

Heise - Herbst

# Leitfaden der Bergbaukunde

**Kurzer Leitfaden**  
der  
**Bergbaukunde.**

Von

**F. Heise,**  
Professor u. Direktor der Bergschule  
zu Bochum,

und **F. Herbst,**  
Professor a. d. Technischen Hochschule  
zu Aachen.

Mit 334 Textfiguren.



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH  
1914.

ISBN 978-3-662-23409-9      ISBN 978-3-662-25461-5 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-662-25461-5

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

Copyright by Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1914.  
Ursprünglich erschienen bei Julius Springer, Berlin 1914.  
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1914

## Vorwort.

Mit einem gewissen inneren Widerstreben sind wir an die Bearbeitung dieses „Leitfadens“ gegangen. Wir verhehlten uns nicht, daß eine so stark zusammengedrängte Übersicht über ein so weites Gebiet wegen ihrer Lückenhaftigkeit ein vielfach falsches und in jedem Falle unzureichendes Bild von der Bergbautechnik gibt und den Leser leicht zu irrigen Anschauungen und zu Trugschlüssen verführen kann.

Jedoch zeigte uns der immer wieder und von verschiedenen Seiten an uns herantretende Wunsch nach einer verkürzten Ausgabe unseres Lehrbuches, daß neben diesem selbst auch eine Zusammenfassung weiten Kreisen der Fachwelt erwünscht ist. Wir haben uns daher trotz unserer Bedenken zur Abfassung dieser Übersicht über die Bergbaukunde entschlossen und hoffen, daß das Vorliegen des eingehend gehaltenen Lehrbuchs das Erscheinen des Leitfadens gestattet und gleichsam entschuldigt, indem ein Rückgriff auf das Hauptwerk stets gesichert bleibt.

Im übrigen konnten wir aus dem im Lehrbuch zusammengetragenen Stoffe und aus der großen Anzahl von Figuren unschwer dasjenige aussondern, was uns als besonders wichtig und kennzeichnend erschien. Wir hoffen somit immerhin, in dem „Leitfaden“ ein Büchlein geschaffen zu haben, das bis zu einem gewissen Grade für die erste Einführung in die Bergbaukunde brauchbar ist und auch denjenigen, die der Bergbautechnik ferner stehen, sich aber einige Belehrung über sie verschaffen wollen, die Möglichkeit dazu ohne großen Zeitaufwand gewährt.

Bochum—Aachen, im April 1914.

**Heise. Herbst.**

# Inhaltsverzeichnis.

Erster Abschnitt.

## Gebirgs- und Lagerstättenlehre.

Seite

<b>I. Gebirgslehre . . . . .</b>		<b>1</b>
1. Der Erdball.	<b>A. Die Kräfte des Erdinnern . . . . .</b>	<b>1</b>
2. Gebirgsbildung. — 3. Erdbeben und Vulkanismus.	<b>B. Die Einwirkung der Atmosphäre . . . . .</b>	<b>2</b>
4. Verwitterung. — 5. Erosion und Abrasion. — 6. Neubildungen. 7. Der Wind.	<b>C. Die Zusammensetzung der Erdrinde (Gesteinslehre) . . . . .</b>	<b>3</b>
8. Gesteinsarten. — 9. Schichtenfolge.	<b>D. Die Lageveränderungen der Sedimentgesteine . . . . .</b>	<b>4</b>
10. Arten der Veränderungen. — 11. Streichen und Fallen. — 12. Faltenbildung. — 13. Hauptarten der Gebirgstörungen. — 14. Sprünge. — 15. Ausrichtung von Sprüngen. — 16. Überschiebungen oder Wechsel (Faltenverwerfungen). — 17. Verschiebungen.	<b>II. Lagerstättenlehre . . . . .</b>	<b>11</b>
18. Arten der Lagerstätten. — 19. Flöze. — 20. Lager. — 21. Gänge. — 22. Stöcke und andere unregelmäßige Lagerstätten. — 23. Seifen. — 24. Unregelmäßigkeiten in Lagerstätten.		

Zweiter Abschnitt.

## Schürf- und Bohrarbeiten.

<b>I. Schürfen . . . . .</b>		<b>15</b>
25. Schürfarbeiten.	<b>II. Tiefbohrung . . . . .</b>	<b>15</b>
26. Anwendungsgebiet.	<b>A. Die Tiefbohrung in milden Gebirgsschichten und geringen Teufen . . . . .</b>	<b>16</b>
27. Bohreinrichtungen.	<b>B. Die Tiefbohrung in größeren Teufen und vorwiegend festem Gebirge . . . . .</b>	<b>17</b>
	a) Stoßendes Bohren . . . . .	17
	1. Das Gestängebohren . . . . .	17
	Ältere Bohrverfahren (englisches und deutsches Stoßbohren) . . . . .	17
28. Wesen und Ausführung. — 29. Rutschschere und Freifallapparat. — 30. Hilfsvorrichtungen. — 31. Das Bohren mit Wasserspülung.	Neuere Bohrverfahren . . . . .	23
32. Die Schnellschlagbohrung.		

	Seite
2. Seilbohren . . . . .	25
33. Ausführung und Anwendung des Seilbohrens.	
b) Drehendes Bohren (Diamantbohrung) . . . . .	26
34. Bohrkronen und Kerngewinnung. — 35. Die Antriebs- und Nachlaß- vorrichtung.	
<b>C. Besondere Einrichtungen und Arbeiten bei der Tiefbohrung. Leistungen</b> . . . . .	29
36. Verrohrung. — 37. Überwachung des Bohrbetriebes. — 38. Die Bohrleistungen.	
<b>D. Die Horizontal- und Schrägbohrung</b> . . . . .	31
39. Überblick. — 40. Ausführung der Bohrvorrichtungen. — 41. Überhau- und Aufbruchbohrmaschinen.	
Dritter Abschnitt.	
<b>Gewinnungsarbeiten.</b>	
<b>I. Einleitende Bemerkungen</b> . . . . .	34
42. Gedinge, Schichtlohn. — 43. Tarifverträge. — 44. Grade der Ge- winbarkeit.	
<b>II. Gewinnungsarbeiten ohne Verwendung von Sprengstoffen</b> . . . . .	34
45. Die Wegfüllarbeit — 46. Die Keilhauenarbeit. — 47. Die Abbau- hämmer. — 48. Die maschinelle Schrämarbeit Säulenschrämmaschinen. — 49. Strebsschrämmaschinen. — 50. Die Hereintreibarbeit. — 51. Kohlen- tränkverfahren.	
<b>III. Sprengarbeit</b> . . . . .	40
<b>A. Herstellung der Bohrlöcher</b> . . . . .	40
52. Drehendes Bohren. Bohren mit Hand. — 53. Handbohrmaschinen. — 54. Die mechanisch angetriebenen Drehbohrmaschinen für mildes Gestein. — 55. Die Brandtsche Bohrmaschine. — 56. Stoßendes Bohren. Bohren mit Hand. — 57. Bohrarbeit mit Maschinen. Preßluft-Stoß- bohrmaschinen. — 58. Die elektrischen Stoßbohrmaschinen. — 59. Ver- lagerung der Bohrmaschinen. — 60. Schlagendes Bohren. Bohren mit Hand. — 61. Bohrhämmer. Allgemeines. — 62. Die Steuerung. — 63. Die Umsetzvorrichtung. — 64. Vorschubeinrichtung. — 65. Bohr- mehl- und Staubbeseitigung. — 66. Leistungen. Luftverbrauch.	
<b>B. Die Sprengstoffe</b> . . . . .	48
67. Allgemeines über die Explosion. — 68. Auskochen der Spreng- schüsse. — 69. Sprengkraft. — 70. Einteilung. — 71. Schwarzpulver. — 72. Dynamit. — 73. Allgemeines über Sicherheitsprengstoffe. — 74. Die Ammonsalpetersprengstoffe. — 75. Karbonite und wettersichere Gelatinedynamite. — 76. Die Kaliumchlorat- und Kaliumperchlorat- sprengstoffe. — 77. Vernichtung von Sprengstoffen.	
<b>C. Zündung der Sprengschüsse</b> . . . . .	52
78. Die Zündung durch einen offenen Zündkanal. — 79. Die Zünd- schnur. — 80. Die Sprengkapseln. — 81. Das Anzünden der Zünd-	

	Seite
schnur. — 82. Elektrische Zündung. Allgemeines. — 83. Stromquellen. — 84. Die magnetelektrischen Maschinen. — 85. Die dynamoelektrischen Maschinen. — 86. Elemente. — 87. Starkstromleitungen. — 88. Die elektrischen Zünder. — 89. Die Zeitzünder. — 90. Leitungen. — 91. Prüfung. — 92. Schaltung.	
<b>D. Allgemeines</b> . . . . .	58
93. Unglücksfälle bei der Schießarbeit. — 94. Betriebsmäßige Ausführung der Sprengarbeit. — 95. Kombiniertes Schießen. — 96. Wichtigkeit des Besatzes.	
Vierter Abschnitt.	
<b>Die Grubenbaue.</b>	
97. Überblick.	
<b>I. Ausrichtung</b> . . . . .	61
<b>A. Ausrichtung von der Tagesoberfläche aus</b> . . . . .	61
98. Stollen. — 99. Bedeutung, Arten und Lage der Schächte. — 100. Der Schachtquerschnitt.	
<b>B. Ausrichtung vom Schachte aus</b> . . . . .	63
a) Sohlenbildung . . . . .	63
101. Bedeutung und Möglichkeiten der Sohlenbildung. — 102. Unterwerksbau. — 103. Wettersohle.	
b) Allgemeines über die Grubenbaue auf den einzelnen Sohlen . . . . .	64
104. Übersicht.	
c) Ausrichtungsbetriebe im einzelnen . . . . .	64
1. Querschläge . . . . .	64
105. Hauptquerschläge. — 106. Abteilungsquerschläge. — 107. Weitere Arten von Querschlägen.	
2. Blinde Schächte . . . . .	66
108. Erläuterung. — 109. Herstellung der blinden Schächte.	
<b>II. Vorrichtung</b> . . . . .	67
110. Vorbemerkung. — 111. Baufelder.	
1. Strecken im Streichen . . . . .	68
112. Grundstrecken. — 113. Teilsohlenstrecken. — 114. Hauptförderstrecken. — 115. Sonstige streichende Strecken.	
2. Strecken im Einfallen . . . . .	69
116. Überhauen. — 117. Bremsberge. — 118. Abhauen. — 119. Rolllöcher.	
<b>III. Abbau</b> . . . . .	70
120. Allgemeine Erfordernisse. — 121. Unterschiede. — 122. Verhieb.	
I. Abbauverfahren ohne Unterstützung des Hangenden	72
123. Pfeilerbau. — 124. Der streichende Pfeilerbau. — 125. Der schwebende und diagonale Pfeilerbau. — 126. Beurteilung. — 127. Der Pfeilerbau in einzelnen Abschnitten (Bruchbau).	

	Seite
II. Abbaufverfahren mit Unterstützung des Hangenden	75
1. Allgemeines über den Abbau mit Bergeversatz . . . . .	75
128. Vorteile. — 129. Verschiedene Ausführung des Versatzes. — 130. Wirkung des Versatzes beim Abbau. — 131. Beschaffung der Versatzberge.	
2. Der Strebbau . . . . .	76
132. Wesen des Strebbaus. — 133. Der streichende Strebbau. — 134. Strebbau mit wandernden Bremsbergen. — 135. Der schwebende und diagonale Strebbau.	
3. Der Firsten- und Strossenbau auf Erzgängen . . . . .	78
136. Firstenbau. — 137. Strossenbau.	
4. Abbaufverfahren mit geschlossenem Bergeversatz . . . . .	79
138. Kennzeichnung. — 139. Abbau bei flacher und mittelsteiler Lagerung. — 140. Abbau bei steiler Lagerung (Steinkohlenfirstenbau).	
5. Abbau in einzelnen Streifen. (Stoßbau) . . . . .	81
141. Der streichende Stoßbau. — 142. Der schwebende Stoßbau.	
6. Abbaufverfahren mit Vor- und Rückbau . . . . .	83
143. Der Pfeilerbau mit Bergeversatz. — 144. Der vereinigte Streb- und Pfeilerbau.	
7. Besondere Ausbildung einzelner Abbaufverfahren für mächtige Lagerstätten . . . . .	84
145. Vorbemerkung. — 146. Der Scheibenbau. — 147. Der Stoßbau auf mächtigen Lagerstätten. — 148. Der Querbau.	
8. Der Abbau mit Spülversatz . . . . .	86
149. Bedeutung des Spülversatzes. — 150. Versatzgut. — 151. Wasserzusatz. — 152. Mischanlagen. — 153. Rohrleitungen. — 154. Abbaufverfahren beim Spülversatz. — 155. Besondere Arten des Spülversatzes. — 156. Wasserklärung und -Hebung. — 157. Anwendungsgebiet und Kosten des Spülversatzes.	
9. Der Abbau mit Bergfesten . . . . .	89
158. Erläuterung. — 159. Stärke und Abstand der Pfeiler. — 160. Der Abbau.	
III. Wirkungen des Abbaues auf das Gebirge . . . . .	91
161. Allgemeiner Verlauf der Bodenbewegungen. — 162. Allgemeine Gesetze für die Senkungsvorgänge. — 163. Erscheinungen an der Erdoberfläche. — 164. Sicherheitspfeiler.	

Fünfter Abschnitt.

**Grubenbewetterung.**

I. Die Grubenwetter . . . . .	93
165. Allgemeines. — 166. Die atmosphärische Luft — 167. Der Sauerstoff. — 168. Der Stickstoff. — 169. Der Wasserdampf. — 170. Die Kohlensäure. — 171. Das Kohlenoxyd. — 172. Der Schwefelwasserstoff. — 173. Das Wasserstoffgas. — 174. Das Stickoxyd. — 175. Das Grubengas. — 176. Gasausbrüche. — 177. Bläser. — 178. Der Übertritt des Grubengases aus dem alten Mann in die Grubenbaue. — 179. Die Schlagwetterexplosion. — 180. Erkennung der Schlagwetter. — 181. Die physikalischen Verhältnisse der Grubenwetter.	



	Seite
<b>II. Der Kohlenstaub . . . . .</b>	
182. Die Kohlenstaubgefahr. — 183. Die Bekämpfung der Kohlenstaubgefahr.	99
<b>III. Die Bewegung der Wetter und ihre Führung in der Grube . . . . .</b>	
184. Gefälle des Wetterstromes. — 185. Die Messung des Gefälles. — 186. Messung der Stromgeschwindigkeit. — 187. Die hydrostatischen Geschwindigkeits- oder Volumenmesser. — 188. Die hauptsächlichsten Formeln für die Wetterbewegung. — 189. Überblick über die Mittel zur Erzeugung der Wetterbewegung. — 190. Natürliche Wetterführung. — 191. Die Mittel zur künstlichen Erzeugung des Wetterzuges. — 192. Die Wetteröfen. — 193. Die Wettermaschinen. — 194. Beispiele. — 195. Der mechanische Wirkungsgrad. — 196. Durchgangsöffnung. — 197. Die theoretische Depression. — 198. Das Zusammenarbeiten zweier Schleuderräder. — 199. Die Strahlgebläse. — 200. Zusammenwirken der natürlichen und künstlichen Wetterführung. — 201. Wetterumstellvorrichtungen. — 202. Wetterschächte. — 203. Schachtverschlüsse. — 204. Schachtwetterscheider. — 205. Lage des Wetterschachtes. — 206. Teilströme. — 207. Wettertüren. — 208. Wetterdämme und Wetterkreuze. — 209. Wetterriß und Wetterstammbaum.	101
<b>IV. Die Bewetterung der Streckenbetriebe . . . . .</b>	
210. Einteilung. — 211. Der Begleitstreckenbetrieb. — 212. Betrieb mit Wetterscheidern. — 213. Die Bewetterung von Strecken mittels Breitaufhauen und Wetterröschen. — 214. Die Luttenbewetterung mit Selbstzug. — 215. Die Sonderbewetterung.	116
<b>V. Das tragbare Geleucht des Bergmanns . . . . .</b>	
216. Offene Lampen. — 217. Die Sicherheitslampe. — 218. Die innere Zündung. — 219. Der Wolfsche Magnetverschluß. — 220. Mantellampen. — 221. Schlagwettersicherheit der Sicherheitslampen. — 222. Azetylen-Sicherheitslampen. — 223. Tragbare elektrische Lampen. — 224. Ausführungen.	120
Sechster Abschnitt.	
<b>Grubenausbau.</b>	
<b>I. Der Grubenausbau in Abbaubetrieben und Strecken aller Art . . . . .</b>	
<b>A. Allgemeine Erörterungen . . . . .</b>	
225. Aufgaben des Grubenausbauens. — 226. Arten des Grubenausbauens. — 227. Ausbaustoffe.	126
<b>B. Die Ausführung des Ausbaues . . . . .</b>	
a) Der Ausbau in Holz . . . . .	
1. Eigenschaften und Behandlung der Grubenhölzer . . . . .	128
228. Holzarten. — 229. Fäulniserscheinungen und ihre Bekämpfung. — 230. Die Tränkflüssigkeiten. — 231. Tränkverfahren.	

	Seite
2. Die Ausführung des Holzausbaues . . . . .	130
Einfacher Holzausbau (Stempelausbau) . . . . .	130
232. Anwendung und allgemeine Ausführung. — 233. Nachgiebiger Stempelausbau. — 234. Stempelausbau mit Biegungsbeanspruchung.	
Zusammengesetzter Holzausbau . . . . .	132
235. Holzpfeiler. — 236. Türstockzimmerung. — 237. Verbindung zwischen den einzelnen Türstöcken. — 238. Nachgiebige Türstockzimmerung. — 239. Schalholzzimmerung. — 240. Verbindungen zwischen Türstock- und Schalholzzimmerung. — 241. Der Ausbau mit Firstenbänken. — 242. Die Schwalbenschwanzzimmerung.	
Voreilender Ausbau (Getriebe- und Abtreibezimmerung) . .	136
243. Die Getriebezimmerung. — 244. Vortriebezimmerung im Abbau.	
b) Der Ausbau in Eisen . . . . .	139
1. Einfacher Eisenausbau . . . . .	139
245. Bedeutung.	
2. Zusammengesetzter Eisenausbau . . . . .	139
246. Türstockausbau in Eisen. — 247. Ausbau mit Gestellen.	
c) Der Ausbau in Stein . . . . .	141
1. Mauerung. . . . .	141
248. Steine. — 249. Mörtel. — 250. Ausführung der Mauerung. — 251. Formen der Mauerung. — 252. Herstellung der Mauerung. — 253. Zusammengesetzter Ausbau. — 254. Nachgiebige Mauerung.	
2. Betonausbau. . . . .	144
255. Einfacher Betonausbau. — 256. Eisenbetonausbau. — 257. Nachgiebigkeit beim Beton- und Eisenbetonausbau.	
<b>II. Der Schachtausbau . . . . .</b>	<b>146</b>
258. Vorbemerkung.	
<b>A. Der Geviert- und Ringausbau mit Verzug . .</b>	<b>146</b>
259. Der Geviertausbau in Holz. — 260. Der Profileisenausbau. — 261. Ausbau runder Schächte.	
<b>B. Geschlossener Ausbau von Schächten . . . .</b>	<b>148</b>
262. Die Mauerung. — 263. Der Beton- und Eisenbetonausbau. — 264. Ausführungen. — 265. Gußeiserne Tübbings und Schachtringe (Küvelage). — 266. Englische und deutsche Tübbings. — 267. Keilkränze. — 268. Der Einbau der Tübbings. — 269. Vergleich der englischen und der deutschen Tübbings.	
Siebenter Abschnitt.	
<b>Schachtabteufen.</b>	
<b>I. Das gewöhnliche Abteufverfahren . . . .</b>	<b>156</b>
270. Das Abteufen in standhaftem (nicht schwimmendem) Gebirge. Allgemeines. — 271. Einrichtungen. — 272. Abteufarbeit und Leistungen. — 273. Das Weiterabteufen von Schächten unterhalb einer in Betrieb befindlichen Sohle. — 274. Abteufen im schwimmenden Gebirge. — 275. Das gewöhnliche Anstecken. — 276. Eiserner Spundwände.	

	Seite
blick. — 321. Förderung mit schwebendem Seil ohne Ende. Antrieb. — 322. Seilführung. — 323. Mitnehmer. — 324. Förderbetrieb. — 325. Förderung mit schwebender Kette ohne Ende. Besonderheiten. — 326. Unterlaufende Ketten. — 327. Lokomotivförderung. Arten von Grubenlokomotiven. — 328. Allgemeines über Lokomotivförderung.	
<b>II. Die abwärts- und aufwärtsgehende Förderung</b>	
in der Grube . . . . .	202
<b>A. Bremsberg- und Bremsschachtförderung . . . . .</b>	
329. Wesen und Möglichkeiten der Bremsbergförderung. — 330. Einrichtungen in Bremsbergen. — 331. Bremsgestelle. — 332. Bremsschachtförderung.	202
<b>B. Rollochförderung . . . . .</b>	
333. Bedeutung und Ausführung.	207
<b>C. Haspelförderung . . . . .</b>	
334. Förderhaspel.	207
<b>D. Sicherheitseinrichtungen bei der Brems- und Haspelförderung . . . . .</b>	
335. Fangvorrichtungen. — 336. Sicherheitsverschlüsse. Allgemeines. 337. Selbstwirkende Verschlussrichtungen.	208
<b>III. Die Schachtförderung . . . . .</b>	
<b>A. Gefäßförderung (Skip-Förderung) . . . . .</b>	
338. Ausführung.	210
<b>B. Gestellförderung . . . . .</b>	
a) Förderseile . . . . .	211
339. Überblick. — 340. Flechtarten. — 341. Tragfähigkeit, Leistungen und Kosten.	211
b) Die Fördergestelle . . . . .	213
342. Größe und Bauart.	213
c) Die Verbindungsstücke zwischen Seil und Fördergestell. (Das Zwischengeschirr) . . . . .	213
343. Seileinband. — 344. Die eigentlichen Zwischengeschirrteile.	214
d) Schachtleitungen . . . . .	214
345. Allgemeine Anordnung der Schachtleitungen. — 346. Ausführung.	216
e) Die an Hängebank und Füllörtern notwendigen Vorrichtungen . . . . .	216
347. Aufsetzvorrichtungen (Schachtfallen, Keps). — 348. Schwenkbühnen.	217
<b>C. Der Betrieb der Gestellförderung . . . . .</b>	
a) Die Bedienung der Fördergestelle an den Anschlägen	217
349. Allgemeines. — 350. Beschleunigung und Verbilligung der Bedienung. — 351. Erleichterung des Wagenumlaufs an Füllort und Hängebank.	219
b) Die Betätigung der Schachtförderung . . . . .	219
352. Die Trommelförderung. — 353. Ausgleichung des Seilgewichts. — 354. Die Treibscheibenförderung.	219

	Seite
c) Sicherheitsvorrichtungen bei der Schachtförderung	221
1. Fangvorrichtungen . . . . .	221
355. Bedeutung der Fangvorrichtungen. — 356. Allgemeine Erfordernisse.	
2. Vorrichtungen gegen das Übertreiben und zu harte Aufsetzen der Fördergestelle . . . . .	223
357. Vorbemerkung. — 358. Einwirkung auf die Fördergestelle. — 359. Überwachung der Fördermaschine. — 360. Die Beeinflussung der Fördermaschine.	
d) Signalvorrichtungen . . . . .	224
361. Überblick.	
e) Fördergerüste und Seilscheiben . . . . .	224
362. Die Fördergerüste. — 363. Die Seilscheiben.	
Neunter Abschnitt.	
<b>Wasserhaltung.</b>	
<b>I. Einleitender Teil . . . . .</b>	
364. Maßnahmen und Vorrichtungen zur Fernhaltung der Wasser von den Grubenbauen. — 365. Sumpfanlagen. — 366. Das Gefälle der Strecken.	225
<b>II. Wasserhebevorrichtungen . . . . .</b>	
<b>A. Kolbenpumpen . . . . .</b>	
367. Einteilung. — 368. Pumpenarten. — 369. Gestängewasserhaltungen. — 370. Die unterirdischen Wasserhaltungen. — 371. Die Dampfwasserhaltung. — 372. Die hydraulische Wasserhaltung. — 373. Elektrisch angetriebene Kolbenpumpen.	228
<b>B. Zentrifugalpumpen . . . . .</b>	
374. Wirkungsweise, Bauart, Eigentümlichkeiten.	231
<b>C. Sonstige Wasserhebevorrichtungen . . . . .</b>	
375. Wasserzieheinrichtungen. — 376. Strahlpumpen. — 377. Mammutpumpen. — 378. Pulsometer.	232
Zehnter Abschnitt.	
<b>Grubenbrände, Atmungs- und Rettungsgeräte.</b>	
<b>I. Grubenbrände . . . . .</b>	
379. Wesen, Entstehung und Verhütung von Grubenbränden. — 380. Bekämpfung ausgebrochener Brände.	234
<b>II. Atmungs- und Rettungsgeräte . . . . .</b>	
381. Überblick. — 382. Schlauchgeräte. — 383. Behältergeräte ohne Wiederbenutzung der Ausatemluft. Aërolith. — 384. Behältergeräte mit Wiederbenutzung der Ausatemluft. Sauerstoffgeräte. — 385. Geräte mit chemisch gebundenem Sauerstoffvorrat (Pneumatogene). — 386. Rückblick. — 387. Zentralstellen. — 388. Unterirdische Rettungs- und Sicherheitskammern.	236

Erster Abschnitt.

## Gebirgs- und Lagerstättenlehre.

### I. Gebirgslehre.

**1. Der Erdball.** Unsere Erde wird als ein nahezu kugelförmiger, im Erkalten begriffener Weltkörper aufgefaßt, dessen Inneres noch eine glühende Masse bildet, während das Äußere im Laufe der Zeit zu einer festen „Erdrinde“ geworden ist. Diese ist auch heute noch fortgesetzten Veränderungen unterworfen, die durch die Kräfte des Erdinnern einerseits und durch die Einwirkungen der Atmosphäre anderseits verursacht werden.

#### A. Die Kräfte des Erdinnern.

**2. Gebirgsbildung.** Da die Erdrinde, wenn man ihre Stärke zu 300 km annimmt, im Verhältnis zum Erddurchmesser nur eine

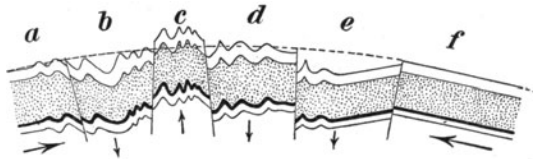


Fig. 1. Schema der Erdrindenschrumpfung.

Schicht darstellt, die der 2 mm starken Wandung eines Gummiballs von etwa 8 cm Durchmesser zu vergleichen ist, so hat sie den Kräften des Erdinnern nur einen verhältnismäßig geringen Widerstand entgegenzusetzen.

Durch die allmähliche Abkühlung und Zusammenziehung des glühenden Erdkerns entstanden in der starren Erdrinde gewaltige Spannungen, die zum Aufreißen von Spalten und zu gegenseitigen Verschiebungen der dadurch getrennten Schollen der Erdrinde führten. Die Gesamtheit dieser Erscheinungen faßt man als „Schrumpfung“ der Erdrinde (Fig. 1) zusammen. Die stehengebliebenen Schollen (c) werden „Horste“ genannt, die zwischen ihnen abgesunkenen Schollen (b, e) bilden „Gräben“. Durch die seitlichen Pressungen bei der Schollenbewegung entstanden außerdem die Faltungsvorgänge, wie sie die Figur andeutet.

Schollenbildung und Faltung haben zur Entstehung der Gebirge geführt, die hiernach hauptsächlich als „Schollengebirge“ (stehengebliebene Horste wie Harz und Thüringerwald) und „Faltengebirge“ oder „Kettengebirge“ (Alpen, Pyrenäen, Himalaja u. a.) unterschieden werden. Durch allmähliche Abtragung der Faltengebirge entstanden die flachkuppigen „Rumpfbirge“, für die das Rheinische Schiefergebirge ein gutes Beispiel gibt.

Die Schrumpfungsvorgänge haben außerdem zur Bildung zahlloser großer und kleiner Klüfte in den Gebirgsschichten Veranlassung gegeben.

**3. Erdbeben und Vulkanismus.** Die starken Bewegungen innerhalb der Erdrinde haben vielfach Erdbeben infolge der Erschütterung beim Aufreißen der Spalten zur Folge gehabt und noch zur Folge („tektonische Erdbeben“). Außer diesen unterscheidet man noch „Einsturzbeben“, die durch den Einsturz großer unterirdischer Hohlräume entstehen, und „vulkanische Erdbeben“, die im Anschluß an Vulkanausbrüche auftreten.

Die vulkanischen Vorgänge werden in der Weise erklärt, daß die großen, bei dem Schrumpfungsvorgänge aufgerissenen Bruchspalten den glühenden Massen und heißen Dämpfen des Erdinnern Gelegenheit zum Aufsteigen an die Erdoberfläche bieten.

Die vulkanischen Ausbrüche bestehen hauptsächlich im Auswurf von Lavamassen einerseits, die später zu „vulkanischen Gesteinen“ erkalten, und von Aschenmassen andererseits, die später durch mineralische Bindemittel zu lockeren Gesteinen (Tuffen) verfestigt werden können. Die letzten Anzeichen einer früheren vulkanischen Tätigkeit sind: heiße Quellen, Aufsteigen heißer Gase und Entwicklung von Kohlensäure.

## B. Die Einwirkung der Atmosphäre.

**4. Verwitterung.** Das Wasser fällt aus der Luft in Gestalt von Tau, Reif, Regen, Schnee, Eis und Hagel auf die Erdoberfläche nieder. Von diesen Niederschlägen verdunstet ein Teil wieder, ein zweiter Teil fließt oberflächlich ab, während der Rest in die Erdrinde eindringt und größtenteils in Gestalt von Quellen wieder zutage tritt. Diese und das oberflächlich abfließende Wasser bilden Flüsse und Ströme, die in das Meer einmünden und ebenso wie dieses das Wasser nach und nach wieder in Gestalt von Wasserdampf an die Atmosphäre abgeben.

