereinigt zu werden, wegen der dadurch bedingten Widerstände an sich mühsam. Außerdem ermöglicht der Injektor durch die beschleunigte Luftbewegung, die er herbeiführt, eine raschere Beseitigung der ausgeatmeten Luft, so daß der Atmende möglichst wenig von dieser beim nachfolgenden Einatmen zurückatmet.

Zwischen Sauerstoffflasche und Strahldüse ist ein Druckverminderungsventil geschaltet, das den Druck des ausströmenden Gases auf 7—8 Atm. unmittelbar vor der Strahldüse herabsetzt. Auf diese Weise wird nahezu während der ganzen Benutzungsdauer des Gerätes eine völlig gleichmäßige Gasausströmung erreicht.

Strahldüse und Druckverminderungsventil werden stets zusammen geliefert, und zwar in der Regel unter einem gemeinsamen Bleiplombenverschluß, damit sie nicht verstellt werden können. Beide Teile sind nämlich sehr empfindlich, und von ihrer tadellosen Wirkung hängt die Sicherheit des Trägers wesentlich ab, da geringe Änderungen in der Öffnung des Druckverminderungsventils und der Düsenöffnung des Injektors die Sauerstoffzufuhr in bedenklichem Maße beeinflussen. Erhält der Injektor zu wenig Druck oder ist seine Öffnung zu eng, so wird seine Saugkraft zu sehr geschwächt und daher dem Atmenden zu wenig Sauerstoff zugeführt, wogegen bei zu starkem Druck oder zu weiter Öffnung die Sauerstoffentnahme zu sehr gesteigert und daher die Benutzungsdauer des Geräts zu sehr eingeschränkt wird.

Man nennt diese beiden Teile zusammen den „Automat“.

**31. — Hilfsvorrichtungen.** a) Der Atmungsack. Zwischen Mund und Luftreiniger wird in der Regel ein Sack aus gummiertem Stoff, der sog. Atmungsack, eingeschaltet, der gewöhnlich aus 2 Teilen besteht, von denen der eine zur Aufnahme der ausgeatmeten Luft, der andere zur Aufnahme der gereinigten und dem Atmenden wieder zuzuführenden Luft dient. Durch diesen Zwischenbehälter wird ein Ausgleich geschaffen und der Kreislauf der Luft etwas verlangsamt, so daß sie Zeit erhält, eine gleichmäßige Beschaffenheit anzunehmen und sich etwas abzukühlen. Da im Atmungsack ein schädlicher Überdruck entstehen kann, so wird der Sack stets mit einem Abblaseventil ausgerüstet, das nach Überschreitung des zulässigen Druckes der überschüssigen Luft den Ausweg gestattet.

b) Die Kühlvorrichtung. Bei der Reinigung der Luft von Kohlensäure im Regenerator wird Wärme erzeugt, welche sich zu der an sich schon in der ausgeatmeten Luft enthaltenen Wärme hinzugesellt und dadurch den Mann stark belästigen würde, wenn man sie nicht verringern könnte. Letzteres geschieht durch eine besondere Kühlvorrichtung, in der man die aus der Patrone kommende Luft mit einer möglichst großen Oberfläche der kühlenden Wirkung der äußeren Luft aussetzt. Von der Firma „Drägerwerk“ in Lübeck werden zu diesem Zwecke Hohlzylinder benutzt, in denen sich die warme Luft nur langsam bewegt und so längere Zeit der Kühlwirkung der äußeren Wandungen ausgesetzt wird. Von anderen Firmen (z. B. der Westfalia zu Gelsenkirchen) werden Rohre verwendet, welche in einer Länge von ca. 1 m um das Gerät herumgeführt werden und so eine große Berührungsfäche zwischen Innen- und Außenluft darbieten.

c) Das Manometer. Zur Überwachung des in den Sauerstoffflaschen allmählich abnehmenden Druckes ist ein Manometer unerlässlich. Es ist meist unmittelbar an den Flaschen auf dem Rücken des Trägers angebracht. Die Beobachtung muß durch einen zweiten Mann erfolgen. Es wird dies der Führer des mit Atmungsgeräten ausgerüsteten Trupps

sein, da ja die Leute in der Regel in Gruppen (Ziff. 45) vorgehen. Bei manchen Vorrichtungen ist zwischen Manometer und Sauerstoffflasche ein Schlauch geschaltet, der gestattet, das Manometer auf der Brust im Sehbereiche des Mannes zu tragen.

d) Die Schläuche und sonstigen Bestandteile. Schläuche verbinden die einzelnen Teile des Atmungsgerätes miteinander. Lösbare Kuppelungen gestatten ein leichtes Zusammensetzen und bequemes An- und Ablegen des Gerätes.

Zum Auffangen des Speichels, der den Träger belästigen und, falls er bis in die Patrone gelangt, die Ätzkalikörner verflüssigen würde, ist gewöhnlich ein Speichelfänger, bestehend in einem senkrechten Stutzen angebracht.

Das Gerät wird bisweilen noch durch eine Fernsprecheinrichtung vervollständigt.

**32. — Nasen- oder Mundatmung.** Während man bei den Saugschlauchgeräten stets Mundatmung, bei den Druckschlauchgeräten ebenso wie bei dem Aërolith gewöhnlich Nasenatmung anzuwenden pflegt, ist bei den Sauerstoffgeräten sowohl die Nasen- wie die Mundatmung gebräuchlich. Im ersteren Falle ergibt sich die Notwendigkeit, den Kopf des Mannes mit einem Helme zu umgeben, in den der von der Sauerstoffflasche und der Luftreinigung herführende Schlauch einmündet.

Der Helm besteht in der Regel aus starkem Leder. Er muß mit Fenstern für die Augen versehen werden. Diese Öffnungen werden zweckmäßig durch Glimmer statt durch Glasscheiben geschlossen gehalten, da letztere bei der Bekämpfung von Bränden durch die strahlende Hitze zum Springen gebracht werden könnten. Die Reinigung der Fenster wird durch Wischer ermöglicht, die von außen betätigt werden. An das Gesicht wird der Helm durch einen Gummiwulst oder einen aufzublasenden Gummischlauch, die sog. „Pneumatik“, dicht angeschlossen. Für die Metallteile wird zur Verringerung des Gewichtes Aluminium oder Magnalium verwandt.

Bei der Mundatmung wird der Doppelschlauch, der die frische Luft zu- und die ausgeatmete Luft ableitet, bis in den Mund des Trägers geführt und endet hier in einem „Mundstück“, das durch entsprechende Ansätze zwischen Lippen und Zähnen festgehalten wird. Damit Atmung durch die Nase mit Sicherheit ausgeschlossen ist, muß diese gegen die äußere Atmosphäre verschlossen werden. Das geschieht entweder durch eine Klemmvorrichtung, die auf die Nase gesetzt wird, oder durch Stopfen, die in die Nasenlöcher hineingesteckt werden.

Der Helm bietet den Vorteil, daß er dem Manne die gewohnte Atmung gestattet und infolgedessen ihm ein Gefühl der Sicherheit gibt. Dieses Sicherheitsgefühl wird noch dadurch erhöht, daß der Kopf geschützt und der Helm ständig mit einem Vorrat von frischer Luft gefüllt ist. Andererseits belastet der Helm den Mann und schränkt sein Sehfeld und seine Bewegungsfreiheit ein, bewirkt auch eine stärkere Erwärmung des Kopfes, dessen Wärme nicht genügend ausstrahlen kann.

Die Mundatmung gibt dem Manne das Gefühl der Freiheit, so daß sie von geübten Leuten vorgezogen wird. Freilich ist dabei für einen

sicheren Nasenverschluß Sorge zu tragen, damit nicht durch die Nase schädliche Gase eingeatmet werden, die unter Umständen schon nach einigen Atemzügen zur Bewußtlosigkeit führen können. Gut bewährt hat sich die Nasenklemme von Siegel in Ölsnitz (Erzgeb.), die die Besonderheit besitzt, daß sie mit dem das Mundstück haltenden Riemen verbunden ist und in keinem Falle verloren gehen kann.

**33. — Das Zusammenwirken der Teile bei den Sauerstoffatmungsgeräten.** Die allgemeine Wirkungsweise der Sauerstoff-Atmungsgeräte geht aus der schematischen Darstellung in Fig. 587<sup>1)</sup> hervor, die ein Dräger-Gerät für Mundatmung erläutert. Die ausgeatmete Luft geht durch das zwischen den Zähnen und Lippen festgehaltene Mundstück in die Ausatemungshälfte des Atmungsackes und von dort durch eine Rohrleitung zur Patrone. Durch die Bindung der Kohlensäure noch weiter erwärmt, gelangt sie zum Kühler und aus diesem zum Injektor

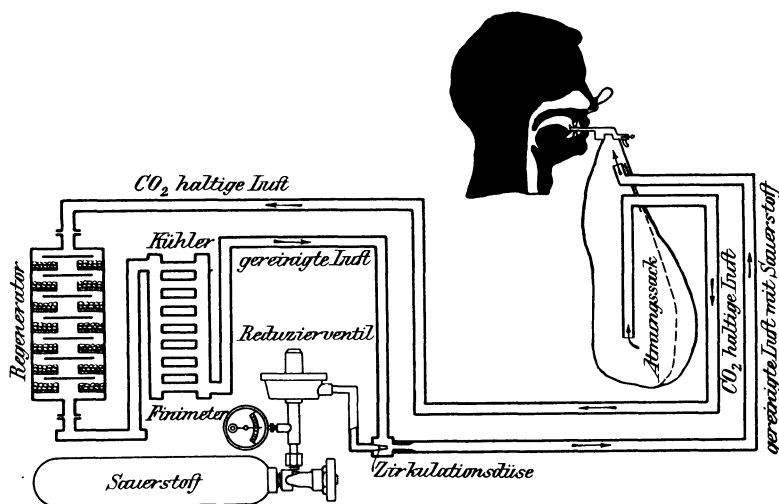


Fig. 587. Schema der Wirkungsweise eines Drägerschen Atmungsgerätes.

mit der „Zirkulationsdüse“ (Automat). Hier strömt aus der Sauerstoffflasche so viel Sauerstoff zu, wie der Stellung des Reduzierventils und der Weite der Düsenöffnung entspricht, saugt dabei durch die Düsenwirkung die gereinigte Luft an und gelangt mit dieser zur Einatemungshälfte des Atmungsackes und von dort zum Mundstück.

Von der guten Beschaffenheit der Luft in diesen Atmungsgeräten geben die nachstehenden Zahlen eine Vorstellung, die Analysen der gereinigten Luft zwischen Strahldüse und Mundstück bei einem Drägerschen Mund-Atmungsgerät wiedergeben:<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Sammelwerk, Bd. VII, S. 159.

<sup>2)</sup> Glückauf 1907, S. 766; Grahn: Bericht über Versuche mit Atmungsapparaten.

Gehalt der Luft an	nach 40	65	90	120 Min. Benutzung
O (pCt.) . . .	80,7	80,7	72,5	77,1
CO <sub>2</sub> (pCt) . .	0,24	0,53	1,6	3,2

Von Einzelausführungen mögen die Atmungsgeräte der „Westfalia“ und des „Drägerwerks“ kurz beschrieben werden. Bei beiden befindet sich der Atmungsack auf der Brust, während Patronen und Sauerstoffflaschen nebst Zubehör auf dem Rücken hängen.

**34. — Atmungsgerät Westfalia.** Die Figuren 588 und 589 veranschaulichen die jetzige Ausführungsform des Westfalia-Gerätes für Mundatmung. Die Brustseite (Fig. 588) läßt den Atmungsack mit dem

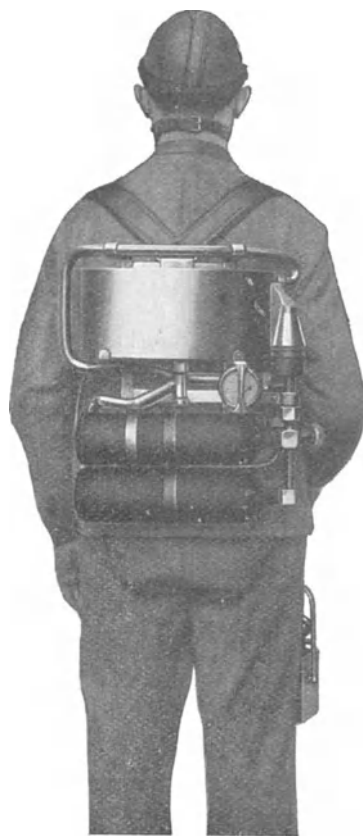


Fig. 588. Vorderansicht.

Fig. 589. Rückansicht.

Fig. 588 und 589. Das Atmungsgerät der Westfalia für Mundatmung, betriebsfertig angeschnallt.

Ein- und Ausatmungs-schlauch, sowie Mundstück und Nasenkappe erkennen. Das Mundstück (15 in Fig. 590) wird durch Anknöpfen mit der Munddüse 14 verbunden. Es besteht aus einem äußeren Lappen, der sich zwischen

Lippen und Zähne legt, und einem inneren Vorsprung, der zwischen die Zähne genommen wird. Um die Einatmungs- und Ausatemluft voneinander getrennt zu führen, damit der Träger möglichst wenig verbrauchte Luft zurückatmet, ist das Mundstück durch eine Scheidewand bis nach vorn hin geteilt. Die Nasenklemme ist an dem Mundstück befestigt. Damit Mundstück und Nasenklemme nicht herunterfallen können, werden sie zusammen durch Riemen am Kopfe festgehalten.

Die Patrone, die Fig. 589 in der äußeren Ansicht zeigt, besteht aus einem flach-bogenförmigen, sich der Körperform anschmiegenden Behälter, der durch Zwischenböden in eine Anzahl Abteilungen geteilt ist. Jeder Zwischenboden enthält in einem umhüllenden Drahtnetze 2 Lagen von Ätzkalikörnern, zwischen denen eine Fließpapierschicht liegt. Diese saugt einerseits die entstehende Feuchtigkeit auf und dient andererseits zur Führung der Luft auf dem gewünschten Zickzackwege durch den Behälter, da die Papierschichten abdichten, soweit sie nicht Öffnungen lassen, die in den einzelnen Böden gegeneinander versetzt sind. Der Verschluß des Behälters wird durch einen Schieber an der einen senkrechten Schmalseite gebildet, der durch Keilwirkung gut abdichtet. — Außerdem zeigt die Rückansicht, wie das Luftrohr rechts oben aus der Patrone austritt, dann zur Kühlung um sie herum geht und zum „Automaten“ geführt wird. Links unter der Patrone ist die zu ihr zurückkehrende Ausatemleitung sichtbar (vgl.



Fig. 590.  
Mundstück des Atmungsgeräts der Westfalia.

auch Fig. 591). Die beiden Sauerstoffflaschen sind in liegender Stellung unter der Patrone angebracht und mit Manometer ausgerüstet.

Fig. 591 stellt dasselbe Gerät für Nasenatmung dar. Der Helm besteht aus einem Gesicht- und einem Kopfstück. Letzteres ist durch ein Gelenk drehbar an das Gesichtstück angeschlossen und durch Lederriemen mit ihm verbunden; es trägt hinten ein Nackenschutzleder. Das Gesichtstück hat in der Mitte ein großes, kreisrundes Glimmerfenster, das durch ein starkes Metallkreuz geschützt wird. Die Abdichtung gegen das Gesicht wird durch eine breite, stulpförmige Gummimanschette bewirkt, mit der eine „Pneumatik“ verbunden ist.



Fig. 591. Das neue Atmungsgerät der Westfalia für Nasenatmung.

Der Injektor wird bei einem Druck hinter dem Reduzierventil von 7 Atm. so eingestellt, daß er 2 l Sauerstoff in der Minute durchläßt und dabei 50—60 l gereinigte Luft mit ansaugt.

Das Gewicht des Gerätes für Mundatmung ist 15,7 kg.

**35. — Atmungsgerät des Drägerwerks.** Die älteren Drägergeräte waren mit 2 stehend angeordneten Patronen von rundem Querschnitt und zwei liegend angeordneten Sauerstoffflaschen ausgerüstet. Die neueren Geräte derselben Firma (Fig. 592) besitzen statt der runden eine einzige größere Patrone von ovalem Querschnitt und ebenso statt der zwei Sauerstoffflaschen eine einzige größere, die 1,9 l faßt, mit einem Drucke von 150 Atm. gefüllt

wird und stehend angeordnet ist. Die Patrone (Fig. 593) ist inwendig abwechselnd mit Volltellern *a* und Ringtellern *b* ausgerüstet, die mit den Alkalkörnern bedeckt sind und die Luft zu einem Zickzackwege über diese nötigen. Der Kühler ist als flacher Blechzylinder zwischen Sauerstoffflasche und Rücken angeordnet, so daß er in

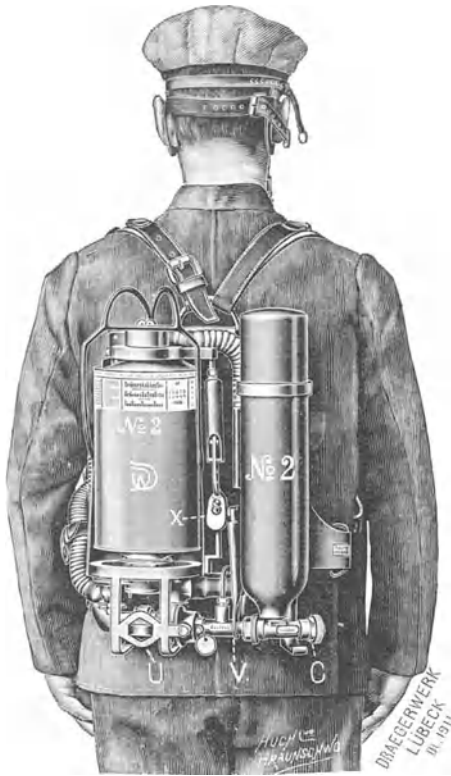


Fig. 592. Atmungsgerät des Drägerwerks, betriebsfertig angeschnallt.

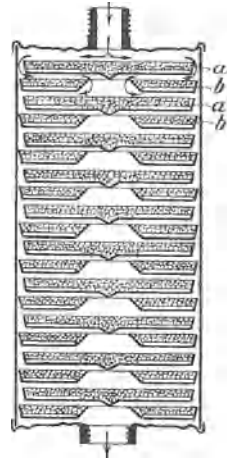


Fig. 593. Patrone zum Atmungsgerät des Drägerwerks.

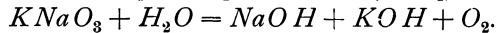
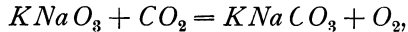
der Fig. 592 nicht sichtbar wird. Auf der Brust liegt der zweiteilige Atmungsack, dessen beide Hälften mit dem Mittelrohr durch daran angebrachte Öffnungen verbunden sind. Der Einatmungsschlauch schließt oben, der Ausatmungsschlauch unten an das Mittelrohr an; eine Scheidewand im letzteren bewirkt vollständige Trennung der Ein- und Ausatemluft. Dem gleichen Zwecke dienen 2 leichte Glimmerblättchen-Ventile, die in der Zu- und Ableitung in der Nähe des Mundes angeordnet sind.



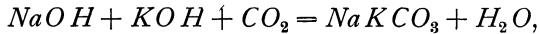
Das Gewicht eines für zweistündige Atmung hergerichteten Gerätes beträgt bei Mundatmung 16,9 kg.

Geräte mit chemisch gebundenem Sauerstoffvorrat  
(Pneumatogene).

**36. — Grundgedanke dieser Geräte.** Die Geräte enthalten den Vorrat an erforderlichem Sauerstoff in chemischen Verbindungen, d. h. in fester Form. Dieser Sauerstoff wird durch den Atmungsvorgang selbst frei, so daß also in Wechselwirkung bei lebhafter Atmung viel und bei langsamer Atmung wenig Sauerstoff entwickelt wird. Als Sauerstoffträger benutzt man Kalium-Natrium-Superoxyd, aus dem sich durch die Einwirkung der ausgeatmeten Kohlensäure und des Wasserdampfes Sauerstoff nach folgenden Gleichungen entwickelt:



Neben dieser Zersetzung geht noch folgende einher:



wobei eine Einwirkung von Kohlensäure auf die gebildete Kali- und Natronlauge eintritt; der dabei neugebildete Wasserdampf nimmt seinerseits auch wieder an der Wechselzerersetzung teil.

Das Kalium-Natrium-Superoxyd muß in sorgfältig geschlossenen Behältern untergebracht werden, da es, wie die Zersetzungsgleichungen zeigen, durch Wasserdampf und Kohlensäure leicht angegriffen wird. Die Masse wird nach verschiedenen früheren Versuchen jetzt in der Form von kleinen porösen Körnern verwendet, da diese eine genügend lockere Verteilung und einen entsprechend großen Luftzutritt ermöglichen.

Das von Bamberger und Böck in Wien angegebene Atmungsgerät dieser Art wird von der Firma O. Neupert in Wien unter dem Namen „Pneumatogen“ geliefert.

**37. — Beschreibung des Atmungsgerätes „Pneumatogen“.**

Die Bauart des Gerätes wird durch die Figuren 594 und 595 veranschaulicht.<sup>1)</sup> Das Kalium-Natrium-Superoxyd ist in zunächst dicht verschlossenen Büchsen, die auch hier als Patronen bezeichnet werden, untergebracht. Es sind 2 Doppelpatronen  $P_1$  und  $P_2$  (Fig. 594) vorhanden, von

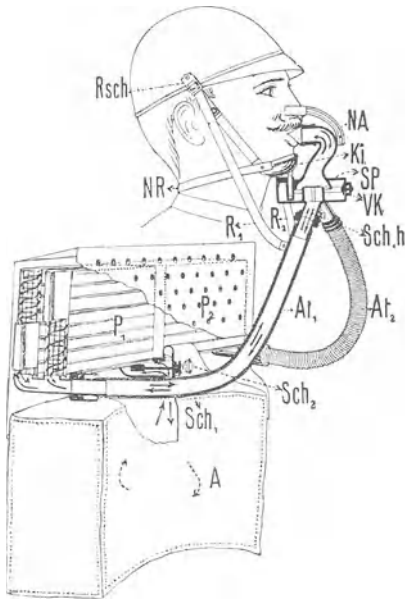


Fig. 594.