Das Wasser wirkt auf die Erdoberfläche zunächst durch Verwitterung. Die Tränkung mit Feuchtigkeit führt unter Mitwirkung von Frost und Sonnenbestrahlung und mit Unterstützung chemischer, im Wasser enthaltener Angriffsmittel (Sauerstoff, Kohlensäure, Humussäuren) eine Zersetzung der anstehenden Gesteine herbei. Die gelockerten und abgesprengten Stücke werden bei Hochwasser von den Gebirgsbächen mitgerissen und schließlich durch die Flüsse dem Meere zugeführt, in dem sie wegen der unterwegs ständig weiter

fortschreitenden Zerkleinerung schließlich als feiner Schlamm ankommen.

**5. Erosion und Abrasion.** Die unzähligen Wasserläufe schneiden sich stets tiefer in die Erdoberfläche ein (Erosion) und zwar einerseits infolge der Wirkung des Wassers selbst, andererseits infolge der abhobelnden Wirkung der mitgerissenen Gesteins-Trümmer. Ein anderer Teil des aus den Niederschlägen stammenden Wassers wäscht unterirdisch große Hohlräume aus, besonders im Kalkgebirge, das leicht durch kohlenensäurehaltiges Wasser aufgelöst wird. Das Meer wirkt durch die allmähliche Zerstörung der Küsten infolge des Wellenschlages der Brandung. Findet gleichzeitig durch anderweitige Ursachen eine langsame Senkung des Festlandes statt, so dringt die Meeresbrandung immer von neuem vor, kann also schließlich ganze Gebirgszüge abtragen („marine Abrasion“).

Die Gesamtheit der zerstörenden Wirkungen, die von den Kräften der Atmosphäre auf die Erdoberfläche ausgeübt werden, wird als Denudation bezeichnet.

**6. Neubildungen.** Außer der zerstörenden ist auch eine neubildende Wirkung des Wassers zu erwähnen, indem die von ihm mitgeführten Gesteinsmassen an Stellen mit entsprechend schwächerer Strömung immer wieder abgelagert werden. Auch unterirdisch sind solche Neubildungen von großer Wichtigkeit, da die vom Wasser geschaffenen Hohlräume durch andere Gebirgswasser wieder mit Erzen und andern nutzbaren Mineralien ausgefüllt werden können.

**7. Der Wind** wirkt zunächst durch die Erzeugung der Meeresbrandung an den Küsten und ferner durch die Bewegung der durch Verdunstung in die Atmosphäre zurück gelangenden Wassermengen, denen er Gelegenheit gibt, sich an hohen und kalten Gipfeln so weit abkühlen zu können, um als Regen, Schnee usw. niederzufallen. Auch der Wind schafft Neubildungen, indem er in trockenen Steppengegenden Staub mitführt und an windgeschützten Stellen als „Löß“ niederfallen läßt.

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

**8. Gesteinsarten.** Wir können zwei Hauptarten von Gesteinen unterscheiden, nämlich solche, die aus dem schmelzflüssigen Zustande erstarrt und solche, die vom Wasser abgesetzt worden sind.

Die Gesteine der ersten Gruppe, „Erstarrungs“- (oder „vulkanische“) Gesteine enthalten keine Versteinerungen und sind auch nicht geschichtet, sondern nur von Absonderungsklüften durchsetzt. Hierhin gehören: der Basalt, der Granit, der Diabas (Grünstein), der Melaphyr und die verschiedenen Porphyarten.

Die der zweiten Gruppe angehörenden „Sedimentgesteine“ (= „abgelagerte Gesteine“) sind in der Hauptsache aus dem Wasser niedergeschlagen worden. Die größte Rolle unter diesen spielen

die mechanischen Sedimente, die durch einfache Wirkung der Schwerkraft vom Wasser abgesetzt wurden. Sie bilden zunächst lockere Massen (Sand, Kies, Ton u. dgl.), werden aber nach und nach durch Druck, Wärme und mineralische Lösungen verfestigt und werden dann zu Sandsteinen, Grauwacken, Sand- und Ton-schiefern, Mergeln, Konglomeraten usw. Nach ihrer Entstehung heißen sie auch „Trümmergesteine“.

Chemische Sedimente bilden sich, wenn mineralhaltige Wasser durch Verdunstung, Abkühlung oder chemische Umsetzungen einen Teil ihres Mineralgehalts absetzen. Auf diesem Wege haben sich z. B. Salz- und Gipslagerstätten und zahlreiche Erzablagerungen gebildet.

Ferner sind wichtig: organische Sedimente, deren Hauptvertreter die Stein- und Braunkohlen sind. Während diese in der Hauptsache aus pflanzlichen Bestandteilen bestehen, finden wir auch Ablagerungen, die nicht unmittelbar aus Pflanzenteilen, sondern durch kalkige oder kieselige Abscheidungen von Wasserpflanzen (Kieselgur) und Wassertieren (Schreibkreide) entstanden sind.

**9. Schichtenfolge.** Die Schichtenfolgen von Sedimenten in der Erdrinde werden ihrem Alter nach in „Formationen“ unterschieden. Eine Zusammenstellung dieser Alterstufen nebst ihren wichtigeren Mineralvorkommen gibt die Übersichtstafel auf S. 5. Die Formationen werden wiederum in geologische „Perioden“ zusammengefaßt und im einzelnen noch in „Stufen“ zerlegt.

Sind die Schichtenfolgen verschiedener Alterstufen ununterbrochen aufeinanderfolgend abgelagert worden, so besteht zwischen ihnen „Konkordanz“. Ist dagegen zwischen der Ablagerung zweier Schichtfolgen eine längere Zeit verstrichen, so daß vor Ablagerung der jüngeren Schichten beträchtliche Veränderungen (Faltung, Erosion, Abrasion) in den älteren Schichten vor sich gehen konnten, so liegen die jüngeren Schichten „diskordant“ auf den älteren, wie das z. B. bei dem westfälischen Kreidemergel der Fall ist.

#### D. Die Lageveränderungen der Sedimentgesteine.

**10. Arten der Veränderungen.** Da während und nach der Ablagerung der verschiedenen Schichten die Kräfte des Erdinnern weiter tätig gewesen sind, so finden wir in zahllosen Fällen mehr oder weniger starke Veränderungen der ursprünglichen Lage der Gesteine (Faltung) oder eine vollständige Unterbrechung ihres Zusammenhanges (Gebirgstörungen).

**11. Streichen und Fallen.** In einer durch Seitendruck aufgerichteten Schicht sind zwei Richtungen zu unterscheiden: das Streichen und das Fallen.

Unter der Streichlinie einer Gebirgsschicht (Fig. 2) verstehen wir eine in der Ebene dieser Schicht sählig gezogene Linie oder, anders ausgedrückt, die Schnittlinie zwischen der Schicht und einer Horizontalebene.



## Die geologischen Formationen.

Haupt- Perio- den:	Einteilung		Die wichtigsten Mineral- vorkommen:
	im ganzen:	im einzelnen:	
Känozoische Periode	Quartär	Alluvium	Torf, Raseneisenerze, Gold-, Platin-, Zinn- und Edelstein-Seifen
		Diluvium	
	Tertiär	Pliocän	Steinsalz bei Wieliczka
		Miocän	Deutsche und böhmische Braunkohle
		Oligocän	Deutsche und böhmische Braunkohle; Erdöl im Elsaß; Stein- und Kalisalze im Elsaß und in Baden
	Eocän	Vereinzelte Braunkohlenflöze	
Mesozoische Periode	Kreide	Senon	Schreibkreide auf Rügen
		Turon	
		Cenoman	Brauneisenerze (Peine), Phosphorite
		Gault	
		Neocom	
		Wealden	Steinkohle am Deister
	Jura	Malm oder weißer Jura	Asphalt bei Hannover
		Dogger o. brauner Jura	Minette in Lothringen-Luxemburg
		Lias o. schwarzer Jura	Steinkohle in Ungarn
	Trias	Keuper	Steinsalz in Lothringen
Muschelkalk		Zinkerze in Oberschlesien; Steinsalz in Süddeutschland	
Buntsandstein		Bleierz bei Mechernich; Steinsalz in Norddeutschland	
Paläozoische Periode	Perm (Dyas)	Zechstein	Kupfererze bei Eisleben; Stein- und Kalisalze in Mittel- u. Norddeutschland
		Rotliegendes	Steinkohlen im Pflaushen Grunde bei Dresden sowie in Thüringen
	Karbon	Oberkarbon (produkti- ves Karbon)	Die meisten Steinkohlen der Erde
		Unterkarbon (Kulm bezw. Kohlenkalk)	Blei- und Zinkerze im Harz, bei Sel- beck, Aachen u. a.
	Devon	Ober-, Mittel- und Un- terdevon	Eisenerze im Siegerland und in Nassau; Erzlager im Rammelsberg
	Silur	Ober-, Mittel- und Un- tersilur	Alaunschiefer in Deutschland und Eng- land; Griffelschiefer in Thüringen
	Kambrium	Ober-, Mittel- und Un- terkambrium	Alaunschiefer in Thüringen
Proterozo- ische Per.	Algon- kium	—	Kupfererze am Oberen See
Archäische Periode	Urschiefer- formation Urgneis- formation	Phyllitformation	Graphit, Marmor, Eisenerz in Schweden; Zinn im Erzgebirge; Blei-, Zink- und Kupfererze bei Freiberg i./Sa.
		Glimmerschieferform.	
		Obere und untere Ur- gneisformation	

Das Streichen eines Flözes — genauer der Streichwinkel desselben — ist der Winkel, den die Streichlinie mit dem magnetischen Meridian bildet.

Für Angaben im großen dient wegen des fortwährenden Wechsels des Streichwinkels in geringen Abständen nur der Durchschnitt einer größeren

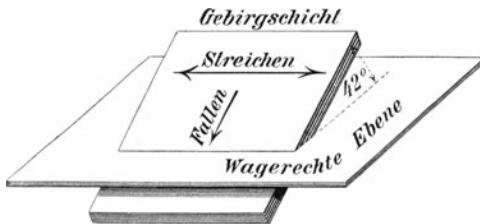


Fig. 2. Veranschaulichung der Begriffe „Streichen“ und „Fallen“.

Masse von Streichwinkeln, das sog. „Generalstreichen“.

Die Fallinie ist eine Linie, die auf der Ebene der Schicht senkrecht zur Streichlinie gezogen ist, also die Schnittlinie zwischen der Schichtebene und einer zum Streichen

senkrechten Vertikalebene oder die Bahn eines auf dem Liegenden herabrollenden Wassertropfens.

Der Winkel, den die Fallinie mit ihrer sählig gezogenen Projektion bildet, heißt „Fallen“ oder „Einfallen“ und wird in Graden mit Hinzufügung der Fallrichtung angegeben, so daß z. B. das liegendste Flöz in Fig. 3 auf dem Südsattel-Nordflügel mit  $36^{\circ}$  nach Norden einfällt.

Durch die mehr oder weniger steile Aufrichtung der Schichten wird die „flache Bauhöhe“ bestimmt, die in einer Lagerstätte durch eine bestimmte Seigertiefe zwischen zwei Sohlen „eingebracht“ wird.

**12. Faltenbildung.** In den meisten Fällen hat der seitlich wirkende Gebirgsdruck die Schichten zu mehr oder weniger tiefen und scharfen Wellen oder „Falten“ zusammengeschoben.

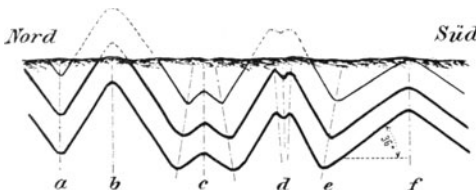


Fig. 3. Profil durch einen gefalteten Gebirgsstell.  
— . . . . Mulden- oder Sattelachsen.

Die durch die Faltung entstehenden Einsenkungen der Schichten werden als „Mulden“, ihre Aufwölbungen als „Sättel“ bezeichnet. Die Schenkel dieser Falten heißen

Mulden- bzw. Sattel-„Flügel“. Treten in einer Mulde ( $c$  in Fig. 3) oder in einem Sattel ( $d$ ) besondere kleine Sättel oder Mulden auf, so bezeichnet man die ersteren als „Hauptmulden“ bzw. als „Hauptsättel“, die letzteren als „Speziälsättel“ bzw. „Spezialmulden“. Sind zwei früher zusammenhängende Flözflügel durch Abtragung der hangenden Gebirgsschichten getrennt worden, so liegt ein „Luftsattel“ vor ( $b$  und  $d$  in Fig. 3). Der tiefste Punkt einer Mulde wird „Muldentiefstes“, der höchste Punkt eines Sattels

„Sattelkuppe“ genannt. Die Linie, die in einer und derselben Schicht die sämtlichen tiefsten Punkte eines Sattels miteinander verbindet, heißt „Mulden“- bzw. „Sattellinie“ (vgl. Fig. 6). Die Verbindungslinien der tiefsten Punkte mehrerer übereinanderliegenden Mulden bzw. der höchsten Punkte mehrerer übereinanderliegender Sättel werden als Mulden- bzw. Sattel-„Achsen“ bezeichnet (Fig. 3).

Im Querprofil erscheinen Sättel und Mulden als solche. Im Grundriß dagegen kommen nur die Streichlinien der einzelnen Schichten zur Anschauung. Verlaufen die Sattel- und Muldenlinien söhlig, so gehen die Streichlinien einander parallel, falls die Flügel Ebenen bilden. Ist dagegen die Sattel- oder Muldenlinie nach einer Seite hin geneigt, so schneiden sich (vgl. Fig. 6) bei einem Sattel nach dieser Seite, bei einer Mulde nach der entgegengesetzten Seite hin die Streichlinien beider Flügel und bilden die „Sattel- bzw. Muldenwendung“. Zweiseitig geneigte Sattel- und Muldenlinien haben das Auftreten der Sattel- und Muldenwendung auf beiden Seiten, d. h. die Entstehung „geschlossener“ Sättel und Mulden zur Folge.

**13. Hauptarten der Gebirgstörungen.** Eine Zerreißung von Gebirgsschichten mit gegenseitiger Verschiebung der auseinander gerissenen Teile kann nach drei Bewegungsrichtungen vor sich gegangen sein, wonach drei Hauptarten unterschieden werden, nämlich:

1. Sprünge: Der eine Teil einer Schicht ist an der Zerreißungskluft entlang nach unten abgesunken.
2. Überschiebungen (Wechsel): Der eine Teil ist über den andern herübergeschoben.
3. Verschiebungen: Der bewegte Teil der Schicht ist in horizontaler Richtung gegen den andern verschoben.

**14. Sprünge.** In den weitaus meisten Fällen ist die im Hangenden der Sprungkluft liegende Gebirgsscholle abgesunken.

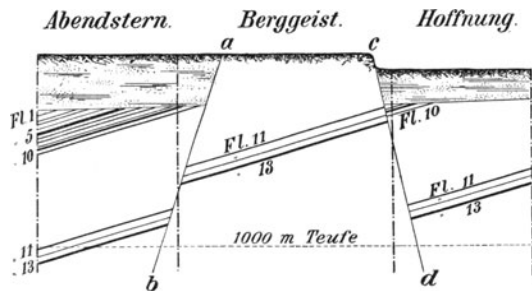


Fig. 4. Horst mit teilweise abgetragenen Steinkohlen- und fehlendem Deckgebirge.

(„Echter Sprung“.) In der Regel hat die gesunkene Scholle sich mehr oder weniger in der Kluftebene gedreht, so daß die Höhe des Verwurfs an den verschiedenen Stellen ganz verschieden sein kann.

Der Verlauf der Sprungklüfte ist sowohl im Streichen wie auch im Einfallen unregelmäßig, auch die Mächtigkeit einer Kluft-

spalte ist ganz verschieden. Große Verwerfungen werden häufig durch eine ganze Anzahl von einzelnen Klüften gebildet („Störungszonen“). Die Störungsklüfte entsprechen den Spalten der Erzgänge; zwischen beiden bestehen mannigfache Beziehungen. Die Verwurfhöhe schwankt von wenigen Zentimetern bis zu Tausenden von Metern. Die Streichrichtung der Klüftspalten ist von derjenigen der Schichten völlig unabhängig.

Haben mehrere benachbarte Sprünge im gleichen Sinne gewirkt, so entstehen Treppen- oder Terrassen-Verwerfungen, auch „Staffelbrüche“ genannt. Ist eine Scholle zwischen zwei abgesunkenen stehen geblieben, so bildet sie einen „Horst“ (vgl. Ziff. 2 und Fig. 4), ist sie dagegen zwischen zwei stehen gebliebenen Schollen abgesunken (Fig. 1), so liegt ein „Graben“ vor.

**15. Ausrichtung von Sprüngen.** Das Aufsuchen der verworfenen Stücke einer Lagerstätte hinter dem Sprunge wird als

Ausrichtung des Sprunges bezeichnet.

Verläuft der Sprung streichend oder nahezu streichend, so wird die Gebirgsschicht derartig verworfen, daß weder ein Schacht noch ein Querschlag das andere Stück treffen und die Ausrichtung nur mittels einer Verbindung von Schacht und Querschlag erfolgen kann.

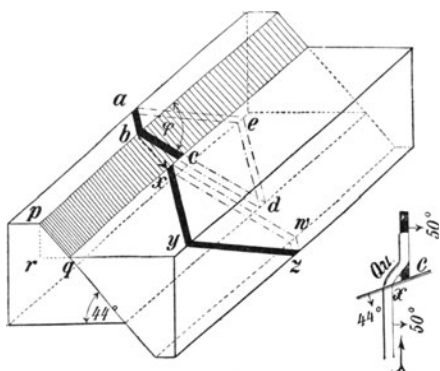


Fig. 5. Ausrichtung eines spießwinkligen Sprunges.

Bei spießwinklig oder querschlägig durchsetzenden Sprüngen ist die „Kreuzlinie“  $bd$  (Fig. 5), d. h. die Schnittlinie zwischen Klüft- und Flözebene, wichtig. Der Sprung hat gleichzeitig mit der Verschiebung des absinkenden Flözteil in der Fallrichtung der Klüft (von  $b$  nach  $x$ ) auch eine Verschiebung in der Streichrichtung der Klüft (von  $c$  nach  $x$ ) zur Folge. Für die Lage des durch die Klüft abgeschnittenen Flözteil ergeben sich folgende Regeln:

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

Ob man das Hangende oder das Liegende einer Klüft angetroffen hat, erkennt man daran, daß im ersten Falle die Klüft nach dem Orte hin einfällt, d. h. zuerst in der Sohle angetroffen wird, während für den zweiten Fall das Umgekehrte gilt.

Besondere Merkmale für die Richtung von Ausrichtungsarbeiten sind in manchen Fällen durch Rutschflächen auf dem Liegenden oder Hangenden der Kluft gegeben, indem diese sich in der Bewegungsrichtung des gesunkenen Teiles, nach welcher dieser zu suchen ist, glatt, nach der entgegengesetzten Richtung hin rau anfühlen. Auch Umbiegungen der Schichten an der Kluft („Haken-schläge“) können auf die Bewegungsrichtung hinweisen.

Sind Sättel und Mulden von jüngeren Querverwerfungen zerrissen worden, so ist in einer und derselben Höhe das gesunkene Stück durch größere Breite (bei Mulden) oder geringere Breite (bei Sätteln) von dem stehen gebliebenen zu unterscheiden (Fig. 6).

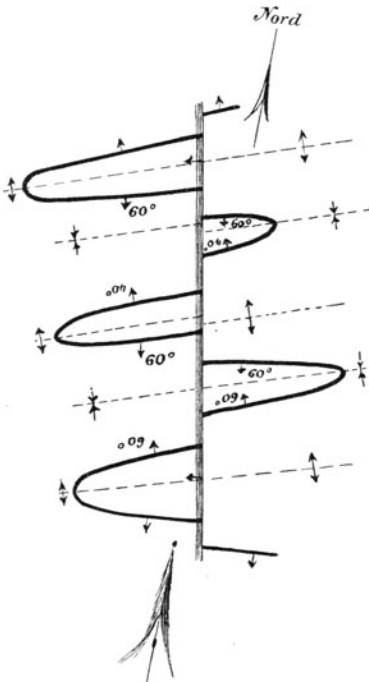


Fig. 6. Verwerfung einer Faltengruppe (Grundriß).

Bei geneigter Lage der Faltenachse kommt durch den Verwurf eine scheinbare Horizontalverschiebung wie bei der Kreuzlinie zustande, die sich im Grundriß der Fig. 6 durch ein Verspringen der ersten Muldenlinie und der zweiten Sattelnie (von Norden gezählt) äußert.

**16. Überschiebungen oder Wechsel („Faltenverwerfungen“)** sind dadurch gekenn-

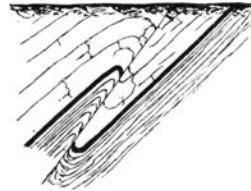


Fig. 7. Profil einer rechtsinnigen Überschiebung.

zeichnet, daß der im Hangenden der Kluft gelegene Gebirgstheil höher liegt als der im Liegenden der Kluft befindliche.

Eine Überschiebung heißt „rechtsinnig“, wenn ihre Fallrichtung dieselbe ist wie diejenige der Gebirgsschichten (Fig. 7), „widersinnig“ bei entgegengesetzter Fallrichtung. Überschiebungen im eigentlichen Sinne sind immer rechtsinnig. Sie haben nach der Figur stets ein „Doppelliegen“ der verworfenen Schichten zur Folge. Die Ausrichtung des verworfenen Schichtenstückes bietet daher keine Schwierigkeiten.

Der Entstehung nach stehen die Überschiebungen zu dem die Faltung bewirkenden Seitendruck in unmittelbaren Beziehungen. Je nach der größeren oder geringeren Festigkeit und Sprödigkeit des Gesteins und nach der größeren oder geringeren Mächtigkeit der überlagernden Gebirgsmassen können Überschiebungen an Stelle von Falten oder infolge Zerreißen derselben durch zu starke Faltung entstanden sein. Die stärksten Überschiebungen treten dort auf, wo der Seitenschub sehr stark gewesen ist und infolgedessen auch eine besonders kräftige Faltung stattgefunden hat.

Die wichtigsten Unterschiede der Überschiebungen gegenüber den Sprüngen ergeben sich aus folgender Zusammenstellung:

	Entstehung	Einfallen	Streichen	Ausfüllung	Wasserführung
<b>Sprünge</b>	unabhängig von der Faltung	steil	vom Schichtstreichen unabhängig	Gesteintrümmer, Kristallkrusten, Erze	vielfach bedeutend
<b>Überschiebungen</b>	durch den gleichen Seitenschub wie die Faltung	etwas steiler als das des Gebirges	dem Schichtstreichen nahezu parallel	zerriebenes Mineral und Nebengestein	meist spärlich

17. **Verschiebungen** sind Gebirgsstörungen, an denen entlang eine horizontale oder nahezu horizontale Bewegung eines Gebirgsteiles stattgefunden hat. Die Kluft kann parallel zum Streichen verlaufen und sehr flach einfallen oder bei steilerem

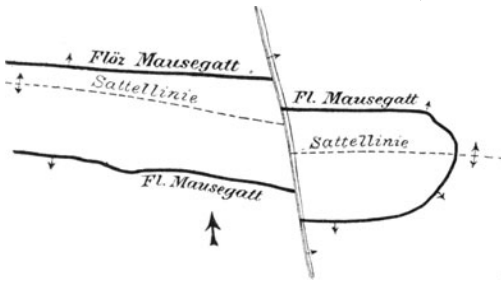


Fig. 8. Grundriß der Verschiebung von Zeche „Schleswig“ bei Dortmund.

Einfallen einen mehr oder weniger querschlägigen Verlauf nehmen. Die letzteren Verschiebungen, die man nach Suesß als „Blätter“ bezeichnet, sind die wichtigsten. Ein Beispiel zeigt Fig. 8. Ein Sprung, bei dem ja allerdings gleichfalls eine seitliche Abweichung der Streichlinie auf beiden Seiten der Kluft vorhanden ist, kann hier nicht vorliegen, weil beide Teile des gestörten Sattels die gleiche Breite haben und weil außerdem beide Flügel trotz ihres entgegengesetzten Einfallens in demselben Sinne seitlich abweichen.

Ein Sprung, bei dem ja allerdings gleichfalls eine seitliche Abweichung der Streichlinie auf beiden Seiten der Kluft vorhanden ist, kann hier nicht vorliegen, weil beide Teile des gestörten Sattels die gleiche Breite haben und weil außerdem beide Flügel trotz ihres entgegengesetzten Einfallens in demselben Sinne seitlich abweichen.

Verschiebungen sind dadurch entstanden, daß die einzelnen Gebirgsteile einem horizontalen Seitendruck ungleichen Widerstand entgegengesetzt haben und dadurch zerrissen und in der Druckrichtung gegeneinander verschoben werden konnten.

## II. Lagerstättenlehre.

**18. Arten der Lagerstätten.** Die Lagerstätten können nach ihrer Entstehungsweise, nach ihrer äußeren Gestalt oder nach den nutzbaren Mineralien, die sie enthalten, unterschieden werden.

Die Entstehungsweise ist gleichzeitig maßgebend für die Beziehungen zwischen Lagerstätten und Nebengestein nach Alter und Lagerung.

Danach können die Lagerstätten eingeteilt werden in solche, die gleichzeitig oder annähernd gleichzeitig mit dem Nebengestein gebildet worden sind (syngenetische Lagerstätten) und in solche, die später als das Nebengestein entstanden sind (epigenetische Lagerstätten). Faßt man die verschiedenen, für die Einteilung in Betracht kommenden Gesichtspunkte zusammen, so ergibt sich etwa folgende Übersicht:

(Siehe die Tabelle auf S. 12.)

Der Mineralführung nach unterscheidet der Bergmann:

1. Lagerstätten mineralischer Brennstoffe (Stein- und Braunkohlen, Erdöl),
2. Lagerstätten von Erzen, d. h. Metallverbindungen,
3. Lagerstätten von Stein- und Kalisalzen und
4. Lagerstätten mit Mineralien für verschiedenartige Verwendungszwecke (wie Asphalt, Glimmer, Diamanten usw.).

Die bergmännisch wichtigste Eigenschaft der Lagerstätten ist ihre Gestalt, nach der sie hier besprochen werden sollen.

**19. Flöze.** Ein Flöz ist eine Lagerstätte in geschichtetem Gebirge, die eine im Verhältnis zur Flächenausdehnung geringe Mächtigkeit besitzt und sich durch nahezu parallele Begrenzungsflächen auszeichnet.

Das Einfallen der Flöze kann ganz verschieden sein, da die ursprünglich mehr oder weniger horizontale Lage vielfach später durch die gebirgsbildenden Kräfte mannigfach geändert worden ist. Beispiele von Flözlagerstätten bieten die Stein- und Braunkohlenflöze aller Himmelstriche, das Mansfelder Kupferschieferflöz, die goldführenden Konglomeratflöze Transvaals u. a.

**20. Lager.** Lager haben ihrer Entstehung und ihrem Verhalten nach mancherlei Ähnlichkeit mit Flözen, unterscheiden sich von ihnen aber durch eine im Verhältnis zur Mächtigkeit geringe Flächenausdehnung und durch eine unregelmäßige Gestalt. Ihre Mächtigkeit kann auf Hunderte von Metern steigen. Als Lager

sind Stein- und Kalisalzablagerungen, manche Braunkohlenablagerungen, die lothringischen Minettlagerstätten (Fig. 9), die reichen schwedisch-norwegischen Eisensteinvorkommen u. a. zu bezeichnen.



Fig. 9. Schematisches Profil durch einen Teil der Minette-Ablagerungen.  
Nach van Werveke.

### Überblick über die wichtigsten Arten der Lagerstätten.

	Bezeichnung der Lagerstätten nach der Entstehung	Bergmännische Benennung nach der Gestalt der Lagerstätten	Inhalt der Lagerstätte an nutzbaren Mineralien	Altersverhältnis zwischen Nebengestein und Lagerstätte. Diese ist
syngenetische Lagerstätten	1. Magmatische Ausscheidungen	Stöcke, Lager, Butzen, Nester	vorwiegend Magnetisenerz und Magnetkies	gleichalterig mit dem Nebengestein
	2. Sedimentlagerstätten	Flöze, Lager, Stöcke, Linsen	Stein- u. Braunkohle, Salze aller Art, verschiedene Erze	jünger als ihr Liegendes, älter als ihr Hangendes
	3. Seifen	Seifen	Platin, Gold, Zinnstein, Edelmetalle, Halbedelsteine, Magnetisenerz, seltene Erden	jünger als ihr Liegendes, älter als ihr Hangendes
epigenetische Lagerstätten	1. Hohlraumausfüllungen	Gänge, Stockwerke, Stöcke, Butzen, Nester	Erze aller Art	jünger als das Nebengestein
	2. Kontaktlagerstätten	Stöcke, Butzen, Nester, Lager	Erze aller Art	gleichalterig mit dem Eruptivgestein, jünger als das anstehende Gebirge
	3. Metasomatische Lagerstätten	Stöcke, Butzen, Nester, Lager	Erze aller Art	jünger als das Nebengestein
	4. Imprägnationslagerstätten	Stöcke, Butzen, Nester, Flöze, Konkretionen	Erze aller Art, Salze, Erdöl	jünger als das Nebengestein



**21. Gänge** sind Lagerstätten, die durch Ausfüllung von Klüften, wie sie im Verlauf der Schrumpfung der Erdrinde aufgerissen wurden, entstanden sind. Die Ausfüllung kann durch kalte oder warme, von oben niederfallende oder von unten aufsteigende Gebirgswasser oder auch durch heiße, aus dem Erdinnern aufsteigende Dämpfe erfolgt sein. Für den Bergmann sind die **Erzgänge** die wichtigsten Ganglagerstätten.

Verlauf und Begrenzung der Gänge sind vollkommen unregelmäßig. Je nach seiner größeren oder geringeren Widerstandsfähigkeit, Härte, Sprödigkeit usw. ist das Gebirge mehr oder weniger weit und entweder glatt oder durch ein Netz von Spalten aufgerissen worden.

Einige derartige Unregelmäßigkeiten veranschaulicht Fig. 10, in der ein Hauptgang mit Seitenklüften dargestellt ist, die teils selbständig neben der Hauptspalte verlaufen, teils als „Bogentrümmer“ sich weiterhin mit der Kluft vereinigen („scharen“), teils als „Diagonaltrümmer“ die Verbindung mit einem Nachbargang herstellen.

Man unterscheidet einfache Gänge, die Ausfüllungen einfacher, glatter Gebirgspalten sind, und zusammengesetzte Gänge, die aus einem vollständigen Netz von erzführenden Klüften mit mehr oder weniger großen Einschlüssen vom Nebengestein bestehen. Einfache Gänge weisen deutliche Begrenzungsflächen („Salbänder“) auf, die häufig durch „Lettenbèstege“ gekennzeichnet sind. Das Einfallen der Gänge ist in der Regel steil, ihr Alter im Vergleich zum Nebengestein gering.



Fig. 10. Idealprofil eines Erzganges.

Wichtige deutsche Gangbergbaubereiche sind: Der Harz, das sächsische Erzgebirge, Nassau und das Siegerland, das südlich an den Ruhrbezirk anschließende Gebiet von Velbert, Selbeck und Lintorf und die nördliche Eifel.

**22. Stöcke und andere unregelmäßige Lagerstätten.** Stöcke sind mehr oder weniger große, unregelmäßige, meist undeutlich begrenzte Gebirgskörper, die nutzbare Mineralien enthalten. Sie können sowohl zu den syngenetischen als auch zu den epigenetischen Lagerstätten gehören.

Unter Butzen, Linsen und Nestern versteht man Stöcke von geringem Umfange (Fig. 11).

Beispiele für Erzstöcke bieten außer Fig. 11 die Zinkerzlagerstätten (im Kalkstein) von Altenberg bei Aachen, Beuthen in Oberschlesien, Raibl in Kärnthen.

Butzen, Linsen und Nester sind u. a. viele kleine Eisen- und Manganezragerstätten in Nassau und Hessen.

Unter Stockwerken versteht man massige Gesteinstöcke, die netzartig mit Erzadern durchsetzt sind. Die bekanntesten Stockwerke sind die Zinnerzlagerstätten im sächsischen Erzgebirge.



Fig. 11. Epigenetische Eisenerzlager-, Stöcke und -Nester auf Elba. Nach Fabri. *e* Erz, *dk* dolomitischer Kalkstein, *gl* Glimmerschiefer, *ees* Kalk-Eisen-Silikatgestein.

**23. Seifen.** Seifen sind durch die zerstörende und wieder ablagernde Wirkung eines Gebirgswassers oder auch der Meeresbrandung gebildet worden, indem bereits vorhandene Lagerstätten nebst ihrem Nebengestein angegriffen und zernagt und Mineralien sowohl wie Gestein in größeren oder kleineren Bruchstücken als Geröll fortgeführt wurden, um an ruhigeren Stellen in kies- oder sandartiger Form wieder abgelagert zu werden. Entsprechend dieser Entstehungsweise ist der Gehalt der Seifen an nutzbaren Mineralien auf solche beschränkt, die entweder (wie Diamanten und Halbedelsteine) hart genug waren, um der Zermahlung zu Schlamm zu entgehen, oder (wie Gold, Platin, Zinnstein und gewisse Eisenerze) schwer genug waren, um sich frühzeitig abzusetzen.

Beispiele von Seifen sind besonders die Goldseifen von Kalifornien und Alaska, die Gold- und Platinseifen des Uralgebirges und die Zinnseifen der ostindischen Inseln Banka und Billiton. Auch unsere deutsch-südwestafrikanischen Diamantvorkommen sind als Seifen gedeutet worden.

**24. Unregelmäßigkeiten in Lagerstätten** machen sich in erster Linie in Flözen bemerklich, da Lager, Gänge, Stöcke usw. an und für sich schon unregelmäßiges Verhalten zeigen. Sie können auftreten:

- a) der Gestalt nach als Anschwellungen (Fig. 12) und Verdrückungen („Auskeilen“, Fig. 13) sowie als mehr oder weniger große Schwankungen in der Mächtigkeit der eingelagerten Zwischenmittel,

- b) der Mineralführung nach als örtliche „Versteinungen“ oder „Vertaubungen“, Einlagerungen von Gesteinskeilen (sog.

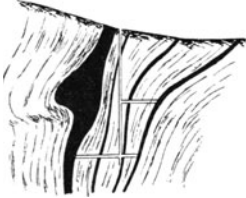


Fig. 12. Die „grande masse“ von Ricamarie bei St. Etienne.  
Nach Burat.



Fig. 13. Verdrückung.

„Mauern“) u. dgl. Auch kommen vereinzelt Verkokungserscheinungen durch frühere vulkanische Ausbrüche vor.

---

## Zweiter Abschnitt.

# Schürf- und Bohrarbeiten.

---

## I. Schürfen.

**25. Schürfarbeiten** sind die zum Aufsuchen von Lagerstätten erforderlichen Arbeiten. Das einfachste Mittel sind Schürfglöben, die im Flözgebirge querschlägig zum Streichen geführt werden. Bei größerer Mächtigkeit des Deckgebirges treten Schürfschächte, im gebirgigen Gelände vielfach querschlägige Schürfstollen von Bergabhängen aus an die Stelle der Schürfglöben.

Noch mächtigeres Deckgebirge macht die Anwendung der Tiefbohrung für Schürfarbeiten erforderlich.

## II. Tiefbohrung.

**26. Anwendungsgebiet.** Außer für Schürffzwecke findet die Tiefbohrung noch Verwendung für die Untersuchung der Lagerungsverhältnisse eines verliehenen Grubenfeldes (Aufschlußbohrungen), für die Erforschung der Deckgebirgsverhältnisse zum Zwecke des Schacht- abteufens, für die Gewinnung nutzbarer Mineralien in flüssigem oder gasförmigem Zustande (Petroleum, Sole, Erdgas u. dgl.), sowie zu Hilfsbohrungen bei bergmännischen Arbeiten, namentlich bei der Ausführung des Gefrierverfahrens.

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

**27. Bohreinrichtungen.** Für das Bohren in mildem Gebirge finden vorzugsweise drehend bewegte Bohrgezähe Verwendung. Das wichtigste Drehbohrgezähe, das auch für größere Teufen brauchbar ist, ist die Schappe (Fig. 14), die besonders für die Durchbohrung toniger Massen geeignet ist und das Gebirge in einem geschlitzten Hohlzylinder mit zutage fördert.

Die Drehung des Bohrgezähes wird von Hand bewirkt und zwar mit Hilfe von Krückeln, die durch eine Öffnung am Kopf des Bohrgezähes oder (bei tieferen Bohrungen) des Gestänges gesteckt werden.

In wasserführendem sandigem Gebirge bevorzugt man

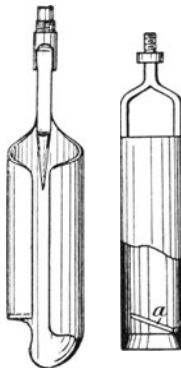


Fig. 14.  
Schappe.

Fig. 15.  
Ventilbohrer.

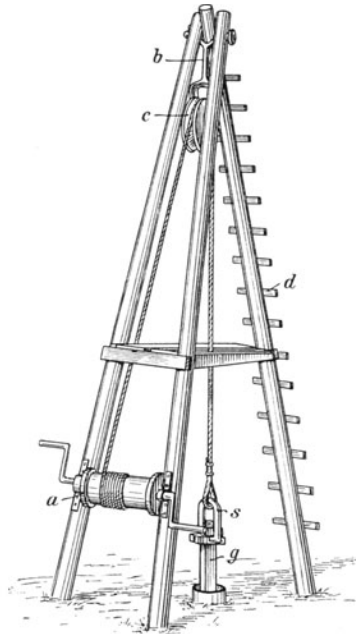


Fig. 16. Dreibein für kleine Drehbohrungen.

das stoßende Bohren mit geschlossenen zylinderförmigen Behältern wie dem Ventilbohrer (Fig. 15), der mit einer Bodenklappe *a* oder einer Kugel unten verschlossen ist, durch Aufstauchen gefüllt und nach Füllung hochgezogen wird.

Neuerdings macht man aber von dem zunächst nur für feste Gebirgsarten bestimmten Verfahren der Schnellschlag-Meißelbohrung (vgl. Ziff. 34) mit gleichem Erfolge auch für mildes Gebirge Gebrauch, sofern man auf die Gewinnung von Proben verzichten kann. Man bohrt dann mit Dickspülung (vgl. Ziff. 31).

Als Hilfsvorrichtung genügt für solche Bohrungen in geringen Teufen (bis zu etwa 100 m) ein einfacher, dreibeiniger Bock nach Fig. 16 (für Drehbohrung), der mit einer Rolle *c* für das Nachlaß-

seil, mit einer Trommel  $a$  für das Ab- und Aufwickeln des Seiles und mit Fahrsprossen  $d$  ausgerüstet ist.

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

### a) Stossendes Bohren.

#### 1. Das Gestängebohren.

*Ältere Bohrverfahren (englisches und deutsches Stoßbohren).*

**28. Wesen und Ausführung.** Das englische Bohren wird mit steifem Gestänge ausgeführt; es ist wegen der starken Stöße nur für Tiefen bis zu etwa 100 m anwendbar. Darüber hinaus kommt von den alten Bohrverfahren nur das deutsche Bohren mit Zwischenstücken in Betracht, die das Gestänge entlasten.

Über Tage ist ein Bohrturm für die Förderung und Aufhängung der Gestängestücke nebst den für Schmiede, Magazin, Schreibstube u. dgl. dienenden Anbauten erforderlich. Er wird um so höher und fester gebaut, je tiefer das Bohrloch werden soll. Für sehr tiefe Bohrlöcher empfiehlt sich die Herstellung eines sog. „Bohrschachtes“, der gewissermaßen die untere Verlängerung des Bohrturmes bildet und die Förderung sehr langer Gestängezüge gestattet.

Die stoßende Auf- und Abbewegung des Gestänges erfolgt bei geringen Teufen noch vielfach durch Menschenkraft. In der Regel kommt ein aus zähem Holz bestehender Bohrschwengel zur Verwendung, an dem vorn das Gestänge hängt, während hinten an einem oder mehreren Querbäumen die Bohrmannschaft angreift.

Für größere Tiefen kommt nur maschineller Antrieb in Frage. Ein Beispiel für einen mit Dampf arbeitenden Schlagzylinder gibt Fig. 17. Die Kolbenstange ist durch den Kreuzkopf  $f$  mit der Zugstange  $z$  verbunden und faßt durch diese mittels des angeschraubten Bügels  $b_2$  den Schwanz des Bohrschwengels  $S$ . Das Gestänge wird an einem zweiten Bügel  $b_1$  aufgehängt. Soll die Bohrlochmitte, z. B. zum Zwecke der Gestängeförderung, freigegeben werden, so kann der Schwengel an dem Haken  $h$  hochgehoben und in das hintere Lager  $l_2$  gelegt werden. Eine andere Art des Antriebs ist die durch Kurbelgetriebe von einem Elektromotor oder einer auf einer Lokomobile sitzenden Riemenscheibe aus. (Vgl. Fig. 29 auf S. 24 und Fig. 33 auf S. 28.)

Das Gestänge wird durch Vermittelung einer Nachlaß- oder Stellschraube, bestehend aus Spindel  $s$  und Mutter  $m$ , an dem Schwengelkopf aufgehängt. Für das Umsetzen nach jedem Schläge dient der Krüchel  $k_2$ , für das Abdrehen der Stellschraube entsprechend dem Fortschreiten der Bohrung der Krüchel  $k_1$ . Ist die Stellschraube abgedreht, so wird das Gestänge abgefangen und von der Stellschraube gelöst; nach Hochdrehen der letzteren werden Paßstücke eingeschaltet, bis für ein ganzes Gestängestück Platz geschaffen ist.

Das Gestänge besteht vorzugsweise aus Stahlrohren, da diese widerstandsfähiger als massive Gestänge sind. Die einzelnen Gestänge-

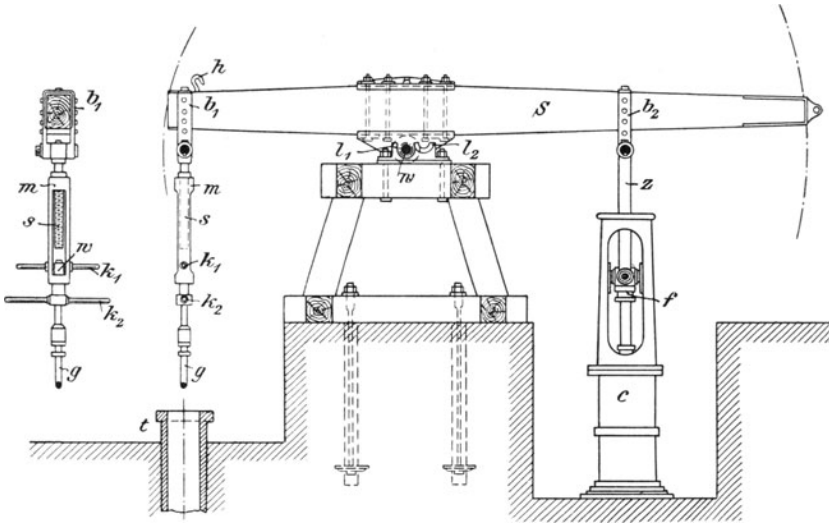


Fig. 17. Bohrschwengel mit Schlagzylinder.

stücke werden durch Verschraubung miteinander verbunden. Bei tieferen Bohrungen nimmt man sie möglichst lang, bis zu etwa 8—10 m, um mit möglichst wenig Verbindungsstellen auszukommen.



Fig. 18. Einfacher Bohrmeißel.

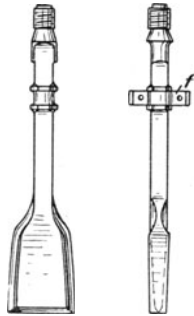


Fig. 19. Meißel mit Nachschneiden.

Das Bohrgezähe, das unten am Gestänge befestigt wird, ist der Meißel. Er hat in der Regel eine geradlinige, seitlich zugeschärfte Schneide (Fig. 18) und sollte immer aus bestem Tiegelgußstahl hergestellt werden. In klüftigem oder steil einfallendem Gebirge benutzt man auch Meißel mit Nachschneiden, von denen Fig. 19 einen mit quergestellten Nachschneiden *f* zeigt.

Zur Erhöhung seiner Schlagkraft gibt man dem Meißel ein Zusatzgewicht in Gestalt der sog. „Schwerstange“ („Bohr-Bär“,

*c* in Fig. 20), einer massiven Eisenstange mit etwa 300—1000 kg Gewicht.

**29. Rutschschere und Freifallapparat.** Zwischen Meißel bzw. Schwerstange und Bohrgestänge wird beim deutschen Bohren das für dieses bezeichnende untere Zwischenstück (Rutschschere oder Freifallapparat) eingeschaltet. Die Rutschschere (Fig. 20) besteht aus zwei gegeneinander verschiebbaren Stücken, von denen das untere Stück unten die Schwerstange und den Meißel trägt und sich mit dem Kopfe *b* in dem Schlitz des oberen Stückes *a* führt. Das an dem letzteren durch Verschraubung befestigte Gestänge kann sich nach dem Meißelschlage unbehindert langsam nachsenken.

Als Beispiel für die Freifallvorrichtungen diene der Apparat von Fabian (Fig. 21). Das Freifallstück *s* trägt oben zwei Flügel *k*, welche sich in den Schlitz *n* führen und durch den Ruck im Gestänge von ihren Sitzen *a a* heruntergeworfen werden, auf die sie, wenn das Gestänge nachsinkt, durch die Abschrägungen *b* selbsttätig wieder herübergedrängt werden.

Bei dem Bohren mit Rutschschere kann die Schlagzahl gesteigert werden, da das Wiederanheben rascher erfolgen kann als bei den Freifallvorrichtungen. Im ganzen arbeitet man bei Verwendung der Rutschschere mit einer größeren Anzahl leichter, bei Verwendung der Freifallvorrichtungen mit einer geringeren Anzahl kräftigerer Schläge. Mit zunehmender Teufe verringert sich die überhaupt mögliche Hubzahl, so daß die Rutschschere gegenüber dem Freifall immer mehr zurücktritt.

**30. Hilfsvorrichtungen** für das stoßende Bohren und für den Bohrbetrieb im allgemeinen sind in der Hauptsache die folgenden:



Fig. 20. Rutschschere nach Fauck mit Schwerstange und Meißel.

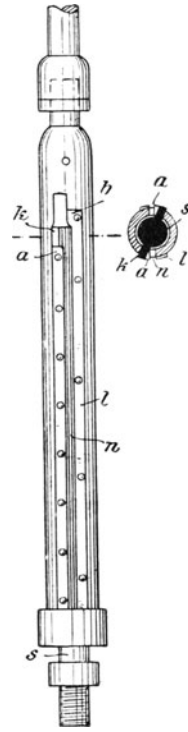


Fig. 21. Fabian'scher Freifall.

1. Die Bohrschere (Fig. 22), bestehend aus zwei durch ein Gelenk verbundenen Schenkeln mit einer Mittelöffnung für das Gestänge, die auf das Bohrloch gelegt werden, um das Hineinfallen von Gegenständen in dasselbe zu verhüten.
2. Die Geräte, die beim Einlassen und Aufholen der Gestängestücke Verwendung finden, nämlich:



Fig. 22. Bohrschere.

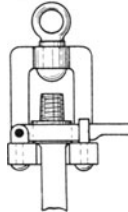


Fig. 23. Förderstuhl.



Fig. 24. Gestängerechen.

- a) Der Förderstuhl (Krückelstuhl). Er dient zum Anschlagen des Gestänges an das Förderseil. Der in Fig. 23 dargestellte Förderstuhl greift mit seiner Gabel unter den oberen Bund des Gestängestückes und hält dieses dann durch eine Klinke fest.

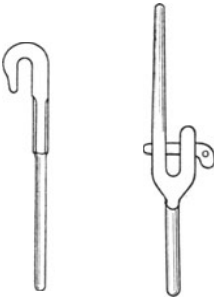


Fig. 25. Gestängeschlüssel für ein- und zweimännischen Angriff.

- b) Die Abfanggabel, die unter den Bund des obersten Gestängestückes faßt und das Gestänge während des An- und Abschraubens des nächst höheren Stückes festhält.
- c) Der Gestängerechen (Fig. 24), zur Aufhängung der Gestängestücke oder Stangenzüge dienend.
- d) Das Bohrbündel, ein einer Bohrschere ähnliches Klemmstück, das fest an das Gestänge geklemmt werden kann, um daran Ketten, Seile u. dgl. anschlagen zu können.
- e) Die Gestängeschlüssel (Fig. 25), die in ein- und zweimännischer Ausführung zum Halten, Drehen, An- und Abschrauben des Gestänges usw. fortwährend gebraucht werden.
3. Der Schlammklöffel, eine zylindrische Büchse nach Art des in Fig. 15 dargestellten Ventilbohrers. Er bringt den Bohrschlamm zutage, indem er nach einem Fortschritt von je 0,5 bis 1,0 m mehrere Male eingelassen und durch Auf- und Abbewegen gefüllt wird.
  4. Die bei Betriebstörungen und Unfällen zur Verwendung kommenden Geräte:



- a) Der Glückshaken (Fig. 26). Er wird zum Fangen und Aufholen des Gestänges im Falle eines Gestängebruches und zwar dann verwendet, wenn der Bruch dicht über einem Bunde liegt, unter den der Haken fassen kann. Liegt dagegen die Bruchstelle hoch über einem Bunde, so benutzt man
- b) die Schraubentute oder Fangglocke, die sich zunächst mit einem Fangtrichter über das abgebrochene Stück schiebt und dann in Drehung versetzt wird, wodurch sie mit Hilfe eines Fräsergewindes sich auf das Gestänge aufschraubt. Sie kann darauf mit dem Gestänge aufgeholt oder, falls die Widerstände zu groß sind, zum Abschrauben des gebrochenen Stückes benutzt werden. Handelt es sich um das Fangen von gebrochenem Hohlgestänge, so verwendet man
- c) den Fangdorn, eine Fräerspindel aus gehärtetem Stahl, die sich in das Gestängerohr hineinschneidet und dann mit diesem hochgezogen wird.

Diese Fanggestänge müssen zur Verhütung des Lösens beim Drehen Verschraubungen erhalten, die denen des Bohrgestänges entgegengesetzt geschnitten sind.

- d) Der Fangmagnet, ein kräftiger Elektromagnet, der dort, wo elektrischer Strom zur Verfügung steht, zum Aufholen eiserner Bruchstücke Anwendung finden kann.
- e) Die Abdruckbüchse. Man versteht darunter eine unten offene, mit Wachs oder Ton gefüllte Büchse, die im Falle von Störungen des Bohrbetriebes dazu dienen kann, einen Abdruck der Bohrlochsohle mit den darauf liegenden Gegenständen zu liefern, außerdem aber auch kleine Teile, wie z. B. Eisenbruchstücke oder Bohrdiamanten durch Einpressen derselben in die Füllmasse zutage zu bringen gestattet.



Fig. 26.  
Glückshaken.

- f) der Fräser, ein dem Fangdorn ähnliches stählernes Gezähstück.

**31. Das Bohren mit Wasserspülung.** Die ununterbrochene Schlammförderung mit Hilfe der Wasserspülung ermöglicht durch die Vermeidung von Unterbrechungen des Arbeitsvorganges einen erheblichen Zeitgewinn. Sie erhöht ferner die Schlagwirkung des Meißels bedeutend, da dieser stets auf eine von Schlamm freie Sohle schlägt. Außerdem gestattet sie die Erbohrung von Gebirgskernen im laufenden Betrieb.

Eine besondere Art der Spülbohrung ist die sog. Dickspülung, bei der als Spülflüssigkeit eine Aufschlammung von Ton in Wasser,

die ein spez. Gewicht von etwa 1,3 hat, benutzt, dadurch im Bohrloch eine Schlammwassersäule von einem entsprechenden Überdruck gegenüber der Grundwassersäule außerhalb des Bohrlochs geschaffen und so ein Zubruchgehen der Bohrlochstöße auch ohne sofortige Nachsenkung der Verrohrung verhütet wird. Das Verfahren findet besonders bei der Herstellung von Gefrierbohrlöchern Verwendung.

Beim Bohren in wasserlöslichen Salzen muß mit Sole gespült werden, die das Salz nicht angreift.

Die Spülbohrung kann auch bei der Bohrung auf Erdöl angewendet werden, wenn man dafür sorgt, daß in den ölhaltigen Schichten selbst ohne Spülung gearbeitet wird, um eine Verwässerung dieser Schichten zu verhüten.

Der Spülwasserstrom wird in der Regel unter dem Druck einer Spülpumpe innerhalb des Bohrgestänges abwärts und dementsprechend der Schlammstrom in dem ringförmigen Raume zwischen Gestänge und Bohrlochwandung aufwärts geführt. Jedoch kann in festem, kluftfreiem Gebirge auch umgekehrt gespült werden (Verkehrsspülung), wobei eine schnellere Wasser-

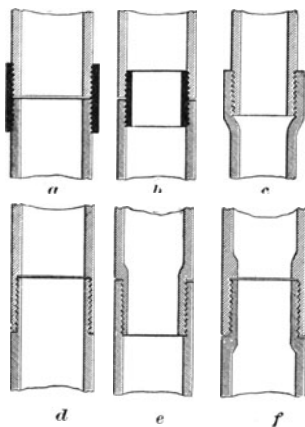


Fig. 27. Gestänge- und Bohrrohrverbindungen.

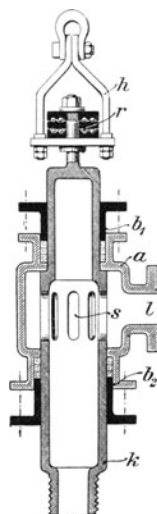


Fig. 28. Drehkopf.

strömung im Gestänge und dadurch die Förderung größerer Stücke sowie das selbsttätige Hochsteigen von Kernstücken ermöglicht wird.

Das Gestänge besteht in der Regel aus Mannesmann-Stahlrohren. Für die Verbindung, die stets durch Verschraubung erfolgt, gibt Fig. 27 Beispiele. Die verdickten Köpfe der beiden Rohre (in Fig. 27f) bzw. des oberen Rohres (in Fig. 27e) sowie die muffenartige Erweiterung (in Fig. 27c) werden durch Anstauchen der Rohre hergestellt.

Die Einleitung des Spülstromes in das Bohrloch erfolgt bei Abwärtsspülung durch einen Drehkopf („Holländer“, Fig. 28). Die Druckwasserleitung mündet mittels eines seitlichen Stützens *l* in das Stück *a*, das oben und unten mit Stopfbüchsen *b*<sub>1</sub>, *b*<sub>2</sub> an das Kopfstück *k* des im Kugellager *r* drehbar aufgehängten Hohlgestänges angeschlossen ist.

Der Bohrmeißel muß eine Bohrung für das Spülwasser erhalten. Sie kann im oberen Teile des Meißels sich nach den beiden Außenseiten verzweigen, doch kann man auch, um die Spülung bis auf die Bohrlochsohle selbst führen zu können, die Bohrung bis in die Schneide des Meißels durchführen.

Von Zwischenstücken kommt hauptsächlich der Freifall in Betracht, der hier mit einer Stopfbüchse zur Vermeidung von Wasserverlusten versehen werden muß.

### *Neuere Bohrverfahren.*

**32. Die Schnellschlagbohrung** hat im letzten Jahrzehnt das Bohren mit Zwischenstücken stark zurückgedrängt. Es wird hierbei mit starrem Gestänge gebohrt, dieses jedoch federnd aufgehängt oder federnd bewegt und der Aufhängepunkt in solcher Höhe gehalten, daß das Gestänge immer nur auf Zug beansprucht wird. Vermöge der Trägheit der bewegten Massen, welche die Federn abwechselnd stark ausdehnen und wieder zusammendrücken, macht das Gestänge einen um das Maß dieser Ausdehnung bzw. Zusammendrückung größeren Hub als die Antriebsvorrichtung, wodurch die Schlagkraft erhöht wird.

Das Verfahren wird durchweg mit Spülung ausgeführt. Der Antrieb erfolgt durch einen Bohrschwengel oder durch ein Seil; auch werden Verbindungen von Schwengel und Seil benutzt. Die Wirkungsweise eines Bohrschwengels nach Raky wird durch Fig. 29 veranschaulicht. Der hölzerne Schwengel  $S$ , der am Kopfe mit einem eisernen Lager  $L$  zum Tragen des Gestänges  $G$  ausgerüstet ist, hängt drehbar an den Zapfen  $a_1 a_2$ , die in den Führungstücken  $b_1 b_2$  verschiebbar sind, und wird von den Zapfen durch Vermittelung zweier Wangen-Laschen und des unteren Bolzens  $a_3$  getragen. Die Zapfen sind mit Stangen  $c_1 c_2$  versehen, welche oben Gewinde tragen, so daß sie durch Drehung der als Muttern dienenden Schneckenräder  $d_1 d_2$  mit Hilfe der Schnecke  $d_3$  gehoben und gesenkt werden und damit die Lagerstellen des Schwengels nach Bedarf höher oder tiefer gelegt werden können. Das ganze Schwengelgewicht wird durch die Unterlegescheiben unter den Schneckenrädern auf den oberen Querbalken  $B_1$  übertragen, der durch die kräftigen Pufferfedern  $e$  gegen den auf dem Schwengelgerüst ruhenden unteren Querbalken  $B_2$  abgestützt ist. Die Einrichtung gestattet also die vollständige Abfederung des Gestänges und die genaue Einstellung der Höhenlage des Schwengelzapfens.

Der Antrieb (hier nicht gezeichnet) wirkt auf die Riemenscheibe  $f_1$ , von deren Achse durch das Zahnradgetriebe  $z_1 z_2$  die Zugstange  $g$  in Bewegung gesetzt wird. Die Spülpumpe  $P$  erhält ihren Antrieb durch Vermittelung der Riemenscheibe  $f_2$  und eines zweiten Zahnradgetriebes. Soll Gestänge gefördert werden, so wird nach Einrückung einer Kuppelung die Seiltrommel  $T$  mittels des Zahnradgetriebes  $z_1 z_3$  bewegt.

Die alte umständliche Nachlaßvorrichtung mittels Stellschraube hat Raky durch eine solche mittels zweier sogenannter „Spring-schlüssel“ ersetzt, d. h. Klemmen, wie sie in Fig. 29 links oben angedeutet sind und von denen abwechselnd die obere und die untere an das Gestänge angeklemt wird. Dadurch schiebt sich das Gestänge nach und nach durch diese Klemmbacken hindurch, kann also bis zur nächsten Verschraubung ununterbrochen nachgesenkt werden.

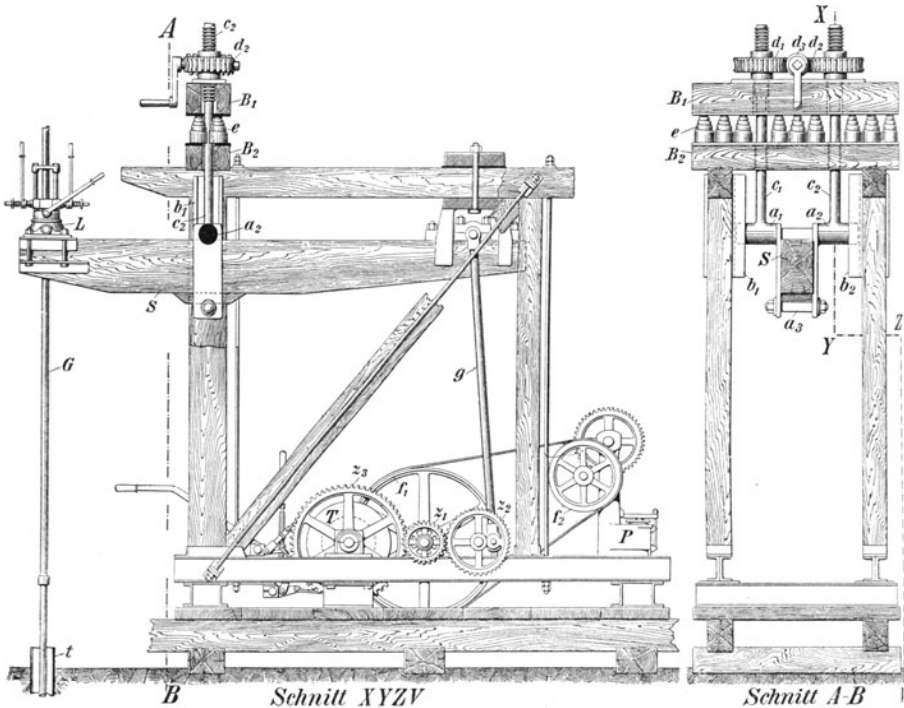


Fig. 29. Bohrschwengel der Internationalen Bohrgesellschaft.  
Nach A. Raky.