Schema des Pneumatogen-Atmungsgerätes.

<sup>1)</sup> Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1911, Nr. 5 und 6; Böck: Ein neuer Pneumatogenapparat „Modell 1910, Rückentype“.

denen die eine für den Hinweg und die Arbeit und die andere für den Rückweg dienen soll. Die zweite Doppelpatrone  $P_2$  ist also vorläufig gegen den Atmungsweg abgeschlossen und wird erst später durch Umlegen eines unterhalb des Speichelfängers  $Sp$  befindlichen Schalthahnes  $Sch. h$  in diesen eingeschaltet. Eine Doppelpatrone faßt 500 g  $KNaO_3$ .

Jede Doppelpatrone ist wieder in 2 parallel geschaltete Einzelpatronen geteilt, in denen sich zwischen 2 parallelen Sieben und durch ein zickzackförmig geführtes Stützsieb gehalten eine 18 mm dicke Schicht



Fig. 595. Ansicht des Pneumatogen-Atmungsgerätes.

des feinkörnigen Superoxyds befindet. Die Patronen sind einerseits an den Atmungsschlauch  $At_1$  bzw.  $At_2$  und andererseits an den Atmungssack  $A$  angeschlossen. Die ausgeatmete Luft geht z. B. durch den Schlauch  $At_1$  zur Doppelpatrone  $P_1$  und muß hier eine der beiden Superoxydschichten durchbrechen, um durch den zweiten Patronenanschluß in den Atmungssack  $A$  zu gelangen. Bei der Einatmung macht die Luft denselben Weg zurück, so daß also kein Kreislauf, sondern nur ein Hin- und Herwogen der Luft stattfindet. Die im Schlauche  $At_1$  nach beendeter Ausatmung befindliche Luft befindet sich gleichsam im toten Raume und wird naturgemäß mit dem vollen Kohlensäuregehalte wieder eingeatmet.

Der Atmungsack faßt 25 l und ist so groß gewählt, um in ihm eine größere Sauerstoffmenge für zeitweilig schwere Arbeitsleistung aufzuspeichern und die Unregelmäßigkeiten der Gasentwicklung auszugleichen.

Die ganze Vorrichtung wird, wie Fig. 595 zeigt, auf dem Rücken getragen. Die Patronen werden in einem zwecks guter Abkühlung gelochten Blechkasten untergebracht. Nur die Schläuche  $At_1$ ,  $At_2$ , der Speichelfänger  $Sp$  mit dem Mundstück  $St$  und der Nasenklemme  $NK$  befinden sich auf der Brustseite. Damit Lippen- und Mundmuskeln entlastet werden, wird das Mundstück nebst Zubehör von Riemen getragen, die an der helmartigen Kopfbedeckung befestigt werden.

Das Ingangsetzen des Pneumatogens nach dem Anlegen macht gewisse Schwierigkeiten. Denn die Sauerstoffentwicklung aus dem Superoxyd setzt naturgemäß erst ein, wenn der Atmungstrom im Hin und Her die Körnerschicht der Patrone durchzieht, nachdem also der Träger bereits eine gewisse Menge Atmungsluft verbraucht hat. Es würde demnach zunächst Atemnot eintreten. Zu deren Behebung füllt man den Atmungsack vor dem Anlegen des Gerätes aus einer Sauerstoffflasche mit Sauerstoff. Mit dieser Vorfüllung kommt das Gerät schnell und leicht zum regelmäßigen Arbeiten.

**38. — Beurteilung des Pneumatogens.** Der Pneumatogen zeichnet sich durch sein geringes Gewicht, das nur 11,3 kg beträgt, vorteilhaft aus. Auch sind die Anschaffungskosten (270  $M$ ) nicht hoch, wenn man sie mit dem Preise eines Dräger- oder Westfaliagerätes, die etwa 350  $M$  kosten, vergleicht. Die praktische Brauchbarkeit ist bei Versuchen auf der Bochumer Bergschule auch bei hohen Arbeitsleistungen (bis zu 57 500 mkg in 2 Stunden) erwiesen.<sup>1)</sup>

Dagegen sind die Übungskosten unverhältnismäßig hoch. Da der Preis einer Doppelpatrone 7  $M$  ist, stellt sich eine zweistündige Übung auf 14  $M$ , während eine ebensolange Übung mit Sauerstoffgeräten des Drägerwerks oder der Westfalia nur etwa 4  $M$  kostet. Ferner setzt der Gebrauch des Pneumatogens mehr Übung als der der Sauerstoffgeräte voraus. Der Träger muß tief und kräftig atmen, wenn nicht Atemnot eintreten soll. Es liegt das daran, daß die Luft allein durch die Kraft der Lunge, also nicht unterstützt durch eine Strahlhdüse, in Bewegung gehalten wird und daß hierbei noch der Widerstand der 18 mm dicken Superoxydschicht überwunden werden muß. Für Leute mit schwacher Lunge und geringer Atemtiefe erscheint deshalb der Pneumatogen nicht geeignet. Auch die starke Erwärmung der Atmungsluft bis zu 50 °C ist ein Nachteil, obwohl sie bei der völligen Trockenheit der Luft leicht ertragen wird.

Zu erwähnen bleibt noch, daß die leichte Zersetzbarkeit und der Sauerstoffreichtum des Superoxyds zu Vorsicht nötigt und daß ihm brennbare Stoffe (Putzwolle, Öl) namentlich in Verbindung mit Feuchtigkeit sorgfältig fernzuhalten sind.

Der Pneumatogen hat besonders in Österreich-Ungarn Verbreitung gefunden, wo über 1200 solche Geräte in Anwendung stehen.

<sup>1)</sup> Glückauf 1912, Nr. 9, S. 346; Grahn: Versuche mit dem Pneumatogen 1910.

#### 4. Allgemeine und vergleichende Ausführungen.

**39. — Atmungsrichtungen für kürzere Benutzungsdauer.** Da man das Gewicht der Sauerstoffgeräte stets nach Möglichkeit herunterzudrücken bestrebt ist, so haben verschiedene Firmen außer den gewöhnlichen Vorrichtungen für möglichst lange Benutzungszeit auch solche für kürzere Zeiträume hergestellt, die dann entsprechend leichter sind und dem Träger eine freiere Bewegung gestatten. Derartige Vorrichtungen können z. B. Verwendung finden, wenn es sich um die Bergung Verletzter aus geringen, für Schlauchvorrichtungen jedoch schon zu großen Entfernungen (200—400 m) oder um Gewinnung eines möglichst schnellen, vorläufigen Überblicks über die Verhältnisse, z. B. Erkundung des Zustandes einer wichtigen Wittertür, einer Preßluftleitung, eines Sonderventilators u. dgl. handelt.

Die meisten Hersteller von Atmungsrichtungen sehen für solche Zwecke besondere Geräte ihrer gewöhnlichen Bauart, jedoch mit entsprechend kleineren Sauerstoffflaschen und Reinigungspatronen oder auch mit nur je einer Flasche und einer Patrone vor.

Eine besondere Vorrichtung für derartige kürzere Benutzungsdauer hat die „Hanseatische Apparatebau-Anstalt“ mit ihrem Apparat „Unus“ geschaffen, der einfach aus einer Sauerstoffflasche mit Reduzierventil und Manometer besteht, aus der der Träger durch Vermittelung eines Luftschlauches und Rauchhelmes atmet.

**40. — Vergleich zwischen den Sauerstoff- und den Schlauchgeräten.** Während die Schlauchgeräte nur in begrenzter Entfernung, aber mit unbeschränkter Benutzungsdauer gebraucht werden können, ist bei den Sauerstoffgeräten die Entfernungsmöglichkeit unbegrenzt, aber die Benutzungsdauer beschränkt. Freilich ist naturgemäß auch in letzterem Falle eine Begrenzung der Entfernung vorhanden, da diese ja von der Benutzungsdauer abhängt; sie tritt aber immerhin bedeutend weniger in die Erscheinung als bei den Schlauchgeräten. Mit diesem Unterschied ist von vornherein eine verschiedene Bewertung der Geräte für verschiedene Arbeiten gekennzeichnet. Schlauchgeräte können in allen solchen Fällen mit gutem Erfolg Verwendung finden, wo es sich um längere Arbeiten in matten oder bösen Wittern handelt, ein weites Vordringen in die mit diesen erfüllten Räume aber nicht erforderlich ist. Dahin gehören insbesondere Arbeiten, wie sie bei Grubenbränden erforderlich werden: Löschung des Brandes, Herstellung von Branddämmen u. dgl.

Die Sauerstoffgeräte dagegen eignen sich für solche Zwecke, bei denen ein Vorstoß auf größere Entfernungen erforderlich ist, aber nur Arbeiten von geringer Dauer auszuführen sind. Das Anwendungsgebiet derartiger Vorrichtungen würden also in erster Linie Grubenexplosionen und größere Brände sein, bei denen es sich um die Bergung von Verletzten und Bewußtlosen und um die Aufsuchung von etwa verschont gebliebenen Leuten handelt. Naturgemäß können aber Sauerstoffgeräte auch für den Verwendungsbereich der Schlauchgeräte in Betracht kommen, da sie ja auch in kurzen Entfernungen für länger dauernde Arbeiten benutzt werden können, indem man für eine genügende Anzahl von Ersatzleuten sorgt.

Im übrigen spricht zugunsten der Schlauchgeräte vor allen Dingen ihre Einfachheit und die dadurch bedingte größere Betriebsicherheit. Die Ventile fallen fort; das Gewicht, mit dem die Leute belastet werden, ist geringfügig, und ihre Bewegungsfreiheit an der Arbeitstelle selbst daher größer als bei den Sauerstoffgeräten, dagegen ist die Bewegung zur Arbeitstelle und zurück infolge der Notwendigkeit, den Schlauch mitzuziehen, erheblich erschwert. Die Sauerstoffgeräte sind infolge ihrer verwickelteren Bauart in bedeutend höherem Maße allen möglichen Zufälligkeiten ausgesetzt. Bei der Herstellung der verschiedenen Schraubenschlüsse vor Ingebrauchnahme können Unachtsamkeiten unterlaufen; das Handrad für die Regelung der Sauerstoffzufuhr kann sich lösen oder durch Stoß verbiegen, die Schläuche können reißen oder platzen, die Abdichtung des Rauchhelms gegen das Gesicht kann undicht, sein Fenster kann zerstört werden, die Ätzkalikörner können durch Erschütterungen oder durch Speichel zu Klumpen zusammengeballt und dadurch in ihrer Wirkung wesentlich beeinträchtigt werden usw. Diesen zahlreichen Angriffspunkten gegenüber haben die Schlauchgeräte, da der Blasebalg sehr betriebsicher ist, nur in dem Schlauche selbst einen solchen aufzuweisen. Dieser Schlauch ist allerdings die Lebensader des Trägers und kann ebenfalls gefährdet werden, z. B. durch Hängenbleiben an Vorsprüngen, durch Herabstürzen von Gesteinsmassen aus der Firste usw., wodurch der Schlauch zum Reißen gebracht oder zusammengedrückt werden kann. Erschwerend fällt dabei noch ins Gewicht, daß gerade bei den Arbeiten, bei denen man Atmungsgeräte in erster Linie zu Hilfe nimmt, also bei Bränden, Explosionen u. dgl., das Gebirge meistens mehr oder weniger in Mitleidenschaft gezogen wird und infolgedessen in erhöhtem Maße mit schon vorhandenen oder während der Arbeit eintretenden Brüchen gerechnet werden muß. Immerhin kann der Schlauch durch Einlegung einer Stahldrahtspirale sehr kräftig ausgeführt werden. Wesentlich ist, daß die Schläuche häufig geprüft und schadhaft oder brüchig gewordene ausgewechselt werden.

Ein großer Vorzug der Schlauchgeräte ist es, daß sie an die geistige Befähigung und besondere Schulung des Trägers bedeutend geringere Anforderungen stellen als die Sauerstoffgeräte; man kann also bei der Auswahl der Leute bedeutend mehr auf Körperkraft und Ausdauer sehen als bei den letzteren Vorrichtungen.

**41. — Gemeinsame Verwendung beider Arten von Atmungsvorrichtungen.** Unter Umständen kann es zweckmäßig sein, in richtiger Ausnutzung der Vorzüge der beiden Gruppen von Vorrichtungen die Schlauch- und die Sauerstoffgeräte gleichzeitig zu verwenden. Solche Fälle liegen z. B. vor, wenn es sich um das Schlagen von Branddämmen oder um Löscharbeiten handelt. Man kann dann für die Zuführung von Baustoffen oder Beschaffung von Wasser, Gezähe u. dgl. die in ihrer Bewegungsfreiheit weniger gehinderten Leute mit Sauerstoffgeräten verwenden, während die an eine bestimmte Benutzungsdauer nicht gebundenen Leute mit den Schlauchvorrichtungen an Ort und Stelle verbleiben und die nötigen Arbeiten ausführen können, zumal sie ja auch wegen ihrer geringeren Beschwerung mit Gewichten zu diesen Arbeiten besser geeignet sind als die anderen Leute.

**42. — Behandlung der Atmungsgeräte.** Damit die Atmungs-  
vorrichtungen im Ernstfalle nicht versagen, sind sie sorgfältig in hellen,  
luftigen und trockenen Räumen zu lagern, regelmäßig zu prüfen und  
dauernd in bester Ordnung zu halten. Insbesondere muß vor jeder Be-  
nutzung eine achtsame Untersuchung stattfinden; dies gilt namentlich für  
die empfindlichen Sauerstoffgeräte.

Nachdem der Träger den Apparat angelegt hat, werden alle An-  
schlüsse auf ihre Dichtigkeit untersucht; ferner werden Ventile daraufhin  
geprüft, ob sie ordnungsmäßig arbeiten und leicht, aber nicht zu leicht,  
zu betätigen sind. Besonders wird auch die Saugfähigkeit des Injektors  
festgestellt, da dieser eine nur äußerst feine Öffnung (ca. 0,5 mm) besitzt  
und infolgedessen der Gefahr der Verstopfung besonders ausgesetzt ist.  
Man stellt diese Saugfähigkeit zweckmäßig durch den Anschluß der  
Strahldüse an einen Depressionsmesser fest, so daß man die Saugkraft in  
Zentimetern Wassersäule ermitteln kann. Diese Kraft beträgt bei den jetzt  
gebrauchten Geräten etwa 12—15 cm. Eine sorgfältige Prüfung verlangt  
auch der Helm bei diesen Atmungsgeräten, da Undichtigkeiten hier nicht  
nur zu Sauerstoffverlusten, sondern auch besonders zum Eindringen schäd-  
licher Gase von außen her Anlaß geben und daher verhängnisvoll werden;  
es muß also die Abdichtung zwischen Helm und Gesicht sorgfältig unter-  
sucht und insbesondere auch der etwa verwendete, aufzublasende Gummi-  
schlauch auf seine Widerstandsfähigkeit geprüft werden, da ein Platzen  
desselben gefährlich ist. Dagegen ist bei den Schlauchvorrichtungen ein  
dichter Anschluß des Helmes nicht von großer Bedeutung, weil in ihm  
stets ein Überdruck von frischer Luft vorhanden ist.

**43. — Füllung der Sauerstoffflaschen.** Die Füllung der in den  
Sauerstoffgeräten mitgeführten Sauerstoffflaschen erfolgt aus großen Vorrat-  
behältern, die einen Fassungsraum von 10—40 l haben und auf einen  
Druck von 250 Atm. geprüft werden. An diese Flaschen werden die  
kleinen Flaschen mit Hilfe von Rohrverbindungen angeschlossen und  
können durch einfaches Überströmlassen des Sauerstoffs gefüllt werden.  
Selbstverständlich kann der in der kleinen Flasche zu erzielende Druck  
nur dem Enddruck in der großen Flasche entsprechen. Um nun möglichst  
sparsam zu arbeiten und in der kleinen Flasche einen hohen Druck zu  
erreichen, hält man mehrere große Flaschen mit verschiedenen Gas-  
spannungen vorrätig. Man verbindet die kleine Flasche zunächst mit einer  
großen von bereits niedriger Spannung, sodann aufsteigend mit den  
Flaschen von höherer Spannung, so daß jede der großen Flaschen  
nur wenig von ihrem Drucke verliert. Da jedoch dieses Verfahren um-  
ständlich ist und eine größere Anzahl von Vorratflaschen dauernd in  
Benutzung zu halten erfordert, so bedient man sich heute meist kleiner  
Druckpumpen, welche von Hand oder durch einen Elektromotor bewegt  
werden und den Sauerstoff aus der Vorratflasche in die angeschlossene  
Flasche hinüberdrücken. Allerdings treten hierbei Verluste durch Un-  
dichtigkeiten der Pumpenkolben ein. Auch bei der Verwendung solcher  
Pumpen jedoch ist es notwendig, wenn eine größere Anzahl von Sauer-  
stoffflaschen gefüllt werden soll, wenigstens etwa 3 Vorratflaschen nach-  
einander anzuschließen, da die Überfüll-Pumparbeit um so leichter wird,

je geringer der Druckunterschied auf beiden Seiten der Pumpe ist. Eine solche Anordnung nach der Bauart des Drägerwerks zeigt Fig. 596; es werden der Reihe nach die mit 1, 2 und 3 bezeichneten Vorratflaschen,

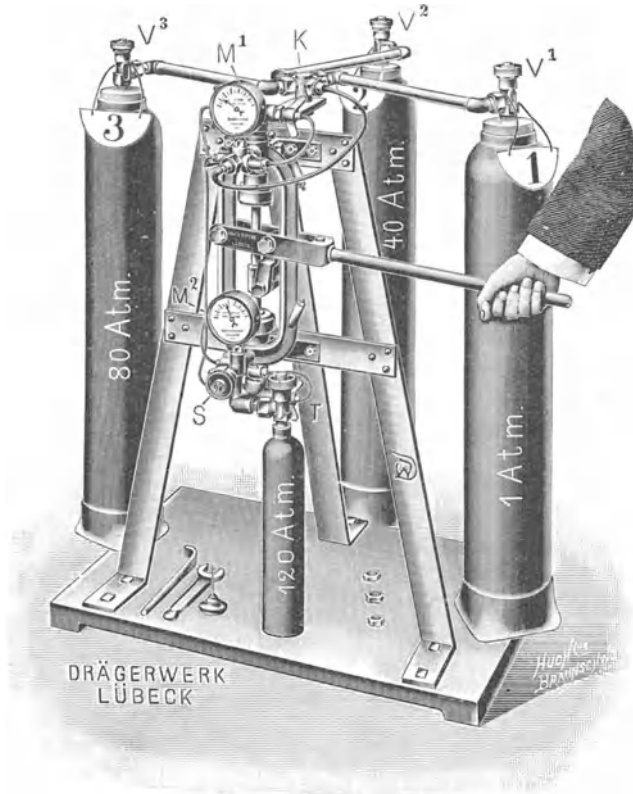


Fig. 596. Sauerstoff-Umfüllvorrichtung des Drägerwerks mit Hand-Druckpumpe.

die Sauerstoff unter 1, 40 und 80 Atm. Druck enthalten, an die Pumpe angeschlossen. Die Druckabnahme auf der einen und die Druckzunahme auf der anderen Seite werden durch Manometer angezeigt.

**44. — Wiederbelebungsapparaturen.** Bei der Wiederbelebung Bewußtloser ist es in jedem Falle nützlich, Sauerstoff anzuwenden. Beim Fehlen anderer Hilfsmittel ist es immerhin zweckmäßig, vor den Atmungsorganen des Betäubten aus einer Sauerstoffflasche Sauerstoff ausströmen zu lassen, um ihm so eine mit diesem Lebensgase angereicherte Luft zuzuführen. Man setzt dies insbesondere dann fort, wenn man künstliche Atmung anzuwenden gezwungen ist. Die belebende Wirkung des Sauerstoffs wird in einem schnelleren Wiederauskommen des Bewußtlosen sich geltend machen.

Ein vollkommeneres und sparsameres Mittel, dem Bewußtlosen bei der Atmung Sauerstoff zuzuführen, bieten die sog. Sauerstoffkoffer oder Sauerstofftaschen. Sie sind so eingerichtet, daß sie von den Rettungs-

mannschaften in der Hand oder umgehängt an einem Riemen bequem getragen und mitgenommen werden können. Sie enthalten zunächst eine mit einem Manometer versehene Sauerstoffflasche von etwa 1 l Inhalt, die mit 120—150 Atm. Druck gefüllt ist. Aus der Flasche fließt der Sauerstoff über ein Druckverminderungsventil durch einen Schlauch in einen Vorratsbeutel und zu einer kleinen Atmungsmaske, welche Nase und Mund des Bewußtlosen überdeckt. Die Ausflußmenge des Sauerstoffs ist in der Regel auf 3—5 l minutlich eingestellt, so daß die Benutzungsdauer reichlich eine halbe Stunde beträgt. An der Maske befinden sich 2 Ventilchen, von denen das eine als Rückschlagventil verhindert, daß die Ausatemungsluft in den Schlauch und den Vorratsbeutel zurückströmt, während das andere die Ausatemungsluft ins Freie entweichen läßt, aber in der Verschußstellung das Einströmen der äußeren Luft in die Maske verhindert. Bereits bei der Rettung Bewußtloser aus unatembaren Gasen kann man dem zu bergenden Manne die Maske vor das Gesicht schnallen, damit er schon während des Herausschaffens ungefährliche Luft zu atmen in der Lage ist.

Noch einen Schritt weiter gehen die Wiederbelebungsvorrichtungen, die neben der Sauerstoffzufuhr auch eine künstliche Atmung des Bewußtlosen in die Wege leiten. Hierhin gehört die von Dr. Brat angegebene Vorrichtung, die von der Westfalia gebaut wird, und der „Pulmotor“ des Drägerwerks. In beiden Fällen wird abwechselnd durch die Wirkung einer Strahldüse Sauerstoff mit einem gewissen Überdrucke in die Lunge geblasen und, sobald diese gefüllt ist, mittels derselben Einrichtung nach Umstellen eines Hebels wieder herausgesaugt. Bei der Vorrichtung der Westfalia geschieht das Umstellen des Hebels von Hand, bei der des Drägerwerks selbsttätig, nachdem der Überdruck bzw. die Saugwirkung eine gewisse Größe erreicht hat. Wie bei jeder künstlichen Atmung ist auch hier darauf zu achten, daß die Zunge des Bewußtlosen aus dem Munde gezogen wird, damit die Luftwege frei werden. Die genannten Vorrichtungen haben sich in vielen Fällen ausgezeichnet bewährt.

**45. — Rettungsgruppen.** Für die Arbeiten mit den Sauerstoffgeräten müssen im voraus eingeübte Mannschaften vorhanden sein, deren Sicherheit im Gebrauche der Geräte in immer wiederholten Übungen aufrecht erhalten werden muß. Für die Übungszwecke pflegt man besondere, den unterirdischen Grubenstrecken nachgebildete Räume, die sich mit Rauch und Qualm erfüllen lassen, herzurichten. Je mehr und je besser ausgebildete Leute vorhanden sind, um so eher kann man darauf rechnen, daß im Ernstfalle der Zweck der in raucherfüllten Räumen vorzunehmenden Arbeiten erreicht wird.

Vor allen Dingen ist für den Ernstfall anzuraten, die mit Atmungsgeräten ausgerüsteten Mannschaften nicht einzeln auszuschicken, sondern in Gruppen gehen zu lassen, damit die Leute sich im Falle des Versagens des einen oder anderen Apparates gegenseitig helfen können. Außerdem ist nach Möglichkeit dafür zu sorgen, daß jede Gruppe von einem Führer begleitet wird, der, während die anderen mit ihren Arbeiten beschäftigt sind, die ordnungsmäßige Wirkung der einzelnen Vorrichtungen beobachtet und durch Ablesen der Manometer den noch zur Verfügung stehenden Sauerstoffvorrat bei allen Leuten ständig überwacht.



**46. — Zentralstellen.** Wegen der Kosten, welche die Beschaffung, Aufbewahrung und Instandhaltung der Atmungsgeräte verursacht und wegen der großen Bedeutung, die eine mit ihrer Behandlung durch dauernde Übung vertraute Mannschaft hat, sind für größere Bergwerksbezirke Stellen eingerichtet worden, an denen eine reichliche Anzahl von Geräten nebst der zugehörigen Übungsmannschaft in Bereitschaft gehalten werden. Solche Zentralstellen sind z. B. diejenige für Oberschlesien in Beuthen und für den Aachener Bergbaubezirk auf Grube Maria. Außerdem wird aber meist noch auf jeder größeren Schachanlage eine Anzahl von Atmungsgeräten in Bereitschaft gehalten und ebenso eine Rettungstruppe gebildet, die mit den Verhältnissen der Grube vertraut ist und nötigenfalls schnell zur Verfügung steht.

Für den westfälischen Bergbaubezirk ist gegenseitige Hilfeleistung der Zechen jetzt durch eine bei dem Bergbauverein zu Essen errichtete Hauptstelle geregelt. Diese Stelle bestimmt, auf welche benachbarten Schachanlagen die betroffene Zeche im Falle der Not zurückzugreifen hat, um sofort Hilfe zu finden. Von der Hauptstelle aus werden auch die Bestände und die Übungen der einzelnen Zechen dauernd überwacht.

**47. — Unterirdische Rettungs- und Sicherheitskammern.** Bei größeren Unglücksfällen ist des öfteren die Beobachtung gemacht worden, daß Leute, die sich in Sackstrecken geflüchtet und dieselben abgesperrt hatten, unverletzt geblieben sind. Man hat daher vorgeschlagen,<sup>1)</sup> solche Zufluchträume als Rettungskammern künstlich herzustellen. Sie würden dann als Abzweigungen von Grund-, Teilsohlen- und Wetterstrecken sowie von Querschlägen zu denken sein und möglichst in der Nähe von Bremsbergen angeordnet werden, um durch die Fahrleinrichtungen der Bremsberge möglichst schnell zugänglich zu sein. Man wird für solche Strecken ferner eine genügende Größe vorsehen müssen, um eine größere Anzahl Leute in ihnen aufnehmen zu können. Weitere Erfordernisse sind: Verschließbarkeit durch eine starke Tür, die am besten noch mit einem besonderen Holzschutz versehen wird, sowie die Möglichkeit einer Bewetterung und Anschluß an die Preßluftleitung. Der letztere wird allerdings in vielen Fällen nutzlos sein, weil die Preßluftleitung durch Explosionen oder durch herabstürzende Gesteinsmassen zerstört werden kann. Doch ist immerhin die Möglichkeit gegeben, daß wenigstens das zum Kompressor führende Haupt-Luftrohr noch unverletzt geblieben ist. Weiterhin können in solchen Kammern Sauerstoffflaschen und Atmungsgeräte sowie Sauerstoffbeutel zur Wiederbelebung Bewußtloser aufbewahrt werden. Außerdem müßte für eine ausreichende Beleuchtung durch elektrisches Licht oder durch Sicherheitslampen gesorgt werden.

Ob freilich die Anlage- und Unterhaltungskosten solcher Rettungskammern in einem angemessenen Verhältnis zu dem tatsächlichen Nutzen stehen werden, muß für die meisten Gruben fraglich bleiben. Wahrscheinlich wird man sich nur für ganz ausnahmsweise gefährliche Gruben zu so weitgehenden Maßnahmen entschließen, da für Gruben mit den

<sup>1)</sup> Glückauf 1907, S. 746; Neff: Einrichtung von Zufluchträumen zur Rettung gefährdeter Bergleute.

durchschnittlichen Gefahrverhältnissen auf die tatsächliche Benutzung der Rettungskammern selbst im Laufe von Jahrzehnten nicht zu rechnen ist. Und selbst wenn eine Explosion eintritt, dürfte es zumeist den in Rauch, Qualm und unatembare Luft eingehüllten Menschen kaum gelingen, den Zufluchtsort zu erreichen.

Eine im Zwecke und in der Einrichtung den Rettungskammern ähnliche, in der Anwendung freilich verschiedene Sicherheitsvorkehrung sind die Sicherheitskammern. Während jene nur im Falle der eingetretenen Gefahr, also nach Eintritt einer Grubenexplosion aufgesucht werden sollen, dienen diese der bereits vor Eintritt der Gefahr verringerten Belegschaft während des gefährlichen Augenblicks, z. B. des Wegtuns der Schüsse als sicherer Aufenthalt. Von diesem Mittel hat man namentlich auf solchen Gruben Gebrauch gemacht, die, wie z. B. die Kalisalzgruben im Werragebiete<sup>1)</sup> oder die französischen Kohlengruben des Plateau Central<sup>2)</sup>, unter plötzlichen Kohlensäureausbrüchen leiden. Da solche Ausbrüche nur während des Schießens auftreten, wird zwischen den Schichten geschossen, nachdem die Hauptbelegschaft die Grube verlassen und die in der Grube verbleibende Schießmannschaft sich in die Sicherheitskammer begeben hat. Sicherheitskammern zu diesem Zwecke haben sich mehrfach bewährt<sup>3)</sup> und sind deshalb für eine Anzahl von Kalisalzgruben bergpolizeilich vorgeschrieben. Dagegen steht die Bergbehörde den oben erwähnten Rettungskammern gegenüber mehr auf dem Standpunkte, daß ihre Anlage vielleicht zu empfehlen, aber nicht zu fordern sei.

<sup>1)</sup> Kali 1912, Nr. 6, S. 125; Beck: Über Kohlensäureausbrüche im Werragebiete usw.

<sup>2)</sup> Verh. d. Intern. Congr. f. Bergbau usw., Düsseldorf 1910, Abt. Bergbau, S. 129; Loiret: Les dégagements instantanés etc.

<sup>3)</sup> Glückauf 1910, Nr. 52, S. 2052; Dr. Hagemann: Beiträge zur Geschichte des bergmännischen Rettungswesens; vgl. ferner Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hütt.-Wes. 1885, S. 491; Schneider: Über Kohlenstaubexplosionen.

# Namen- und Sachregister.

(Die Eigennamen sind gesperrt gedruckt.)

- Abbauförderung 282 u. f.  
— Bergförderung 302 u. f.  
— Beurteilung 305 u. f.  
Abbaustrecken 9.  
Abbauwirkungen 8.  
Abdämmung bei Bränden 578.  
Abfallholz 27, 28 u. f.  
Abfallwasser 537.  
Abfangen von Schweben und Bergeversatz 34, 35, 36.  
Abhauen, Förderung 420, 422.  
Ablaufvorrichtungen für Fördergestelle 479 u. f.  
Ablenkungswinkel bei Schachtförderseilen 522, 525.  
Abloten beim Schachtabteufen 156.  
Absatzweises Gefrieren 259.  
Abstreicher für Mitnehmer 362.  
Abteufen mit Preßluft 210 u. f.  
Abteuffördergerüst 158, 159, 183.  
Abteuffördermaschine 158, 183.  
Abtreibezimmerung 57 u. f., 174.  
Abzugbühnen 475 u. f.  
— bewegliche 481 u. f.  
Achsbüchsen für Förderwagen 313 u. f.  
Achslagerbüchsen, Füllung 318.  
Ackermann 8.  
Adlerkaliwerke 266.  
Adolfschacht, Steinkohlengrube 194, 205.  
Aerolith 586 u. f.  
Akazie 15, 16, 17.  
Akkumulator bei hydraulischen Pressen 201.  
Akkumulator-Lokomotiven 378, 379, 391.  
Albert 438.  
Albert-Schlag 441.  
Alby 251.  
Alkohol als Kälteflüssigkeit 248.  
Allgem. Tiefbohr- u. Schachtbau-  
A.-G. 275.  
Aloeseile 437, 438, 445, 448, 449, 452, 453, 495.  
Ammoniak bei der Kälteerzeugung 246.  
Anfahrwiderstand 337.  
Anfall 31.  
Ankerring 203.  
Ankerstangen 203.  
Anna, Steinkohlengrube 189.  
Anpfehl 30, 31.  
Anschärfung von Ausbauhölzern 32 u. f., 44, 51 u. f.  
Anschläge bei Seilförderung 363, 364.  
Anschlagsicherung bei Bremsbergförderung 426 u. f.  
Anschlußarbeiten bei Senkschächten 205 u. f.  
Anschüttung in Senkschächten 190.  
Ansteckarbeit beim Schachtabteufen 174 u. f.  
Anstecker, Anstecktürstock 59.  
Anstrichverfahren für Holztränkung 23, 26.  
Antrieb der Pumpen 545 u. f.  
Antriebsmaschine für Kettenförderung 367, 368.  
Antriebscheiben für Seil ohne Ende 347 u. f.  
Arbeit auf der Sohle in Senkschächten 192.  
— im toten Wasser 193.  
Archibald, Braunkohlengrube 237.  
Atmosphärische Niederschläge 526.  
Atmungsgeräte 581 u. f.  
Atmungsmasken 592.  
Aufsetzbühnen, bewegliche 472.  
Aufsetzvorrichtungen 467 u. f.  
— am Füllort 510.  
Aufsetzvorrichtung von Beien 470.  
— — Frantz 469.  
— — Haniel & Lueg 469.  
— — Westmeyer 470, 471.

- Auftriebförderung 502.  
 Auguste Viktoria, Steinkohlengrube 252, 259.  
 Ausbau 1 u. f.  
 — einfacher 13.  
 — endgültiger 13.  
 — geschlossener 14.  
 — im Abbau 14, 16.  
 — — Braunkohlenbergbau 31, 34.  
 — in blinden Schächten 109.  
 — in Eisen 12, 13, 66 u. f.  
 — — Gefrierschächten 257 u. f.  
 — — Holz 14 u. f.  
 — — Schächten 106 u. f.  
 — — Stein 12, 78 u. f.  
 — — Strecken 14.  
 — mit Firstenbänken 55 u. f.  
 — nachfolgender 14.  
 — nachgiebiger 13.  
 — offener 14.  
 — starrer 13.  
 — verlorener 13, 89.  
 — voreilender 14, 57 u. f.  
 — Vorsichtsmaßregeln 104, 105.  
 — zusammengesetzter 14.  
 Ausbaustoffe 12, 13.  
 Auskesselungen 104.  
 Ausrichtungstrecken, Gefälle für Wasserabfuhrung 538.  
 Australien, Schachtförderung 434, 437.  
 Ausweichstellen 329, 330, 331.  
 „Automat“ 591.  
**Baaker Mulde**, Steinkohlengrube 172.  
 Backenbremsen 406.  
 Backsteine 79 u. f.  
 Baggerlöffel 221.  
 Bahnstempel 48, 49.  
 Baldur, Steinkohlengrube 260.  
 Bamberger 598.  
 Bandbremsen 406, 407.  
 Bandförderer 287 u. f.  
 Bandseile 438, 440, 441, 448.  
 Bansen 321, 367.  
 Baum 434.  
 Baumann 459, 495, 496, 514, 515.  
 Becherwerk beim Schachtabteufen 193, 195 u. f.  
 Becherwerkförderung 501.  
 Beck 607.  
 Behältergeräte 582.  
 Behr 499.  
 Beiensche Aufsetzvorrichtung 470.  
 Beiensche Bremsseibe 406.  
 Beienscher Haspel 418, 420, 422.  
 Beil 27.  
 Benzin-(Benzol-)Lokomotiven 373 u. f.  
 Bereißen 105.  
 Bergförderung im Abbau 302 u. f.  
 — in Bremsbergen 413 u. f.  
 Bergförderwagen 320 u. f.  
 Bergkasten 36, 41.  
 Bergemauern 55, 56, 79, 83, 91.  
 Bergerollen 416.  
 Bergeversatz 8.  
 Bergfeste bei Schachtabteufen 172, 173.  
 Bergschüsse 5.  
 Berrendorfsche Ketten-Fangvorrichtungen 424.  
 Beschleunigung der Bedienung von Fördergestellen 474 u. f.  
 Bestscher Schubriegel 430, 431.  
 Bestsche Schwenkbühne 402.  
 Betonausbau 12, 13, 92 u. f., 123 u. f., 264.  
 Beton bei Senkschächten 187 u. f.  
 Betonformsteine 125.  
 Betonieren der Bohrschachtküvelage 229.  
 Betonierung von Gefrierschächten 258.  
 — von Schächten 124 u. f.  
 Beton, Kosten 126, 127, 129.  
 Betonpfropfen 191.  
 Beyling 375.  
 Bieigungsbeanspruchung des Gesteins 9, 10.  
 Binder 82.  
 Bismarckshall, Kaliwerk 266.  
 Blackett-conveyor 286.  
 „Blätter“ (Lösungen) 7.  
 Blanchetsche Förderung 502.  
 „Blatt“ (an Türstöcken) 39.  
 Blechrutschen 284, 285.  
 Blechschmidtscher Bremsschachtverschluss 431.  
 Bleidichtung der Tübbings 135.  
 Blockverband 83.  
 Bobinen 440, 493, 494.  
 Bochumer Eisenhütte 534.  
 Bockbremsen s. Gestellbrmsberge.  
 Bockstempel 35.  
 Bockweichen 329.  
 Böck 598.  
 Boeckersche Seilmuffe 360.  
 Böhm 378.  
 Boekesche Wagenkippvorrichtung 322.  
 Bohrer nach Kind-Chaudron 218.  
 Bohrergerüst für Gefrierschächte 239.  
 Bolzen 30, 43.

- Bolzenschrotzimmerung 107.  
 Borsig, Masch.-Fabr. 380.  
 Borussia, Steinkohlengrube 572.  
 Brände in Bremsschächten 577.  
 — unter Tage 571.  
 Brandbekämpfung 577 u. f.  
 Branddämme 578 u. f.  
 Brandgase 581.  
 Brandtscher Förderturm 524.  
 Brandwetter 581.  
 Brassert, Steinkohlengrube 168, 262.  
 Brat, Dr. 605.  
 Braun 345.  
 Braunkohlenbergbau 415, 529.  
 — Ausbau 31, 34, 46, 57.  
 — Förderung 282, 283.  
 — Schachtförderung 434.  
 Brauns 575.  
 Bremsbergausbau 42.  
 Bremsberge, Bergförderung 413 u. f.  
 — mit endlosem Zugmittel 395, 396.  
 — — verschiedenem Gefälle 395.  
 — Verschlüsse 425 u. f.  
 — Zwischenanschlänge 400 u. f.  
 Bremsbergförderung 392 u. f.  
 — Fangvorrichtungen 423 u. f.  
 — fliegende Bremsen 405, 406.  
 — Gegengewichte 410, 411.  
 — Grenzwinkel 397, 398.  
 — Haupt-Anschlag 402 u. f.  
 — mit Kraftausnutzung 398, 399.  
 — Sicherheitsvorrichtungen 422 u. f.  
 Bremsbergverschlüsse 425 u. f.  
 Bremse, selbsttätige (Schachtförderung) 513.  
 Bremsförderung im Abbau 284.  
 Bremsgestelle 408 u. f.  
 Bremsschachtförderung 411 u. f.  
 Bremsscheiben 404 u. f.  
 Bremstrommeln 404.  
 Brennstoff-Lokomotiven 374 u. f., 391.  
 Breyre 214, 215, 255, 258.  
 Briartsche Schachtleitungen 465.  
 Bruchhausen 278.  
 Bruchsteinmauerwerk 78, 79, 85.  
 Brücher, Dr. 578.  
 Brzeszcze, Steinkohlengrube 259.  
 Buche 16.  
 Buckau, Maschinenfabrik (Schachtförderung) 501.  
 Bühnen für Seilbahnanschlänge 363, 364.  
 — in Bremsbergen 401, 402.  
 Bühne, schwebende 119.  
 Bütow 390, 391.
- C**amphausen, Förderturm 524.  
 — Seilausgleichung 492.  
 Carlshütte 297.  
 Carl-Stollen, s. Karl-Stollen.  
 Centrifugalpumpen s. Zentrifugalpumpen.  
 Centrum, Steinkohlengrube 546.  
 Clapier 472.  
 Cleophasgrube 572.  
 Concordia, Steinkohlengrube 486.  
 Cook 499.  
 Cruscophenol 22.  
 Cséti v. Verbó, Schachtförderung 501.
- D**amm 498.  
 Dämme gegen Wasser 532 u. f.  
 Dammtüren 532 u. f.  
 Dampfbremse 513.  
 Dampfwasserhaltung 545 u. f.  
 Degenhard 294, 299.  
 Degueldre 222.  
 Demanet 494.  
 Demeure 220.  
 Deutsche Masch.-Fabr. A.-G., Fangvorrichtung 509.  
 — — — Wagenwechsellvorrichtung 480.  
 — — — Unterseil-Aufhängung 488, 489.  
 Deutscher Kaiser, Gewerkschaft 149, 182, 202, 223, 232—236, 242, 245, 255, 258.  
 Deutsches Gestänge 324.  
 Deutsche Solvaywerke 255.  
 Deutsche Tübbings 131, 141.  
 Deutzer Benzinlokomotiven 373, 375.  
 Diergardt, Steinkohlengrube 223, 236.  
 Differentialpumpe 544.  
 Differentialtrommeln in Bremsbergen 400, 404, 412.  
 Dinnendahl 356, 358.  
 Dittmarsch 59, 69.  
 Diviš 439.  
 Dobbelstein 390, 391.  
 Doppelgestelle für Bremsbergförderung 409, 410.  
 Doppelrutschen 303.  
 Dorstfeld, Steinkohlengrube 127, 287.  
 Dossierung 186.  
 Dräger 590.  
 Drägerwerk 592, 594, 595, 597, 605.  
 Drahtseile 438 u. f.  
 — Bandseile 440, 441.  
 — flach- und dreikantlitzige 443.  
 — für Kappen 45.  
 — Litzenseile 441 u. f.  
 — patentverschlossene 443, 444.

- Drahtseile, Reinigung 446.  
 — Rundseile 441 u. f.  
 — Schmierung 439, 446.  
 — Verzinkung 439.  
 Drehriegel von Knohl 430.  
 Drehscheibe auf Bremsgestellen 399,  
 409, 410.  
 Drehscheiben 328.  
 Drehschranken in Bremsbergen 426, 428.  
 Drehstrom-Lokomotiven 377.  
 Dreibeiniger Bock 522, 523.  
 Dreikantlitzige Seile 443.  
 Drobnia 259.  
 Drosselklappe bei Fördermaschinen 515,  
 516.  
 Druckbeanspruchung des Gesteins 9, 10.  
 Druckfestigkeit gefrorenen Gebirges 201.  
 Druckluft-Lokomotiven, s. Preßluft-L.  
 Druckpumpen 539 u. f.  
 Druckring 202.  
 Druckschlauchgeräte 582 u. f.  
 Druckverfahren für Holztränkung 24 u. f.  
 Dütting 15.  
 Duplexpumpen 547, 548, 563.  
 Dynamometerwagen 338.  
  