Das Schema einer Seilschlagbohrvorrichtung der Deutschen Tiefbohr-A.-G. in Nordhausen wird durch Fig. 30 gegeben. Von der Antriebswelle  $A$  aus wird durch die Zugstange  $p$  die Schwinge  $B$  und damit das in einem der Bolzenlöcher 1—4 mittels Schäckels befestigte Zugseil  $s$  in hin- und hergehende Bewegung versetzt. Diese Bewegung wird durch einen Schwengel  $S$  auf die Flaschenzugrolle  $R$  und damit auf das Bohrgestänge übertragen. Zum Nachlassen des Gestänges wickelt man durch Drehung der Seiltrommel  $T$  mittels der Schnecke  $N$  nach und nach das Seil von

der Trommel ab. Der Dampfpuffer *D* wirkt außer der durch das Seil gegebenen Elastizität noch seinerseits federnd.

Die Schnellschlagbohrung hat mit dem deutschen Bohren mit Zwischenstücken die Fernhaltung gefährlicher Stöße von dem Gestänge gemeinsam, dagegen vor ihr den Vorteil einer einfachen und widerstandsfähigen Verbindung des Meißels mit dem Gestänge voraus. Außerdem wird das Anbohren weicherer oder härterer Gebirgsschichten, das Antreffen von Lagerstätten u. dgl. bedeutend leichter erkannt als beim Bohren mit Zwischenstücken, weil der Krückelführer vorzüglich mit der Bohrlochsohle Fühlung behält. Wie der Name sagt, kann mit hohen Schlagzahlen (80—150 in der Minute gegen 60 mit Rutschschere und 30 mit Freifall) gearbeitet werden, weil die Antriebmaschine nur sehr kurze Hübe zu machen braucht.

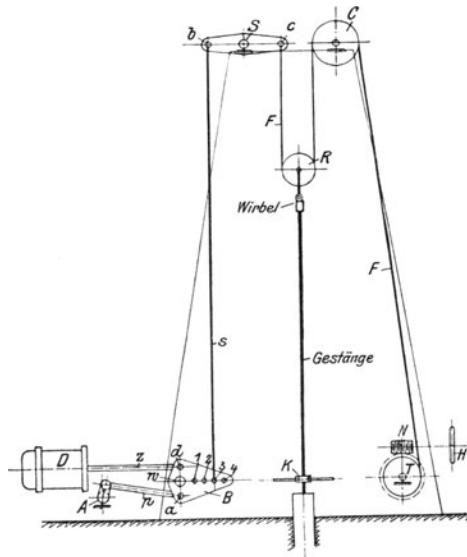


Fig. 30. Schema der Seilschlag-Bohrvorrichtung der Deutschen Tiefbohr-A.-G.

## 2. Seilbohren.

**33. Ausführung und Anwendung des Seilbohrens.** Beim Seilbohren hängt der Meißel an einem Seile aus bestem Manilahanf oder aus Aloëfaser. Stahldrahtseile haben sich für größere Teufen den starken Beanspruchungen auf Stoß und Reibung und dem Roste nicht genügend gewachsen gezeigt.

Der Antrieb erfolgt durch einen Bohrschwengel, das Nachlassen mittels einer Stellschraube, nach deren Abbohrung das Seil aus einer Klemme gelöst und von einer Trommel ein entsprechendes Stück weiter abgewickelt wird. Der Bohrschmand wird durch Löffeln herausgeholt.

Wegen des mangelhaften Umsetzens des Bohrmeißels entstehen beim Seilbohren leicht unrunde Stellen im Bohrloch, weshalb hier das Nachbüchsen mit Hilfe von Hohlzylindern in größerem Umfange angewendet wird. Neuerdings wird bei dem Verfahren gleichfalls mit Rutschschere gebohrt; die Verklemmungen des Meißels verhüten

soll, indem sie einen gewissen Ruck beim Anheben des Meißels nach dem Schlage veranlaßt.

Das Seilbohren ermöglicht ein sehr rasches Arbeiten, da die langwierige Zusammen- und Auseinanderschraubung des Gestänges beim Verlängern des letzteren und beim Aufholen und Einlassen des Meißels fortfällt.

Andererseits ist die Arbeit mangelhaft wegen der Beeinträchtigung der Hubhöhe durch die Dehnung des Seiles und wegen des unvollkommenen Umsetzens. Wasserspülung ist nicht durchführbar, das Erbohren von Kernen schwierig und umständlich. Das Verfahren erfordert wie kaum ein zweites die genaueste Einarbeitung der Bohrmannschaft. Es wird in großem Umfange in Nordamerika zur Erbohrung von Erdöl verwandt (pennsylvanisches Seilbohren).

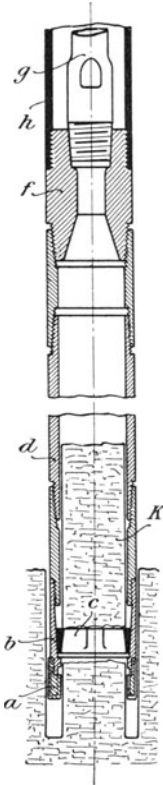


Fig. 31. Diamantbohrkrone mit Kernrohr und Hohlgestänge.

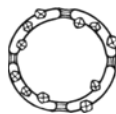


Fig. 32. Diamantbohrkrone mit Kernfänger.

### b) Drehendes Bohren (Diamantbohrung).

**34. Bohrkronen und Kerngewinnung.** Beim Diamantbohren wird (Fig. 31) eine Stahlbohrkrone *a* von ringförmigem Querschnitt (*k* in Fig. 32), die mit einer Anzahl roher Diamanten besetzt ist, in drehende Bewegung versetzt und dadurch in mahlender und schleifender Tätigkeit um einen stehenbleibenden Bohrkern *K* herum ein ringförmiger Hohlraum im Gebirge hergestellt. Dabei wird durch Wasserspülung sowohl die

Schmandförderung als auch die Kühlung der Bohrkronen bewirkt.

Die besten Diamanten sind die sog. „Karbonados“ oder „Karbons“, die wegen ihrer zähen Beschaffenheit nicht zum Splintern neigen. Weniger geschätzt sind die „Boorts“, von hellerer Farbe und kristallinischer Beschaffenheit,

daher ungleichmäßigerer Härte und größerer Neigung zum Splintern. Beim Einsetzen der Diamanten in die Bohrkronen muß besonders darauf geachtet werden, daß alle Spitzen in gleicher Höhe liegen, damit die einzelnen Diamanten nicht durch den Bohrdruck übermäßig stark beansprucht werden. Die Steine werden so verteilt, daß die von ihnen bestrichenen Ringflächen sich gegenseitig ergänzen (Fig. 32); außerdem läßt man die am inneren und am äußeren

Rande der Krone eingesetzten Steine etwas vorragen, um Klemmungen der Krone beim Bohren zu verhüten.

Die Krone springt so weit nach außen vor, daß zwischen Bohrlochwand und Gestänge ein genügender Hohlraum für das aufsteigende Spülwasser entsteht. Sie erhält Schlitze für den Austritt des Spülstroms.

Nach Möglichkeit sucht man mit billigeren Bohrmitteln als Diamanten auszukommen. In mildem Gebirge werden vielfach Stahlbohrkronen mit besonders eingesetzten Stahlzähnen verwendet. In hartem Gebirge finden Schneidezähne aus besonders harten Legierungen Anwendung, z. B. aus dem von der Internationalen Bohrgesellschaft in Erkelenz verwandten „Silundum“. In konglomeratischem Gebirge kann auch mit Stahlschrott gebohrt werden, der lose in das Bohrloch hineingeworfen wird.

An die Bohrkronen schließt sich nach oben zunächst das Kernrohr an. Es hat einen größeren Durchmesser als die Gestängerohre und ist in der Regel bis 15 m lang. Mit dem Hohlgestänge  $g$  (Fig. 31) wird das Kernrohr durch das Übergangstück  $f$  verschraubt. Vielfach wird auf das Kernrohr noch ein besonderes Rohrstück  $h$ , als „Brockenfänger“ oder „Sedimentrohr“ bezeichnet, aufgeschraubt, das gewissermaßen eine verlorene Verrohrung ersetzt und Nachfall aus den Bohrlochstößen verhüten soll.

Das Abbrechen des zu fördernden Kernes erfolgt meist mittels des Kernbrechers  $f$  in Fig. 32 ( $c$  in Fig. 31), eines innen mit scharfen Vorsprüngen versehenen, offenen und daher federnden Stahlringes.

**35. Die Antriebs- und Nachlaßvorrichtung** ist je nach der zu erwartenden Bohrtiefe verschieden. In allen Fällen ist eine sachgemäße Belastung der Krone erforderlich. Der Druck auf diese muß so groß gehalten werden, wie ihn die Diamanten ertragen können (nicht mehr als etwa 300—500 kg). Bei großen Tiefen ist daher eine teilweise Ausgleichung des Gestänges durch Gegengewichte erforderlich.

Bei den deutschen Diamantbohrereinrichtungen für größere Teufen ist besonders darauf Wert gelegt, daß man möglichst schnell von der Diamantbohrung zur Meißelbohrung (mit Rutschschere, Freifall oder Schnellschlag) und umgekehrt übergehen kann. Ein Beispiel für eine solche Bohreinrichtung zeigt Fig. 33 nach einer Ausführung der Kontinentalen Tiefbohrergesellschaft in Halle. In der gezeichneten Stellung ist der zur Kurbelscheibe unter dem Schwengel  $S$  führende Treibriemen abgeworfen und an seine Stelle ein Riemen- oder Seilantrieb  $t$  für die auf der zweiten Turmbühne über das Bohrloch gefahrene Drehvorrichtung  $D$  getreten. Das Bohrseil dient jetzt als Ausgleich- und Nachlaßseil. Damit das Gestänge während der Drehung nachgesenkt werden kann, wird es von der Drehvorrichtung nicht unmittelbar, sondern durch Vermittlung des sog. Arbeitsrohres  $a$  mitgenommen. Dieses ist seinerseits mit einer Nut versehen, durch die eine Rippe im Antriebskegelrad hindurch-

geht, und mit dem Gestänge durch Klemmkuppelungen  $k_2$  gekuppelt. Ist das Arbeitsrohr abgebohrt, so wird es vom Gestänge abgekuppelt, hochgezogen und weiter oben wieder mit dem Gestänge verbunden. Das Spülwasser wird von der Pumpe  $P$  angesaugt und durch die Rohrleitung  $n$ , den Schlauch  $s$  und den Drehkopf  $d$  in das Hohl-

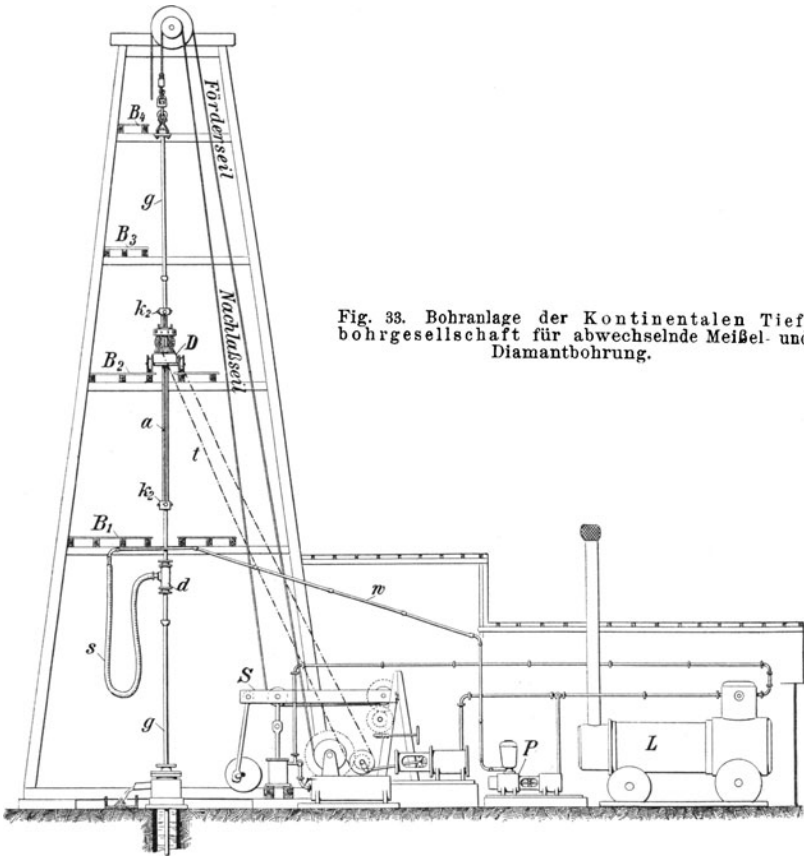


Fig. 33. Bohranlage der Kontinentalen Tiefbohrgesellschaft für abwechselnde Meißel- und Diamantbohrung.

gestänge  $g$  gedrückt. Soll zum Meißelbohren übergegangen werden, so wird nur das Treibseil  $t$  abgeworfen und dafür die Kurbelscheibe unterhalb des Schwengels mit der Antriebscheibe durch einen Riemen verbunden.

Bei kleineren Teufen und entsprechend geringeren Gestängewichten genügt für die Verlagerung des Antriebes ein einfaches Bock- oder Rahmengestell (vgl. Fig. 35, S. 32).



Das Diamantbohrverfahren eignet sich nicht für groben Sandstein, Konglomerat, Granit u. dgl., da es mit Rücksicht auf die geringe Festigkeit der Diamanten ein möglichst gleichmäßiges und feinkörniges Gebirge verlangt. Außerdem darf das Gestein nicht zu milde sein, weil sonst andere Bohrverfahren vorteilhafter sind.

Vorzüge des Diamantbohrens sind: gute Kraftausnutzung und geringe Beanspruchung des Gestänges infolge der gleichmäßigen und ununterbrochenen Drehbewegung sowie die Erzielung guter Gebirgsaufschlüsse durch die Kerngewinnung. Wegen dieser Vorzüge einerseits und der größeren Anlagekosten andererseits kommt das Verfahren im allgemeinen nur für größere Tiefen in Frage.

### C. Besondere Einrichtungen und Arbeiten bei der Tiefbohrung. Leistungen.

**36. Verrohrung.** Die Verrohrung von Bohrlöchern soll in erster Linie Störungen der Bohrarbeit durch Nachfall verhüten. Sie ist besonders für die Spülbohrung, die schon an und für sich die Bohrlochwandungen angreift, von großer Wichtigkeit. Soll Petroleum, Sole u. dgl. im Bohrloch zutage gefördert werden, so dient die Verrohrung auch dazu, eine Verdünnung dieser Flüssigkeiten durch Wasser aus anderen Gebirgschichten zu verhüten.

In der Regel werden für die Verrohrung schmiedeeiserne und Stahlrohre verwendet. Die Verbindung der Rohre miteinander erfolgt meistens durch Verschraubung. Außen glatte Rohrverbindungen nach Fig. 27 *b* und *d-f* verdienen den Vorzug, da sie leicht nachgesenkt und herausgezogen werden können.

Bei der Spülbohrung bringt man vorzugsweise „gültige“, d. h. bis zutage gehende Verrohrungen ein. „Verlorene“, d. h. nur an Ort und Stelle eingebrachte Verrohrungen werden meist dann verwendet, wenn sich nachträglich an der betreffenden Stelle Nachfall zeigt.

Soweit das Eigengewicht der Verrohrung für das Nachsinken nicht ausreicht, wird durch Gewichtsbelastung oder durch Zug- oder Preßvorrichtungen nachgeholfen. Eine durch Schraubenspindeln wirkende Zugvorrichtung ist der sog. Preßkopf, der als eine Umkehrung der in Fig. 34 dargestellten Ziehvorrichtung angesehen werden kann.

Kann eine Verrohrung nicht tiefer gebracht werden, so muß eine zweite, unter Umständen auch eine dritte, vierte usw. von

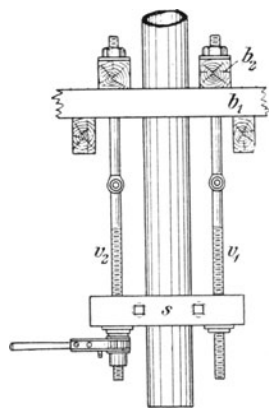


Fig. 34. Rohr-Ziehvorrichtung.

jedesmal entsprechend geringerem Durchmesser eingebracht werden. Doch kann man unter Umständen durch Unterschneiden eines Rohrsatzes mit Hilfe von Erweiterungsbohrern eine stecken gebliebene Verrohrung noch tiefer bringen.

Sollen Rohrsätze, die sich in einem Bohrloch festgeklemmt haben, gezogen werden, so sind besondere Hilfsmittel erforderlich. Ein solches ist beispielsweise die in Fig. 34 abgebildete Ziehvorrichtung, bestehend aus einem Röhrenbündel  $s$ , das über Tage fest an die zu hebende Rohrtour angeklemt und durch Andrehen der Muttern der Schraubenspindeln  $v_1 v_2$  mittels Knarren hochgezogen wird.

Ist auch durch diese Mittel die Verrohrung nicht in Bewegung zu bringen, so muß man sie, um sie wenigstens teilweise zu retten, zerschneiden, was in der Regel durch Herstellung von Horizontal-schlitzten mit verschieden gestalteten Rohrschneidern oder Sägen geschieht.

**37. Überwachung des Bohrbetriebes.** Die Feststellung der durchbohrten Schichten gestaltet sich am einfachsten bei der Schuppenbohrung, bei der Diamantbohrung und bei dem Spülverfahren mit umgekehrter Spülung, da diese Verfahren fortlaufend Kerne liefern. Bei der gewöhnlichen Spülung bietet die Farbe der Spültrübe und der von ihr mitgeführte Bohrschlamm einen gewissen Anhalt.

Für Schürf- und Untersuchungsbohrungen ist auch die Feststellung der Lagerungsverhältnisse der Schichten wichtig. Diese erfolgt mittels der sog. „Stratameter“, die darauf beruhen, daß Kerne erbohrt und diese entweder in der Lage, die sie im Bohrlochtiefsten eingenommen haben, zutage gefördert oder die Abweichungen ihrer nach der Hochförderung festgestellten Lage gegenüber der ursprünglichen festgestellt werden. Zunächst wurden für diesen Zweck Einrichtungen verwendet, bei denen eine Magnetnadel in der Stellung, die sie auf dem Kern im Bohrlochtiefsten eingenommen hatte, festgelegt wurde. Nachdem sich aber gezeigt hat, daß die Eisenverrohrungen der Bohrlöcher, auch bei Vermeidung von Eisen in der unmittelbaren Nachbarschaft der Magnetnadel, stark auf diese einwirken und dadurch Fehler herbeiführen, werden andere Hilfsmittel bevorzugt, bei denen die Verwendung von Magnetnadeln vermieden wird.

Auch die Abweichungen von der Senkrechten sind bei vielen Bohrlöchern wichtig. Genau senkrechte Bohrlöcher gibt es nämlich fast gar nicht, da sehr leicht durch geneigtes Einfallen bei wechselnd festen Gebirgsschichten, durch klüftiges Gebirge, Geröllschichten u. dgl. ein schräger Verlauf der Bohrlöcher herbeigeführt wird. Besonders wichtig ist die Feststellung solcher Störungen für das Schacht-abteufen mit Hilfe des Gefrierverfahrens.

**38. Die Bohrleistungen** je Tag oder Stunde sind außer von der Härte des Gesteins auch von den durch Ein- und Ausfordern des Meißels oder Schlammhöffels, durch Verklemmungen, Gestängebrüche, Fangarbeiten, Stratametermessungen u. dgl. verursachten

Zeitverlusten abhängig. Bei den stoßend wirkenden Bohrverfahren macht sich auch der Einfluß der Tiefe bedeutend stärker bemerklich als bei den drehenden, weil die Schlagzahl sinkt. Man rechnet im allgemeinen für die Schnellschlagbohrung 10—15 m durchschnittliche Tagesleistung bei Teufen von 500—700 m und 15—20 m bei Teufen von 300—500 m, mittelfestes Gebirge vorausgesetzt. Für die Diamantbohrung belaufen sich die durchschnittlichen Tagesleistungen, da das Kernziehen viel Zeit erfordert, auf etwa 3—8 m. Die besten Stundenleistungen können für die Schnellschlagbohrung mit 7—10 m, für die Diamantbohrung mit 3—4 m angenommen werden.

### D. Die Horizontal- und Schrägbohrung.

**39. Überblick.** Die Horizontal- und Schrägbohrung wird besonders für unterirdische Schürfarbeiten verwendet. Sie kann wesentlich billiger und schneller ausgeführt werden als das Aufahren von Untersuchungsquerschlägen. Der Erz- und Kalisalzbergbau mit seinen unregelmäßigen Lagerstätten macht daher mehr und mehr von diesem Verfahren Gebrauch.

Für derartige Schürfb Bohrungen kommt nur ein Bohrverfahren mit Kerngewinnung in Betracht, also die Diamantbohrung. Für die hier nur geringe Gestängelast genügt ein einfaches Bock- oder Rahmengestell als Verlagerung für die ganze Bohreinrichtung. Eine Verrohrung ist nicht erforderlich, würde sich auch wegen der räumlichen Beengung der Arbeit und wegen des bogenförmigen Verlaufs der Bohrlöcher infolge der Durchbiegung des Gestänges nur sehr schwierig einbringen lassen.

Um in beliebigen Richtungen bohren zu können, wird der Antrieb am besten in einem Rahmen verlagert, der unter jedem beliebigen Winkel fest eingespannt werden kann und als Führung für das Gestänge dient.

Die Bohrvorrichtungen können auch für die Herstellung von senkrecht nach unten gerichteten Tiefbohrlöchern Verwendung finden, da der Rahmen jede beliebige Neigung des Bohrloches gestattet. Man kann Tiefbohrungen bis zu etwa 900 m mit solchen einfachen Bohreinrichtungen niederbringen.

**40. Ausführung der Bohrvorrichtungen.** Als Beispiel für ein solches Bohrverfahren sei dasjenige der Firma Lange, Lorcke & Co. in Brieg a. O. angeführt, die das System des schwedischen Ingenieurs Craelius weiter ausgebildet hat. Die dargestellte Maschine ist für Handbetrieb mittels der Kurbel *b* bestimmt, kann aber ohne weiteres für maschinellen Betrieb hergerichtet werden, indem die Kurbel abgenommen und auf die Kurbelscheibe *a* ein Treibriemen aufgelegt wird. Der das Arbeitsrohr *e* und Gestänge *h* tragende Rahmen ist auf einem einfachen Bockgerüst *B* verlagert, und zwar ist er um eine Horizontalachse *c* drehbar, so daß jede beliebige Neigung eingestellt werden kann. Soll Gestänge gefördert oder eingelassen

werden, so kann durch Zurückklappen der oberen Hälfte des Rahmens, wie Fig. 35 veranschaulicht, das Bohrloch freigegeben werden.

Das Gestänge wird durch das Arbeitsrohr *e* gedreht, an dem es mit Hilfe einer Klemmkuppelung befestigt ist. Der Antrieb des Arbeitsrohres erfolgt durch die Schraubenräder *d*. Der Vorschub wird durch ein Zahnrad vermittelt, das auf der Achse *g* sitzt und in die Verzahnung *f* eingreift. Dieses Zahnrad ist durch den Handhebel *l* mit dem auf ihm verschiebbaren Gewicht belastet, sucht also die Verzahnung und damit das Gestänge herunterzudrücken. Die Regelung des Druckes auf die Bohrkrone erfolgt einfach durch

Verschiebung des Gewichtes auf dem Hebel *l*. Das Spülwasser tritt durch den Schlauch *i* und durch Vermittelung eines Drehkopfes *k* ein.

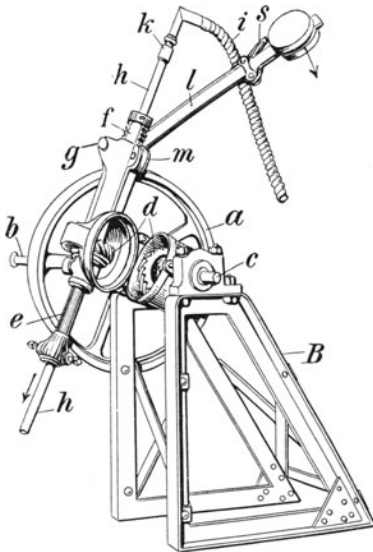


Fig. 35. Schürfbohrvorrichtung von Lange, Loreke & Co.

Die mittels der Horizontal- und Schrägbohrung zu erzielenden Fortschritte belaufen sich bei einem Kraftbedarf von etwa 6—10 PS. in der achtstündigen Schicht auf 1,5—2 m in sehr hartem Gebirge (Quarzit u. dgl.) und auf 6—8 m in mildem Gebirge (Stein- und Kalisalze) bei mittleren Bohrl Lochdurchmessern (60—70 mm) und Tiefen (150—200 m). Die Kosten betragen etwa 8—20 M. je lfd. Meter.

**41. Überhau- und Aufbruchbohrmaschinen.** Die Herstellung von Überhau- und Aufbruchbohrlöchern macht keine großen Schwierigkeiten, wenn

das Gebirge milde ist (z. B. in Kohlenflözen) und das Loch nicht länger als 10—20 m werden soll. In hartem Gestein, auch bei wechselnder Gesteinhärte und bei größeren Lochlängen, nehmen die Schwierigkeiten schnell zu; bei Bohrlöchlängen von mehr als 30 m werden die Bohrlochabweichungen aus der Senkrechten vielfach so erheblich, daß das Loch seinen Zweck verfehlt.

In der Kohle arbeitet man gewöhnlich drehend. Fig. 36 zeigt eine der wohl am meisten gebrauchten Überhaubohrmaschinen. Dem Gestänge *a* mit dem Werkzeug wird durch den Hebel *b* die Drehbewegung erteilt. Der Vorschub geschieht dadurch, daß mittels der Ratsche *d* und des Windwerks *gf* in einem Schlitz des Rohres *c* die Rolle *d* hochgewunden wird. Bei der Arbeit dreht sich der

Fuß des Gestänges auf der federnd verlagerten Unterlageplatte *k* (s. linke Nebenfigur).

Für härteres Gestein benutzt man schlagend wirkende Maschinen (s. Fig. 37). Der Bohrmeißel *a* der Hammerbohrmaschine (s. S. 45) ist so breit, daß die Maschine *b* selbst in dem hergestellten Loche Platz findet und dessen Tieferwerden ununterbrochen folgen kann. Die Bohrmaschine wird von einem Hohlgestänge *c* getragen, das gleichzeitig zum Zuführen der Preßluft benutzt wird. Für den Vorschub dient die Zahnstange *k*, auf der ein Windenkasten *l* durch Drehung der Kurbel *m* zwischen den beiden Spannsäulen *d*<sub>1</sub> *d*<sub>2</sub> auf und nieder bewegt werden

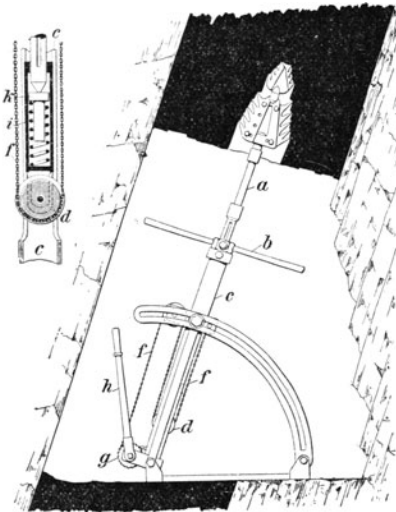


Fig. 36. Drehend arbeitende Überhau-bohrmaschine.

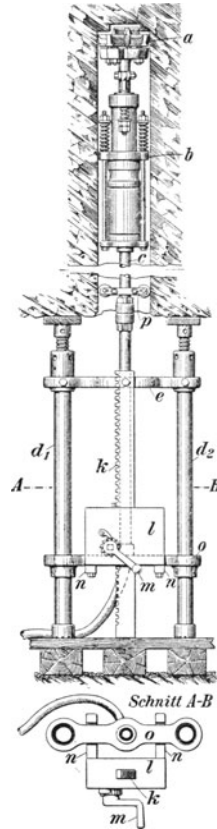


Fig. 37. Schlagend arbeitende Aufbruchbohrmaschine (von F. Hüppe in Remscheid).

kann. Die Meißelbreite und damit die Lochweite beträgt 250 bis 300 mm. In der achtstündigen Schicht erzielt man Leistungen von  $\frac{1}{2}$ —4 m.

## Dritter Abschnitt.

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

**42. Gedinge, Schichtlohn.** Mittels der Häuer- und Gewinnungsarbeiten werden Grubenbaue aller Art hergestellt.

Da die Eigenart der bergmännischen Arbeit es mit sich bringt, daß eine dauernde Aufsicht unmöglich ist, erfolgt die Lohnzahlung tunlichst im Gedinge. Den Schichtlohn beschränkt man auf Fälle, wo der Arbeiter eine unmittelbare Einwirkung auf das Maß der Arbeitsleistung nicht hat oder wo es auf besonders sorgfältige und nicht auf schnelle Arbeit ankommt oder schließlich, wo es völlig unmöglich ist, die Arbeitsleistung im voraus abzuschätzen. Beim Gedinge unterscheidet man wohl Längen-, Massen-, Flächen- und kubisches Gedinge, je nachdem die Längen-, Gewichts-, Flächen- oder Raumeinheit als Maßstab für die Berechnung des Lohnes dient. Das Generalgedinge gilt für einen längeren Zeitraum oder eine größere Arbeit. Beim Prämiengedinge erhöht sich der Gedingesatz nach Erreichung einer gewissen Leistung.

**43. Tarifverträge** sind Vereinbarungen über die Arbeitsbedingungen, die zwischen den Arbeitgebern eines gewerblichen Bezirks einerseits und den Arbeitern andererseits für einen längeren Zeitraum abgeschlossen sind. Sie legen die Lohnsätze für die vorkommenden Arbeiten fest, wobei ausbedungen werden kann, daß unter gewissen Umständen, z. B. bei steigenden oder fallenden Preisen für das Arbeitserzeugnis, auch die Lohnsätze eine gewisse Erhöhung oder Ermäßigung erfahren. Auch Tarifverträge haben freilich Arbeitseinstellungen durch Streiks nicht zu verhindern vermocht. Im Bergbau pflegen zumeist die Lagerungsverhältnisse nicht diejenige Gleichmäßigkeit zu besitzen, die mindestens verlangt werden muß, wenn Tarifverträge dauernd durchführbar sein sollen.