 Ebeling 276.  
 Eckführungen 463.  
 Edeltanne 15, 18.  
 Édouard-Agache, Steinkohlengrube  
 270, 273.  
 Eduardschacht, Steinkohlengrube 205.  
 Ehrenberg 254.  
 Eiche 15, 16, 17, 30.  
 Eichler 538.  
 Eichlersche Spundwand 179, 180.  
 Eickelbergsche Schwenkbühnen 471,  
 472.  
 Eickhoffsche Bremscheibe 405.  
 — Rollenrutsche 293, 294.  
 Eimerbagger 193, 195 u. f.  
 Einbau der Tübbings 136.  
 „Einbau“ in Schächten 106.  
 Einfacher Ausbau 13.  
 — Holzausbau 29 u. f.  
 Eingeschneide 39.  
 Einmanteln von Bränden 580.  
 Einschlagwecker 518.  
 Einstriche 110.  
 Einsturzbeben 7.  
 Eintrümmige Bremsberge 393.  
 Einzementieren von Keilkränzen 134.  
 Eisenausbau 12, 13, 66 u. f.  
 Eisenausbau, nachgiebiger 67, 68, 71, 72.  
 Eisenbetonausbau 12, 13, 94 u. f., 123 u. f.  
 — Beurteilung 101, 102.  
 — nachgiebiger 100.  
 Eisenbeton-Fördertürme 524.  
 Eisendrahtseile s. Förderseile.  
 Eiserner Schalholzausbau 72 u. f.  
 — Türstockausbau 69 u. f.  
 Eiserne Schwellen 326, 327.  
 — Stempel 66 u. f.  
 — Streckengestelle 75 u. f.  
 Elastischer Ausbau s. nachgiebiger A.  
 Elektrisch angetriebene Kolbenpumpen  
 551.  
 Elektrische Fördermaschinen 445, 497, 516.  
 — Haspel 418, 421.  
 — Lokomotiven 373, 376 u. f.  
 — Signale für Seilförderung 364, 365.  
 — Signalvorrichtungen 518 u. f.  
 „Elektromontana“ 378.  
 Ellipsengestelle 76.  
 Elliptisches Gewölbe 86, 87.  
 Emma, Braunkohlengrube 501.  
 Emscher-Lippe, Steinkohlengrube 274,  
 486.  
 Emscher-Mergel 530.  
 Emscher-Schächte 344.  
 Endgültiger Ausbau 13.  
 Engelsburg, Steinkohlengrube 125.  
 Englischer Bock 522, 523.  
 Englischs Gestänge 324 u. f.  
 Englische Tübbings 131, 141.  
 Entgleisungsweichen 423.  
 Erhardt und Sehmer 552.  
 Ernst-August-Stollen 535.  
 Ernst, Braunkohlengrube 137.  
 Eräufern von Bränden 578.  
 Erzbergbau 415, 416, 529.  
 Erzrollen 416.  
 Eselsrückenwagen 320, 321.  
 Ewald, Steinkohlengrube 166, 486.  
 Exzenter-Fangvorrichtungen 508, 509.  
 Expansionsventil b. d. Kälteerzeugung 245.  
  
 Fäulnis bei Grubenhölzern 18 u. f.  
 Fagniez 272.  
 Fahrdräht-Lokomotiven 376 u. f., 391.  
 Fahrendeller Hütte s. Winterberg  
 & Jüres.  
 Fahrang beim Schachtabteufen 166.  
 — mit Lokomotiven 390.  
 Fallrohre 241.  
 Faltungerscheinungen 7.  
 Fanggeräte 222.

- Fanghaken 423.  
 Fangträger für Seilscheiben 524.  
 Fangvorrichtungen in Bremsbergen 423 f.  
 — in Schächten, Erfordernisse 505 u. f.  
 — für Seilführungen 509, 510.  
 — von der Deutsch. Masch.-Fabr.  
   A.-G. 509.  
 — — Fontaine 507.  
 — — Gerlach & Bömecke 508.  
 — — Gräfe 509.  
 — — Hohmann 509.  
 — — Hoppe 509.  
 — — Hypersiel 507.  
 — — Kania & Kuntze 509.  
 — — Lessing 509.  
 — — Libotte 509.  
 — — Lohmann 507.  
 — — Münzner 508.  
 — — Solfrian 510.  
 — — Undeutsch 507, 508.  
 — — White & Grant 508.  
 Faschinen 76.  
 „Faulenzer“ 423.  
 Fay 187.  
 Federweichen 329.  
 Feldgestänge 542.  
 Fernsprecher b. Lokomotivförder. 389, 390.  
 — bei Schachtförderung 521.  
 Festmeter 15.  
 Fichte 15, 16, 18, 30.  
 Fingerschutzvorrichtungen an Förder-  
   wagen 312, 313.  
 Firstenbänke 55 u. f., 91.  
 Firstenbrände 573.  
 Firstengetriebe 58.  
 Firstengewölbe 85, 86, 95.  
 Firstenstempel 35, 36.  
 Flachlitzige Seile 443.  
 Flachscheibehassel 419, 420.  
 Flachseile s. Bandseile.  
 Fleuß 589.  
 Fliegende Bremsen 284, 405, 406.  
 Fliegendes Gestänge 327.  
 Flözbrände 572.  
 Flottmannsche Hängerutsche 295.  
 — Rollenrutsche 293.  
 Flügel 99.  
 Flügelschienen 324 u. f.  
 Flüssige Luft in Atmungsgeräten 586 u. f.  
 Förderbänder 286 u. f.  
 Fördergefäße beim Abteufen 158.  
 Fördergerippe s. Fördergestelle.  
 Fördergerüst 497, 521 u. f.  
 — bei Schachtabteufen 158, 159, 183.  
 Fördergestänge 324 u. f.  
 Fördergestelle 453 u. f.  
 Förderhassel 418 u. f.  
 Förderkabel 183  
 Förderkörbe s. Fördergestelle.  
 Förderkübel 160, 168 u. f.  
 Fördermaschine, elektrische 516.  
 Förderseile 437 u. f.  
 — Auflegen 449 u. f.  
 — Statistik 451, 453.  
 — verjüngte 444, 445.  
 Fördertürme 523, 524.  
 Förderung 281 u. f.  
 — im Abbau 282 u. f.  
 — mit Seil ohne Ende s. Seil ohne Ende.  
 Förderwagen 309 u. f.  
 — Achslager 313 u. f.  
 — aus Stahlblech 311, 312.  
 — Bewegungswiderstände 334.  
 — Fingerschutzvorrichtungen 312, 313.  
 — Leistungen und Kosten 323.  
 — Räder 318, 319.  
 — Reinigung 323.  
 — Umwerfvorrichtungen 322.  
 Fontainesche Fangvorrichtung 507.  
 Formsteine 97.  
 — aus Beton 125.  
 Forster 357.  
 Forstmann 287.  
 Friedlicher Nachbar, Steinkohlen-  
   grube 172.  
 Friedrich Franz, Kaliwerke 266.  
 — Heinrich, Steinkohlengrube 255.  
 Franke 286.  
 Frantzsche Aufsetzvorrichtung 469.  
 Frantzsches Förderwagenrad 319.  
 Frostwandstärke bei Gefrierschächten  
   251 u. f.  
 Führerlose Lokomotiven 379.  
 Führung für Senkschächte 191, 192.  
 Führungsschlitten 164.  
 Führungseile 161, 444, 466, 467.  
 Führungsgerüst (Schachtförderung) 523.  
 Füllbeton 97.  
 Füllortanlage nach Tomson 484, 485.  
 Füllort, Ausbau 88, 89, 98.  
 — und Hängebank 467 u. f.  
 — Verschiebebetrieb 387 u. f.  
 Füllort-Weichen 332.  
 Fürstensteiner Gruben 571.  
 Fußpfahl 30, 33, 41, 48.  
 Gabelmitnehmer f. Seilförderung 360, 361.  
 Ganze Schrotzimmerung 107.

- Gasmotorenfabrik Deutz 373, 374.  
 Gebhardt und König 241, 260.  
 Gebirgsarten 3 u. f.  
 Gebirgsdruck 2 u. f.  
 Gebirgstörungen 6.  
 Gedinge beim Schachtabteufen 157.  
 Gefälle an Hängebank und Füllort 480 u. f.  
 — bei Seilförderung 362, 363.  
 Gefälleverhältnisse in Förderstrecken  
 335 u. f.  
 Gefäßförderung 434 u. f.  
 Gefrieren, absatzweises 259.  
 Gefrierrohre 259.  
 Gefrierrohrkreis 240.  
 Gefrierrohrverbindungen 241.  
 Gefrierschächte, tiefste 255.  
 Gefrierverfahren 236 u. f., 279, 280.  
 Gegengewichte für Bremsbergförderung  
 410, 411.  
 — (Schachtförderung) 491 u. f.  
 „Geläufe“ für Förderwagen 313 u. f.  
 General Blumenthal, Steinkohlen-  
 grube 555.  
 Gerke 286.  
 Gerlach & Bömekesche Fangvor-  
 richtung 508, 509.  
 Gertner 424.  
 Gerüstschuh 70.  
 Geschichtete Gesteine 4.  
 Geschlossener Ausbau 14.  
 — Eisenausbau 77, 78.  
 Geschlossene Rollen 416.  
 Geschwindigkeitsmesser 513.  
 „Gesicht“ 39.  
 Gestänge 324 u. f.  
 — in Bremsbergen 400.  
 Gestängewasserhaltung 539 u. f., 554.  
 Gestängezusammenziehung 333.  
 Gesteinsarten 3 u. f.  
 Gestellbremsberge 392, 399, 403.  
 Gestelle für Bremsbergförderung 408 u. f.  
 Gestellförderung 437 u. f.  
 — Betrieb 473 u. f.  
 Gestellrutschen 290, 292.  
 Getriebearbeit beim Schachtabteufen 174.  
 Getriebepfähle 58 u. f.  
 Getriebezimmerung 57 u. f.  
 Geviertausbau in Schächten 107, 110.  
 Geviertzimmerung 45.  
 Gewellte Tübbings 146.  
 Gewinnungsarbeit beim Schachtabteufen  
 154.  
 Gewölbe 84.  
 Giersberg 589.  
 Giesescher Bremsschachtverschluß 432,  
 433.  
 Giller 380.  
 Gittertüren in Bremsschächten 425.  
 Gleichgewichtsboden 223 u. f.  
 Gleichgewichtsrohr 223 u. f.  
 Gleichzeitiges Mauern und Abteufen  
 118 u. f.  
 Glinzsches Kettenseil 369, 370.  
 Glockenbildung 4, 5.  
 Glockenbrüche 7, 8.  
 Glückauf bei Sarstedt, Kaliwerk 231.  
 — — Sondershausen, Kaliwerk 137.  
 — Masch.-Fabr. 291.  
 Gneisenau, Steinkohlengrube 536.  
 Göpelförderung 418.  
 Gössel 332.  
 Graafen, Masch.-Fabr. 297.  
 Gräfesche Fangvorrichtung 509.  
 Grahn 214, 594, 600.  
 Granitartige Gesteine 1, 4.  
 Greifbagger 194, 196 u. f.  
 Grimberg, Steinkohlengrube 486.  
 Gröbler 137.  
 Grono 75.  
 Großherzog von Sachsen, Kaliwerk  
 215, 266.  
 Großmann, H. u. G, Masch.-Fabr. 120,  
 121, 562, 563.  
 Grubenbrände 571 u. f.  
 Grubenförderung 281 u. f.  
 Grubenhölzer 15.  
 Grubenholz-Imprägnierung G. m.  
 b. H. 25.  
 Grubenholz, Verbrauch 11, 26.  
 Grubenlokomotiven s. Lokomotivförde-  
 rung.  
 Grubenmauerung 78 u. f.  
 Grünsand 530.  
 „Grundschwelle“ 45.  
 „Grundsohle“ 45.  
 Grundwasser 527.  
 Gurtförderer 286, 287 u. f.  
 — für Bergförderung 305.  
 Gute Hoffnungshütte, Sicherheits-  
 vorrichtung 516.  
 Haasesche Spundwand 179.  
 Habets 589.  
 Hängebank und Füllort 467 u. f.  
 Hängefahrt 167.  
 Hängekeps 468.



- Hängerutschen 290, 291.  
 Hängeseil 440, 460, 495.  
 Hagemann, Dr. 607.  
 Hagenbeck, Steinkohlengrube 127.  
 Hainbuche 15, 17.  
 Halstrick 316.  
 Hamel 323.  
 „Handweiser“ 41.  
 Hanfseile 437, 438.  
 Hanf-Seilknoten 360, 362.  
 Hangendholz 48.  
 Haniel und Lueg 137, 148, 216, 231,  
 245, 247, 553.  
 Hanseatische Apparatebauges. 583,  
 586, 601.  
 Harte 504.  
 Hartmann 552.  
 Hartmann-Knoke-Berg 548, 549,  
 557.  
 Hasenclever 356, 357, 358.  
 Haspelförderung 418 u. f.  
 Haspelschächte, Sicherheitsvorrichtungen  
 422 u. f.  
 Hasse 578.  
 Hasselmannsche Holztränkung 24, 25.  
 Haton de la Goupillière 229.  
 Hattorf, Kaliwerk 569.  
 Hausschwamm 19.  
 Hautrage, Steinkohlengrube 187.  
 Heber 567.  
 Heckel 347.  
 Heckelsche Druckrolle 361.  
 — Einlaufförderung für Fördergestelle  
 479, 480.  
 — Fangvorrichtungen 424, 425.  
 — Kettenscheiben 368.  
 — Seilschlösser 359.  
 — Treibscheibenförderung 498.  
 Heckelscher Seilantrieb 349.  
 Hecker 33, 429, 430.  
 Heinrichsglückgrube, Steinkohlen-  
 grube 276, 278.  
 Heintzmann und Dreyer 535.  
 Heise 145, 146.  
 Heißwasserlokomotive 373.  
 Heithölzer 107.  
 Hellmann 451.  
 Herbst 549.  
 Hermann, Steinkohlengrube 160, 168, 557.  
 Herzstücke 331, 332.  
 Herzynia, Kaliwerk 377.  
 Hesescher Fanghaken 423.  
 von der Heydt, Steinkohlengrube 125,  
 379.  
 Hildesia, Kaliwerk 266.  
 Hilfsdamm bei Bränden 579.  
 Hilfsring 204.  
 Hilfstürstock 45, 59.  
 Hinselmannsche Bergerutschen 303,  
 304.  
 — Gestellrutschen 291.  
 — Rollenrutsche 292.  
 — Schüttelrutschen 298, 300.  
 — Stempel 67.  
 Hintergießen von Tübbings 139.  
 Hirtz und Peisen, Bremsbergver-  
 schluß 428, 429, 430.  
 Hochstrate 302.  
 Hölzerne KÜvelage 108.  
 Hörsignale 517.  
 Hoffmann Bergassessor 143.  
 — Direktor 147.  
 — Dr. 517, 538.  
 Hohendahlische Gabel 361.  
 Hohmannsche Fangvorrichtung 509.  
 Holzarten 15, 16 u. f.  
 Holzbausbau 12, 14 u. f.  
 — zusammengesetzter 37 u. f.  
 Holzeinlagen in Mauerung 55.  
 Holzextrakt 18.  
 Holz, Fäulniserscheinungen 18 u. f.  
 Holzfräser 27, 28.  
 Holzgewölbe 92.  
 Holzkosten 15.  
 Holzmann, Phil. & Co. 212.  
 Holzpfeiler 16, 29, 37 u. f.  
 Holzpflaster in Pferdeförderstrecken 342.  
 Holzpilze 19.  
 Holz, Rauben 28.  
 Holzschränke 37 u. f.  
 Holzschwellen 325.  
 Holztränkung 21 u. f.  
 Honigmann 222, 338.  
 Honigmannscher Bohrschacht 149.  
 Honigmannsche Lokomotive 373.  
 Honigmannsches Schachtbohrver-  
 fahren 232 u. f., 278.  
 Hoppesche Fangvorrichtung 509.  
 Hornstatt 404.  
 Hrabak 446.  
 Hubpumpen 539 u. f.  
 Hugo, Steinkohlengrube 182, 197, 201,  
 204.  
 „Hund“ 309.  
 Hundt 130.  
 „hunt“ 309.  
 Huntsche Förderanlage 501.

- Huppen für Signale 521.  
 Hydraulischer Mörtel 80, 81.  
 Hydraulische Schachtfallen 469.  
 Hydraulische Wasserhaltung 549, 550.  
 Hypersielsche Fangvorrichtung 507.  
  
**I**ckern I/II, Steinkohlengrube 212.  
 Imprägnierung s. Tränkung.  
  
**J**äger & Co. 558.  
 Jakob 75.  
 Jalousieverschluß f. Fördergestelle 456.  
 Jetschinsche Sicherheitsvorrichtung 516.  
 Jöcher 107, 110.  
 Johanne Henriette, Braunkohlengrube 501.  
 Joosten 252, 259.  
 Jorissen 356, 357, 358, 360.  
 Jüngst 302.  
 Julius, Steinkohlengrube 486.  
  
**K**abelseile 441.  
 Kälteerzeugungsanlage 244 u. f.  
 Kälteflüssigkeit 248.  
 Kalisalzbergbau 387, 498, 529.  
 Kalk 80 u. f.  
 Kalkschlämpfpumpe 578.  
 Kaltheuner 489.  
 Kanalwage an Senkschächten 193.  
 Kania & Kuntzesche Fangvorrichtung 509.  
 Kappen 16, 107.  
 Kappengewölbe 90.  
 Kappenzimmerung 31, 47.  
 Karbolineum 22.  
 Karl Alexander, Steinkohlengrube 150.  
 Karlikscher Geschwindigkeitsmesser 513.  
 Karl-Stollen 366, 367, 535.  
 Karrenförderung 283.  
 Kastenbremsberge 392, 399.  
 Kaufmann 127.  
 Kausche 457, 458.  
 Kegel 8, 252, 529.  
 Keilkränze 132, 140.  
 Keilkranzbett 132.  
 Kellerhalsgewölbe 88.  
 Keps s. Aufsetzvorrichtungen.  
 Kernfäule 19.  
 Kernholz 16.  
 Kerntränkung 22.  
 Kettenbahnen, Fangvorrichtungen 424.  
 Kettenförderungen, unterlaufende 483 u. f.  
 Kettenförderung in Schächten 500, 501.  
  
 Kettengreiferscheiben 367.  
 Kettenseil 369, 370.  
 Kette ohne Ende 367 u. f.  
 Kette, unterlaufende 389.  
 Kidderschacht (Amerika) 213.  
 Kiefer 15, 18.  
 Kimberley, Schachtförderung 436, 437.  
 Kind-Chaudronsches Schachtbohrverfahren 141, 149, 215 u. f., 265, 279.  
 Kippbühnen in Bremsbergen 402.  
 Kirschheckschacht, Steinkohlengrube 125.  
 Kirschniok 28.  
 Klein 177.  
 Kleinscher Motor 298.  
 Kleinschlag 92, 93.  
 Klemmbacken-Fangvorrichtungen 509.  
 Klemmgabeln für Seilförderung 361, 362, 363.  
 Klemp, Schultz & Co. 328.  
 Klerner 291.  
 Kletter-Wendeplatte 328, 329.  
 Kleversche Kuppelung 343.  
 Klinker 79.  
 Kliver 388.  
 Klötzeldamm 580.  
 Klötzelveertäfelung 177.  
 Knohlscher Drehriegel 430.  
 Knotenseile 360, 361, 362.  
 Knüppelbremsen 407.  
 Kochsalztränkung 22.  
 Kölner Bergwerksverein, Steinkohlengrube 344, 379, 552.  
 Königsche Schlauchgeräte 584.  
 Königstange 461.  
 Königswellen 350.  
 Koepe-Förderung siehe Treibscheibeförderung.  
 Koepesches Bremsgestell 408.  
 Körting, Gebr. 563.  
 Kohlenoxyd 581.  
 Kohlensäure bei der Kälteerzeugung 247.  
 Kolbenlöffel 221.  
 Kolbenpumpen 539 u. f.  
 Kondensator 245.  
 Konische Seilkörbe 494.  
 Kopfführungen 454, 462, 463.  
 Kopfgeschick 31.  
 Kopfspreize 39, 40.  
 Korbbogengewölbe 84.  
 Kornfeldsche Schienenbefestigung 325, 326.  
 Kosten der Bohrschächte 231, 232., — — Dammtore 535.

- Kosten der eisernen Spundwände 180.  
 — — Förderwagen 323, 324.  
 — — Gefrierschächte 262.  
 — — Lokomotivförderung 390 u. f.  
 — — Pferdeförderung 344, 366.  
 — — Preßluftsenkschächte 214.  
 — — Seilförderung 365 u. f.  
 — — Senkschuhe 185.  
 — — Tagesanlagen beim Schachtabteufen 154.  
 — — Tübbings 142.  
 — — verschiedenen Schachtabteufverfahren 279.  
 — — Wasserhaltung 547, 550, 551, 567.  
 — des Schachtabteufens 168, 169.  
 — — — mittels Ansteckarbeit 177.  
 — — Schachtausbaues 110, 111, 113, 122, 126, 127, 129, 130, 142.  
 — — Senkschachtverfahrens 209.  
 — — Zementierungsverfahrens 273, 278.  
 Kranzplatten 328.  
 — für Seilförderungen 363, 364.  
 Krecke 234.  
 Kreisbogengewölbe 84, 85.  
 Kreiselpumpen 556 u. f.  
 Kreissägen 27, 32.  
 Kreosot 22.  
 Kreuzgewölbe 87.  
 Kreuzlager 37 u. f.  
 Kreuzschlagseile 441, 442.  
 Kreuztübbings 146, 147, 150.  
 Kreuzverband 83.  
 Kruskopf 22, 23.  
 Kübel beim Schachtabteufen 158 u. f.  
 Kübelkippvorrichtung 160, 161.  
 Kūvelage 130 u. f.  
 — bei Bohrschächten 225.  
 — für Bohrschächte ohne Moosbüchse 228.  
 — hölzerne 108.  
 Kugellager für Förderwagen 316, 334.  
 Kuhnsche Unterseil-Aufhängung 488.  
 Kunstkreuz 542.  
 Kupka 578.  
 Kuppelhaken 343.  
 Kuppelvorrichtungen für Kettenförderung 369.  
 Kurvenrollen 355 u. f.  
 — für Kettenförderung 369.  
 Kyan 21.  
 Kyanisieren 21.  
 Längsschlagseile 441, 442.  
 Lärche 15, 16, 17.  
 Läuferverband 83.  
 Lamm-Francoische Lokomotive 373.  
 „Langsambinder“ 81.  
 Lardy 127.  
 Laufbohlen 283, 324.  
 Lauggennester 242.  
 Lehrbögen 90.  
 Leinenverzug 50.  
 Leistungen bei Bohrschächten 230.  
 — — dem Betonieren 129.  
 — — — Gefrierverfahren 261.  
 — — — Schachtabteufen 168.  
 — — der Lokomotivförderung 390 u. f.  
 — — — Pferdeförderung 343, 344.  
 — — — Schachtmauerung 122.  
 — — Senkschächten 208, 209.  
 — von Förderwagen 323.  
 Leitbäume 464, 465.  
 Lenzches Lager für Förderwagen 315, 316.  
 Lessingsche Fangvorrichtung 509.  
 Leybold 492.  
 Libottesche Fangvorrichtung 509.  
 Liegendholz 48.  
 Lindenberg - Meinickesche Ausgleichseile 491.  
 Linksweichen 329.  
 Litzenseile 441 u. f.  
 Löffelmaschine 217.  
 Löffeln, das — beim Schachtabbohren 220.  
 Löwe 266.  
 Lohbergsschächte, Steinkohlengrube 149, 255, 262.  
 Lohmannsche Fangvorrichtung 507.  
 Loiret 607.  
 Lokomotivförderung 373 u. f.  
 — Leistungen und Kosten 390 u. f.  
 — Vergleich der Lokomotiven 381, 382.  
 Lolat-A.-G., Betonbau 99.  
 Lombois 273.  
 Lothringischer Erzbergbau s. Minettebezirk.  
 Luftbedarf des Menschen 590.  
 Luftmörtel 80, 115.  
 Mackensen 264.  
 Mähnerische Förderung 502.  
 Magnesiaement 81, 115, 274.  
 Mammutpumpen 564.  
 Manilahanf 438.  
 Mannesmannwerke 67.  
 Maria, Steinkohlengrube 606.

- Mariaschacht, Erzbergwerk 572.  
 Maschinelle Streckenförderung 344 u. f.  
 Maschinenkammern, Ausbau 98, 99.  
 Massige Gesteine 4.  
 Mauerabsätze in Schächten 115, 164.  
 Mauerdamm bei Bränden 580.  
 Mauerfüße in Schächten 115, 116.  
 Mauersenkenschächte 184, 206.  
 Mauerung 12, 13, 78 u. f.  
 — bei Senkschächten 186.  
 — in Schächten 114 u. f.  
 — mit Holzeinlagen 91  
 — nachgiebige 90 u. f.  
 — trockene 79, 83.  
 — Verbände 82, 83.  
 Maximilian, Steinkohlengrube 148.  
 Mechanische Abbauförderung, Beurteilung 305 u. f.  
 Mechanische Streckenförderung 344 u. f.  
 Meinicke 491.  
 Mellin 324, 515, 516.  
 Menschenförderung mit Lok. 340.  
 Meyer, B. 303, 389.  
 — G. A. 585.  
 — Rud., Masch.-Fabr. 379, 380.  
 Middelschulte 530.  
 Mitnehmer 359 u. f.  
 Mitnehmerrutschen 286.  
 Mittelstempel 35, 36, 52.  
 Möhrle 498.  
 Mörtel 80 u. f., 92, 115.  
 Mommertzscher Stempel 68.  
 Montania, Masch.-Fabr. 374.  
 Moosbüchse 223 u. f.  
 Morin 274, 278.  
 Morsbach 157, 273.  
 Morsbachscher Bremsschachtverschluß 431, 432.  
 Mortonschacht (Amerika) 187.  
 Müller, K. 80, 81.  
 Müllersche Sicherheitsvorrichtung 516.  
 Münznersche Fangvorrichtung 508.  
 Muldenkippwagen 321, 322.  
 Muldenwagen (Förderwagen) 310, 316.  
 Mundatmung 593.  
 Nachfall 103, 104.  
 Nachfolgender Ausbau 14.  
 Nachgiebige Schalholzzimmerung 50 u. f.  
 — Türstockzimmerung 44 u. f.  
 Nachgiebiger Ausbau 12, 13, 29.  
 — Eisenabau 67, 68, 71, 72.  
 — Stempelausbau 31 u. f.  
 Nadelhölzer 15, 17.  
 Nasenatmung 593.  
 Natronlokomotive 373.  
 Nebenseile (Schachtförderung) 491.  
 Neff 606.  
 Nellensche Stempel 67, 68.  
 Neuhausische Bergerutschen 304.  
 — Bremsbergverschlüsse 429.  
 — Luttenrutschen 415, 417.  
 — Schüttelrutschen 290.  
 Neuhaus & Co. 566.  
 Neumühl, Steinkohlengrube 75, 125, 483, 484, 486.  
 Neupert, O., Nachf. 584, 598.  
 Neu-Prick, Steinkohlengrube 285.  
 Nickelstahl für Drahtseile 439.  
 Niedersachsen, Kaliwerk 261.  
 Nördlinger 16, 17.  
 Nonius-Stempel 67.  
 Nordamerika, Schachtförderung 437.  
 Nordstern, Steinkohlengrube 23, 77, 127, 233.  
 Normalprofile für Grubenschienen 324.  
 „Normalstein“ 79.  
 Notglieder für Kettenförderung 369.  
 Notkeps 512.  
 Oberer See (Schachtförderung) 434.  
 Oberirdische Wasserhaltung 539 u. 554, 555.  
 Oberhausen, Zeche 287.  
 Oberschlesien, Grubenbrände 574.  
 Oberschlesischer Pfeilerbau 36, 37.  
 — Steinkohlenbergbau 103, 104, 311, 387, 485, 486.  
 — — Ausbau 57.  
 Oberursel, Motorenfabrik 374.  
 Oddesse, Masch.-Fabr. 547.  
 Örtersbremsberge 394, 399.  
 Offener Ausbau 14.  
 Offene Rollen 416.  
 Optische Signale 519.  
 Orgel 36, 37, 104.  
 Ortsbretter 59, 60.  
 Ortsvertäfelung 58, 60.  
 Paehr 390.  
 Palisadenstempel 31, 70, 71.  
 Patenträder für Förderwagen 319.  
 Patentverschlossene Seile 443, 444, 446.  
 Pattberg 189.  
 Pattbergisches Stoßbohrverfahren 194, 198, 199, 208, 209, 210, 279.

- Pendelrutschen 290 u. f.  
 Perspektivpumpen 540.  
 „Pfähle“ 42, 61 u. f.  
 Pfändhölzer 61.  
 Pfändkeile 59, 61.  
 Pfändlatte 59.  
 Pfändung 59.  
 Pfändungsbau 65, 66.  
 Pfeilerschüsse 5.  
 Pferdeförderstrecken 342.  
 Pferdeförderung 334, 336, 340, 341 u. f.  
 Pferdeställe 341, 342.  
 Pferdetreiber 340, 344.  
 Pflanzenfaserseile 437, 438, 448.  
 Pflasterung von Pferdeförderstrecken 342.  
 Phenolöle 21, 22.  
 Pieper 290.  
 Pikotage der Tübbings 134, 135.  
 Pikotieren des Keilkranzes 133.  
 Planmäßige Zimmerung 104, 105.  
 „Platte“ 39.  
 Plattendolomit 528.  
 Plattenweichen 330, 331.  
 Pneumatische Schachtförderung 501, 502.  
 Pneumatogen 589, 598 u. f.  
 Pneumatophor 589.  
 Pöhlauerschacht, Steinkohlengrube 267.  
 Pötschsches Verfahren 237.  
 Polnischer Türstock 39, 40.  
 Polygonzimmerung 40.  
 Portier 94, 264, 265, 268.  
 Portlandzement 80.  
 Preßbeton 93, 94.  
 Pressen bei Senkschächten 200.  
 Preßlufthaspel 418 u. f.  
 Preßluftlokomotiven 373, 379 u. f., 391.  
 Preßluftverfahren beim Schachtabteufen 210 u. f., 279.  
 Prieußen, Steinkohlengrube 483 u. f.  
 Priestmannscher Greifbagger 197.  
 Prinz Adalbert, Kaliwerk 247, 248.  
 Profilenausbau in Schächten 110 u. f.  
 Prosper, Steinkohlengrube 362, 476, 486.  
 Pulsometer 565 u. f.  
 Pulmotor 605.  
 Pumpen 539 u. f.
- Quast** 15.  
 „Quellen“ d. Liegenden 6, 32, 46, 327, 356.  
 Quetschhölzer 43, 44, 53, 91.
- Radbod**, Steinkohlengrube 127, 168  
 Radsätze für Förderwagen 313 u. f.  
 Radstand bei Förderwagen 319.  
 Rasenhängebank 457, 522.  
 Rasselwecker 518.  
 Rauben des Holzes 28, 105.  
 Raubspindel 28.  
 Raummeter 15.  
 Rechtsweichen 329, 330, 331.  
 Recktenwald 379.  
 Refrigerator 245.  
 Reibungstrommel 499.  
 Reibungsverhältnisse bei Förderwagen 334 u. f.  
 Reifholz 16.  
 Reinhardtscher Ausbau 68, 73 u. f.  
 Retardiervorrichtung 516.  
 Rettungsgeräte 581 u. f.  
 Rettungskammern 606.  
 Rettungsgruppen 605.  
 Rhein I, Steinkohlengrube 255.  
 Rheinelbe, Steinkohlengrube 127.  
 Rhein.-Westf. Schachtbaugesellschaft 125.  
 Rheinpreußen, Steinkohlengrube 8, 32, 43, 61, 73, 182, 189, 264.  
 Richard 264.  
 Riedler-Pumpe 551.  
 Riegelkeps 468.  
 Riemer 190, 194.  
 Rieselkondensator 245.  
 Ringausbau 75.  
 — in Schächten 110 u. f.  
 Rittingerpumpen 539, 540.  
 Robinie 17.  
 Roch 80.  
 Röchling, Erzbergwerk 533.  
 Römersche Sicherheitsvorrichtung 515.  
 Roland, Steinkohlengrube 125.  
 Rollen 415 u. f.  
 Rollende Förderung 283.  
 Rollenlager f. Förderwagen 316, 317, 334.  
 Rollenrutschen 290, 292 u. f.  
 Rollochförderung 415 u. f.  
 Romanzement 80.  
 Rosenblumendelle, Steinkohlengrube 377, 538.  
 Rosenstein 264.  
 Rotbuche 15, 17, 30.  
 Rottanne 15.  
 Rührbohrer 194, 196 u. f.  
 Rüpingsche Holztränkung 25.  
 Rütgerswerke 24.

- Ruhrthaler Masch.-Fabr. 374, 380.  
 Rundseile 441.  
 Russell 375.  
 Rutschenförderung 284, 285.  
 Rybniker Hütte, Wagenwechselvorrichtung 479.
- Sachsen-Weimar, Kaliwerk 277.**  
 Sackbohrer 193, 194 u. f.  
 — von Sassenberg und Clermont 194.  
 Saclier 270, 272, 273.  
 Säge 27.  
 Salau & Birkholz 446.  
 Salziger See 531.  
 Sammelring 243.  
 Sandgewand (Störung) 78.  
 Sandsteinartige Gesteine 4, 5.  
 Sargdeckel 104.  
 Sassenberg 194, 195, 204.  
 Sassenbergscher Senkschacht 205.  
 Sattelförderwagen 320, 321.  
 Sauerstoffgeräte 582, 589 u. f.  
 Sauerstoffkoffer 604.  
 Sauerstofftaschen 604.  
 Saugschlauchgeräte 582, 583.  
 Schachtabbohren im lockeren Gebirge 232 u. f.  
 — nach Deutscher Kaiser 232 u. f.  
 — — Kind-Chaudron 215 u. f.  
 — — Stockfisch 232, 234 u. f.  
 Schachtabteufen, gewöhnliches 151 u. f.  
 — im schwimmenden Gebirge 174 u. f.  
 — mittels des Gefrierverfahrens 236 u. f.  
 — — Preßluft 210 u. f.  
 — — Zementierung 263, 267 u. f.  
 — vergleichender Rückblick 278.  
 Schachtausbau 14, 106 u. f.  
 Schachtbohrverfahren von Pattberg 198, 199.  
 Schachtbrände 576.  
 Schachteinbau 106, 110.  
 Schachtfallen s. Aufsetzvorrichtungen.  
 Schachtförderseile s. Förderseile.  
 Schachtförderung 433 u. f.  
 — Fangvorrichtungen 503 u. f.  
 — Leistungen 485, 486.  
 — mit Zahnstangen 501.  
 — pneumatische 501, 502.  
 — Seilgewicht-Ausgleichung 487 u. f.  
 — Zwischengeschirr 457 u. f.  
 Schachtleitungen 462 u. f.  
 Schachtmauerung 114 u. f.  
 — wasserdichte 117.
- Schachtringe 111 u. f., 130 u. f., 141.  
 Schachttürme 523.  
 Schalholzausbau in Eisen 72 u. f.  
 Schalholz Zimmerung 14, 46 u. f., 54.  
 — nachgiebige 50 u. f.  
 „Schanzen“ 76.  
 Scharf 93.  
 Scharnhorst, Steinkohlengrube 483.  
 Schaukelbecherwerk 501.  
 Schausignale 519.  
 Scheibenbremsen 284, 404 u. f.  
 Scheibenhaspel 420.  
 Scheibenmauern 82, 84, 85.  
 „Scheiden“ 42.  
 „Scheiterhaufen“ 37 u. f.  
 „Schenkel“ 441.  
 Schieferartige Gesteine 5, 8, 10.  
 Schieferkaute, Kaliwerk 260.  
 Schienen 324 u. f.  
 Schienenaufsatz „Westfalia“ 322.  
 Schienenbahnen, Gefällverhältnisse 335 f.  
 Schienenbefestigung 325, 326.  
 Schienen in Bremsbergen 400.  
 Schienenkreuzungen 328, 329, 333.  
 Schießarbeit beim Schachtabteufen 155.  
 Schlackensand 82.  
 Schlackenzement 80.  
 Schlägel und Eisen, Zeche 285.  
 Schläucherrohr 569.  
 Schlammöffel 220.  
 Schlauchgeräte 582 u. f.  
 Schleppende Förderung 283.  
 Schlepper 283.  
 Schlepperförderung 340.  
 Schleppkettenförderungen 286, 287.  
 Schleuseneinrichtung bei Preßluftschächten 210 u. f.  
 Schlottenzüge 528.  
 Schlüsselstollen 535.  
 Schlüter, Franz 98, 127, 130, 264.  
 Schlütersche Sicherheitsvorrichtung 516.  
 Schmiede 518.  
 Schmidt 237, 251.  
 Schmierrad für Förderwagen 314.  
 Schmierwipper für Förderwagen 314.  
 Schneider 607.  
 Schneidschuh 181, 184, 188.  
 „Schnellbinder“ 81.  
 Schnitte 7.  
 Schornsteinverband 82.  
 Schraubenwinden bei Senkschächten 200.  
 Schrotzimmerung, ganze 107.  
 Schubriegel von Best 430, 431.

- Schüman'n 586.  
 Schüttelrutschen 286, 289 u. f.  
 — (Ausbau) 74.  
 — Bergförderung 302 u. f.  
 — in Strecken 308.  
 — von Flottmann & Co. 293, 295, 297,  
 298, 300.  
 — — Gebr. Eickhoff 293, 294, 295,  
 297, 299.  
 — — Hinselmann 292, 298.  
 — — Würfel & Neuhaus 295.  
 Schulte 317, 334.  
 Schulz 343.  
 Schulze-Vellinghausen 316.  
 Schutzvorrichtungen bei Fahrdraht-Loko-  
 motiven 376.  
 Schutzweiche an Bremsberganschlägen  
 427.  
 Schwaakscher Ausbau 62.  
 Schwade & Co. 547, 548.  
 Schwalbenschwanzzimmerung 56 u. f.  
 Schwann 589.  
 „Schwarten“ 42.  
 Schwartzkopff 366.  
 — Masch.-Fabr. 380.  
 Schwarz & Dyckerhoff, Masch.-Fabr.  
 374, 380.  
 Schwebe 34, 35.  
 Schwebende Bühne 119.  
 Schwedischer Türstock 40.  
 Schwellen 47, 325 u. f.  
 Schwemann 8, 27, 73.  
 Schwenkbühnen am Füllort 471, 472.  
 — in Bremsbergen 401, 402.  
 Schwerspatbildungen 531.  
 Schwimmsand (Ausbau) 57, 59 u. f.  
 Schwingrutschen 286, 289 u. f.  
 Segmentweise Ausmauerung 121.  
 Seilablenkung bei der Schachtförderung  
 522, 525.  
 Seilauflösevorrichtungen 511, 512.  
 „Seilchen“ 441.  
 Seileinband 457 u. f.  
 Seilfederbüchsen (Schachtförderung) 460,  
 461.  
 Seilförderung im Abbau 284, 285.  
 Seilführungen 464, 466, 467.  
 Seilgewicht-Ausgleichung 487 u. f.  
 Seilgewicht bei Treibscheibenförderung  
 496.  
 Seilknoten 360, 361.  
 Seilkörbe 487, 494, 495.  
 Seil ohne Ende 346 u. f.  
 Seil ohne Ende in Schächten 501.  
 Seilscheiben 522 u. f.  
 Seilschlösser (Schachtförderung) 458 u. f.  
 — für Streckenförderung 359, 362.  
 Seilsciemiervorrichtung 446.  
 „Seilschwanz“ 505, 506.  
 Seilzange von Heckel 359.  
 Seilzerreißmaschine 447.  
 Seitenführung bei Fördergestellen 454,  
 463.  
 Seitenkippwagen 321.  
 Selbach 508, 509, 510.  
 Selbstentzündung der Kohle 572.  
 Senkkörper 181, 184 u. f., 188.  
 Senkrechtanstecken 177.  
 — bei Senkschächten 205.  
 Senkschächte mit Preßluftanwendung  
 210 u. f.  
 Senkschacht, gußeiserner 207.  
 Senkschachtverfahren 180 u. f., 279.  
 Senkschuh 181, 184, 188.  
 Senkwinde 225.  
 Shamrock I/II, Steinkohlengrube 581.  
 — III/IV, Steinkohlengrube 486, 576.  
 Shantung-Bergb.-Ges. 578.  
 Sicherheitsbühne 171, 173.  
 Sicherheitsfahrt 167.  
 Sicherheitskammern 606.  
 Sicherheitskeps 512.  
 Sicherheitsverschlüsse in Bremsbergen  
 usw. 425 u. f.  
 Sicherheitsvorrichtungen bei Bremsberg-  
 und Haspelförderung 422 u. f.  
 — bei der Schachtförderung 503 u. f.  
 — gegen Übertreiben 510 u. f.  
 Siedesche Schwenkbühnen 472.  
 Siemens 377.  
 — & Halskesche Schachtförderung 501.  
 — — Signalvorrichtungen 519, 520.  
 Siemens-Schuckert-Werke 377, 516.  
 Signalgebung bei Seilförderung 364, 365.  
 Signalvorrichtungen bei der Lokomotiv-  
 förderung 389, 390.  
 — — der Schachtförderung 517 u. f.  
 Simonsche Spundwand 179, 180.  
 Skip-Förderung s. Gefäßförderung.  
 Sössen, Braunkohlengrube 179.  
 Sohlenbogen 86.  
 „Sohlenholz“ 45.  
 Sohlenvertäfelung 176.  
 Solfriansche Fangvorrichtung 510.  
 Sommersche Bremscheibe 407, 408.  
 Sommerscher Stempel 67.