**44. Grade der Gewinnbarkeit.** Je nach der mehr oder minder schweren Gewinnbarkeit des Gebirges unterscheidet man rollige Massen (Sand, hereingewonnene Kohlen usw.), milde Gebirgsarten (z. B. Ton, Lehm), gebräuche Gesteine (z. B. Braunkohle), feste (z. B. Schiefer, Sandstein) und sehr feste Gesteine (z. B. Granit, Konglomerat).

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

**45. Die Wegfüllarbeit** geschieht mittels der Schaufel, des Spatens oder der Kratze mit Trog. Schaufel und Spaten (Fig. 38),

die aus Blatt und Stiel bestehen, dienen einerseits zum Abstecken milden Gebirges und anderseits zum Aufnehmen des Haufwerks. Die Arbeit mit Kratze und Trog (Fig. 39) wird bei grobstückigen Massen, die sich schlecht schaufeln lassen, vorgezogen.

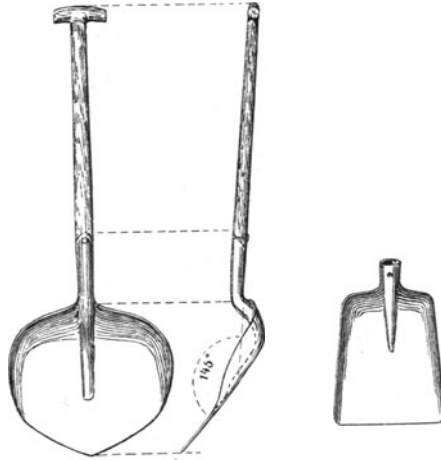


Fig. 38. Schaufel und Spaten.

**46. Die Keilhauenarbeit** wird zur Hereingewinnung milden Gebirges benutzt. Das Gezähe ist die einfache Keilhaue (Fig. 40 *a* und *b*), bestehend aus Blatt und Stiel oder Helm, die doppelte Keilhaue oder Kreuzhacke (Fig. 40 *e*), die Keilhaue mit auswechselbaren Einsatzspitzen (Fig. 40 *c*) oder mit auswechselbarem Blatt (Fig. 40 *g*). Die Auswechselbarkeit der Spitze oder des

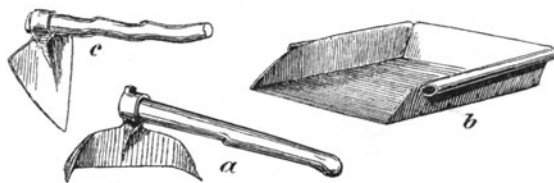


Fig. 39. Kratzen und Trog.

Blattes gestattet ein leichtes Schärfen, da nicht die ganze Keilhaue zur Schmiede gebracht zu werden braucht. Die Schrämehäue (Fig. 41) sind schmale, leichte Keilhauen, bei denen das Blatt rechtwinklig zu einem Stiele umgebogen ist, in dessen Auge das Helm gesteckt wird. Sie dienen zum Schrämen in schmalen Schrapacken. Für Arbeiten über Tage in milden Gebirgsarten gebraucht man die Breit- oder Rodehaue (Fig. 40 *f*).

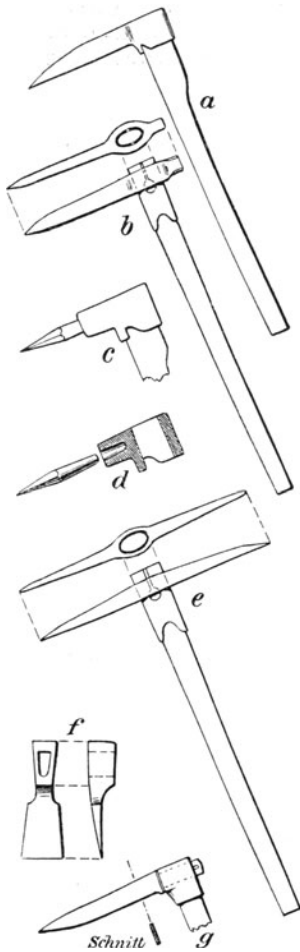


Fig. 40. Keilhauen.

47. Die **Abbauhämmer** werden nur auf Steinkohlengruben, und zwar entweder zum Schrämen und zu der darauffolgenden Hereingewinnung der Kohle oder unmittelbar lediglich für den letzteren Zweck benutzt. Am besten eignen sich Abbauhämmer dort, wo es nach der Härte der Kohle zweifelhaft bleibt, ob noch die Keilhauenarbeit oder schon die Sprengarbeit angebracht ist. Der Abbauhämmer ist eine Preßluftmaschine und besteht (Fig. 42) aus Griff, Zylinder und Werkzeug. Der Griff dient zum Halten der Maschine; an ihm ist der Luftanschluß mit der in der Figur sichtbaren Klinke des Absperrventils angebracht. Zwischen Griff und Arbeitszylinder befindet sich die Umsteuerung. Im Zylinder wird durch die wechselseitig eintretende Preßluft der Schlagkolben 1500—2000 mal in der Minute hin und hergetrieben, wobei der in den Zylinder ragende Kopf des Werkzeugs ebensoviel Schläge empfängt. Dieses ist ein Spitz-eisen, das vorn fimmel- oder lanzenartig ausläuft. Bei der Arbeit setzt man das Werkzeug gegen die Kohle und drückt dauernd nach, wobei die Kohle abgesprengt wird. Bei günstigen Verhältnissen steigt die Leistung des Hauers durch Benutzung von Abbauhämmern um 25—50 % und noch darüber.



Fig. 41. Schrämisen.

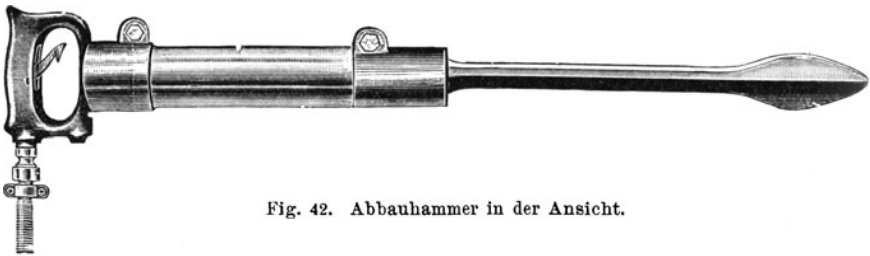


Fig. 42. Abbauhämmer in der Ansicht.



**48. Die maschinelle Schrämarbeit. Säulenschrämmaschinen.**

Die Herstellung eines genügend tiefen Schrams mit Hand ist häufig schwierig und zeitraubend, so daß bei dieser Arbeit der Ersatz der menschlichen durch maschinelle Kraft ein dringendes Bedürfnis ist. Im deutschen Steinkohlenbergbau sind am meisten verbreitet die um eine Säule schwenkbaren Stoßschrämmaschinen.

In Fig. 43 ist die Eisenbeissche Schrämmaschine dargestellt. Die Einrichtung besteht aus einer beliebigen Stoßbohrmaschine mit Schrämstange und Schrämkrone, einer Spannsäule und dem Führungsektor mit Drehstück. Nachdem die Spannsäule aufgestellt ist, wird der Führungsektor parallel zu dem herzustellenden Schram oder Schlitz in der an



Fig. 43. Eisenbeissche Schrämmaschine.

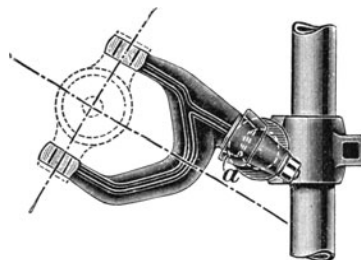


Fig. 44. Gabel-Aufhängung für Schrämmaschinen.

Führungsektors eingreift. Die Kolbenstange trägt die Schrämstange mit der Schrämkrone. Der Vorschub der Maschine erfolgt in der bei der Bohrarbeit üblichen Weise mit der zweiten in der Figur sichtbaren Kurbel. Ist die ganze Vorschubspindel ausgenutzt, so wird die Maschine zurückgezogen, die Stange herausgenommen und durch eine längere ersetzt usf., bis der Schram die genügende Tiefe hat.

Eine ähnliche Maschine ist die Gabelschrämmaschine der Maschinenfabrik Westfalia zu Gelsenkirchen (Fig. 44), die den Vorteil besitzt, daß die eigentliche Stoßbohrmaschine in zwei seitlichen Zapfen in einer gabelförmigen Kluppe verlagert ist. Die Rückstöße der Maschine werden auf diese Weise gemildert.

Von einem Aufstellungspunkte aus kann man mit einer Säulenschrämmaschine einen Schram von 4—5 m Breite und 2—3 m Tiefe herstellen. Ein geübter Arbeiter unterschrämt in der Stunde bequem 2—3 qm. Beim Streckenauffahren leisten diese Maschinen Vorzügliches. Für den Abbau sind ihre Leistungen im allgemeinen zu gering. Hier sind besser am Platze die Strebschrämmaschinen.

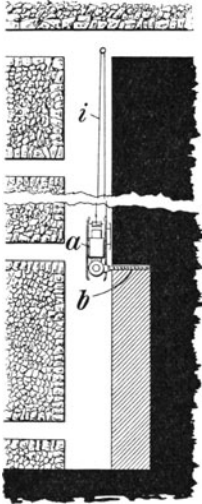


Fig. 45. Arbeitsweise der Strebschrämmaschinen.

**49. Strebschrämmaschinen.** Die Arbeitsweise dieser Maschinenart erhellt aus der Fig. 45. Die durch Preßluft oder Elektrizität angetriebene Maschine *a* fährt auf einem Schienengeleis am Arbeitstoße entlang. Die Bewegung wird durch die Maschine selbst bewirkt, indem ein am Ende des Strebstoßes befestigtes Seil *i* allmählich auf eine vorn an der Maschine angebrachte Seiltrommel auf- oder von dieser abgewickelt wird. Das Werkzeug *b*, das eine Fräswelle (wie in der Figur) oder ein Schrämräd sein kann, schneidet dabei den Schram auf etwa 1—1,25 m Tiefe in den Kohlenstoß ein. Um die Maschinen voll auszunutzen, ist es erforderlich, Strebbau mit breitem Blick oder Abbau mit geschlossenem Versatz anzuwenden und möglichst lange Strebstöße von 80—120 m in einem Angriff abzuschrämen. In einer Schicht können etwa 100 qm unterschrämt werden.

Als Beispiel sei die Pick-Quick-Schrämmaschine genannt, die mit einer mit Fräsern besetzten Schrämwelle arbeitet (Fig. 46). Die Schrämwange ist mittels eines drehbaren Übertragungswerkes um über 180° schwenkbar, so daß sie rechts oder links der Maschine

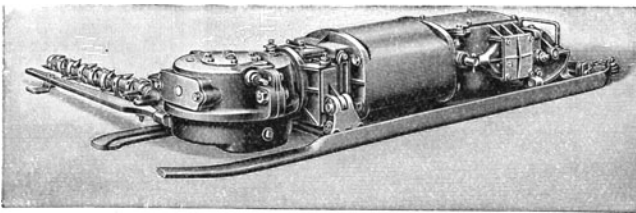


Fig. 46. Ansicht der Stangenschrämmaschine.

arbeiten kann. Auch kann durch Stellschrauben die Stange etwas höher oder tiefer gelegt werden, um die günstigste Schrammschicht ausnutzen zu können. Bei Beginn der Arbeit läßt man die Stange in den Arbeitstoß hinein einschwenken, so daß sie sich selbst den Einbruch herstellt. Die Schrämwange macht außer ihren Umdrehungen bei der Arbeit noch in ihrer Längsrichtung eine hin-

und hergehende Bewegung mit einem doppelt so weiten Ausschlag, als die Entfernung zwischen 2 Fräsern beträgt. Hierdurch wird erreicht, daß in dem Schram keine Rippen stehen bleiben und daß bei Bruch eines Fräasers dessen Arbeit von den Nachbarfräsern mitgeleistet werden kann.

**50. Die Hereintreibarbeit** bezweckt die Gewinnung von Gesteins- oder Kohlenmassen durch Abkeilen oder Abtreiben. Die Arbeit geschieht mit Fäustel und Keil oder, wenn man die alten Gezähnamen benutzen will, mit Schlägel und Eisen. Der Schlägel trägt jetzt den Namen Fäustel und statt des mittels eines Stieles gehaltenen Eisens bedient man sich eines einfachen Keils. Das Fäustel (Fig. 47) gebraucht man auch bei der Bohrarbeit. Der Keil ist entweder ein Spitzkeil oder Fimmel oder ein Breitkeil (Fig. 48). Obwohl die Hereintreibarbeit in der Hauptsache durch die Sprengarbeit ersetzt ist, hat sie als Hilfsarbeit bei dieser und in solchen Fällen, wo eine Zerklüftung des Gebirges durch die



Fig. 47. Fäustel.

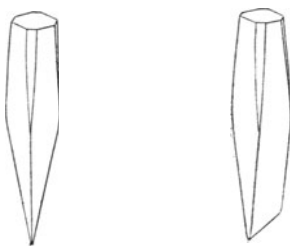


Fig. 48. Spitz- und Breitkeil.

Sprengarbeit vermieden werden soll oder wo Schlagwettergefahr besteht, noch eine nicht unerhebliche Bedeutung.

Die Wirkung der Hereintreibarbeit sucht man durch Anwendung wirksamerer Keilvorrichtungen (Rammkeile, Schraubenskeile, hydraulische Abtreibvorrichtungen) zu verbessern, ohne daß man aber mit solchen Geräten auf die Dauer gute Erfolge hat erzielen können.

**51. Kohlenränkverfahren.** Bei der hydraulischen Kohlen-sprengung (Meißnersches Kohlenränkverfahren) sucht man die Kohle durch Wasserdruck abzudrücken oder mindestens zu lockern. In ein Bohrloch führt man das Wasserzuleitungsrohr ein und dichtet es innerhalb des Loches durch einen Gummistulp gegen die Wandungen ab. Alsdann läßt man Wasser unter einem Überdrucke von 25—40 Atm. in das Loch eintreten und hier wirken. Unter günstigen Umständen, d. h. bei poröser, aber nicht klüftiger Kohle, findet eine Lösung und Lockerung der Kohle statt; in vielen Fällen versagt das Verfahren aber auch, so daß es kaum allgemeinere Anwendung finden wird.

### III. Sprengarbeit.

#### A. Herstellung der Bohrlöcher.

Die Herstellung der Bohrlöcher erfolgt drehend, stoßend oder schlagend.

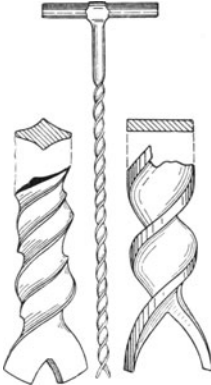


Fig. 49. Schlangenbohrer.

**52. Drehendes Bohren. Bohren mit Hand.** Beim drehenden Bohren muß das Werkzeug gedreht und gleichzeitig so stark gegen das Gestein gedrückt werden, daß die Schneiden fassen können. Man bohrt entweder mit Hand (ohne und mit Benutzung von Handbohrmaschinen) oder aber mittels Maschinenkraft. Die Bohrer sind Schlangenbohrer, die aus stählernen Stangen mit rechteckigem (□) oder rhombischem (◇) Querschnitt spiralig gewunden sind (Fig. 49). Das Bohren mit Hand erfolgt mittels des am hinteren Ende der Stange angebrachten Holzgriffs.

**53. Handbohrmaschinen.** Bei den ebenfalls durch den Arbeiter selbst angetriebenen Handbohrmaschinen werden ein-

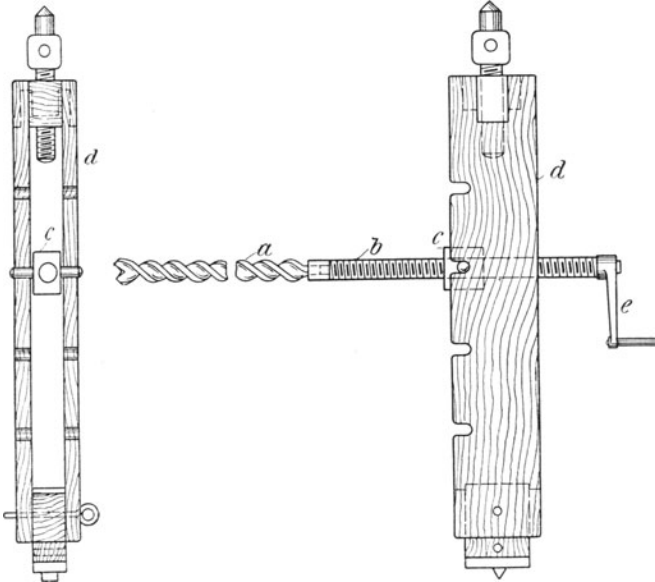


Fig. 50. Handbohrmaschine einfachster Art.

fache Kraftübertragungen (Schrauben, Hebel u. dgl.) zwischen Hand und Bohrer eingeschaltet, wobei die Maschine zwischen Gebirgstöß und einem festen Widerlager eingespannt wird.

Die einfachste Handbohrmaschine (Fig. 50) besteht aus einer den Schlangenbohrer *a* tragenden Schraubenspindel *b*, der Schraubenmutter *c* und dem Gestell *d*. Die Mutter ist mit zwei Zapfen versehen und wird mit diesen in das als Widerlager dienende Gestell eingehängt. Der Antrieb erfolgt mit Kurbel *e* oder einer Bohrratsche. Der Vorschub des Bohrers entspricht der auf jede Umdrehung entfallenden Gewindesteigung. Bei anderen Maschinen ist der Vorschub regelbar; z. B. ist bei der Handbohrmaschine der Maschinenfabrik Westfalia zu Gelsenkirchen (Fig. 51) die Vorschubmutter *b* frei drehbar auf das Lagerstück *e* gesetzt und mit einem Handrade *c* versehen. Der Arbeiter hält während des Bohrens zunächst mit der linken Hand das Rad fest, wobei er den vollen Bohrervorschub erzielt. Wird der Widerstand des Gesteins zu groß, so läßt er für kurze Zeit das Handrad los. Nunmehr dreht sich die Mutter so lange mit der Spindel, bis der Bohrer sich wieder frei gearbeitet hat. Die Maschine wird während der Arbeit mit dem Zapfen *h* in ein Gestell gehängt oder mit dem zackigen Fuße des Standrohres *d* gegen ein Widerlager (Stempel, Stoß o. dgl.) gesetzt.

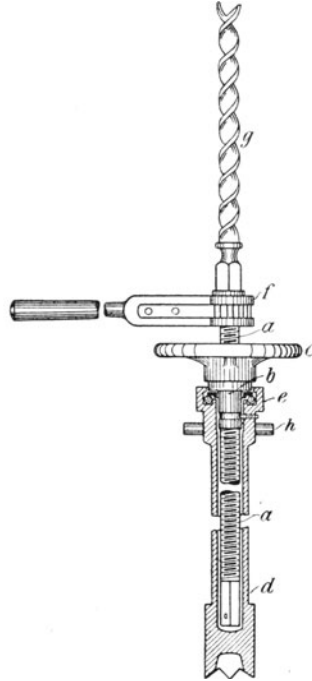


Fig. 51. Handbohrmaschine Westfalia.

**54. Die mechanisch angetriebenen Drehbohrmaschinen für mildes Gestein** arbeiten in der Regel mit Preßluft oder Elektrizität.

Früher baute man mehrfach die Maschinen so, daß der Motor auf einem besonderen Wagen angeordnet war und von hier aus mittels Gelenk- oder biegsamer Welle den Bohrer bzw. die eigentliche Bohrmaschine antrieb. Jetzt pflegt man fast nur noch Maschinen mit angebautem Motor anzuwenden. Die leichtesten dieser Maschinen (Fig. 52) werden während der Bohrarbeit vom Arbeiter selbst an 2 Griffen *g* gehalten und mittels eines Brust-

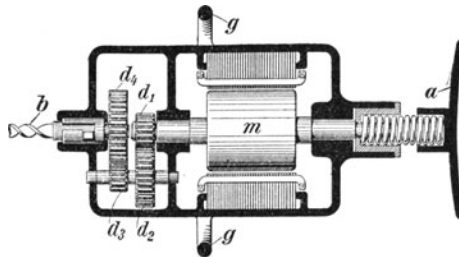


Fig. 52. Elektrisch angetriebene Handbohrmaschine der Siemens-Schuckertwerke.

bleches *a* nachgedrückt. Die 1500 minutlichen Umdrehungen des Motors *m* werden durch ein Differentialrädergetriebe  $d_1-d_4$  auf 250 der Bohrspindel *b* herabgesetzt. Für härtere oder ungleichmäßige Gebirgsarten genügen freilich diese kleinen leichten Maschinen nicht. Die für solche Fälle üblichen Ausführungen sind zwar ähnlich, aber stärker und schwerer; die Maschinen werden alsdann in Verbindung mit Bohrmaschinengestellen benutzt.

**55. Die Brandtsche Bohrmaschine.** Auch in sehr hartem Gebirge kann man drehend bohren, wenn man den Bohrer unter genügend hohem Drucke (mehrere 1000 kg) gegen das Gestein arbeiten läßt. Vorbedingung ist aber, damit die Schneide nicht glühend wird, daß die Umdrehung nur langsam erfolgt und für eine ausgiebige Kühlung Sorge getragen wird. Eine derartige Maschine ist die hydraulische Bohrmaschine von Brandt, die von der Maschinenfabrik Gebr. Sulzer in Winterthur geliefert wird. Die etwa 15 PS. leistende Antriebsmaschine arbeitet mit einem Drucke von 60 bis 80 Atm. Ein Teil des Abwassers tritt durch den Hohlbohrer in das Bohrloch, spült das Bohrmehl heraus und kühlt die Schneide. Die Anlagekosten für solche Bohreinrichtungen sind freilich sehr hoch.

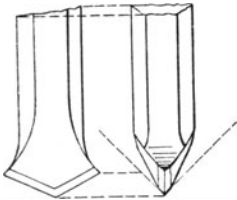


Fig. 53. Zuschärfung eines Meißelbohrers.

**56. Stoßendes Bohren. Bohren mit Hand.** Die stoßende Hin- und Herbewegung des Bohrers erfolgt entweder unmittelbar mit Hand oder durch Maschinenkraft. Die Bohrer bestehen aus runden, sechs- oder achtkantigen Stahlstangen von 18–30 mm Dicke, an deren einem Ende die Schneide als Meißel-, Kronen-, Z- oder Kreuzschneide ausgeschmiedet wird, wie dies die Figuren 53

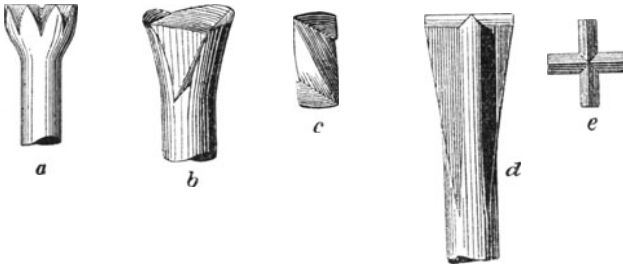


Fig. 54. Kronen-, Z- und Kreuzbohrer.

und 54 *a—e* zeigen. Bei der Meißelschneide sind die beiden Schneidflächen unter einem Winkel von etwa  $90^\circ$  zugeschärft (Fig. 53). Je härter das Gestein ist, um so stumpfer kann man den Schneidenwinkel wählen. Beim Bohren mit Hand wird der als Bohrstange (Fig. 55) ausgebildete Bohrer mit beiden Händen gefaßt und unter fortwährendem Umsetzen gegen die Bohrlochsohle gestoßen. Die Bohr-

stange erhält eine Länge von etwa 1,5 m. Um die Bohrer nicht zu oft zur Schmiede schicken zu müssen, pflegt man sie an beiden Enden mit Schneiden zu versehen.



Fig. 55. Stoßbohrer.

### 57. Bohrarbeit mit Maschinen. Preßluft-Stoßbohrmaschinen.

In den Preßluft-Stoßbohrmaschinen wird die Tätigkeit des Armes durch einen Treibkolben ersetzt, auf dessen Kolbenstange ein Meißelbohrer aufgesetzt ist. Der Kolben wird in einem Arbeitszylinder durch den Druck der über eine Steuerung abwechselnd auf dem einen und anderen Ende eintretenden Preßluft schnell hin- und hergeschleudert. Der Bohrer muß nach jedem Stoße regelmäßig umgesetzt werden. Außerdem muß ein Vorschub des Arbeitszylinders entsprechend dem Tieferwerden des Loches stattfinden.

Es gibt zweierlei Steuerungsarten: Entweder fehlen bewegte Steuerungsteile gänzlich und der Kolben steuert sich selbsttätig um, oder die Steuerungsteile werden durch die Preßluft angetrieben. Als Beispiel sei die Steuerung ohne bewegte Teile der Triumphbohrmaschine der Ruhrthaler Maschinenfabrik kurz beschrieben (Fig. 56).

Die einströmende Luft tritt bei der in der oberen Figur gezeichneten Stellung des Kolbens durch den Ringraum *a*, die Schlitze *b*, den Ringraum *c* und 4 Kanäle *e* vor den Kolben, um diesen nach rechts zu treiben. Hat die linke Fläche des Kolbens die Reihe der Luftaustrittslöcher *g* erreicht, so pufft die Luft vor dem Kolben aus. Zugleich ist der mit den 5 Kolbenkanälen *d* in Verbindung stehende zweite Ringraum *c* vor die Zuführungsslitze *b* getreten; der Kolben hat die in der unteren Figur gezeichnete Stellung erreicht, und nun gelangt die Preßluft von *a* durch *c* und *d* hinter den Kolben und schleudert ihn vorwärts.

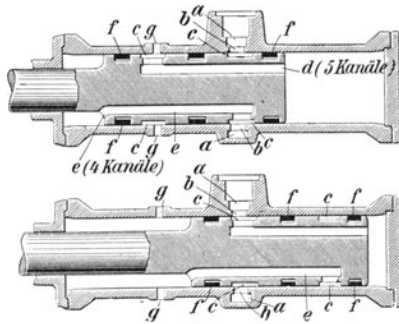


Fig. 56. Steuerung der Triumphbohrmaschine.

Die Umsetzvorrichtung besteht aus einer von hinten her in den Kolben eintauchenden Drallspindel in Verbindung mit einem Sperrad. Bei der Vorwärtsbewegung des Kolbens und des Bohrers wird die Drallspindel an der Drehung durch das Gesperre nicht gehindert. Demzufolge dreht sich die Drallspindel, und der Kolben mit dem Bohrer fliegt ohne Drehung geradeaus. Bei der Rückwärtsbewegung wird die Drallspindel festgehalten, und der Kolben muß sich mit dem Bohrer auf den Drallzügen zurückbewegen, also eine gewisse Drehung erleiden.

Die Umsetzvorrichtung besteht aus einer von hinten her in den Kolben eintauchenden Drallspindel in Verbindung mit einem Sperrad. Bei der Vorwärtsbewegung des Kolbens und des Bohrers wird die Drallspindel an der Drehung durch das Gesperre nicht gehindert. Demzufolge dreht sich die Drallspindel, und der Kolben mit dem Bohrer fliegt ohne Drehung geradeaus. Bei der Rückwärtsbewegung wird die Drallspindel festgehalten, und der Kolben muß sich mit dem Bohrer auf den Drallzügen zurückbewegen, also eine gewisse Drehung erleiden.

Der Vorschub erfolgt durch Drehung einer Kurbel von Hand. Der Arbeitzylinder ist unten mit einer Vorschubmutter fest verbunden, so daß er bei Drehung der im Schlitten verlagerten Vorschubspindel mittels der Kurbel voranrücken muß.

Fig. 57 stellt die Maschine von R. Meyer, Maschinenfabrik zu Mülheim (Ruhr) dar. Der untere Teil ist der Vorschubschlitten

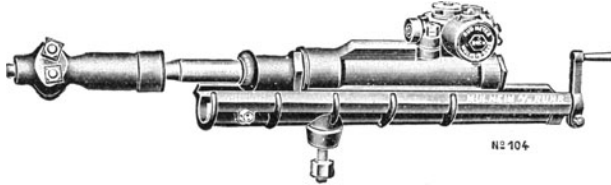


Fig. 57. Meyersche Stoßbohrmaschine in der Ansicht.

mit Schraube zur Befestigung der Maschine in einer Kluppe der Spannsäule und mit der Vorschubkurbel (rechts). Der obere Teil ist der Arbeitzylinder mit Luftanschluß und Steuergehäuse (oben) nebst Kolbenstange mit Befestigungsmuffe für den Bohrer (links).

Der Kraftbedarf einer Preßluft-Stoßbohrmaschine, ausgedrückt in der erforderlichen Arbeit des Luftkompressors, ist etwa 12—18 PS. Die Bohrleistung der größeren Maschinen beträgt in festem Granit 10—15 cm minutlich.

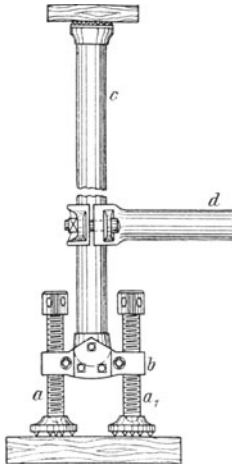


Fig. 58. Doppelschraubensäule mit Bohrarm.

Doppelschraubensäule, bei der in einem unteren Querhaupt *b* der Säule *c* 2 Schrauben *a* und *a*<sub>1</sub> angeordnet sind. Die Bohrmaschine kann auch auf dem Querarm *d* befestigt werden. Ein

**58. Die elektrischen Stoßbohrmaschinen**, insbesondere die Kurbelstoßbohrmaschinen von den Siemens-Schuckertwerken zu Berlin arbeiten mit einem Kraftbedarf von nur etwa 1½ PS., so daß sie in dieser Beziehung den Preßluft-Stoßbohrmaschinen erheblich überlegen sind. Dafür sind sie aber nicht so schlagkräftig und leiden mehr unter Verschleiß, Brüchen und Betriebsstörungen, so daß ihnen in der Regel die Preßluftmaschinen vorgezogen werden.