- Sorelscher Zement 81.  
 Spackeler 376.  
 Spannager 162.  
 Spannpfandung 59.  
 Spannscheibe für Seilförderung 350, 351.  
 Speer 439, 446.  
 Sperrmaß 27.  
 Sperrvorrichtungen für Fördergestelle 479 u. f.  
 Spiralkörbe 492, 494, 495.  
 „Spitzen“ 42.  
 Splint 16.  
 Spreizen 33.  
 Spülverfahren bei Bränden 578.  
 Spundwand, eiserne 179.  
 — hölzerne 178.  
 Spurlatten 464, 465.  
 — geneigte 510.  
 Spurweite bei Förderwagen 319.  
 Stahlförderseile 438 u. f.  
 Stahlstempel 66 u. f.  
 Stampfbeton 93, 94, 101, 123.  
 — Druckfestigkeit 123.  
 Standrohr bei der Zementierung 274 u. f.  
 Standwasser 528.  
 Stapelbrause 577.  
 Stapff 484.  
 Starrer Ausbau 12, 13.  
 Stassart 187.  
 „Stationen“ bei Seilförderung 364, 365.  
 Staudinger 92.  
 Staußsche Schachtfalle 469.  
 Stechkuppelung für Seilförderung 362.  
 Steffen 11, 26.  
 Stegemann 78, 190, 233, 248, 262.  
 Stein 345.  
 Steinausbau 78 u. f.  
 Steinsalzartige Gesteine 4, 6.  
 Stein- und Kohlenfall, allgemeine Maßregeln 102 u. f.  
 — — — Gefahr 1.  
 Stellwerke 388, 389.  
 Stempelausbau 13, 16, 29, 30, 31.  
 — nachgiebiger 31 u. f.  
 Stempel aus Eisen und Stahl 66 u. f.  
 — Tragfähigkeit 18, 33.  
 Stens 25, 28, 29, 71.  
 Sterkrade, Steinkohlengrube 212.  
 Sternrollen 357.  
 Stockfisch 232, 234.  
 Stoßabdichtung bei Bränden 580.  
 Stoßweichen 329.  
 Strahlpumpen 563.  
 Stratameter 240.  
 Streben 33.  
 Strebestempel 34.  
 Streb-Räderhunde 284.  
 Streckenausbau 14, 16.  
 Streckenförderung 308 u. f.  
 — Gefälleverhältnisse 335 u. f.  
 Streckengerüstschuh 70.  
 Streckengestelle 75 u. f.  
 Streckengetriebe 59 u. f.  
 Streckenkreuzungen (Ausbau) 88, 104.  
 Stromabnehmer für Grubenlokomotiven 376, 377.  
 Stürzrollen 415 u. f.  
 Stutzbögen 85, 86.  
 Stutzgewölbe 85.  
 Stutztürstock 39.  
 Sueß 586.  
 Sulzer, Gebr. 559.  
 Sumpfanlagen 536 u. f., 543.  
 Systematischer Ausbau 104, 105.  
 Tagesanlagen beim Schachtabteufen 152.  
 Tagesförderung 281, 346, 372.  
 Tandem-Förderung 499, 500.  
 Tanne 18.  
 Taucherarbeit bei Senkschächten 204.  
 Taucherkrankheiten 214.  
 Tauchkondensator 245.  
 Tauchkivelage 226, 227 u. f.  
 Tauchverfahren für Holztränkung 23, 26.  
 „Teckel“ 320.  
 Tecklenburg 221.  
 Telephon 521.  
 Teufengrenze für Mauersenkshächte 186.  
 Teufenzeiger 512, 513, 516.  
 Thuringiazement 80, 269.  
 Thyssensche Sicherheitsvorrichtung 516.  
 Tiefbau- und Kälte-Industrie A.-G. 259.  
 Tiefkälteverfahren 237, 247 u. f.  
 Tietjens, Dr. 267.  
 Tillmann 378, 391, 498.  
 Tock 216.  
 Töniges 287.  
 Tomsonsche Füllortanlage 484, 485.  
 — Hilfsbühnen (Schachtförderung) 481 f.  
 — Wasserziehvorrichtung 561, 568.  
 Tonnengewölbe 85.  
 Tonnenkilometer 338, 339.  
 Tonschieferartige Gesteine 4, 5.  
 Tränkflüssigkeiten 20, 21 u. f.  
 Tränkungsverfahren 20, 23 u. f.  
 Tragehölzer 108.  
 Tragekränze 150.



- Tragende Förderung 282.  
 Tragewerk (Ausbau) 88.  
 Tragfähigkeit von Stempeln 18.  
 Tragrollen 358.  
 — für Kettenförderung 369.  
 Transportbremsberge 394, 395, 399.  
 Transvaal, Schachtförderung 434.  
 Traßmörtel 80, 81, 82.  
 Treibscheibenförderung 439, 442, 443, 445, 450, 453, 458, 468, 495 u. f.  
 — in Haspelschächten 422.  
 Treibscheibe von Heckel für Streckenförderung 349, 350.  
 Tremonia, Steinkohlengrube 558.  
 Treptow 100.  
 Triplex-Förderung 500.  
 Trippel 264.  
 Trockene Mauerung 79, 83.  
 Trockenfäule 19.  
 Trockenfäulepilz 19.  
 Trogförderung 285.  
 Trommelbremsen 404.  
 Trommelförderung 439, 442, 453, 486 u. f.  
 Trommelhaspel 420.  
 Truckförderung 346.  
 Tübbingausbau in Strecken 78.  
 Tübbings 130 u. f.  
 — aufgewölbte 146, 147.  
 — aus Stahlguß 147.  
 — Biegungsbeanspruchung 144.  
 — Druckbeanspruchung 143.  
 — für große Teufen 148.  
 — gewellte 146, 147, 148.  
 — in Senkschächten 189.  
 Turbinenpumpen 556.  
 Türstock, halber 41.  
 Türstockausbau 14.  
 — in Eisen 69 u. f.  
 Türstockzimmerung 38 u. f.  
 — nachgiebige 44 u. f.  
  
 Ubertreiben in Schächten 510 u. f.  
 Umfüllvorrichtung für Sauerstoffflaschen 604.  
 Umstecken 462.  
 Undeutsche Fangvorrichtung 504, 506, 507, 508.  
 Union, Masch.-Fabr. 451.  
 Unterfahrung von Schächten 170.  
 Unterfangen des Schneidschuhes 206.  
 Unterhänge-Eisen 62.  
 Unterhängen der Tübbings 137 u. f.  
 Unterhängetübbings in Gefrierschächten 258.  
  
 Unterirdische Wasserhaltungen 543 u. f., 554.  
 Unterlaufende Kette 389.  
 Unterseil, besondere Ausführungen 489 490, 492.  
 Unterseile 445, 487 u. f., 496.  
 Unterseil in Bremschächten 412.  
 — — Haspelschächten 421.  
 Unterzug 63, 64.  
 Unus, Atmungsgerät 601.  
  
 Verankerung der Mauersenkshächte 185  
 Verbauregeln 105.  
 Verblattung 38, 107.  
 Verbundsenkschacht 189.  
 Verjüngte Förderseile 444, 445.  
 Verlängerungseile bei Bremsbergen 394.  
 Verlorener Ausbau 13.  
 Verpfählung 42.  
 Versatzung 36, 37.  
 Verschalungen 93, 96, 97.  
 Verschiebebetrieb bei Lokomotivförderung 387 u. f., 391.  
 Verschlämmen von Bränden 575, 578.  
 Verschlüsse in Bremsbergen usw. 425 u. f.  
 Verschwalbung 56.  
 Versteinung des Gebirges 263 u. f., 279, 280.  
 Vertäfelung 59, 60.  
 Verteilungsring 242, 243.  
 Verteilungsweichen 332.  
 Verwilghen 216.  
 Verzug 42, 50, 72, 104.  
 Verzugbleche 114.  
 Verzugbretter 114.  
 Viebig 98, 123, 187.  
 Viergespann 45, 46.  
 Vignoles-Schienen 324 u. f.  
 Viktoria, Steinkohlengrube 168, 275, 278.  
 Vogelsangscher Bremsbergverschluss 428, 429.  
 Vollrath 99, 127.  
 Vondern I/II, Steinkohlengrube 578.  
 Vorder- und Hinterseil 345, 346.  
 Voreilender Ausbau 14, 57 u. f.  
 Vorschacht 184.  
 Vorstecker 72  
 Vortreibepfähle 63 u. f.  
 Vortreibezimmerung 60 u. f., 104.  
  
 Wagen-Ablaufberg 338.  
 Wagenbremsberge 392, 394 u. f., 399, 401, 404.

- Wagenförderung im Abbau 283, 284.  
 — Betätigung 340 u. f.  
 Wagenpark 436.  
 Wagenumlauf an Schachtanschlügen 483 u. f.  
 Wagenwechsel b. Fördergestellen 473 u. f.  
 Wagner 264, 439.  
 Wagnerscher Sicherheitsdamm 579.  
 Wallach II, Steinkohlengrube 234.  
 Wallichs 487, 490, 496, 517.  
 Waltrop, Steinkohlengrube 565.  
 Wandernder Ausbau 73 u. f., 296.  
 Wandruten 108, 110.  
 Wandstärke der Kùvelage 143.  
 Wanz, Ingenieur 585.  
 Warnen des Holzes 12, 17.  
 Warnglocke 513.  
 Wasserabdämmungen 532 u. f.  
 Wasserauftriebförderung 502.  
 Wasserdichte Schachtmauerung 117.  
 Wasserdurchlässige und wassertragende Schichten 527.  
 Wasserförderung durch Kübel 560.  
 Wasserführung des Gebirges 526.  
 — — — im Ruhrbezirk 529.  
 Wasserhaltung 526 u. f.  
 — beim Schachtabteufen 568.  
 Wasserhebevorrichtungen 539 u. f.  
 Wasserkalk 80, 81, 82.  
 Wasserkasten 560.  
 Wasserkastenförderung 414.  
 Wassersäulenmaschine 550.  
 Wasserseige 41, 88, 89, 327, 342.  
 Wasserwagen 560.  
 Wasserzieheinrichtungen 560 u. f.  
 Wechsel 329 u. f.  
 Wechselbaum 332.  
 Wechsel bei Bremsbergen 403.  
 — für Seilförderungen 363, 364.  
 Wegelin & Hübner 251.  
 Weichen 329 u. f.  
 — s. Wechsel.  
 Weise, Dr. 521.  
 — & Monski 547.  
 Weißer Mergel 530.  
 Weißbuche 15, 17, 30.  
 Weißtanne 15, 18, 30.  
 Weiterabteufen von Schächten 169 u. f.  
 Wendeplätze 328, 329.  
 Wendriner 390.  
 Werne I/II, Steinkohlengrube 168.  
 Westermann 308.  
 Westfälische Berggewerkschafts-  
 kasse 447.  
 Westfalenschächte, Steinkohlengrube 157.  
 Westfalia, Eisenhütte 454.  
 — Förderhaspel 419.  
 — Masch.-Fabr. 456, 577, 584, 592, 595, 605.  
 — Schienenaufsatz 322.  
 Westmeyersche Aufsetzvorrichtung 470, 471.  
 Wetterführung beim Schachtabteufen 165.  
 Wetterumstellvorrichtung 576.  
 Wex 389.  
 Wiederbelebungsapparate 605.  
 White & Grantsche Fangvorrichtung 508.  
 Whiting-Förderverfahren 498.  
 Wickelhaspel für Förderseile 450.  
 Wiede 267, 273.  
 Wiendahlsbank, Steinkohlengrube 537, 538.  
 Wilhelmschacht, Erzgrube 130.  
 Winkhaus 379.  
 Winter, Dr. 439.  
 Winterberg & Jüres (Ausbau) 70.  
 — — (Förderwagen) 315.  
 Wintershall, Kaliwerk 264.  
 Wittener Stahlformgießerei 316, 317.  
 Wolffsche Haspel 419.  
 — Wagenwechsellvorrichtung 480.  
 Wolmannsche Holztränkung 24, 25.  
 Würfel & Neuhaus 62, 284, 285, 287.  
 — — Luttenrutschen 415, 417.  
 — — Schüttelrutschen 304.  
 „Wurstwagen“ 390.  
 Zahnstangenförderung in Schächten 501.  
 Zäringer 251, 259.  
 Zeigertelegraphen 519, 520.  
 Zellstoff 18.  
 Zement 80 u. f., 92 u. f.  
 — Langsambinder 81, 269.  
 — Schnellbinder 81, 269, 274.  
 Zementierung des Gebirges 263 u. f.  
 — einer Schachtmauerung 118.  
 — eines Schachtausbaues in Beton 124.  
 — von der Schachtsohle 273 u. f.  
 — — — Tagesoberfläche 271 u. f.  
 Zementierverfahren 94, 279.  
 Zementmörtel 115.  
 Zentrifugalpumpen 556 u. f.  
 Ziegelmauerwerk, Druckfestigkeit 123.  
 — Kosten 102.

- |   |  |
|---|--|
| Ziegelsteine 79 u. f., 115.             | Zuspitzen der Stempel 32 u. f., 51 u. f. |
| „Zimmer“ 61.                            | Zweckelschächte, Steinkohlengrube        |
| Zollern, Steinkohlengrube 572.          | 127.                                     |
| Zollverein, Steinkohlengrube 553.       | Zweibeiniger Bock 522, 523.              |
| Zörner 531.                             | Zweiträumige Bremsberge 393, 394 u. f.   |
| Zubringestrecken bei Seilförderung 366. | Zwickkeile 59.                           |
| Zumachebretter 59, 60.                  | Zwieselketten 461.                       |
| Zungenweichen 329 u. f.                 | Zwischenanschlänge in Bremsbergen 400    |
| Zusammengesetzter Ausbau 14.            | u. f., 426.                              |
| — Holzabau 37 u. f.                     | Zwischengeschirr (Schachtförderung)      |
| Zusatzgewichte bei Bremsbergen 394.     | 457 u. f.                                |

Ende 1911 erschien:

**Lehrbuch der Bergbaukunde** mit besonderer Berücksichtigung des Steinkohlenbergbaus. Von Professor **F. Heise**, Bochum, und Professor **F. Herbst**, Aachen.

Erster Band: Gebirgs- und Lagerstättenlehre. — Das Aufsuchen der Lagerstätten (Schürf- und Bohrarbeiten). — Gewinnungsarbeiten. — Die Grubenbaue. — Grubenbewetterung. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 561 Textfiguren und 2 farbigen Tafeln.

In Leinwand gebunden Preis M. 12,—.

---

**Einführung in die Markscheidkunde** mit besonderer Berücksichtigung des Steinkohlenbergbaus. Von Markscheider **Dr. L. Mintrop**, ord. Lehrer an der Bergschule zu Bochum. Mit 191 Textfiguren und 5 lithographierten Tafeln.

In Leinwand gebunden Preis M. 6,—.

---

**Zahlentafeln der Seigerteufen und Sohlen** bzw. zur Berechnung der Kathete eines rechtwinkligen Dreiecks aus der Hypotenuse und einem Winkel. Nebst einem Anhang für die Verwandlung von Stunden in Grade. Von **Dr. L. Mintrop**, Markscheider, ord. Lehrer an der Bergschule zu Bochum. Zweite Auflage.

In Leinwand gebunden Preis M. 1,—.

---

**Die Bergwerksmaschinen.** Eine Sammlung von Handbüchern für Betriebsbeamte herausgegeben von **Hans Bansen**, Dipl.-Bergingenieur, ord. Lehrer an der Oberschlesischen Bergschule zu Tarnowitz.

Bisher erschienen:

I. Band: Das Tiefbohrwesen. Unter Mitwirkung von Dipl.-Bergingenieur Arthur Gerke und Dipl.-Ingenieur Dr.-Ing. Leo Herwegen bearbeitet von Dipl.-Ingenieur Hans Bansen. Mit 688 Textfiguren.

In Leinwand gebunden Preis M. 16,—.

II. Band: Die Gewinnungsmaschinen. Bearbeitet von Dipl.-Bergingenieur Arthur Gerke, Dipl.-Bergingenieur Dr.-Ing. Leo Herwegen, Dipl.-Bergingenieur Dr.-Ing. Otto Pütz und Dipl.-Ingenieur Karl Teiwes. Mit 393 Textfiguren.

In Leinwand gebunden Preis M. 16,—.

In Vorbereitung befinden sich:

III. Band: Die Schachtfördermaschinen. Bearbeitet von Dipl.-Ingenieur Karl Teiwes und Dr.-Ing. E. Förster. Ca. 20 Bogen mit zahlreichen Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis ca. M. 10,—. (Erscheint im Winter 1912/13.)

IV. Band: Die Schachtförderung. Ca. 20 Bogen mit zahlreichen Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis ca. M. 10,—. (Erscheint voraussichtlich im Sommer 1913.)

---

**Der Grubenausbau.** Von Diplom-Bergingenieur **Hans Bansen**, ordentl. Lehrer an der Oberschlesischen Bergschule zu Tarnowitz. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 498 Textfiguren.  
In Leinwand gebunden Preis M. 8,—.

---

**Die Streckenförderung.** Von **Hans Bansen**, Diplom-Bergingenieur, ord. Lehrer an der Oberschlesischen Bergschule zu Tarnowitz. Mit 382 Textfiguren.  
In Leinwand gebunden Preis M. 8,—.

---

**Sprengstoffe und Zündung der Sprengschüsse** mit besonderer Berücksichtigung der Schlagwetter und Kohlenstaubgefahr auf Steinkohlengruben. Von **F. Heise**, Professor und Direktor der Bergschule zu Bochum.  
Zweite Auflage in Vorbereitung.

---

**Zwanzig Jahre Fortschritte in Explosivstoffen.** Vier Vorträge, gehalten in der Royal Society of Arts in London November/Dezember 1908 von **Oscar Guttmann** in London. Mit 11 Abbildungen im Text und 1 farbigen Tafel.  
Preis M. 3,—.

---

**Kompressoren-Anlagen**, insbesondere in Grubenbetrieben. Von Dipl.-Ingenieur **Karl Teiwes**. Mit 129 Textfiguren.  
In Leinwand gebunden Preis M. 7,—.

---

**Das Spülversatzverfahren.** Von Diplom-Bergingenieur **Otto Pütz**. Mit 40 Textfiguren.  
Preis M. 2,—.

---

**Entwicklung und gegenwärtiger Stand der Kokereiindustrie Niederschlesiens.** Von **F. Schreiber**, Waldenburg. Mit 33 Textabbildungen.  
Preis M. 2,20.

---

**Hilfsbuch für den Maschinenbau.** Von Professor **Fr. Freytag**, Lehrer an den Technischen Staatslehranstalten in Chemnitz. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage. 1252 Seiten mit 1390 Textfiguren, 10 Tafeln und einer Beilage für Österreich.  
In Leinwand gebunden Preis M. 10,—; in Ganzleder gebunden M. 12,—.

---

**Die Praxis des Eisenhüttenchemikers.** Anleitung zur chemischen Untersuchung des Eisens und der Eisenerze. Von **Dr. Karl Krug**, Dozent an der Kgl. Bergakademie zu Berlin. Mit 31 Textfiguren.  
In Leinwand gebunden Preis M. 6,—.

---

**Grundzüge des Eisenhüttenwesens.** Von **Dr.-Ing. Th. Geilenkirchen**.  
Erster Band: Allgemeine Eisenhüttenkunde. Mit 66 Textabbildungen und 5 Tafeln.  
In Leinwand gebunden Preis M. 8,—.  
Der zweite und dritte Band des Werkes, die dem ersten mit möglichster Beschleunigung folgen sollen, werden die Metallurgie des Eisens bzw. seine mechanische Weiterverarbeitung behandeln.

---

# Die Ruhrkohlenzechen

## Namenverzeichnis zur Felderkarte (Grubenfelder, Schächte, Zechen und Konzerne)

Die nachstehend aufgeführten Namen sind auf der Karte durchweg in roter Farbe gedruckt. Wo den Namen die Bezeichnung Scht. (Schacht), Z. (Zeche) oder St. Mdl. (Stollenmundloch) folgt, hat die Beschriftung auf der Karte jedoch schwarze Farbe.

Bei zwei Namen, die durch ein Gleichheitszeichen (=) verbunden sind, gibt der erste die volkstümliche oder frühere, der zweite die jetzige Bezeichnung der Zeche an.

Aachen K 4	Alfred I D 2	Arenberg (Prosper)
Abendsonne K 8	Alfred XV E 2	s. Rheinstahl
Abergunst K 8	Alma, Scht. 1–5 G 7	Arenberg-Fortsetzung E/F
Achenbach :	Alstaden E 8	6/7
Minister Achenbach J 5	Alte Haase I G 10	Argus II H 9
Adam E 9	Alte Haase II H 10	Arnold, Scht. H 7
Ver. Adelgunde u.	Alte Haase III H 9	Auberg E 9
Wilhelmine (Neben-	Altendorf G 9	Ver. Aufgottgewagt u.
karte) G 11	Alter Hellweg L 7	Ungewiß G 9/10
Adler, A. G. für Bergbau:	Alte Steinkuhle, Scht. H 8	Auguste J 8
Adler F 9	Amalia, Z. H 7	Auguste Victoria G 4
Centrum 4/6 G 8	Amalie, Scht. F 8	Augustus E 3
Charlotte G 9	Amelia E 9/10	Aurora D 9, G 9
Johann Deimelsberg F 8	Amor, der kleine A., G 9	Aurora II N 6
Prinz Wilhelm = Carl,	An den Borkenbergen H 2	Aurora IV N 5
Scht. F/G 9	An der Haard H 4	Baak G 9
Steingatt G 9	Anger F 9	Baaker Mulde, Z. G 9
Admiral K 8	Angst u. Bange J 9	Baldur E 4
Adolar = Alte Haase III	Anna, Scht. F 7	Bange, Angst u. B., J 9
H 9	Anna H 10	Barbara, Scht. F 8
Adolf, Scht. J 7	Annaburg G/H 10	Barillon = Julia G 6
Adolf von Hansemann J 6	Anna Helena J 9	Barmen = Glückauf-
Agnes H 10	Anneliese M/N 2	Barmen, Scht. H 10
Agnes II H 10	Aplerbecker Aktien-Verein	Beeckerwerth, Scht. D 7/8
Albion D 9	für Bergbau K/L 7	Behrenschächte
Alfred A 7	Ardey u. Dreigewerke J 8	= Shamrock 3/4 G 7



**W. Obertacke G. m. b. H.**  
**Sprockhövel i. W.**

Fernruf Hattingen 2090

**Preßluft-Luftventilator**  
**„Wetterturbo“**



ca. 1000 Stück geliefert  
Keine Reparaturen erforderlich

**Preßluft-**  
**Kohlendrehbohrmaschine**  
**„Fortschritt“**



Mehrere  
**1000**

dieser Maschinen dem Bergbau  
des In- und Auslandes geliefert  
Größte Leistung und Wirtschaft-  
lichkeit ■ Geringer Verschleiß

**Eigene Aluminium- und Metallgießerei**

Die Buchdruckerei, Geschäftsbücherfabrik, Graph. Kunstanstalt

**Boeckling**  
**& Müller**

**Essen - Markt 12 u. 13**



liefert alle **Drucksachen**  
für Handel, Gewerbe und Industrie  
in Buch-, Stein- und Offsetdruck  
Sonderheiten: Formulare für Zechen-  
verwaltungen, Herstellung von Ge-  
schäftsbüchern, vertraulichen Druck-  
sachen in besonders überwachten  
Abteilungen

Fernsprecher  
27341 u. 27342

Benedict L/M 7  
 Berger, Scht. F/G 7  
 Bergmann J 9  
 Bergmannsglück, Scht. F 5  
 Berg Sinai J 9  
 Bergwerks-A. G. Recklinghausen:  
     An der Haard H 4  
     Im Vest Recklinghausen F 5  
 Steinkohlen-Bergwerke  
     Buer F 5  
     Gladbeck E/F 6  
     Waltrop J 5  
     Zweckel F 5  
 Ver. Berg Zion J 8  
 Berlin = Scholven F 5  
 Berlin, Stadt K/L 3  
 Berneck II H 8  
 Bernhard E/F 9  
 Berta, Scht. F 8  
 Berthashall I B 4  
 Beust, Scht. H 10  
 Blankenburg:  
     Blankenburg H 9  
     Ver. Hammerthal H 9  
 Blücher G 11  
 Bochum K 5  
 Bönninghardt A/B 5  
 Ver. Bommerbänker  
     Tiefbau H 9  
 Ver. Bonifacius F/G 8  
 Borkenbergen, an den B, H 2  
 Borth I u. II B 5  
 Borussia J 7  
 Bramey M 5  
 Brassert F/G 4  
 Bruchstraße H 7  
 Buchberg G 9  
 Buderus L 6  
 Buer, Steink.-Bergw., F 5  
 Burg H 9  
 Burg II G 9  
 Camp 5 B 7  
 Carl, (Adler) Scht. F/G 9  
 Carl G 10  
 Carl August J/K 8  
 Carl Friedrich's Erbstolln, Scht. G/H 8  
 Carl Funke = Rhein. Anthrazit-Kohlenwerke F 9  
 Caroline (Harpen), Z. H 7  
 Caroline (Holzwickede) L 7  
 Caroline J/K 9  
 Caroline (Nebenkarte) G 11  
 Ver. Carolinenglück G 7  
 Carolus, Scht. F 7/8  
 Carolus Magnus E/F 8  
 Catharina E/F 9  
 Catharina (Steingatt), Scht. G 9  
 Centrum 1/3/5, Scht. G 8  
 Centrum 2, Scht. G 7  
 Centrum 4/6, G 8  
 Centrum-Morgensonne G 8  
 Charlotte G 9  
 Christian Levin, Scht. E/F 7  
 Christine F 10  
 Clara K 8  
 Clärchen (Clerget) = Recklinghausen I G 6  
 Clerget = Recklinghausen I G 6  
 Colonia, Scht. H 8  
 Concordia D/E 8  
 Consolidation F/G 7  
 Constantin der Große:  
     Berneck II H 8  
     Constantin der Große G/H 7  
     Deutschland (Längfelder) H 10  
     Eintracht-Tiefbau F/G 8  
 Constanze H 8  
 Crone = Glückaufsegen 2 J/K 8  
 Dahlbusch F/G 7  
 Ver. Dahlhauser Tiefbau G 9  
 Dahlien H 9  
 Dannenbaum, Z. H 8  
 David, Scht. G 9  
 Der kleine Amor G 9  
 Deutsche Continental-Gas-Ges. (Dessau):  
     Anneliese M/N 2  
     Westfalen N 3  
 Deutsche Erdöl-A. G.:  
     Graf Bismarck F/G 6  
     Königsgrube G 7  
 Deutscher Kaiser = Friedrich Thyssen D 7  
 Deutscher Kronprinz G/H 5  
 Deutsche Solvay-Werke:  
     Borth I und II B 5  
     Wallach I B 6  
     Wallach II B/C 5  
 Deutschland H 10  
 Ver. Deutschland G 4  
 Die Kanzel E 10  
 Die Lippe J/K 5  
 Diergardt-Mevissen:  
     Diergardt D 9  
     Diergardt II D 8  
     Fritz C 9  
     Tellus G 9  
     Wilhelmine-Mevissen C 9  
 Diergardt D 9  
 Diergardt II D 8  
 Die sieben Söhne G 9  
 Dina J 9  
 Dohms Erbstolln E/F 9  
 Dominicus F 8  
 Dora I L 4  
 Dorsten E 5  
 Dorstfeld J 7  
 Dreigewerke, Ardey u. D. J 8  
 Eduard, Scht. H/J 7  
 Eiberg G 8  
 Eintracht-Tiefbau F/G 8  
 Elend = Ver. Wiesche E 8  
 Eliasburg J 9  
 Elisabeths Hoffnung G 9  
 Elise = Wilhelm, Scht. (Königin Elisabeth) F 8  
 Emil (Flora), Scht. G 8  
 Emil, Scht. (Königin Elisabeth) F 8  
 Emil, Scht. (Köln-Neu-essen) F 7  
 Emilie E 10  
 Emilie H 6  
 Emiliens Hoffnung L 7  
 Emil Kirdorf, Scht. J 6  
 Emma F 9  
 Emma Emilie F 10  
 Emscher, Scht. F 7  
 Emscher-Lippe H/J 5  
 Engelhardt J 9  
 Ver. Engelsburg G 8  
 Erhalten J 9  
 Erin H 6



MASCHINENBAU-ANSTALT

**HUMBOLDT**

KÖLN-KALK



**Vollständige  
Kohlen-Siebereien und Wäschen**

**Kohlen-Zerkleinerungs- und  
Mischanlagen**

**Brikettierungsanlagen**

**Koksausdrück- und Planier-  
maschinen**

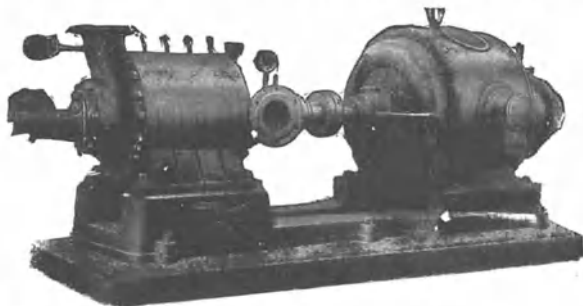
**Kokslösch-, Verlade-, Brech-  
und Siebereianlagen**

**Aschenwäschen**

Ernestine, Scht. G 7  
Ernst Moritz Arndt B/C 8  
Erweiterung Mühlhausen  
L 6  
Essener Bergwerks-Verein  
„König Wilhelm“:  
Christian Levin,  
Scht. E/F 7  
König Wilhelm E 7, K/L 4  
Neu-Köln, Scht. E 7  
Neu-Wesel E 8  
Wilhelmine Catharina  
K 4, K 5  
Wolfsbank E/F 8  
Essener Steinkohlenberg-  
werke:  
Altendorf G 9  
Augustus E 3  
Ver. Dahlhauser Tiefbau  
G 9  
Dorstfeld J 7  
Emma F 9  
Gottfried Wilhelm F 9  
Hercules F 8  
Isenberg G 9  
Kaiserin Augusta F 9/10  
Oespel (Borussia) J 7  
Pauline F 10  
Ver. Pörtingssiepen F 9  
Prinz Friedrich F/G 9  
Rheinische Anthrazit-  
Kohlenwerke (Carl  
Funke) F 9  
Richradt F 9  
Victoria G 9  
Ver. Eulalia J 9  
Eulenbaum, Scht. H 8  
Eversael C 6  
Ewald:  
Blankenburg H 9  
Ewald G 6  
Ewald-Fortsetzung H 5  
Ver. Hammerthal H 9  
Haus Aden K 5  
Haus Aden-Fortsetzung  
K/L 5  
Ewald-Fortsetzung H 5  
Farbenkonzern (Auguste  
Victoria) G 4  
Feigenbaum G 9  
Feldhausen F 5  
Ver. Felicitas = Glückauf-  
segnen I J/K 8  
Felix H 10  
Flößgraben H 9  
Flöte F 9  
Flora, Scht. G 8 (Emil)  
Florian F 8  
Florianda J 9  
Frankfurter Gas-  
gesellschaft B/C 7  
Franz, Scht. M 4  
Franz Haniel, Z. E 6  
Franziska, Z. H/J 8  
Franziska-Düren H 8  
Franz Ott, Scht. D 8  
Freiberg K 7  
Freie Vogel u. Unverhofft  
J/K 7  
Freude M 6  
Friederica, Scht. (Ver.  
Stahlw.) G/H 8  
Friederica, Scht. (Alter  
Hellweg) L 7  
Friederike II F 10  
Friedlicher Nachbar,  
Z. G 8/9  
Friedrich, Scht. (Friedrich  
Wilhelm) J 7  
Friedrich, Scht. (Wien-  
dahlsbank) J 8  
Friedrich der Große H 6  
Friedrich Ernestine F 8  
Friedrich Heinrich:  
Friedrich Heinrich 1/2  
B 7  
Friedrich Heinrich 3 B 6  
Friedrich Heinrich 4 B 8  
Friedrich Joachim, Scht.  
F 8  
Friedrich Peter J 8  
Friedrichsfeld C 4, C 5,  
C 6  
Friedrichshöhe G 9  
Friedrich Thyssen D 7  
Friedrich Wilhelm I F 8/9  
Friedrich Wilhelm  
(Ver. Stahlw.) J/K 7  
Friedrich Wilhelm, Scht.  
(Rhein. Anthrazit-  
Kohlenwerke) F 9  
Frischgewagt J 9  
Fritz C 9  
Fritz = Consolidation,  
Scht. 4 G 7  
Fritz, Scht. (Köln-Neu-  
essen) F 7  
Fröhliche Morgensonne,  
Scht. G 8  
Fündling J 9  
Fürst Hardenberg,  
Scht. J 6  
Fürst Leopold F 4  
Fürst Leopold-Fortsetzung  
F 4  
Funkenburg J 10  
Gekrönte Antonia, St. Mdl.  
H 8  
Gelsenkirchener Berg-  
werks-A.G.:  
Aachen K 4  
Hermann I, II, III, IV K 4  
Monopol L 5  
Prinz Schönaich M 4/5  
General Blumenthal G/H 5  
Ver. General u. Erbstolln  
G 8  
Ver. Germania H/J 7  
Gertrud = Consolidation,  
Scht. 1 F 7  
Ver. Gewalt u. Gottvertraut  
F 8  
Ver. Gibraltar Erbstolln  
H 8/9  
Giesbert, Scht. J 8  
Gladbeck, Steink.-Bgw.,  
E/F 6  
Glückauf-Barmen,  
Scht. H 10  
Glückaufsegnen J/K 8  
Glückauf Tiefbau J 8  
Gneisenau K 6  
von Goeben J 9  
Göcke D 9  
Golgatha = General,  
Scht. 3 G 8  
Gottessegnen J 8  
Gottfried Wilhelm F 9  
Gotthelf, Scht. J 8  
Gottlob H 8  
Graf Beust F 8  
Graf Bismarck F/G 6  
Graf Moltke F 6  
Graf Schwerin H/J 6  
Graf Wittkind J/K 9  
Grevel, Scht. H 5

## Eisen- und Emallierwerke A. G.

Werk Wilhelmshütte / Sprottau in Schlesien



### Zentrifugalpumpen

für alle Betriebsverhältnisse, vollkommen betriebssicher bei  
höchstem Wirkungsgrade.

**Sonstige Erzeugnisse:** Hydr. Förderanlagen für Spülversatz, Entaschung u. dgl., Fördermaschinen und Förderhaspeln für Dampf-, Preßluft- und elektr. Betrieb, Dampfmaschinen jeder Bauart (Gleichstrommaschinen nach Patent Hunger), Dampfkessel aller Systeme, Behälter, Apparate und Rohrleitungen aus Gußeisen und wassergasgeschweißt.

# Büromaschinen

aller Art, wie:

**Schreib-, Rechen-, Adressier-,  
—— Vervielfältigungs-, ——  
Diktier- und Kopiermaschinen**

beziehen Sie vorteilhaft bei

**Johannes Gerlach, G. m. b. H.**

**ESSEN,** HINDENBURGSTRASSE 8  
(früher Bahnhofstraße)

Anruf 344 31

Anruf 344 31

Grillo, Scht. L 5  
 Grimberg, Scht. L 5  
 Großherzog von Baden  
 B/C 8  
 Gustav, Scht. (Bruch-  
 straße) H 7  
 Gustav, Scht. (Königs-  
 grube) G 7  
 Gustav = Victoria Mathias  
 J 8  
 Gustav Adolph H/J 9  
 Gute Hoffnung G 9  
 Gutehoffnungshütte:  
 Jacobi E 7  
 Ludwig F 8  
 Neu-Duisburg D 9  
 Neu-Oberhausen D E 6  
 Oberhausen D/E 7  
 Gutglück, Scht. L 7  
 Gutglück u. Wrangel,  
 Scht. H 9  
 Haard, an der H., H 4  
 Hagedorn, Scht. G 6  
 Ver. Hagenbeck E/F 8  
 Haggenberg L 7  
 Haltern G 3  
 Hamburg, Z. J 8  
 Hamburg u. Franziska H/J 8  
 Ver. Hammerthal H 9  
 Haniel:  
 Bönninghardt A/B 5  
 Eiberg G 8  
 Ver. Gibraltar Erbstolln  
 H 8/9  
 Heinrich F 9  
 Neumühl D 7  
 Niederrhein A 5, A 7  
 Rheinland C 7  
 Rheinland 1 C 8  
 Rheinland 2 C 7  
 Rheinpreußen C 8  
 Veen B 5  
 Ver. Hannibal G 7  
 Hannover G 7  
 Hansa J 7  
 Ver. Hardenstein H 9  
 Harkorten J 9  
 Harpener Bergbau-A.G.:  
 Amalia, Scht. H 7  
 Buderus L 6  
 Caroline, Z. H 7  
 Gneisenau K 6  
 Heinrich Gustav, Z. H 7  
 von der Heydt G 6  
 Hugo F 6  
 Julia G 6  
 Kobold J/K 4  
 Kurl K 6  
 Massener Tiefbau K/L 6  
 Neu-Iserlohn, Z. H 7  
 Preußen I, Z. K 6  
 Preußen II, Z. K 5  
 Prinz von Preußen,  
 Z. H 7/8  
 Recklinghausen G 6  
 Roland E 8  
 Scharnhorst K 6  
 Siebenplaneten H/J 8  
 Victoria-Lünen K 5  
 Vollmond, Z. H 8  
 Scht. Harz = General  
 Blumenthal, Scht. 4 G 5  
 Hasenwinkel, Scht. G 8  
 Haus Aden K 5  
 Haus Aden-Fortsetzung  
 K/L 5  
 Hector E 9  
 Heidenreich F/G 9  
 Heimannsfeld G 9  
 Heinrich B 9  
 Heinrich (Ueberruhr):  
 Eiberg G 8  
 Heinrich F 9  
 Heinrich, Scht. (Köln-Neu-  
 essen) F 7  
 Heinrich, Scht. (deWendel)  
 M 4  
 Heinrich Friedrich H 9  
 Heinrich Gustav, Z. H 7  
 Heinrichshall 1 B 4  
 Heintzmann = Eintracht  
 Tiefbau, Scht. 2 G 8  
 Helena Amalia II G 10  
 Helene, Scht. (Helene u.  
 Amalie) F 7/8  
 Helene, Scht. (Helene  
 Nachtigall) H 8  
 Helene Gertrud, St. Mdl.  
 H 9  
 Helene Nachtigall H 8  
 Helene u. Amalie F 8  
 Heller Mittag, St. Mdl. H 10  
 Henrichsbank J 8  
 St. Henricus J 10  
 HerbederSteinkohlenberg-  
 werke H 9  
 Hercules F 8  
 Herdecker Bach J 9  
 Hermann (Eiberg), Scht. F 8  
 Hermann (Gutglück u.  
 Wrangel), Scht. H 9  
 Hermann (Stumm) J/K 5  
 Hermann I-IV K 4  
 Hermann V K 4  
 Hermann K/L 8  
 Herminenglück-Liborius =  
 Constantin d. Gr., Scht. 3  
 H 7  
 von der Heydt G 6  
 Hibernia, Bergwerksges.:  
 Alstaden E 8  
 Deutscher Kronprinz  
 G/H 5  
 Ver. Deutschland G 4  
 General Blumental  
 G/H 5  
 Hibernia G 7  
 Reichskanzler G/H 4  
 Schlägel u. Eisen G 5  
 Shamrock 1/2 G/H 7  
 Shamrock 3/4 G 7  
 Wilhelmine Victoria F 7  
 Hiesfeld C 5, C 6, D 4, D 5,  
 D 6  
 Hilger, Scht. G 6  
 Himmelsburg J/K 9  
 Ver. Hörder Kohlenwerk  
 K 7  
 Hoesch-Köln-Neuessen:  
 Baldur E 4  
 Fürst Leopold F 4  
 Fürst Leopold-Fortset-  
 zung F 4  
 Haltern G 3  
 Julius F 4  
 Julius VII, Trennteil F 4  
 Köln-Neuessen F 7  
 Marl F 4  
 Odin, Trennteil F 4  
 Radbod M 4  
 Rüste E 4  
 Trier II E 4  
 Ver. Westphalia J/K 7  
 Wittekind L 4  
 Hövel, Scht. H 10  
 v. Hövel, Scht. H 10

**CWH**

## **Buchdruck-Arbeiten**

— für alle Zwecke —  
gut, kurzfristig und preiswert

**BUCHDRUCKEREI**  
**C. W. HAARFELD**

**ESSEN, ANNASTR. 36**

Fernsprechanschluß Nr. 40535

Seit 1861

## **Für die** **Zechenverwaltungen**

halte ich für die verschiedensten Zwecke

### **Betriebsformulare** **und Dienstanweisungen**

in großer Anzahl vorrätig, die sich seit langen Jahren bestens bewährt haben. Ein Verzeichnis dieser Formulare steht auf Wunsch zur Verfügung.

**Formular-Verlag C. W. Haarfeld ■ Essen**

Annastraße 36, Fernsprechanschluß 40535

Hoffnungsthal G/H 10  
 Ver. Hoffnung u. Sekretari-  
 rius Aak F 8  
 Hohemark I G 2  
 Holland (Ver. Stahlw.) G 7  
 Holland = Herbeder Stein-  
 kohlenbergwerke H 9  
 Holstein, Scht. K 7  
 Horst Hoffnung G 9  
 Hortensia J 9  
 Hubert, Scht. F 8  
 Hugo (Gutehoffnungs-  
 hütte), Z. D 7  
 Hugo (Harpen) F 6  
 Hugoshall I C 4  
 Humbert, Scht. M 4  
 Humboldt F 8  
 Humboldt I B 8  
 Humboldt II B 7  
 Huysen, Scht. F 8  
 Ickern J 5  
 Ida Wilhelmina (Neben-  
 karte) G 11  
 Iduna, Scht. G 8  
 I. G. Farben (Auguste  
 Victoria) G 4  
 Ilseder Hütte H 6  
 Im Vest Recklinghausen F 5  
 Isenberg G 9  
 Isenberg II G 9  
 Jacob, Scht. H 7  
 Jacoby E 7  
 Jammer = Rosenblumen-  
 delle E 8  
 Johann H 10  
 Johann (Joh. Deimelsberg),  
 Scht. F 8  
 Johann Deimelsberg F 8  
 Johannesegen =  
 Alte Haase I G 10  
 Johann Wilhelm E/F 9  
 Johann Wilhelm I, II E 9  
 Joseph L 7  
 Julia G 6  
 Julius (Köln-Neuessen) F 4  
 Julius VII (Langenbrahm)  
 F 3  
 Julius VII, Trennteil F 4  
 Julius Philipp, Scht. H 8  
 Kaisbergerbank J 9  
 Kaiser Friedrich J 8

Kaiserin Augusta F 9/10  
 Kaiserstuhl, Z. J 7  
 Kaiserstuhl II, Z. K 6  
 Kampschacht D 8  
 Kanzel, Die K., E 10  
 Karl, Scht. F 7  
 Karoline s. unter C  
 Katharina, Scht. F 8  
 Kattendahl = Oberhausen,  
 Scht. 3 E 8  
 Katzbach F 8  
 Kea 1 G 3  
 Kea 6, 11 G 2  
 Kea 19 H 3  
 Kirchhellen E/F 5  
 Kiwit = Grillo, Scht. 3 L 5  
 Kläre H 10  
 Kleine Windmühle,  
 Scht. H 10  
 Klöckner-Werke A.G.:  
 Bramey M 5  
 Ver. General u. Erbstolln  
 G 8  
 Ickern J 5  
 Königsborn L/M 6  
 Victor H 6  
 Werne L 4  
 Klosterbusch:  
 Baak G 9  
 Klosterbusch H 8  
 Kobold J/K 4  
 Köln-Neuessener Berg-  
 werks-Verein:  
 Anna, Scht. F 7  
 Emil, Scht. F 7  
 Emscher, Scht. F 7  
 Fritz, Scht. F 7  
 Heinrich, Scht. F 7  
 Julius J 4  
 Julius VII, Trennteil F 4  
 Karl, Scht. F 7  
 Marl F 4  
 König H/J 9  
 Königin Elisabeth F 8  
 Königin Luise M/N 5  
 König Ludwig:  
 König Ludwig H 5  
 Ver. Trappe H 10  
 Königsberg = Oberhausen,  
 Scht. 1/2 E 7/8  
 Königsgrube G 7

König Wilhelm, Essener  
 Bergwerks-Verein K.W.:  
 Christian Levin, Scht.  
 E/F 7  
 König Wilhelm E 7,  
 K/L 4  
 Neu-Köln, Scht. E 7  
 Neu-Wesel E 8  
 Wilhelmine Catharina  
 K 4  
 Wolfsbank E/F 8  
 König Wilhelm E 7, K 4  
 Königsborn L/M 6  
 Konstanze = Sterkrade,  
 Scht. 1/2 E 7  
 Kornblüte J 9  
 Kreuz = Humboldt E 8  
 Ver. Kronprinz E 8  
 Krupp:  
 Alfred A 7  
 Berneck H 8  
 Constantin der Große  
 G/H 7  
 Deutschland H 10  
 Eintracht-Tiefbau F/G 8  
 Emscher-Lippe H/J 5  
 Ver. Hannibal G 7  
 Hannover G 7  
 Helene u. Amalie F 8  
 Hohemark G 2  
 Kea G 2, G 3, H 3  
 Mutungsgebiet G/H 2  
 Sälzer-Neuack F 8  
 Kuckuck = Grimberg,  
 Scht. 3 L 5  
 Kurl K 6  
 Landfermann K 8  
 Lange J 9  
 Langenbrahm:  
 Langenbrahm F 9  
 Julius VII F 3  
 Stein F 3  
 Lappenberg J 8  
 Laura F 8  
 Laura (Adler), Scht. G 9  
 Leonhard H 8  
 Lilie H/J 9  
 Die Lippe J/K 5  
 Lippermuide E 4/5  
 Lippamsdorf G 3  
 Lohberg D 5/6

■  
Der eiserne Grubenausbau mit

## Schwarzstempel

für Abbau und Strecken ist fortgesetzt im Steigen begriffen und überall ein großer Erfolg.