**59. Verlagerung der Bohrmaschinen.** Als Träger der Stoßbohrmaschinen bei der Bohrarbeit verwendet man gewöhnlich Bohrsäulen (Spannsäulen, Bohrspreizen oder Bohrgestelle). Die einfachste Bohrsäule besteht aus einem Stahlrohr, aus dessen einem Ende eine Streckschraube herausgeschraubt wird. Fig. 58 zeigt eine



sehr festes Einspannen ist bei den hydraulischen Säulen möglich, bei denen 2 fernrohrartig ineinander steckende Rohre durch Wasserdruk mittels eines kleinen am Fuße angebrachten Preßpümpchens auseinandergetrieben werden. Freilich sind solche Säulen schwerer, teurer und ausbesserungsbedürftiger als die Schraubensäulen.

Wenn es sich um einen beschleunigten Vortrieb von Strecken oder Querschlägen handelt, wobei gewöhnlich 3—4 große Bohrmaschinen gleichzeitig gebraucht werden, ist das Heranholen und Zurückschaffen der schweren Bohrmaschinen und Spannsäulen zeitraubend und lästig. Man wendet dann Bohrwagen an, die gleichzeitig die Maschinen und die Bohrsäulen tragen, so daß die ganze Bohreinrichtung zusammen vor Ort geschoben und von dort zurückgezogen werden kann.

**60. Schlagendes Bohren. Bohren mit Hand.** Beim schlagenden Bohren steht der Bohrer mit seiner Schneide auf der Bohrlochsohle und empfängt in dieser Stellung durch ein Fäustel oder einen Kolben Schläge, die bewirken, daß die Schneide etwas in das Gestein eindringt. Damit das Loch rund wird und keine „Füchse“ entstehen, muß der Bohrer ebenso wie beim stoßenden Bohren umgesetzt werden. Das Gezähe für das schlagende Bohren mit Hand ist Fäustel (s. Fig. 47, S. 39) und Bohrer. Außerdem benutzt man für abwärts gerichtete Bohrlöcher den Krätzer und einen Wassereimer mit Schöpfgefäß. Der Bohrer besteht aus einer runden, sechs- oder achtkantigen Stahlstange von 18—20 mm Dicke.

**61. Bohrhämmer. Allgemeines.** In den letzten Jahren haben eine bemerkenswert schnelle Verbreitung die Bohrhämmer oder Hammerbohrmaschinen gefunden. Bei den Bohrhämmern wird die Arbeit des Fäustelbohrens nachgeahmt. Der Bohrmeißel bleibt ständig in Berührung mit der Bohrlochsohle, während er von einem in dem Arbeitszylinder durch Preßluft hin- und hergetriebenen Schlagkolben eine sehr große Zahl von Schlägen (1200—2500 minutlich) erhält. Die Maschine besteht aus dem Griff, dem Arbeitszylinder mit Steuerung und Umsetzvorrichtung und der Einsteckhülse zur Aufnahme des Bohrerendes.

**62. Die Steuerung** kann ohne bewegte Teile arbeiten (s. Fig. 56 auf S. 43) oder solche besitzen. Fig. 59 zeigt die Einrichtung und Steuerung der Flottmannschen Maschine: In dem Zylinder *a* bewegt sich der Kolben *b* hin und her, dessen vordere Kolbenstange *c* als Schlagkopf ausgebildet ist, *g* und *h* sind die Einströmungskanäle für die frische Luft. Die Umsteuerung erfolgt durch eine leicht bewegliche Kugel *d*, die zwischen den zwei nahe beieinander befindlichen kreisförmigen Öffnungen der Kanäle *g* und *h* hin und her rollt und abwechselnd die eine oder andere dadurch verschließt, daß sie sich auf die Ringsitze auflegt. Der Auspuff erfolgt durch die Löcher *e* und *f*. Nach der Fig. 59 tritt Preßluft durch *h* hinter den Arbeitskolben und treibt diesen nach vorn. Die Öffnung *f* ist noch frei, so daß die Luft vor dem Kolben ausströmen kann. Sobald

der Kolben seinen Lauf fortsetzt, das Loch  $f$  überschleift und dagegen das Loch  $e$  für den Auspuff freigibt, wird die Steuerkugel  $d$  infolge der vor dem Kolben eintretenden Kompression und der hinter ihm wirkenden Druckentlastung herübergeschleudert, und das Spiel wiederholt sich von neuem. Andere ähnliche Steuerungen arbeiten mit Klappen, Scheiben, Linsen o. dgl.

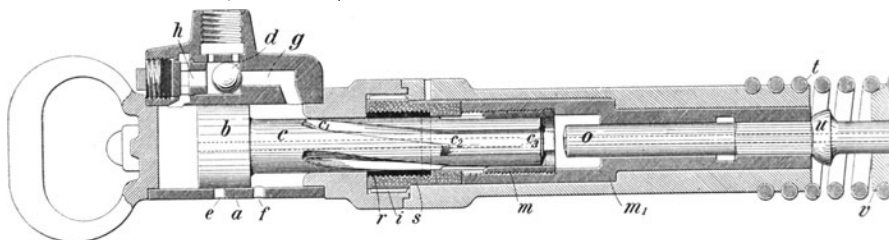


Fig. 59. Flottmannscher Bohrhämmer.

63. Die Umsetzvorrichtung pflegt bei den für sehr festes Gestein gebrauchten Bohrhämmern ganz zu fehlen, und das Umsetzen findet mittels einiger an der Maschine angebrachter Griffe mit Hand statt. Häufiger sind allerdings die selbsttätigen Umsetzvorrichtungen, die ähnlich denen bei Stoßbohrmaschinen eingerichtet sind. Das Sperrrad liegt entweder hinter dem Schlagkolben, und die Drallspindel taucht von hinten in eine Bohrung des Kolbens ein, oder aber das Sperrrad liegt vor dem Kolben, und die Züge der Drallspindel sind auf die Kolbenstange selbst geschnitten.

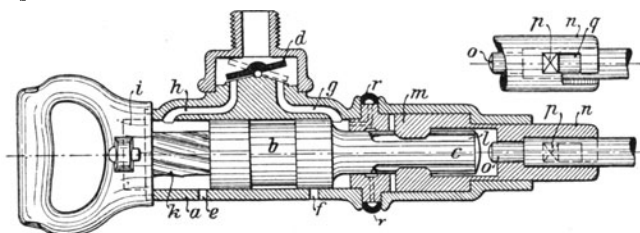


Fig. 60. Westfalia-Bohrhammer.

Den ersten Fall zeigt Fig. 60. Das punktiert angedeutete Sperrrad ist mit  $i$  und die Drallspindel, die durch eine im Kolben verlagerte Drallmutter hindurchgleitet, mit  $k$  bezeichnet. Die Übertragung der dem Kolben bei seinem Rückgange erteilten Drehbewegung auf die Bohrstange  $o$  geschieht durch die Hülse  $m$ , die mit vorspringenden Nasen in Längsnuten der Kolbenstange  $c$  eingreift, so daß die Hülse an der Drehung des Kolbens teilnimmt. Der in die Hülse nach Art eines Bajonettverschlusses eingesetzte Bohrer, der durch die Nase  $p$  gehalten wird, muß der Drehung folgen. Die zweite Art der Umsetzvorrichtung zeigt Fig. 59.

**64. Vorschubeinrichtung.** Eine besondere Vorschubeinrichtung ist für die leichteren Hämmer (bis etwa 15 kg) überflüssig, indem der Arbeiter die von ihm frei gehaltene Maschine gegen das Gestein andrückt. Auch mit schwereren Hämmeren ist diese Arbeitsweise bei senkrecht oder schräg nach unten gerichteten Löchern durchaus angebracht. Wo dies Verfahren versagt, wendet man Vorschubeinrichtungen an. Bei dem Vorschub durch Gegengewicht wird der Hammer durch Gewichte angedrückt, die man dadurch, daß man die Tragschnur über Rollen führt, in jeder Richtung wirken lassen kann. Viel gebraucht ist der Preßluftvorschub. Ein Zylinder und ein Kolben stecken fernrohrartig ineinander. Dadurch, daß man Preßluft in den Zylinder führt, treibt man den Kolben heraus; der Bohrhämmer mit dem Bohrer wird gegen das Gestein gedrückt und folgt dem Tieferwerden des Loches. Die Anwendung einer solchen Preßluft-Vorschubvorrichtung zeigt Fig. 61.

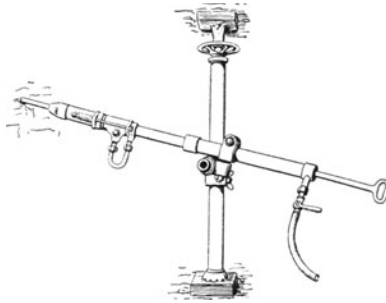


Fig. 61. Ansicht der Hoffmann'schen Preßluft-Vorschubvorrichtung.

**65. Bohrmehl- und Staubbeseitigung.** Das Bohrmehl fällt bei aufwärts gerichteten Löchern von selbst heraus. Bei wagerecht und

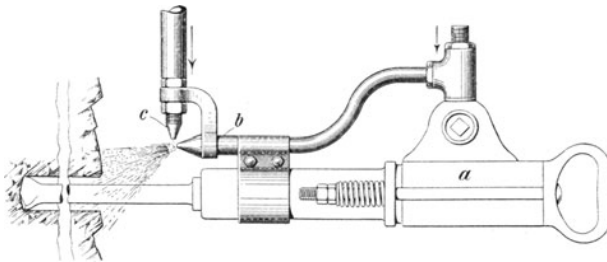


Fig. 62. Niederschlagung des Bohrstaubes.

schwach einfallend verlaufenden Löchern wendet man zum Zwecke der Herausschaffung des Bohrmehls mit großem Vorteil Schlangenbohrer an, die das Bohrmehl herausschrauben. Bei steil einfallend verlaufenden Löchern hält man diese mit Wasser gefüllt oder wendet unter Benutzung von Hohlbohrern Wasser- oder auch Luftspülung an.

Sehr lästig ist die Staubbildung, die besonders bei Luftspülung, aber auch sonst stets eintritt, wenn nicht unter Anwendung von Wasser gebohrt wird. Gut bewährt hat sich die Niederschlagung des Staubes durch einen fein zerstäubten Wasserstrahl, der seinen Sprühregen gegen die Bohrlochmündung richtet (Fig. 62).

**66. Leistungen. Luftverbrauch.** Die Leistungen der Bohrhämmer sind in mildem Gebirge außerordentlich hoch und erreichen vielfach 40, 60, ja 80 cm in der Minute. Je fester das Gestein ist, um so mehr sinken freilich die Leistungen, erreichen aber in festem Granit immer noch 4—8 cm in der Minute. Am schlechtesten sind die Ergebnisse in sehr hartem, quarzigem Gestein, besonders dann, wenn dies eine wechselnde Härte besitzt. In solchem Falle sind Stoßbohrmaschinen leistungsfähiger.

Der Preßluftverbrauch ist erheblich geringer als bei den Stoßbohrmaschinen und entspricht einer Kompressorarbeit von 4 bis 5 PS. Dieser geringe Luftverbrauch und die leichte, bequeme Handhabung machen es erklärlich, daß die Bohrhämmer so schnell die Stoßbohrmaschinen verdrängt haben.

## B. Die Sprengstoffe.

**67. Allgemeines über die Explosion.** Die Wirkung der Sprengstoffe beruht auf ihrer Explosionsfähigkeit. Die Explosion ist eine sehr schnell verlaufende chemische Umsetzung des Sprengmittels, wobei als Explosionserzeugnisse außer etwaigen festen Rückständen (Rauch) vorzugsweise Gase unter einer hohen Temperatur (Explosions- oder Flammentemperatur) entstehen. Man faßt häufig die Explosion als plötzliche Verbrennung auf. In den meisten Sprengstoffen sind nämlich einerseits brennbare und andererseits solche Bestandteile vereinigt, die Sauerstoff abgeben. Die Spannkraft der entstehenden, stark erhitzten, im Bohrloch zusammengedrängten Gase bewirkt die Sprengung. Als solche Gase (Explosionschwaden) kommen hauptsächlich in Betracht: Kohlensäure, Wasserdampf, Stickstoff und unter Umständen auch Kohlenoxyd, Wasserstoff und Sauerstoff.

Es gibt bei der Explosion zwei verschiedene Arten der Fortpflanzung, nämlich Deflagration (Verbrennung) und Detonation. Man unterscheidet hiernach langsam explodierende (deflagrierende) und schnell explodierende (brisante) Sprengstoffe. Zu der ersteren Gruppe gehören insbesondere das Schwarzpulver und die damit verwandten Sprengstoffe. Zu den brisanten Sprengstoffen gehören die Dynamite und die Sicherheitsprengstoffe. Die Geschwindigkeit der Explosionsfortpflanzung ist im ersten Falle gering und beträgt wenige bis höchstens einige hundert Meter in der Sekunde, während diese Geschwindigkeit bei den brisanten Sprengstoffen auf mehrere 1000 m (Dynamit etwa 6000 m) steigt.

**68. Auskochen der Sprengschüsse.** Manche Sprengstoffe können im Bohrloche ruhig abbrennen (auskochen), statt zu explodieren. Bei auskochenden Schüssen ist die chemische Umsetzung eine andere als bei der Explosion; insbesondere sind es nitrose Dämpfe (Stickoxyde  $NO$  und  $N_2O_3$ ), die als unterscheidendes Kennzeichen auftreten. Diese Gase brodeln als gelbroter Qualm aus dem Bohrloche hervor. Von den Ursachen für das Auskochen von Spreng-

ladungen sind am häufigsten: zu schwache oder feuchte Sprengkapseln, Zündung ohne Sprengkapseln allein mit der Zündschnur, Verwendung von gefrorenen oder feucht gewordenen Sprengkapseln, Bohrmehlansammlungen zwischen den einzelnen Patronen der Sprengladung. Die Gase der auskochenden Schüsse sind wegen ihres Stickoxyd- und Kohlenoxydgehaltes giftig und deshalb zu meiden.

**69. Sprengkraft.** Die Arbeitsfähigkeit der Sprengstoffe ist aus physikalischen Gründen gleich der bei der Explosion entwickelten Wärmemenge. Für die nutzbare Sprengwirkung fällt ferner sehr wesentlich die Explosionschnelligkeit ins Gewicht. In zähem, festem Gestein bringen brisante Sprengstoffe, in lagenhaftem, geschichtetem Gestein dagegen solche von geringerer Explosionsgeschwindigkeit die günstigsten Sprengwirkungen hervor. Zur praktischen Erprobung der Sprengwirkung wendet man die Trauzlsche Bleimörserprobe an. Sie wird in Bleizylindern, deren Maße sich aus der Fig. 63 ergeben, ausgeführt. In dem zylindrischen Hohlraum des Bleimörser wird eine bestimmte Menge des zu untersuchenden Sprengstoffs (gewöhnlich 10 g) unter Sandbesatz zur Explosion gebracht. Die hierdurch bewirkte Erweiterung des Hohlraums dient als Maß für die Sprengwirkung. Je 10 g ergeben als Ausbauchung: Sprenggelatine 480 cm, Gelatinedynamit 410 cm, die Sicherheitsprengstoffe 160—230 cm.

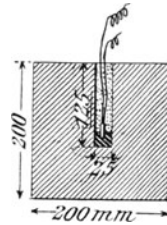


Fig. 63. Trauzlscher Bleimörser.

**70. Einteilung.** Die für den Bergbau wichtigen Sprengstoffe kann man in folgenden Gruppen zusammenfassen:

- A. Schwarzpulverähnliche Sprengstoffe
- B. Brisante Sprengstoffe
  - I. Dynamite (Nitroglyzerin mit Beimengung)
    - a) Mit unwirksamer Beimengung (Gurdynamit)
    - b) Mit wirksamer Beimengung (Sprenggelatine, Gelatinedynamit)
  - II. Ammonsalpetersprengstoffe
  - III. Chloratsprengstoffe.

Die sog. Sicherheitsprengstoffe gehören zu der Gruppe B. Man kann sie einteilen in

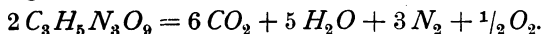
- a) Karbonite und wettersichere Gelatinedynamite (abgeschwächte Dynamite)
- b) Ammonsalpetersprengstoffe
- c) Chloratsprengstoffe.

**71. Schwarzpulver** besteht aus Holzkohle, Schwefel und Kalisalpeter in innigstem, feinstem Gemenge. Holzkohle und Salpeter unterhalten die Verbrennung; der Zusatz von Schwefel erleichtert die Zündung und ist für die Gleichmäßigkeit der Verbrennung und ihrer Geschwindigkeit notwendig. Der Salpetergehalt schwankt von

65—75 %, der Gehalt an Kohle von 15—20 % und derjenige an Schwefel von 10—15 %. Man stellt Kornpulver und komprimiertes Pulver her. Die Sprengladungen aus komprimiertem Pulver sind handlich und bequem beim Laden und Besetzen.

Sprengsalpeter (auch Petroklastit genannt) ist ein Pulver, bei dem der Kalisalpeter durch Natronsalpeter ersetzt ist. Es ist billiger als das gewöhnliche Schwarzpulver, leidet aber mehr durch Feuchtigkeitsaufnahme.

**72. Dynamit.** Der Hauptbestandteil der Dynamite ist das Sprengöl oder Nitroglyzerin, das entsteht, wenn man ein Gemisch von Salpeter- und Schwefelsäure auf Glyzerin einwirken läßt. Das Sprengöl ist eine geruchlose, ölige Flüssigkeit von gelblicher Färbung, es ist stark giftig und verursacht schon bei Berührung Kopfschmerzen. Zusammensetzung und Explosionszersetzung ergeben sich aus folgender Formel:



Das Gurdynamit (75 % Sprengöl, 25 % Kieselgur) ist ein Dynamit mit unwirksamer Beimengung, da die Kieselgur nur zur Aufsaugung des Öles dient. Es wird jetzt nur noch wenig gebraucht, weil die Dynamite mit wirksamer Beimengung kräftiger sind. Am kräftigsten ist die

Sprenggelatine, die aus 90—93 % Nitroglyzerin und 7 bis 10 % Kollodiumwolle (nitrierte Baumwolle) besteht. Sie ist eine gummiartige, zähe, gelatinöse Masse.

Gelatinedynamit (65 % gelatinisiertes Sprengöl, 35 % Zuzugs- oder Zuzugs- pulver, bestehend in der Hauptsache aus Natronsalpeter und Mehl) ist wegen seiner Billigkeit und kräftigen Wirkung das beliebteste Dynamit. In seiner äußeren Erscheinung ist es dem Brotteig ähnlich. Die Masse ist weniger zäh und elastisch als die Sprenggelatine. Im übrigen gibt es sehr viele verschiedene dynamitartige Sprengstoffzusammensetzungen.

Alle Dynamite leiden an dem Übelstande der leichten Gefrierbarkeit, da schon bei +11 ° C. das Festwerden eintritt. Gefrorenes Dynamit liefert eine schlechte Sprengwirkung und gibt schädliche Nachschwaden, auch ist seine Handhabung gefährlich. Das Auftauen geschieht am besten in wasserdichten Blechbüchsen, die in mäßig warmes Wasser gesetzt werden, ohne daß aber das Wasser mit dem Dynamit in Berührung kommen darf.

Um das Gefrieren zu verhindern, wendet man vielfach Zusätze (Nitrobenzol, Nitrotoluol, Dinitrochlorhydrin oder Dinitroglyzerin) mit gutem Erfolge an.

**73. Allgemeines über Sicherheitsprengstoffe.** Durch Schwarzpulver und Dynamit werden Schlagwettergemische und Kohlenstaubaufwirbelungen überaus leicht zur Entzündung gebracht. Der übliche Besatz über der Schußladung erhöht zwar die Sicherheit beträchtlich, immerhin hat die Praxis gezeigt, daß auch trotz Verwendung von Besatz diese Sprengstoffe nicht als schlagwetter- und

kohlenstaubsicher anzusehen sind. Unter „Sicherheitsprengstoffen“ versteht man solche Sprengmittel, die im Verhältnis zu Schwarzpulver und Dynamit eine wesentlich erhöhte Sicherheit gegenüber der Schlagwetter- und Kohlenstaubgefahr besitzen, ohne daß aber eine bestimmte Grenze feststeht. In Preußen verlangt man, daß bei der Erprobung auf Versuchstrecken Sicherheitsprengstoffe mit mindestens 250 g Ladung noch sicher sein müssen. Die Schlagwetersicherheit der Sprengstoffe hängt in erster Linie von der Explosions- oder Flammentemperatur, aber auch von sonstigen Umständen (z. B. Flammendauer, Explosionschnelligkeit, Zusammensetzung der Explosionschwaden usw.) ab.

**74. Die Ammonsalpetersprengstoffe** werden nicht etwa ausschließlich in Schlagwettergruben, sondern auch in Erz- und Salzgruben, in Steinbrüchen und Tongruben viel benutzt. Sie bestehen in der Hauptsache aus Ammonsalpeter, dem brennbare oder explosible Bestandteile (z. B. Naphthalin, Harz, Mehl oder Sprengöl, Trinitrotoluol u. dgl.) zugemischt sind. Die Ammonsalpetersprengstoffe haben günstige Nachschwaden, weil in ihnen der Wasserdampf vorherrscht. Sie sind ferner gegen Stoß und Schlag unempfindlich, so daß sie im Gebrauche und Verkehr ungefährlich sind und wegen ihrer Handhabungssicherheit auf der Eisenbahn als Stückgut zugelassen werden. Im Feuer brennen sie ohne Explosion ab. Auch der Übelstand des Gefrierens besteht nicht. Als Nachteil ist die hygroskopische Natur dieser Sprengstoffe hervorzuheben, ferner ist hier die geringe Ladedichte (der Sprengstoff liegt sehr locker) und deshalb eine nicht immer genügende Sprengwirkung zu nennen. Von den unzähligen verschiedenen Zusammensetzungen der Ammonsalpetersprengstoffe seien hier genannt: Donarit (kein Sicherheitsprengstoff), bestehend aus 80<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Ammonsalpeter, 12<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Trinitrotoluol, 4<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Mehl, 4<sup>0</sup>/<sub>0</sub> gelatiuertem Sprengöl, und Kohlenwestfalit I, bestehend aus 83<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Ammonsalpeter, 9<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Kali- und Barytsalpeter, 4<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Sprengöl, 2<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Trinitrotoluol, 2<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Mehl. Das Kohlenwestfalit ist in der Versuchsstrecke sicher bis 400 g und ergibt eine Ausbauchung von 233 ccm.

**75. Karbonite und wettersichere Gelatinedynamite.** Die Karbonite sind im wesentlichen Gemenge von etwa 25–30<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Sprengöl mit je 25–40<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Getreidemehl und Kali- oder Natronsalpeter. Die wettersicheren Gelatinedynamite weisen ähnliche Zusammensetzungen auf, jedoch ist der Kali- und Natronsalpeter zum Teil durch Ammonsalpeter ersetzt, wodurch die Sprengstoffe brisantere und dynamitähnliche Wirkungen erhalten. Auch ist das Sprengöl stets durch Kollodiumwolle gelatiuert, die Sprengstoffe sind daher plastisch. Die Nachschwaden aller dieser Sprengstoffe führen stets in größeren Mengen das giftige Kohlenoxyd, so daß Vorsicht beim Betreten des Sprengortes geboten ist. Wegen des Nitroglyzeringehaltes gefrieren die Sprengstoffe leicht. Dagegen ist die Schlagwetersicherheit zumeist sehr groß. Als Beispiel sei von den Karboniten genannt das Kohlenkarbonit, bestehend aus 25<sup>0</sup>/<sub>0</sub>

Sprengöl, 34 % Kalisalpeter, 38,5 % Weizenmehl, 1 % Lohmehl, 1 % Barytsalpeter, 0,5 % Soda, das in der Versuchstrecke bis über 700 g sicher ist und 170 ccm Ausbauchung erzeugt. Als wettersicheres Gelatinedynamit sei aufgeführt das Wettersichere Gelatinedynamit IA, bestehend aus 25 % gelatiniertem Sprengöl, 27 % Ammonsalpeter, 8 % Melassegummi, 15,5 % Kartoffelmehl, 1,5 % Holzmehl, 23 % Kochsalz, das in der Versuchstrecke bis 600 g sicher ist und eine Ausbauchung von 194 ccm ergibt.

**76. Die Kaliumchlorat- und Kaliumperchloratsprengstoffe** benutzen als sauerstoffabgebenden Körper das Kaliumchlorat ( $KClO_3$ ) und das Kaliumperchlorat ( $KClO_4$ ). Ihre Handhabungssicherheit ist nicht so groß wie die der Ammonsalpetersprengstoffe, übertrifft aber immerhin noch die der Dynamite. Die Chloratsprengstoffe sind verhältnismäßig billig. Je nach der Zusammensetzung kann man auch ihnen Schlagwettersicherheit geben. Aus der Gruppe sei hier genannt das Silesiapulver, bestehend aus 75—85 % Kaliumchlorat und 15—25 % Harz.

**77. Vernichtung von Sprengstoffen.** Schwarzpulver wird am besten in fließendes Wasser geworfen, wenn Schädigungen von Menschen und Tieren infolge Lösung des Salpeters nicht zu befürchten sind. Dynamitpatronen legt man mit ihren Enden aneinander und zündet die erste Patrone durch ein Stückchen Zündschnur (ohne Kapsel) oder mittels darüber gelegten Papiers an. Da der Eintritt einer plötzlichen Explosion der Masse nicht unmöglich ist, muß man sich in eine angemessene Entfernung zurückziehen. Kleinere Mengen Dynamit kann man brockenweise in offenes Feuer schieben, oder man bringt die Patronen einzeln mittels Sprengkapseln zur Explosion. Wasser ist zur Vernichtung von Dynamit in keinem Falle anzuwenden, da es das Sprengöl ungelöst läßt und dieses unter Umständen noch Unheil anrichten kann.

Ammonsalpetersprengstoffe wirft man stückweise in offenes Feuer oder löst sie, falls keine explosive Beimischung vorhanden ist, in Wasser auf.

Karbonite, wettersichere Gelatinedynamite und Chloratsprengstoffe sind wie Dynamit zu behandeln.

### C. Zündung der Sprengschüsse.

**78. Die Zündung durch einen offenen Zündkanal,** der durch den Besatz bis zur Sprengladung führt, ist die einfachste Schußzündung. Im Besatz wird mittels der kupfernen oder messingnen, konischen Schieß- oder Räumnadel ein Kanal offen gehalten, in den ein Raketchen (d. i. ein mit feinkörnigem Jagdpulver gefüllter Strohalm oder ein ebensolches Papierröhrchen) gesteckt wird. Das Anzünden des Raketchens erfolgt durch einen kurzen Schwefelfaden oder ein Stückchen Schwamm, dessen Abbrennen dem Arbeiter die zur Flucht nötige Zeit gewährt. Das Verfahren ist billig (etwa  $\frac{1}{2}$  Pf je Schuß), aber wenig zuverlässig und nur für Schwarzpulver zu gebrauchen.



**79. Die Zündschnur**, 1831 von dem Engländer Bickford erfunden, besteht aus einer Pulverseele, die durch Umspinnen mit Jutegarn oder Baumwolle geschützt ist. Zwecks Wasserdichtigkeit und auch zur Verhütung des seitlichen Durchbrennens wird sie geteert oder mit einem Kaolinbrei-Überzug versehen oder mit Gutta-percha, Bandwickelungen u. dgl. umkleidet. Die Brenngeschwindigkeit einer guten Zündschnur beträgt etwa 60 cm in der Minute.

Schwarzpulver und ähnliche Sprengstoffe werden unmittelbar durch die Stichflamme der brennenden Zündschnur zur Explosion gebracht. Zur sicheren Zündung der brisanten Sprengstoffe bedient man sich der Vermittlung der Sprengkapseln, die auf die Zündschnur geschoben und an sie angekniffen werden.

**80. Die Sprengkapseln** sind zylindrische, an dem einen Ende geschlossene Kupferhülsen, die mit einem sprengkräftigen Zündsatze gefüllt sind. Früher bestand die Füllung gewöhnlich aus Knallquecksilber, und man gebrauchte Zündhütchen mit einer Ladung von 0,3—3 g, die mit Nr. 1—10 bezeichnet wurden. Fig. 64 zeigt Sprengkapsel Nr. 3 mit 0,54 g und Nr. 8 mit 2 g Füllung. Jetzt gibt man den Kapseln vielfach eine Füllung, die nur in ihrem oberen Teile *a* (Fig. 65) aus Knallquecksilber, darunter (bei *b*) aus Trinitrotoluol oder noch häufiger aus Tetryl (Tetranitromethylanilin) besteht. Die Füllung ist durch eine gelochte Abschlußhülse *d* zusammengehalten, welche die Kapsel gegen das Eindringen von Feuchtigkeit, ebenso gegen Stoß und Schlag schützt. An Stelle des Knallquecksilbers verwendet man jetzt auch das Bleiacid.



Fig. 64. Sprengkapseln Nr. 3 u. 8.

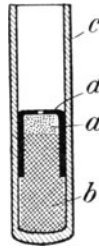


Fig. 65. Tetrylkapsel.



Fig. 66. Norres'scher Anzünder.

**81. Das Anzünden der Zündschnur** erfolgt in schlagwetterfreien Gruben mit der offenen Lampe. In Schlagwettergruben pflegte früher das Anzünden mit Stahl, Stein und Schwamm bewirkt zu werden. Da aber die ersten, aus der Schnur aussprühenden Funken die Schlagwetter zu zünden vermögen, wendet man vielfach sog. Anzünder an, bei denen die Entzündung der Schnur in einer geschlossenen Hülse vor sich geht. Der verbreitetste Zünder dieser Art ist derjenige von Norres. Er besteht aus der Papierhülse *a*

(Fig. 66), deren Ende zusammengewürgt und durch die Papierwickelung *b* verstärkt ist, und dem durchlochtem Zündhütchen *c* mit durchgeführtem Draht *d*. Beim Gebrauche wird die Zündschnur möglichst tief in die Hülse eingeführt und darauf der an seinem in der Hülse steckenden Ende spiralig aufgedrehte Draht mit kurzem Ruck herausgerissen. Durch die Reibung des Drahtes in dem Zündhütchen wird dessen Entflammung und damit diejenige der Zündschnur eingeleitet.