■

## Kippvorrichtungen

nach unserem Patent haben weitere Verbesserungen erfahren und bieten besondere Vorteile.

■  
**Hermann Schwarz**, Kommanditgesellschaft  
Wattenscheid i. W., Fernruf: Amt Gelsenkirchen 3245  
■

# L. SCHWANN

## DRUCKEREI

## UND VERLAG

**Buchdruck · Steindruck  
Offsetdruck · Tiefdruck**

Fernsprecher Nr. 10866 - 10869



**Spezialabteilung für Landkarten,  
Stadtpläne, Wirtschaftsstatistiken**

An größeren Arbeiten lieferten wir in letzter Zeit:  
**Heimatkarten** u. a. für Kreise Münster, Euskirchen,  
Bergheim, **Stadtpläne** u. a. für Düsseldorf, Essen,  
Bochum. Auch diese Karte Felderbesitz im Kohlen-  
bezirk stellten wir bereits in zweiter Auflage her.

---

**Düsseldorf - Charlottenstr. 80/86**

Lohberg II B/C 4, C/D 5  
 Lohberg 3/4, Scht. D 5  
 Lothringen, Bergbau-A.G.:  
   Freiberg K 7  
   Freie Vogel u. Unverhofft J/K 7  
   Glückaufsegen J/K 8  
   Graf Schwerin H/J 6  
   Herbder Steinkohlenbergwerke H 9  
   Lothringen H 7  
   Lothringen I–XII E 2  
   Präsident G 7  
   Ver. Schürbank u. Charlottenburg K 7  
 Louise, Scht. G 7  
 Louise Erbstolln J 7  
 Lubischhall 1 B 4  
 Ludwig F 8  
 Luisenburg H 10  
 Magdeburg K 7  
 Malakoff H 9  
 Mallinkrodt J 9  
 Mannesmannröhrenwerke:  
   Consolidation F/G 7  
   Königin Elisabeth F 8  
   Unser Fritz G 6  
 Mansfeld, A.G. für Bergbau und Hüttenbetrieb:  
   Leonhard H 8  
   Mansfeld H 8  
   Sachsen M 3  
   Ver. Margarethe K/L 7  
   Ver. Maria Anna u. Steinbank G 8  
 Marie, Scht. F 8  
 Marl F 4  
 Massener Tiefbau K/L 6  
 Mathias Stinnes F 7  
 Mathilde(Siebenplaneten), Scht. H/J 8  
 Mathilde J 9  
 Max D 9  
 Maxhütte:  
   Ver. Bommerbänker Tiefbau H 9  
   Maximilian M/N 4  
   Mont-Cenis H 6  
 Maximilian M/N 4  
 Medio Rhein D 9  
 Mercur G 9  
 Minister= Minister Stein J 6  
 Minister Achenbach J 5  
 Minister Stein, Scht. J/K 6  
 Minna = Consolidation, Scht. 3 G 7  
 Mitgehangen K 7/8  
 Möller, Scht. F 6  
 Moers = Niederrheinische Bergwerks-A. G. B/C 8  
 Monopol L 5  
 Mont-Cenis:  
   Ver. Bommerbänker Tiefbau H 9  
   Mont-Cenis H 6  
 Morgenstern N 5  
 Morgenstern J 9  
 Mühlhausen I L/M 6/7  
 Mühlhausen, Erweiterung M. L 6  
 Mühlheimerglück, St. Mdl. G 9  
 Mülheimer Bergwerksverein:  
   Ver. Hagenbeck E/F 8  
   Humboldt F 8  
   Ver. Kronprinz E 8  
   Ver. Rosenblumendelle E 8  
   Ver. Sellerbeck E 8  
   Ver. Wiesche E 8  
 Münsterland L 1  
 Nachtigall, Scht. H 8/9  
 Neu-Köln, Scht. E 7  
 Neu-Duisburg D 9  
 Neuer Hellweg L 6/7  
 Neuglück, St. Mdl. G 9  
 Neugottsegnedich, St. Mdl. H 9  
 Neu-Hiddinghausen, Scht. H 10  
 Neu-Iserlohn, Z. H 7  
 Neumühl D 7  
 Neu-Oberhausen D/E 6  
 Neuwerk N 5/6  
 Neuwerk III N 5  
 Neu-Wesel E 8  
 Nichterwartetes Glück J/K 8  
 Niederrhein A 5, A 7  
 Niederrheinische Bergw.-A.G.:  
   Ernst Moritz Arndt B/C 8  
 Großherzog von Baden B/C 8  
 Süddeutschland B/C 9  
 Nordlicht E 5/6  
 Norddeutschland B 8  
 Nordstern (Ver. Stahlw.) F 7  
 Nordstern F 9  
 Norm, Scht. L 7  
 Norwich-Werden F 9/10  
 Oberhausen D/E 7  
 Oberhausen, Z. E 7/8  
 Oberschuir, Scht. F 7  
 Odin, Trennteil F 4  
 Oespel J 7  
 Ohnverzagt, St. Mdl. H 10  
 Op de Kuorste = General, Scht. 1/2 G 8  
 Orloff J 9  
 Ostardey M 7  
 Osterfeld, Z. E 7  
 Otto L 7  
 Paschalis G 9  
 St. Paul K 7  
 Pauline D 9  
 Pauline (Ess. Steink.) F 10  
 Peter Adam K 8  
 Peter Wilhelm F 8, J 9  
 Pluto G 7  
 Pörtingssiepen F 9  
 Potsdam = Zweckel E/F 5  
 Prädentia J 8/9  
 Präsident, Bergbau-A.G.:  
   Herbder Steinkohlenbergwerke H 9  
   Präsident G 7  
 Preußen I, Z. K 6  
 Preußen II, Z. K 5  
 Preussischer Staat:  
   Alstaden E 8  
   An den Borkenbergen H 2  
   An der Haard H 4  
   Deutscher Kronprinz G/H 5  
   Ver. Deutschland G 4  
   General Biumenthal G/4 5  
   Hibernia G 7  
   Kläre H 10  
   Münsterland L 1



# Wetter- Sprengstoffe

## Dynamite

Brisante Gesteinssprengstoffe  
Sprengkapseln / Zündschnüre  
Elektrische Zünder  
Zündmaschinen usw.



**Sprengstoff-Verkaufs-Gesellschaft m. b. H.**  
Zweigniederlassung **Essen**, Am Handelshof 1

Rees D 3  
 Reichskanzler G/H 4  
 Schlägel u. Eisen G 5  
 Shamrock 1/2 G/H 7  
 Shamrock 3/4 G 7  
 Im Vest Recklinghausen  
 F 5  
 Wilhelmine Victoria F 7  
 Prinz Friedrich F/G 9  
 Prinz Georg F 9  
 Prinz-Regent, Scht. G/H 8  
 Prinz Schönaich M 4/5  
 Prinz von Preußen,  
 Z. H 7/8  
 Prinz Wilhelm = Scht. Carl  
 F/G 9  
 Prosper E 7, F 7  
 Providence = v. d. Heydt  
 G 6  
 Rabe, Scht. G 10  
 Radbod M 4  
 Recklinghausen G 6  
 Recklinghausen,  
 Im Vest R. F 5  
 Rees D 3  
 Reichskanzler G/H 4  
 Rhein 1 D 6  
 Rhein 5 D 6  
 Rheinbablen, Scht. E 6  
 Rheinberg B 6  
 Ver. Rheinelbe u. Alma G 7  
 Rheinische Anthrazit-  
 Kohlenwerke:  
 (Carl Funke) F 9  
 Rheinische Stahlwerke:  
 Admiral K 8  
 Arenberg-Fortsetzung  
 E/F 6/7  
 Brassert F/G 4  
 Centrum-Morgensonne  
 G 8  
 Prosper E 7, F 7  
 Rhein.-Westf. Bergwerks-  
 Ges. m. b. H. A 6, F 3,  
 J/K/L 2, N 4  
 Rhein.-Westf. Elektrizitäts-  
 werk:  
 Friedrich Ernestine F 8  
 Graf Beust F 8  
 Ver. Hoffnung u. Secre-  
 tarius Aak F 8  
 Victoria Mathias F 8  
 Rhein.-Westf. Schachtbau-  
 A. G. (Constance) H 8  
 Rheinland C 7, C 8  
 Rheinpreußen:  
 Rheinland C 7  
 Rheinland 1 C 8  
 Rheinland 2 C 7  
 Rheinpreußen C 8  
 Richard D 8/9  
 Richard I N 5  
 Richradt F 9  
 Ritterburg = Constantin  
 der Große, Scht. 3 H 7  
 Ringeltaube, Scht. J 8  
 Röchling K/L 3  
 Robert, Scht. M 4  
 Robert, St. Mdl. G 8  
 Robert (Nebenkarte) G 11  
 Rochüssen, Scht. G 9  
 Roland E 8  
 Rönsbergshof, Scht. D 8  
 Ver. Rosenblumendelle E 8  
 Rossenray B/C 7  
 Rotbach D 6  
 Rudolf, Scht. H 10  
 Rudolph F 10  
 Rudolphi, St. Mdl. G/H 11  
 Rübzahl H 9  
 Rüste E 4  
 Sachsen M 3  
 Ver. Sälzer u. Neuack F 8  
 Saulus J 9  
 Scharnhorst K 6  
 Schiffsrunder II H 9  
 Schlägel u. Eisen G 5  
 Schleswig, Scht. K 7  
 Schmits, Scht. F 8  
 Schnabel ins Osten  
 = Langenbrahm II F 8/9  
 Schönau, Scht. J 7  
 Schöne Aussicht J/K 9  
 Schöne Aussicht, St. Mdl.  
 J 9  
 Schöngelegen F 8  
 Scholven, Scht. F 5  
 Schrader, Scht. H 5  
 Schüchtermann u. Kremer  
 L 7  
 Ver. Schürbank u. Char-  
 lottenburg K 7  
 Schürenberg, Scht. G 6  
 W. Schürenberg = Graf  
 Schwerin, Scht. 2 H 6  
 Schutzengel E 8/9  
 Schwarze Erde C 2  
 Schwarze Ritter H 8  
 Schwerte K 8  
 Sebastopol H 9  
 Ver. Sellerbeck E 8  
 Selma G 9  
 Severin E 9  
 Shamrock G/H 7  
 Shamrock 3/4 G 7  
 Siebenplaneten H/J 8  
 Sinai, Berg S. J 9  
 Söhne, Die sieben S., G 9  
 Sophie = Unser Fritz,  
 Scht. 1 G 6  
 Sophienhall 1 B 4  
 Speldorf E 8  
 Sprockhövel, Z. H 10  
 Staat, preußischer:  
 Alstaden E 8  
 An den Borkenbergen  
 H 2  
 An der Haard H 4  
 Deutscher Kronprinz  
 G/H 5  
 Ver. Deutschland G 4  
 General Blumenthal  
 G/H 5  
 Hibernia G 7  
 Kläre H 10  
 Münsterland L 1  
 Rees D 3  
 Reichskanzler G/H 4  
 Schlägel u. Eisen G 5  
 Shamrock 1/2 G/H 7  
 Shamrock 3/4 G 7  
 Im Vest Recklinghausen  
 F 5  
 Wilhelmine Victoria F 7  
 Stein III, VI, VIII u. XII F 3  
 Steingatt G 9  
 Ver. Stein u. Hardenberg  
 J/K 6  
 Stephansburg G 9  
 Sterkrade E 7  
 Steling H/J 10  
 Steveling II H 10  
 Stinnes:  
 Carolus Magnus E/F 8  
 Ver. Hagenbeck E/F 8

Humboldt F 8  
 Ver. Kronprinz E 8  
 Ver. Maria Anna u. Stein-  
 bank G 8  
 Mathias Stinnes F 7  
 Ver. Rosenblumendelle  
 E 8  
 Ver. Sellerbeck E 8  
 Ver. Welheim F 6  
 Ver. Wiesche E 8  
 Stöckerdreckbank, Scht.  
 G 11  
 Stumm :  
 Aplerbecker Aktien-Ver-  
 ein K/L 7  
 Bochum K 5  
 Essener Bergwerks-Ver-  
 ein „König Wilhelm“  
 E 8  
 Hermann J/K 5  
 König Wilhelm K/L 4  
 Minister Achenbach J 5  
 WilhelmineCatharina K 4  
 Süddeutschland B/C 9  
 Syburg K 9

Ver. Tannenberg s. Berg-  
 mann J 9  
 Taugenicht, St. Mdl. H 9  
 Tellus C 9  
 Teutoburgia H 6  
 Theophilus, St. Mdl. H 9  
 Thies G 7  
 Thor G 10  
 Thyssen:  
 Die Lippe J/K 5  
 Dorsten E 5  
 Eversael C 6  
 Feldhausen F 5  
 Friedrichsfeld C 4, C 5, C 6  
 Heinrichshall 1 B 4  
 Hiesfeld C 5, C 6, D 4,  
 D 5, D 6  
 Hugoshall 1 C 4  
 Kirchhellen E/F 5  
 Lippermulde E 4/5  
 Lohberg II B/C 4, C/D 5  
 Lubischhall 1 B 4  
 Nordlicht E 5/6  
 Sophienhall 1 B 4  
 Wesel B 4, C 4  
 Walsum D 6

Titus F 8/9  
 Tonne G 9  
 Ver. Trappe H 10  
 Trapperfeld, St. Mdl. H 10  
 Traugott, Scht. J 8  
 Tremonia J 7  
 Trier II E 4  
 Trier (-Köln-Neuessen):  
 Baldur E 4  
 Radbod M 4  
 Rüste E 4  
 Trier II E 4  
 Wittekind L 4  
 Tuchsen J 8  
 Tulipan, St. Mdl. H 9  
 Übelgönne J 9  
 Übelgünne, Scht. G 8  
 Übereinkunft D 9  
 Ulenberg, Scht. H 10  
 Unna M 6  
 Unser Fritz G 6  
 Urbanus, Scht. H 8  
 Veen B 5  
 Verbindung G 9

# Dräger-

**Bergbau-  
 Gasschutz-  
 Gerät**

**Modell 1924**

**Bewährt!**

# Drägerwerk

Heinr. & Bernh. Dräger

**L ü b e c k**

Zweigbüros:

Berlin NW 6, Karlstraße 31,  
 Essen, Kaupenstraße 42 42 a,  
 Beuthen O.-S., Bahnhofstraße 15.



Ver. Elektrizitätswerke  
 Westfalen:  
 Alte Haase I G 10  
 Alte Haase II H 10  
 Alte Haase III H 9  
 Caroline (Holzwickede)  
 L 7  
 Gottessegen J 8  
 Ver. Stahlwerke:  
 Gruppe Dortmund:  
 Adolf v. Hansemann  
 J 6  
 Emscher-Lippe H/J 5  
 Erin H 6  
 Friedrich Wilhelm  
 J/K 7  
 Ver. Germania H/J 7  
 Glückauf Tiefbau J 8  
 Hansa J 7  
 Ver. Hörder Kohlen-  
 werk K 7  
 Kaiser Friedrich J 8  
 Louise Erbstolln J 7  
 Mitgegangen K 7/8  
 Prädentia J 8/9  
 Ver. Stein u. Harden-  
 berg J/K 6  
 Teutoburgia H 6  
 Tremonia J 7  
 Westhausen J 6  
 Ver. Wiendahlsbank  
 J 8  
 Zollern H/J 7  
 Gruppe Bochum:  
 Baaker Mulde, Z. G 9  
 Carl Friedrichs Erb-  
 stolln, Z. G/H 8  
 Ver. Carolinenglück  
 G 7  
 Dannenbaum, Z. H 8  
 Ver. Engelsburg G 8  
 Friederica, Scht. G/H 8  
 Friedlicher Nachbar,  
 Z. G 8/9  
 Gottlob H 8  
 Hamburg u. Franziska  
 H/J 8  
 Hasenwinkel, Scht. G 8  
 Helene Nachtigall H 8  
 Julius Philipp, Z. H 8  
 Prinz Regent, Scht.  
 G/H 8

Gruppe Gelsenkirchen:  
 Ver. Bonifazius F/G 8  
 Graf Moltke F 6  
 Holland G 7  
 Nordstern F 7  
 Pluto G 7  
 Ver. Rheinelbe u. Alma  
 G 7  
 Zollverein F 7  
 Gruppe Hamborn:  
 Beeckerwerth, Scht.  
 D 7/8  
 Friedrich Thyssen D 7  
 Hiesfeld D 5  
 Lohberg D 5/6  
 Rhein 1 D 6  
 Rhein 5 D 6  
 Rönsbergshof, Scht.  
 D 8  
 Rotbach D 6  
 Wehofen, Scht. D 7  
 Westende D 8  
 Verlohrner Sohn G 9  
 Im Vest Recklinghausen F 5  
 Victor H 6  
 Victoria (Kupferdreh) G 9  
 Victoria-Lünen K 5  
 Victoria Mathias F 8  
 St. Vincentius F 10  
 Vincenz, Scht. H 8  
 Vluyt B 8  
 Voerde J 8  
 Vösken E 8  
 Vollmond, Z. H 8  
 Vondern, Z. E 7  
 Vorwärts K 7

Wachauf H 9  
 Waldhausen G 6  
 Walfisch-Franziska H/J 8  
 Wallach I, II B 6, B/C 5  
 Walsum D 6  
 Walsum, Scht. D 7  
 Waltrop, Steink.-Bgw. J 5  
 Wartburg J 8  
 Wehofen, Scht. D 7  
 Ver. Welheim F 6/7  
 Wellington J 8  
 de Wendel:  
 Camp 5 B 7  
 Friedrich Heinrich 1 B 7

Friedrich Heinrich 2 B 7  
 Friedrich Heinrich 3 B 6  
 Friedrich Heinrich 4 B 8  
 Heinrich B 9  
 Norddeutschland B 8  
 de Wendel M 4  
 Wengern H/J 9  
 Werne L 4  
 Wesel B 4, C 4  
 Westardey L 7  
 Westende D 8  
 Westerholt, Scht. F 5  
 Westfalen N 3  
 Westfalia, Scht. J 7  
 Westhausen J 6  
 Ver. Westphalia J/K 7  
 Ver. Wiendahlsbank J 8  
 Ver. Wiesche E 8  
 Wiesengrund E 9  
 Wilhelm, Scht. (Friedrich  
 Wilhelm) J 7  
 Wilhelm, Scht. (Königin  
 Elisabeth) F 8  
 Wilhelm, Scht. (Pluto) G 7  
 Wilhelm, Scht. (Wiendahls-  
 bank) J 8  
 Wilhelm = Consolidation  
 Scht. 2 G 7  
 Wilhelm der Große M 6  
 Wilhelminenglück L 7  
 Wilhelmine Catharina K 4  
 Wilhelmine Catharina IV,  
 Trennteil K 5  
 Wilhelmine nach Westen  
 F 9  
 Wilhelmine Victoria F 7  
 Wilhelmine Mevissen C 9  
 Willm, Scht. G 9  
 Winkhaus, Scht. M 4  
 Wittekind J/K 9, L 4  
 Witten H/J 9  
 Wolfsbank E/F 8  
 Ver. Wolfsbach F 9

Zion, Ver. Berg Z. J 8  
 Zollern H/j 7  
 Zollverein F 7  
 Zum wilden Mann  
 L/M 7/8  
 Zweckel, Steink.-Bgw. F 5  
 Zweckel, Scht. E/F 5

## Für Ihre Lohn- und Förderabrechnungen

bedeutet die Benutzung der elektrischen Buchhaltungsmaschine



## MERCEDES ADDELEKTRA

eine sehr wesentliche Vereinfachung, weil mit dieser Maschine die Anfertigung der Lohn- oder Förderlisten, Lohnkarten, Zahlungsbelege, Steuer- und Krankenkassen-Nachweise usw. in einem einzigen Arbeitsgange möglich ist. Zeitraubende Rechen- oder Übertragungsfehler werden hierbei zwangsläufig ausgeschlossen.

Viele Bergwerksverwaltungen benutzen die **Mercedes-Addelektra** mit großem Erfolge für diese Arbeiten, zur Führung ihrer Halden-Statistiken oder in der Buchhaltung.

\*

Verlangen Sie Druckschrift 3750 und unverbindliche ausführliche Informationen.

## Mercedes Büromaschinen-Werke Zella-Mehlis in Thüringen

Generalvertreter für den Essener Bezirk:

**Arthur Kohnert, Essen**

**Börsenhaus**

Fernruf 287 21

Additional material from *Lehrbuch der Bergbaukunde*,  
ISBN 978-3-662-35675-3, is available at  
<http://extras.springer.com>