**82. Elektrische Zündung. Allgemeines.** Für die Zwecke der elektrischen Zündung wird in einer Stromquelle Elektrizität erzeugt. Diese wird durch Leitungen zum Sprengorte bis in die Sprengladung geführt. Hierselbst muß in dem eigentlichen Zünder Gelegenheit zum Umwandeln der Elektrizität in Wärme und zur Übertragung der Entzündung auf die Sprengladung geschaffen sein. Demgemäß sind als wesentliche Teile der elektrischen Zündung gesondert zu behandeln: Stromquelle, Leitung und Zünder. Im übrigen unterscheidet man nach den Strom- und Spannungsverhältnissen: Funkenzündung, Spaltglühzündung und Brückenglühzündung. Die Verschiedenheiten erhellen aus folgender Tafel:

Art der Zündung	Der Widerstand des einzelnen Züunders beträgt etwa  Ohm	Ein Zünder erfordert	
		eine Strom- stärke von etwa  Ampère	eine Spannung von etwa  Volt
Funkenzündung . .	1000000 u. mehr	nicht meßbar, klein	3000
Spaltglühzündung	20—100 000	$\frac{1}{5000}$ — $\frac{1}{1500}$	6—100
Brückenglühzündung	0,6—1,9	0,5—0,8	0,5—2

**83. Stromquellen.** Als Stromquellen sind hauptsächlich reibungselektrische, magnetelektrische, dynamoelektrische Maschinen und Trockenelemente eingeführt, während Starkstromleitungen nur ausnahmsweise benutzt werden. Die reibungselektrischen Maschinen, die ausschließlich für die Funkenzündung verwendet werden und nach Art der Elektrisiermaschinen gebaut sind, haben sehr an Bedeutung verloren und sind durch die anderen Zündmaschinen größtenteils verdrängt worden. Am bekanntesten war die Bornhardtsche Maschine.

**84. Die magnetelektrischen Maschinen** liefern elektrische Ströme von niederer bis zu mittlerer Spannung, die von einigen wenigen Volt bis zu mehreren Hundert Volt und darüber hinaus steigen kann. Die Maschinen sind für Brücken- und Spaltglühzünder bestimmt. Gewöhnlich sind die Maschinchen so gebaut, daß zwischen

den Polen eines oder mehrerer Magnete ein mit isolierten Drahtwickelungen versehener  $\Gamma$ -Anker (Fig. 67) in schnelle Umdrehung



Fig. 67. Magnetelektrische Zündmaschine ohne Gehäuse.

versetzt wird, wodurch in den Wickelungen Wechselströme induziert werden. Der so erzeugte Strom wird an den beiden Enden der Wicklung abgenommen, fließt unmittelbar durch die Zündanlage und bringt die Zünder zur Explosion. Fig. 68 zeigt das äußere Aussehen einer solchen Maschine, die für 1—3 Schuß bestimmt ist.

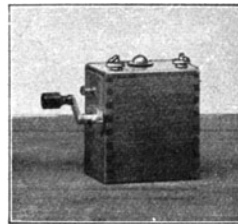


Fig. 68. Magnetelektrische Kurbelmaschine.

**85. Die dynamoelektrischen Maschinen.** Ein mit Drahtwickelungen versehener  $\Gamma$ -förmiger Anker  $T$  (Fig. 69) wird zwischen den Polen eines Elektromagneten  $m$  in Umdrehung versetzt. Infolge des in den Magnetschenkeln vorhandenen sog. remanenten Magnetismus werden in den Ankerwickelungen Wechselströme induziert, die auf einem Kollektor  $C$  gleichgerichtet werden. Der Strom durchfließt entweder im Haupt- oder im Nebenschluß die Wicklungen des Elektromagneten und verstärkt so den Magnetismus und damit wiederum die Stromstärke. Im Augenblick der höchsten Erregung wird der innere Stromkreis (z. B. durch Niederdrücken eines Unterbrechers, wie in der Figur angedeutet) geöffnet, und der ganze verfügbare Strom geht durch den äußeren Stromkreis  $LL_1$ . Fig. 70 zeigt eine solche dynamoelektrische Maschine mit Zahnstangenantrieb von der Fabrik elektrischer Zünder zu Köln.

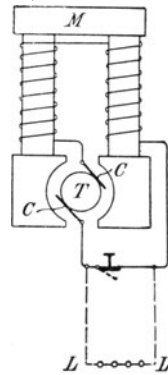


Fig. 69. Schema der dynamoelektrischen Zündmaschine.

**86. Elemente.** Von Elementen haben sich für die Zwecke der elektrischen Zündung am besten bewährt die sog. Trocken-

elemente, da sie keiner Wartung bedürfen und ohne besondere Vorsicht transportiert werden können. Am verbreitetsten sind die

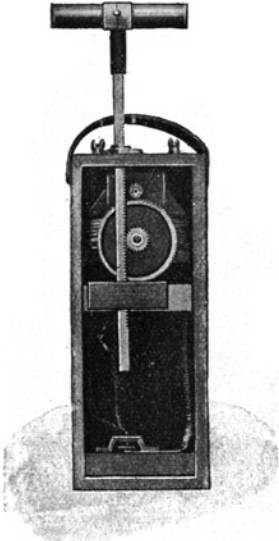


Fig. 70. Dynamoelektrische Zahnstangenmaschine.

Hellessen-Elemente mit Zink- und Kohlenelektroden und einem teigigen Elektrolyt. Fig. 71 zeigt eine solche Zündbatterie mit 5 Elementen, die eine Spannung von  $6\frac{1}{4}$ — $7\frac{1}{4}$  Volt bei  $2\frac{3}{4}$  bis 3 Ohm innerem Widerstand ergeben. Man kann damit 3 Schüsse gleichzeitig zünden.

**87. Starkstromleitungen** für die Schußzündung zu benutzen, ist unter Umständen bequem. Jedoch ist das Verfahren wegen der Möglichkeit von Erdschlüssen nur mit besonderer Vorsicht zu handhaben.

**88. Die elektrischen Zünder** bestehen aus den beiden Zuleitungsdrähten und dem Zündkopfe. In diesem ist der Zündsatz untergebracht, in den die beiden Drähte mit ihren Enden oder Polen münden. Hinzukommt für die Zündung brisanter Sprengstoffe die Sprengkapsel. Die Zünder werden entweder in fester Verbindung mit der Sprengkapsel in den Handel gebracht oder sind so eingerichtet, daß die Kapsel erst am Orte der Sprengung von dem Arbeiter auf den Zünder gesetzt wird. Die Zuleitungs-

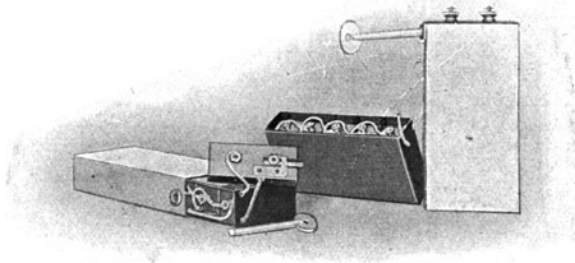


Fig. 71. Zündbatterie mit 5 Hellessen-Elementen.

drähte wählt man gewöhnlich 1,5—2 m lang. Der Zündsatz besteht in der Regel aus chlorsaurem Kali und Schwefelantimon.

Bei dem Brückenglühzünder der Fabrik elektrischer Zünder zu Köln (Fig. 72) sind auf eine Kartonpapierschicht  $\alpha$

beiderseits Metallblättchen *b b* geklebt, welche durch ein angelötetes, bügelförmig gebogenes Platindrähtchen *P* miteinander verbunden sind. Damit das Drähtchen *P* genügend lang wird, ist die Kartonpapierschicht *a* treppenförmig abgestuft, und das Drähtchen überspannt die so gebildete Stufe. Der Zündsatz *c* wird durch Eintauchen, ähnlich wie die Köpfchen der Streichhölzer, aufgebracht. Die Verbindung der Zuleitungsdrähte *ee* mit den Metallblättchen *b b* erfolgt durch Lötung. Bei den Spaltglüh- und Funkenzündern ist die Herstellung ähnlich, nur fehlt das Platindrähtchen *P*, und der Zündsatz selbst erhält durch Beimischung von Kohle oder Metallstaub eine gewisse Leitfähigkeit.

**89. Die Zeitzünder** haben den Zweck, beim Zünden mehrerer Schüsse ein Kommen derselben mit Zeitunterschieden zu bewirken. Zu diesem Zwecke wird zwischen den eigentlichen Zünder und die Sprengkapsel ein Stückchen Zündschnur geschaltet. Je nach der Länge der letzteren wird die Explosion der Sprengkapsel verzögert.

**90. Leitungen.** Für die Leitungen kommt hauptsächlich Eisen- und Kupferdraht in Betracht. Die Drähte können entweder blank oder isoliert sein. Bei niedrigen Widerständen von Zündern und Leitungen darf man blanke Leitungen anwenden. Je höher die Widerstände sind und je mehr Zünder man hintereinander schaltet, desto notwendiger wird Isolation. Ferner ist in feuchten Strecken

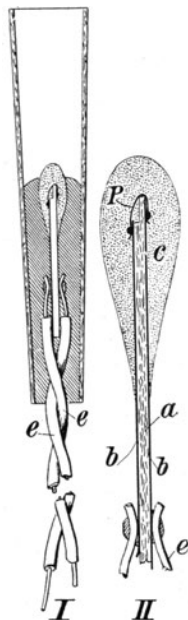


Fig. 72. Brückenglühzünder.

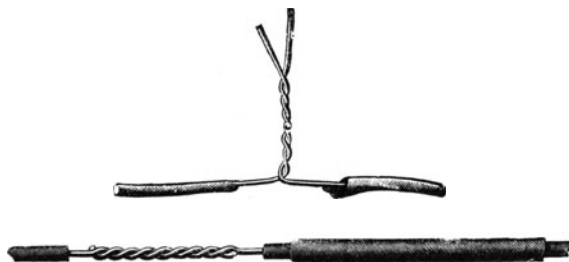


Fig. 73. Gute Leitungsverbindungen.

und bei hohen Spannungen wegen der Nebenschlußgefahr Isolation erforderlich. Sehr wichtig ist, daß die Verbindungen der Leitungen nicht durch einfaches Ineinanderhaken, sondern nach Fig. 73 durch sorgfältiges Verdrehen hergestellt werden.

**91. Prüfung.** Bei wichtigen Schüssen oder Schußreihen tut man gut, den oder die zu benutzenden Zünder vor dem Gebrauche auf ihre Leitfähigkeit zu untersuchen. Besonders gut und sicher läßt sich die Prüfung bei Brückenglühzündern, deren metallische Leitung ja nicht unterbrochen ist, vornehmen. Ergibt die Untersuchung der Zünder sowohl wie der ganzen Schußanlage richtige Leitfähigkeit, so ist mit einem sehr hohen Grade von Wahrscheinlichkeit auf das Kommen des Schusses oder der Schußreihe zu rechnen. Für solche Prüfungen gebraucht man Galvanoskope, die lediglich die Stromführung des Stromkreises bekunden, oder Ohmmeter und Meßbrücken, die gleichzeitig den Widerstand der Zündanlage messen und so die Art etwaiger Fehler besser bemerklich machen.

**92. Schaltung.** Sollen mehrere Schüsse gleichzeitig gezündet werden, so können sie hintereinander, parallel oder gruppenweise parallel geschaltet werden. Am bekanntesten ist die Hintereinanderschaltung, auch Reihen- oder Serienschaltung genannt. Bei ihr durchfließt der Strom nacheinander die sämtlichen Zünder. Bei der Parallelschaltung teilt sich der Strom und durchfließt gleichzeitig auf parallelen Zweigen die einzelnen Zünder. Für Funken- und Brückenglühzünder pflegt man die Hintereinanderschaltung als einfacher und sicherer zu bevorzugen. Für Spaltglühzünder dagegen kann die Parallelschaltung mehr am Platze sein, insbesondere wenn nicht durch die Bauart der Stromquelle dafür Sorge getragen ist, daß der Zündstrom plötzlich in voller Stärke auf die Zündanlage wirkt.

#### D. Allgemeines.

**93. Unglücksfälle bei der Schießarbeit** können durch frühzeitige Explosion beim Besetzen infolge zu rauher Behandlung der Ladung eintreten. Ferner entstehen sie dadurch, daß der Mann zu frühzeitig an den Sprengort zurückkehrt, noch ehe der Schuß gekommen ist, sei es, weil er an ein Versagen glaubt oder sei es, weil er in dem Knall sich getäuscht hat. Auch das Zurückkehren zum Schußorte, noch ehe der Qualm sich verzogen hat, bringt dem Bergmann oft den Tod. Versager können nachträglich Unglücksfälle hervorrufen, indem unexplodiert gebliebene Patronen zur Explosion gelangen, wenn sie vom Schläge der Keilhaue getroffen oder vom Bohrer angebohrt werden. In den giftigen Nachschwaden der Sicherheitsprengstoffe sind leicht Vergiftungen möglich, wenn der Mann zu früh in den dichten Qualm zurückkehrt. Auch die elektrische Zündung hat sich nicht als so sicher erwiesen, wie man gehofft hat, da des öfteren unvermutete Explosionen vorgekommen sind.

**94. Betriebsmäßige Ausführung der Sprengarbeit.** Sind beim Ansetzen der Schüsse keine freien Flächen vorhanden, zu denen der Schuß annähernd parallel angesetzt werden kann, so sucht man entweder durch die Sprengarbeit selbst „Einbruch“ herzustellen,

oder man schießt gänzlich „aus dem Vollen“. Beim Einbruch-schießen setzt man einen Schuß oder mehrere so an, daß zunächst aus dem vollen Gebirge ein Stück herausgesprengt wird, nach dessen Lösung die weiteren Schüsse annähernd parallel zu den auf diese Weise bloßgelegten Flächen angesetzt werden können. Beim Schießen

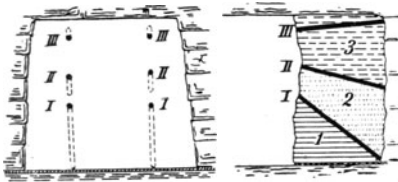


Fig. 74. Einbruch am Liegenden.

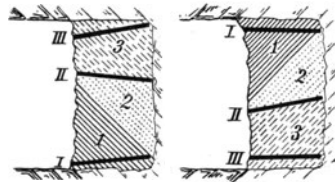


Fig. 75. Einbruch bei verschiedenem Einfallen der Schichten.

aus dem Vollen werden sämtliche Schüsse etwa senkrecht auf die zu sprengende Gesteinswand und parallel zueinander abgebohrt und gleichzeitig abgetan. Man sucht beim Einbruch-schießen die Schichtung des Gebirges möglichst auszunutzen. Fig. 74 zeigt das Ansetzen der Schüsse in einer streichenden Strecke, wenn am Liegenden eine glatte Ablösung vorhanden ist. Befindet sich die Ablösung am Hangenden, so würden die mit I bezeichneten Einbruchschüsse entsprechend nach oben verlaufen. Wenn bei Querschlägen die Schichten vom Orte wegfallen, so liegt der Einbruch zweckmäßig unten (Fig. 75, links), dagegen oben, wenn sie dem Orte zufallen (Fig. 75, rechts). Bestehen gute Ablösungen über-

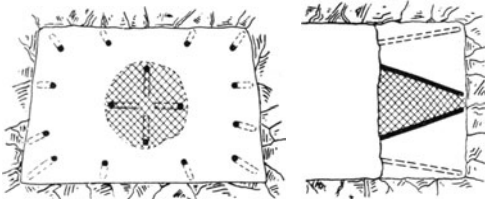


Fig. 76. Kegel-Einbruch.

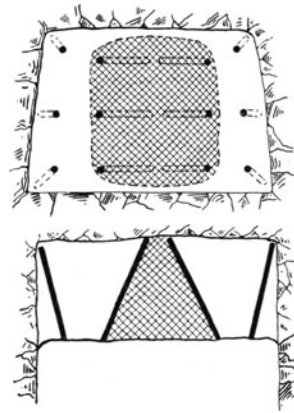


Fig. 77. Keil-Einbruch.

haupt nicht, so legt man den Einbruch etwa in die Mitte des Ortes und hebt ihn mit mehreren Schüssen kegelförmig (Fig. 76) oder keilartig (Fig. 77) heraus. Die weiteren Schüsse folgen als Kranz- oder Stoßschüsse.

Bei Einbruch-schießen und sorgsamem Ansetzen der Schüsse mit entsprechender Auswahl der Vorgaben spart man an Sprengstoffen und Bohrarbeit. Wo es auf große Beschleunigung der Arbeit

ankommt, kann Schießen aus dem Vollen trotz höherer Sprengstoffkosten mehr angebracht sein, weil man nicht mehrfach zu besetzen, zu schießen und zu bereißen braucht. Die Leistungen beim Streckenauffahren und Schachtabteufen hängen durchaus nicht allein von der Schießarbeit, sondern hauptsächlich von einer guten Überwachung des Betriebes und strengen Innehaltung der Ordnung bei der Arbeit ab.

**95. Kombiniertes Schießen.** Im Kalibergbau hat sich stellenweise eine besondere Art der Schießarbeit als vorteilhaft erwiesen, die als kombiniertes Schießen bezeichnet wird. Dieses besteht darin, daß man in das Bohrlochtiefste zunächst Dynamit und darauf etwa in doppelter Ladungslänge Sprengsalpeter bringt. Auf den Sprengsalpeter folgt ein guter und fester Besatz. Die Zündung der Ladung wird ohne Sprengkapsel allein durch eine Zündschnur bewirkt, die in der Mitte der Sprengsalpeterladung endigt und hier die Explosion einleitet.

**96. Wichtigkeit des Besatzes.** Stets und in jedem Falle ist auf guten Besatz des Sprengschusses streng zu achten. Auch bei Dynamit bedeutet ein Nichtbesetzen des Schusses eine arge Sprengstoffvergeudung. Zudem steht bei unbesetzten Schüssen leichter ein ganzes oder teilweises Auskochen der Ladung zu befürchten, so daß durchschnittlich schlechtere Nachschwaden als bei gut besetzten Schüssen zu erwarten sind.

---

#### Vierter Abschnitt.

### Die Grubenbaue.

---

**97. Überblick.** Die Grubenbaue können solche der Ausrichtung, der Vorrichtung und des Abbaues sein.

Ausrichtungsbaue sollen die Lagerstätten zugänglich machen und Vorrichtungsbaue sie in Abschnitte, wie sie für den Abbau geeignet sind, zerlegen und gleichzeitig eine zweckmäßige Förderung, Fahrung und Wetterführung ermöglichen. Beide Arten von Bauen sollen den Abbau vorbereiten. Im allgemeinen liegen Ausrichtungsbetriebe außerhalb, Vorrichtungsbetriebe innerhalb der Lagerstätten. Jedoch gibt es auch Schächte und Gesteinstrecken, die gleichzeitig als Vorrichtungsbetriebe aufzufassen sind (Stapelschächte und Abteilungsquerschläge).



## I. Ausrichtung.

### A. Ausrichtung von der Tagesoberfläche aus.

Die Ausrichtung vom Tage aus erfolgt durch Stollen oder Schächte.

**98. Stollen** sind sölilig oder nahezu sölilig in Gebirgsgegenden von den Bergabhängen aus aufgefahrene Grubenbaue, die entweder in der Lagerstätte selbst oder in querschlägiger Richtung hergestellt werden. Ein Beispiel gibt Fig. 78, die auch erkennen läßt, daß man das Vortreiben des Stollens durch Herstellung von kleinen Schächten („Lichtlöchern“ *l*), die weitere Angriffspunkte liefern und gleichzeitig zur Wetterführung und Förderung dienen, abkürzen kann.

Außer zur Ausrichtung können Stollen auch zur Wasser- und Wetterlösung dienen; solche Stollen haben namentlich früher vielfach bedeutende Längen erlangt. Ein Beispiel ist der Mansfelder „Schlüsselstollen“, der 31 km lang ist und über  $3\frac{1}{2}$  Millionen Mark gekostet hat.

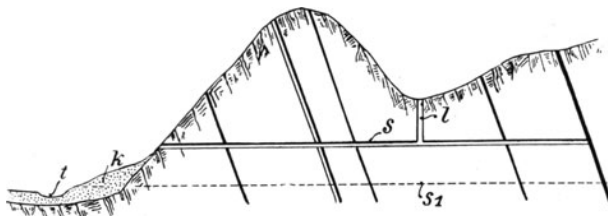


Fig. 78. Stollen mit Lichtloch.

**99. Bedeutung, Arten und Lage der Schächte.** Im ebenen Gelände beginnt die Ausrichtung durch Schächte. Die durch diese aufgeschlossenen Gruben heißen Tiefbaugruben, im Gegensatz zu den Stollengruben.

Die Schächte dienen zur Förderung, zur Ein- und Ausfahrt der Belegschaft, zum Ein- und Ausziehen des Wetterstromes, zum Einhängen von Grubenholz und sonstigen Materialien, zur Einführung der Wasser- und Druckluftrohre, Stark- u. Schwachstromkabel usw.

Werden die Schächte im Einfallen der Lagerstätten niedergebracht, so heißen sie „tonnlägig“, im Gegensatz zu den senkrecht hergestellten seigeren oder „Richtschächten“.

Tonnlägige Schächte haben verschiedene Vorteile. Während des Abteufens lernt man das Verhalten der Lagerstätten kennen und macht die Arbeit mehr oder weniger durch gewonnene Mineralien bezahlt. Auch fallen Querschläge zwischen Schacht und Lagerstätten fort. Dagegen kommen andererseits die Schächte wesentlich stärker in Druck als seigere Schächte und sind für die Förderung ungünstig wegen der längeren Förderwege und des starken Verschleißes der Fördergestelle, Schachtleitungen und Seile. Auch

eignen sie sich nicht für gefaltete Lagerstätten und für solche, über denen Deckgebirge liegt.

Seigere Schächte werden daher heute in den meisten Fällen bevorzugt.

**100. Der Schachtquerschnitt** (die „Schachtscheibe“) kann verschiedene Formen haben. Am häufigsten kommen rechteckige und kreisrunde Schächte vor. Die einzelnen Abteilungen der Schachtscheibe heißen „Trumme“ oder „Trümmer“. Um die Schachtscheibe günstig auszunutzen und insbesondere zwei Fördereinrichtungen in ihr anordnen zu können, findet man neuerdings vielfach Schächte von 6—6,5 m Durchmesser. Für Nebenschächte, die für besondere Zwecke (Bewetterung einzelner Feldesteile, Förderung von Versatzmassen u. dgl.) dienen, kommt man unter Umständen schon mit Durchmessern von 1 bis 1,5 m aus.

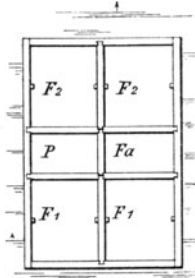


Fig. 79. Rechteckige Schachtscheibe für Doppelförderung.

Ein Beispiel für eine rechteckige Schachtscheibe mit den verschiedenen Abteilungen für die Förderung, Fahrung und Wasserhaltung bietet Fig. 79.

Kreisrunde Schächte haben gegenüber den rechteckigen wichtige Vorteile. Sie sind gegen den Gebirgsdruck widerstandsfähiger als rechteckige Schächte, haben ein günstigeres Verhältnis zwischen Umfang und Querschnitt und lassen sich in Mauerung, Beton,

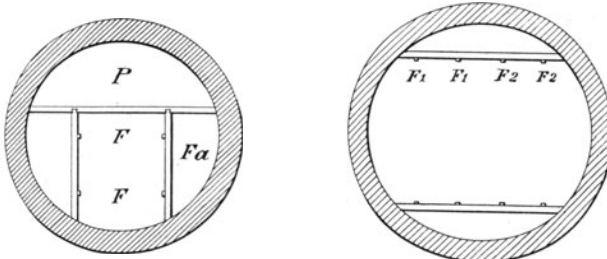


Fig. 80 und 81. Beispiele von kreisrunden Schachtscheiben für Einfach- und Doppelförderung.

Schmiede- und Gußeisen ausbauen, während rechteckige Schächte auf den Ausbau in Holz oder Profileisen beschränkt sind. Auch können nur runde Schächte wasserdicht ausgebaut werden. Fig. 80 zeigt eine Schachtscheibe für eine einfache Förderung mit breiten Fördergestellen (zwei Wagen nebeneinander), Fig. 81 eine solche für eine doppelte Fördereinrichtung mit langen Förderkörben (je 2 Wagen hintereinander). Für die Einteilung der Schachtscheibe

ist der Grundriß der auf der Grube in Verwendung stehenden Förderwagen maßgebend.

## B. Ausrichtung vom Schachte aus.

### a) Sohlenbildung.

**101. Bedeutung und Möglichkeiten der Sohlenbildung.** Die Sohlenbildung ist in den meisten Fällen notwendig, weil dadurch eine zweckmäßige Zerlegung des ganzen, für den Abbau in Betracht kommenden Gebirgskörpers in einzelne Höhenabschnitte ermöglicht wird, die in der Reihenfolge von oben nach unten abgebaut werden.

Bei ganz flacher oder nur ganz schwach und sehr regelmäßig geneigter Lagerung kann man im Steinkohlenbergbau jedes Flöz als eine Sohle für sich benutzen, indem alle Förder-, Fahr- und Wetterwege im Flöze hergestellt und Gesteinsarbeiten fast gänzlich vermieden werden.

Ist die Lagerung unregelmäßig (z. B. flachwellig) und die durchschnittliche Flözmächtigkeit nur gering, so läßt sich eine solche Sohlenbildung überhaupt nicht mehr durchführen. Daher ist es bei solchen Lagerungsverhältnissen vorzuziehen, eine Sohle mit ihren verschiedenen Fahr- und Wetterwegen unterhalb der Lagerstätten vollständig im Gestein herzustellen und von diesem Netze von streichenden und querschlägigen Gesteinstrecken aus die Lagerstätten durch kleine seigere Aufbrüche zu lösen.

Für die Sohlenabstände sind einerseits die auf einer Sohle zu erschließende Mineralmenge und andererseits die Anlage- und Unterhaltungskosten der verschiedenen Sohlenstrecken und Querschläge maßgebend. Im Steinkohlenbergbau betragen die Sohlenabstände bei flacher Lagerung 40—80 m, bei steiler 80—200 m. Planmäßiger Unterwerksbau (Ziff. 102) ermöglicht größere Sohlenabstände.

**102. Unterwerksbau.** Gewöhnlich geht der Betrieb oberhalb der Sohle um, auf der die gewonnenen Mineralien zum Schachte gelangen. Jedoch kann man auch Unterwerksbau betreiben, bei dem die Gewinnungspunkte unterhalb der Sohle liegen. Der Unterwerksbau kommt teils für einzelne, nicht von der unteren Sohle aus zu erreichende Flözteile (infolge von Gebirgstörungen, Mulden, Markscheiden), teils auch in der Weise in Anwendung, daß von einer Sohle aus die Gewinnung planmäßig sowohl nach oben als auch nach unten erfolgt.

**103. Wettersohle.** In schlagwetterführenden Steinkohlenbergwerken mit Deckgebirge muß unter diesem für die ersten Sohlen eine Wettersohle hergestellt werden, um die Betriebe auf der Sohle aufsteigend bewettern zu können. Ist das Deckgebirge wasserführend, so ist bei der Anlage der Wettersohle der erforderliche Sicherheitspfeiler nach oben inne zu halten. Ein Beispiel für eine Wettersohle gibt Fig. 82. Hier ist wegen des nördlichen Einfallens der Oberfläche des Steinkohlengebirges unter dem Deckgebirge die nördliche Wettersohle tiefer angesetzt als die südliche.

Beim Vorrücken in größere Tiefen wird jede Fördersohle später als Wettersohle für die nächstfolgende Fördersohle benutzt.

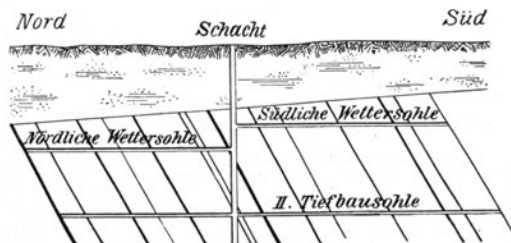


Fig. 82. Wettersohle unter dem Mergel in Westfalen.

### b) Allgemeines über die Grubenbaue auf den einzelnen Sohlen.

**104. Übersicht.** Auf den einzelnen Sohlen kommen folgende Aus- und Vorrichtungsbau in Betracht:

1. im Gestein:
  - quer zur Streichrichtung: Querschläge,
  - in der Streichrichtung: Gestein- oder Richtstrecken,
  - seiger: blinde Schächte aller Art;
2. in den Lagerstätten:
  - in der Streichrichtung: Sohlen und Teilsohlenstrecken, Abbaustrecken,
  - quer zur Streichrichtung (nur in besonders mächtigen Lagerstätten): Querstrecken,
  - in der Falllinie nach oben (schwebend): Überhauen aller Art, Bremsberge,
  - in der Falllinie nach unten (abfallend): Abhauen, Haspelschächte,
  - zwischen Streich- und Fallrichtung: Diagonalen.

### c) Ausrichtungsbetriebe im einzelnen.

#### 1. Querschläge.

**105. Hauptquerschläge** sind die wichtigsten Querschläge, da sie, vom Schachte ausgehend, das Gebirge in der ganzen Feldesbreite quer zum Streichen durchörtern und Hauptförder- und Wetterwege sind.

Für die Wasserabführung werden die Querschläge mit einer Wasserseige versehen, die in der Regel, um die Bahn für die vollen Förderwagen möglichst weit von ihr entfernt halten zu können, an einem Stoß nachgeführt wird.

Für das Ansteigen der Hauptquerschläge nimmt man im allgemeinen zum Anhalt, daß die Förderung eines vollen Wagens

mit Gefälle eine gleiche Arbeitsleistung erfordern soll, wie die eines leeren Wagens gegen das Gefälle. Dieser Regel entspricht bei guter Ausführung des Unterbaues und der Förderwege ein Ansteigen von etwa 1:250. Sollen Berge ins Feld gefördert werden, so wird das Ansteigen vielfach geringer genommen (1:500 bis 1:1000), man findet sogar totsöhlig aufgefahrene Querschläge, sofern die Rücksicht auf den Wasserabfluß sie gestattet.

**106. Abteilungsquerschläge.** Die streichenden Baulängen seitlich des Hauptquerschlags werden bei gruppenweisem Auftreten der Flöze in Bauabteilungen zerlegt, die durch Abteilungsquerschläge (Fig. 83, rechts) gelöst und mit Hauptförderstrecken verbunden werden. Man erzielt dadurch eine größere Zahl von Angriffspunkten, vermeidet das lange Offenhalten von Förder- und Wetter-

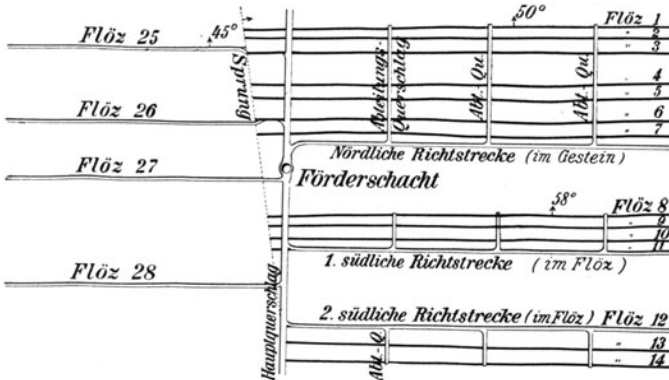


Fig. 83. Verschiedene Ausrichtung in einem festen, flözarmen (links) und einem druckhaften, flözreichen (rechts) Gebirgsmittel.

strecken in den einzelnen Flözen, da diese Strecken nur während des Abbaues einer Abteilung unterhalten zu werden brauchen, und ermöglicht die Bewetterung der einzelnen Abteilungen mit Teilströmen.

Die Abstände der Abteilungsquerschläge schwanken entsprechend der Länge der Bauabteilungen im allgemeinen zwischen 300—600 m, doch kommen in besonders druckhaftem Gebirge und bei starker Brandgefahr in den Flözen auch Abteilungen von nur 100—200 m Länge vor.

Bei geringer streichender Gesamtbaulänge, unbedeutender Grubengasentwicklung und festem Nebengestein kann (gemäß Fig. 83, links) von der Bildung von Abteilungen abgesehen werden, zumal wenn die Zahl der Flöze nur gering ist und sie nicht in ausgesprochenen Gruppen auftreten.

**107. Weitere Arten von Querschlägen** sind die Wetter-, Sumpf- und Ortquerschläge. Die ersteren dienen zur Abführung

der Wetter einer unteren Sohle. Die Sumpfquerschläge stellen die Verbindung zwischen Schacht und Pumpensumpf her und dienen gleichzeitig in Verbindung mit diesem und den Sumpfstrecken als Ausgleichbehälter für die Wasserhaltung. Ortquerschläge sind kleine Querschläge auf den einzelnen Abbauörtern, die besonders beim Stapelbau (Ziff. 108) Anwendung finden.

## 2. Blinde Schächte.

**108. Erläuterung.** Blinde Schächte sind alle seigeren Schächte, die nicht zutage ausgehen. Während der Herstellung heißen sie

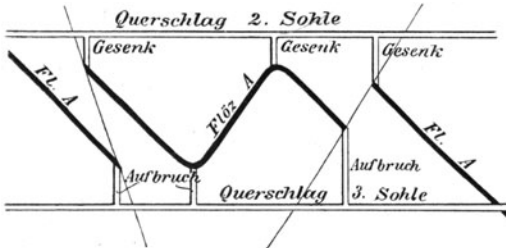


Fig. 84. Lösung von nicht bis zur Sohle reichenden Flözteilen durch blinde Schächte.

„Aufbrüche“, wenn sie von unten herauf, „Gesenke“, wenn sie von oben herab hergestellt werden.

Große blinde Schächte sind solche, die von einer Stollensohle aus abgeteuft sind und die gesamte Förderung der Grube

dem Stollen zuzuheben haben, oder solche, die zwei Fördersohlen miteinander verbinden und zur Entlastung eines durch die Förderung stark in Anspruch genommenen Hauptförderschachtes dienen, auch zur Aus- und Vorrichtung einer neuen Sohle nutzbar gemacht werden können.

Kleine Aufbrüche oder Gesenke ergeben sich aus der Notwendigkeit, Lagerstättenteile, die infolge einer Mulden- oder Sattelbildung oder infolge einer Gebirgstörung oder der Lage zur Markscheide nicht bis zur oberen oder unteren Sohle durchsetzen, zum Zwecke der Förderung und Wetterführung mit den Sohlen zu verbinden (Fig. 84).

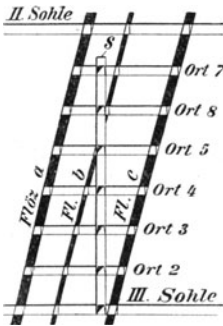


Fig. 85. Lösung einer kleinen Flözgruppe durch einen Stapelschacht.

„Stapelschächte“ sind blinde Schächte, die einzelne Flözgruppen zusammenfassen. Ein Stapelschacht wird durch Fig. 85 veranschaulicht. Die einzelnen Flöze werden von sämtlichen Abbaustrecken aus durch sog. „Ortquer-

schläge“ mit dem Aufbruch verbunden. Solche Stapelschächte sind bedeutend leistungsfähiger als Bremsberge, auch geraten sie weniger in Druck als diese. Stärker belastete Bremsschächte pflegt man durch Einschaltung einer Zwischensohle zu teilen, um ihre Leistungsfähigkeit zu erhöhen.

**109. Herstellung der blinden Schächte.** Der Querschnitt der blinden Schächte ist in der Regel rechteckig. Es sind ein- und zweitrümmige Schächte zu unterscheiden. Erstere überwiegen weit- aus bei Stapelschächten, weil bei diesen durchweg mehrere Anschlagpunkte vorhanden sind. Sie brauchen außer dem Förder- und Fahrtrumm nur noch ein Trumm für das Gegengewicht, das hier der Raumersparnis halber lang und schmal gehalten wird. Zweitrümmige Bremsschächte werden bevorzugt, wenn jedesmal nur ein Anschlagpunkt vorhanden ist.

Die Herstellung der blinden Schächte erfolgt meist durch Aufbrechen von unten her, wobei man wegen der einfachen Förderung und Wasserlösung große Leistungen erzielen kann. Die gewonnenen Berge bleiben, soweit sie im Aufbruch Platz finden, am besten liegen, um die auf einer Bühne stehenden Arbeiter vor Absturz noch weiter zu sichern. Die einzelnen Abteilungen des Querschnitts (Bergetrumm, Fahrtrumm, Wetter- und Holzfördertrumm) verteilt man am besten gemäß Fig. 86 entsprechend der endgültigen Einteilung, damit der endgültige Ausbau gleich beim Hochbrechen eingebracht werden kann. Die infolge der Auflockerung in dem Bergetrumm  $R$  nicht Platz findenden Berge müssen unten mittels eines Schiebers abgezogen werden. Auch kann man für diese überschüssigen Bergemengen ein besonderes Rolloch einrichten. Die Holzförderung erfolgt durch eine einfache Rolle, die oben aufgehängt und über die ein Seil geführt wird.

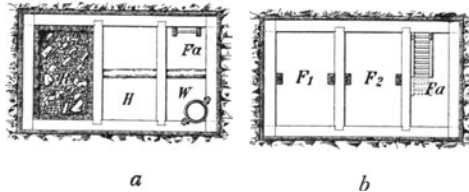


Fig. 86. Querschnitt eines zweitrümmigen Aufbruchs während (a) und nach (b) der Herstellung.

Die infolge der Auflockerung in dem Bergetrumm  $R$  nicht Platz findenden Berge müssen unten mittels eines Schiebers abgezogen werden. Auch kann man für diese überschüssigen Bergemengen ein besonderes Rolloch einrichten. Die Holzförderung erfolgt durch eine einfache Rolle, die oben aufgehängt und über die ein Seil geführt wird.

## II. Vorrichtung.

**110. Vorbemerkung.** Die rechtzeitige Vorrichtung wird durch die Abteilungsquerschläge und durch die Aufbrüche begünstigt. Erstere gestatten die gleichzeitige Auffahrung der Grundstrecken und Bergberge in benachbarten Abteilungen, letztere die Teilsohlenbildung.

**111. Baufelder.** Die streichende Länge der vorzurichtenden Bauabschnitte wird bei der gewöhnlichen Bergbergförderung in mächtigen Flözen geringer als in schmalen genommen wegen des starken Gebirgsdruckes und des langsameren Verhiebs.

Ferner werden die Baulängen bei druckhaftem Nebengestein geringer gewählt, um die Abteilungen vor zu starkem Drucke in den Förderstrecken wieder abwerfen zu können. Auch die Rücksicht auf die Schlepperförderung kommt in Betracht, die bei uns

im allgemeinen Längen von mehr als 200 m nicht erwünscht erscheinen läßt.

Die flache Bauhöhe ist so zu wählen, daß einerseits eine genügende Ausnutzung der Bremsbergförderung ermöglicht, andererseits eine genügend rasche Abförderung der gewonnenen Massen erzielt und eine stärkere Verschlechterung der Wetter bis zu den obersten Betrieben verhütet wird. Im allgemeinen rechnet man mit flachen Bauhöhen von 80—150 m.

### 1. Strecken im Streichen.

**112. Grundstrecken.** Die Grund- oder Sohlenstrecken dienen zur Erkundung des Verhaltens von Lagerstätte und Nebengestein sowie zur Vorrichtung weiter im Streichen liegender Bauabteilungen.

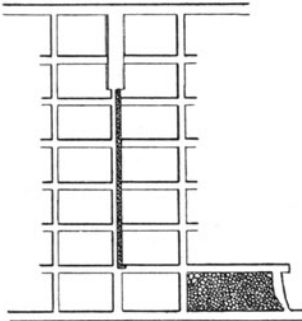


Fig. 87. Bremsbergerherstellung und Breitaufhauen einer Grundstrecke bei steller Lagerung.

Nach Beendigung des Abbaues über ihnen sind sie Wetterstrecken für den tiefer umgehenden Abbau.

Um die Bewetterung zu erleichtern und für den Fall eines Streckenbruches den Leuten einen Fluchtweg offen zu lassen, fährt man Grundstrecken meist mit Begleitort auf, indem man entweder den Sohlenpfeiler anstehen läßt und nur mit Durchhieben für die Bewetterung durchörtert oder beide Strecken (Fig. 87) mit Abbau des Sohlenpfeilers („Breitaufhauen“) zu Felde führt. Letzterer Betrieb wird wegen seiner einfachen und günstigen Bewetterung

wegen der Entlastung der Strecke vom Gebirgsdruck nach dem Zusammenpressen des Versatzes, wegen der guten Hauerleistung und der vollständigen Gewinnung der Kohle in frischer und stückreicher Beschaffenheit bevorzugt.

Vielfach geht man bei großer Mächtigkeit der Lagerstätte mit den Strecken gänzlich aus der letzteren heraus ins Nebengestein und zwar ins Liegende, zur Vermeidung von Druck durch den Abbau, und löst von den Strecken aus die Lagerstätte durch eine Reihe kurzer Querschläge.

**113. Teilsohlenstrecken** dienen dazu, die flache Bauhöhe einer Lagerstätte zwischen zwei Fördersohlen in einzelne Bauabteilungen zu zerlegen, um zu lange Bremsberge zu vermeiden und durch Schaffung einer größeren Anzahl von Angriffspunkten den Abbau beschleunigen zu können. Sie finden daher besonders bei flacher Lagerung wegen der wesentlich größeren Bauhöhe Verwendung.

Die zwischen den einzelnen Sohlen- und Teilsohlenstrecken getriebenen Abbaustrecken werden im Abschnitt „Abbau“ besprochen.



**114. Die Hauptförderstrecken**, die ihre Hauptbedeutung für Steinkohlengruben mit zahlreichen Flözgruppen und großen streichenden Baulängen haben, sollen die Förderung der Abteilungsquerschläge sammeln und dem Hauptquerschläge zuführen (Fig. 83, rechts). Sie müssen möglichst dem Gebirgsdruck entzogen werden, um Störungen der Förderung durch Brüche zu verhüten. Man fährt sie daher vielfach in unbauwürdigen Flözen mit gutem Nebengestein oder ganz im Nebengestein auf. Im letzteren Falle kann man sie völlig geradlinig als „Richtstrecken“ treiben, was besonders bei flacher Lagerung vorteilhaft ist.

**115. Sonstige streichende Strecken** sind noch Wetter- und Sumpfstrecken, die den gleichen Zwecken wie Wetter- und Sumpfstrecken dienen.

Im allgemeinen werden freilich einfach die früheren Förderstrecken der höheren Sohlen und Teilsohlen später als Wetterstrecken benutzt.

## 2. Strecken im Einfallen.

Die im Einfallen der Lagerstätten aufwärts oder abwärts getriebenen Vorrichtungstrecken dienen zur weiteren Einteilung der Lagerstätten sowie zur Förderung, Fahrung und Wetterführung.

**116. Überhauen.** Hierhin gehören zunächst die Überhauen, die teils als solche dauernd benutzt werden (Fahr- und Wetterüberhauen), teils später als Bremsberge oder Rolllöcher ausgebaut werden.

Kleine Überhauen zwischen zwei Abbaustrecken nennt man „Durchhiebe“.

**117. Die Bremsberge** (vgl. Ziff. 329 u. f.) sind die wichtigsten schwebenden Vorrichtungsbetriebe. Sie finden bei flacher sowohl wie bei steiler Lagerung Verwendung. „Örtersbremsberge“ sind Bremsberge mit Zwischenanschlügen, die die von einer Anzahl Abbaustrecken gelieferte Fördermenge der nächsten Sohlen- oder Teilsohlenstrecke zuführen sollen. Sie werden durchweg für eintrümmige Förderung eingerichtet und nur verhältnismäßig kurze Zeit benutzt. „Transportbremsberge“ sind solche, die das auf einer Teilsohle angekommene Fördergut zur Hauptfördersohle herunterfördern, also länger betriebsfähig bleiben sollen.

Für jedes Bremsbergfeld ist eine Fahrverbindung von unten nach oben vorzusehen. Bei zweiflügeligem Betriebe wird vielfach für jeden Bauflügel eine solche Verbindung hergestellt, doch kann man auch mit einem einzigen Fahrüberhauen auskommen und dieses durch Umbrüche auf den einzelnen Strecken mit der anderen Seite verbinden.

Am Fuße der Bremsberge sind Vorkehrungen zum Schutze der Grundstrecke gegen abstürzende Wagen zu treffen, auch ist hier in der Regel ein wetterdichter Abschluß zur Verhütung von

Wetterverlusten durch den Bremsberg vorzusehen. Einen Anschlag für steiles Einfallen (Umbruch im Liegenden) zeigt Fig. 88, einen solchen für flaches Einfallen (Umbruch im Hangenden) Fig. 89.

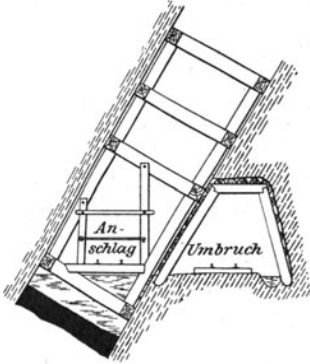


Fig. 88. Bremsberganschlag mit Umbruch im Liegenden bei steilerem Einfallen.

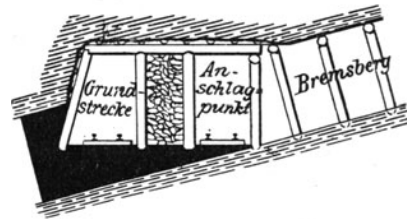


Fig. 89. Bremsberganschlag mit Bergemauer bei flacher Lagerung.

beim Unterwerksbau erforderlich, werden aber öfter wegen ihrer Schlagwettersicherheit oder auch der Zeitersparnis halber auch oberhalb einer Hauptfördersohle an Stelle von Überhauen hergestellt.

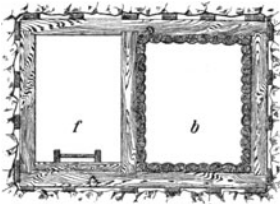


Fig. 90. Bergerolloch mit Fahrtrumm.

**119. Rolllöcher** (Rollkasten, Rollen) bilden bei steilerer Lagerung einen billigen Ersatz für Bremsberge, eignen sich aber nur für Fördergut, das einer rauhen Behandlung ausgesetzt werden kann (Erze, Salze, Versatzberge, Braunkohle). Im Steinkohlenbergbau beschränkt ihre Verwendung sich fast ausschließlich auf die Bergförderung. Sie müssen mit einer Schutzverkleidung ausgerüstet und mit einer Fahrabteilung versehen werden, damit Verstopfungen gefahrlos beseitigt werden können. Ein Beispiel gibt Fig. 90.

### III. Abbau.

**120. Allgemeine Erfordernisse.** Für den Abbau ist zunächst Vollständigkeit der Gewinnung der vorhandenen Mineralien wesentlich. Der sog. „Raubbau“, d. h. die Beschränkung des Abbaues auf die wertvollsten Lagerstätten und Lagerstättenteile, ist unbedingt zu verwerfen.

Im allgemeinen wird das hangende Flöz vor dem liegenden abgebaut, weil sonst der Abbau im hangenden Flöze durch denjenigen im liegenden erschwert und gefährdet wird. Besonders bei flacher Lagerung sowie beim Abbau ohne Versatz ist darauf zu achten.

Der Abbau soll der Vorrichtung so rasch wie möglich folgen.

**121. Unterschiede.** Bei Bremsbergförderung unterscheidet man den einflügeligen und den zweiflügeligen Abbau. Im allgemeinen wird der zweiflügelige bevorzugt, da er die doppelte Angriffsfläche und Fördermenge liefert. Seinem Grundgedanken nach einflügelig ist der Strebbau mit wanderndem Bremsberge (Ziff. 134) und der Abbau mit maschineller Förderung vor Ort (Ziff. 139).

Man unterscheidet drei Hauptgruppen von Abbauarten, nämlich:

1. den Bruchbau,
2. den Abbau mit Bergeversatz und
3. den Abbau mit Bergfesten.

Grundsätzlich verdient der Abbau mit Bergeversatz den Vorzug, da er bei nicht zu starker Beunruhigung des Gebirges einen möglichst vollständigen Abbau gestattet.

**122. Verhieb.** Beim Abbau werden stets einzelne Stöße gebildet, die im einzelnen gemäß Fig. 91 in verschiedener Weise in Angriff genommen werden. Maßgebend ist dabei einmal der Verlauf der Schlechten in der Kohle (Ablösungen, in der Figur durch weiße Linien angedeutet), da ein senkrecht gegen dieselben gerichtetes Vorgehen die Gewinnung wesentlich erleichtert. Außerdem kommt namentlich bei steilem Einfallen die Gefahr des Stein- und Kohlenfalles in Betracht. Gegen den Steinfall sichert man sich durch Voranstellung des unteren Teiles, gegen den Kohlenfall durch Voranstellung des oberen Teiles des Stoßes. Der schwebende oder abfallende Verhieb eignet sich für flachere Flözneigung.

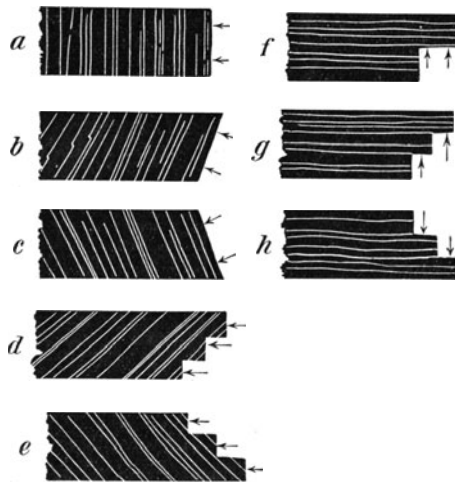


Fig. 91. Verschiedene Verhiebarten beim Abbau. Die Pfeile bezeichnen die Richtung des Verhiebes, die dünnen Linien die Schlechten.

### I. Abbauverfahren ohne Unterstützung des Hangenden.

**123. Pfeilerbau.** Von den hier in Betracht kommenden Abbauarten ist der Pfeilerbau die wichtigste. Bei ihm geht dem eigentlichen Abbau eine Einteilung des Baufeldes durch Abbaustrecken in einzelne Pfeiler voraus, damit man den alten Mann, den man zu Bruche gehen läßt, beim Abbau hinter sich lassen, d. h. an der Grenze des Baufeldes („Pfeilerrückbau“) den Abbau beginnen kann. Wegen des Zubruchbauens des Hangenden heißt der Pfeilerbau auch „Pfeilerbruchbau“.

**124. Der streichende Pfeilerbau.** Die Zahl der Abbaustrecken, d. h. die Stärke der Pfeiler richtet sich nach der Beschaffenheit des Nebengesteins sowie nach dem Fallwinkel und der Flözmächtigkeit.

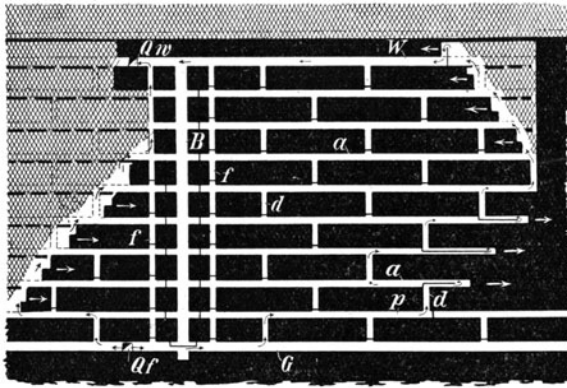


Fig. 92. Schema des Streckenbetriebes und Abbaues beim streichenden Pfeilerbau. *G* Grundstrecke, *p* Begleitort, *Qf* Förderquerschlag, *Qw* Wetterquerschlag, *B* Bremsberg, *f* Fahrüberhauen, *W* Wetterstrecke, *aa* Abbaustrecken, *dd* Durchhiebe.

keit. Sie kann größer genommen werden bei festem Nebengestein, steilerem Fallwinkel und geringer Flözmächtigkeit. Auf gleichbleibende Stärke der Pfeiler, also parallelen Verlauf der Abbaustrecken ist besonderer Wert zu legen. Die oberste Strecke muß die Baugrenze zuerst erreichen, da beim Rückbau der Verhieb mit dem obersten Pfeiler beginnt. Die übrigen Strecken und Pfeiler folgen in Abständen von 5–10 m nach. Wie Fig. 92 erkennen läßt, können die Strecken beim Auffahren durch Durchhiebe zwischen den einzelnen Strecken mit angeschlossenen Wetterscheidern oder -Lutten bewettert werden.

Beim Rückbau der Pfeiler ist bei steiler Lagerung eine Sicherung gegen Steinfall aus dem zu Bruche gehenden alten Mann über ihnen erforderlich, was durch Anstehenlassen einer Schwebe am oberen Rande eines jeden Pfeilers erfolgen kann. In dieser

müssen etwa alle 5 m Durchbrüche für den Wetterzug hergestellt werden, der gemäß Fig. 92 (links) einfach an sämtlichen Pfeilerstößen entlang nach oben steigt. Vielfach ersetzt man aber die Schweben wegen der großen Kohlenverluste durch einen Stempelschlag in der Sohle jeder Abbaustrecke oder (in dünneren Flözen) durch die vom Nachreißen der Strecken stammenden Berge. Der Grundstreckenpfeiler wird, soweit er nicht schon bei der Vorrichtung mit Versatz abgebaut ist, zum Schutze der Grundstrecken und späteren Wetterstrecken anstehen gelassen. Auch der Bremsberg muß durch Sicherheitspfeiler geschützt werden, falls er nicht schon vorher in Bergeversatz gesetzt worden ist. Die Wiedergewinnung der Sicherheitspfeiler ist wegen des später immer mehr steigenden Gebirgsdruckes vielfach unmöglich.

**125. Der schwebende und diagonale Pfeilerbau.** Beim schwebenden und diagonalen Pfeilerbau werden die Vorrückungstrecken schwebend bzw. diagonal aufgefahren und sodann die Pfeiler in umgekehrter Richtung zurückgebaut. Die Verfahren kommen nur bei flacher Lagerung in Betracht und sind wegen der Schlagwettergefahr infolge der ansteigenden Streckenbetriebe nicht zu empfehlen.

**126. Beurteilung.** Der Pfeilerbau hat den Vorzug der allgemeinen Anwendbarkeit in allen solchen Lagerstätten, in denen nicht reichlicher Bergesfall oder die Notwendigkeit, die Hohlräume auszufüllen, ohne weiteres zum Abbau mit Versatz nötigen.

Dagegen ergeben sich beim Pfeilerbau Kohlenverluste von 20—30 pCt. und mehr. Die Wetterführung ist sehr ungünstig, sowohl an und für sich als auch wegen der im alten Mann zurückbleibenden Kohle mit ihrer Gas- und Wärmeentwicklung. Auch wird das Gebirge stark in Bewegung gebracht und dadurch in größeren Tiefen ein immer stärkerer Gebirgsdruck hervorgerufen. Die Bergschäden sind demgemäß bedeutend. Dazu kommt die Verschlechterung der Kohle durch Entgasung und Zerdrückung.

In wirtschaftlicher Hinsicht steht dem Vorteil, daß die Kosten für den Bergeversatz fortfallen, die Verteuerung des Abbaues durch das Auffahren der vielen Strecken und Durchhiebe und durch die hohen Kosten für die Unterhaltung der Strecken und Bremsberge gegenüber.

**127. Der Pfeilerbau in einzelnen Abschnitten (Bruchbau)** wird auf flach gelagerten, mächtigen Flözen angewendet. Solche sind die „Sattelflöze“ (4—15 m mächtig) im oberschlesischen Steinkohlenbecken sowie die meisten deutschen Braunkohlenflöze.

Bei dem Bruchbau auf den Sattelflözen sind die beim Rückbau der Pfeiler gebildeten einzelnen Abschnitte meist 7—8 m breit. Nachdem in der Firste der Abbaustrecke bis zum Hangenden hochgebrochen ist, wird die im Pfeilerabschnitt anstehende Kohle (in der Regel durch firstenartigen Verhieb, Fig. 93) angegriffen.

Bei größerer Flözmächtigkeit und geringer Festigkeit des Hangenden läßt man zunächst (Fig. 94) am Umfang des Abschnitts Kohlenbeine *B* und *P* stehen. Nach beendigtem Verhieb werden die Beine noch so weit wie möglich herein gewonnen, worauf dann

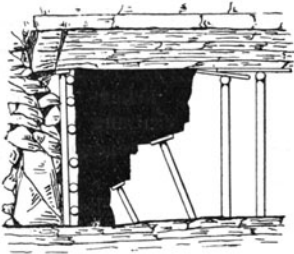


Fig. 93. Firstenverhieb beim ober-schlesischen Pfeilerbau.

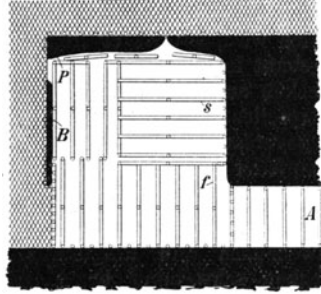


Fig. 94. Verzimmerung eines Abschnitts beim ober-schlesischen Pfeilerbau.

durch Rauben der Zimmerung der ausgekohlte Abschnitt zu Bruch geworfen wird. Die vordere und untere Kante des Abschnitts wird nach der Figur durch dicht gestellte Stempel begrenzt, die sog. „Orgeln“ bilden und später die Nachbarabschnitte gegen den alten Mann schützen.

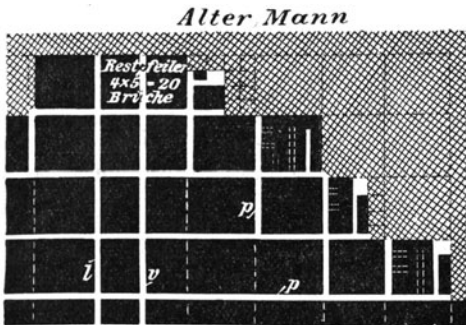


Fig. 95. Deutscher Braunkohlenbruchbau.

Liegen die Gebirgsverhältnisse günstig, so kann ohne Bein gearbeitet werden, es muß dann aber die Zimmerung an der oberen und hinteren Grenze jedes Abschnitts entsprechend verstärkt werden.

Im Braunkohlenbergbau sind die aus lockeren Gebirgsmassen bestehenden Deckgebirgsschichten vielfach von so geringer Mächtigkeit, daß die geworfenen Brüche sich gleich bis zur Erdoberfläche fort-pflanzen. Liegt das Flöz flach und ist seine Mächtigkeit groß, so wird der Abbau in horizontalen Bauabschnitten geführt. Geneigte Flöze von geringer Mächtigkeit werden mit Bauabschnitten, die im Einfallen liegen, abgebaut. Ein Beispiel für den Abbau in horizontalen Scheiben gibt Fig. 95. Von der Hauptförderstrecke

aus werden durch die mit Begleitstrecken  $l$  aufgefahrenen Hilfstrecken  $v$ , deren Abstand 100—300 m beträgt, Hauptabschnitte gebildet, die durch ein Netz von streichenden und querschlägigen Strecken  $p\ p$  in eine Reihe von Bruchabschnitten geteilt werden. Der einzelne Bruch erhält etwa 12—20 qm Fläche. Die Abgrenzung der Brüche erfolgt durch die in der Figur teilweise gestrichelt dargestellten Hilfstrecken. Die Firste wird durch Stempel mit Kappe und Querpfehlen gesichert. Bei gebräucher Kohle muß man um den Bruch herum gegen den alten Mann Kohlenbeine stehen lassen. Zur Verringerung der Kohlenverluste ersetzt man aber vielfach die Beine durch Schutzstempel („Orgeln“).

## II. Abbauverfahren mit Unterstützung des Hangenden.

### 1. Allgemeines über den Abbau mit Bergeversatz.

**128. Vorteile.** Durch das Einbringen von Bergeversatz können zwar nur bei äußerst sorgfältiger Ausführung des Versatzes Gebirgsbewegungen nahezu vermieden werden; stets aber werden die Senkungen verringert und verlaufen milder und gleichmäßiger.

Außerdem ermöglicht der Bergeversatz eine gute Zusammenhaltung des Wetterstroms und einen wesentlich reineren Abbau, verringert die Unfälle durch Stein- und Kohlenfall und den allgemeinen Gebirgsdruck wesentlich und drückt die Holzkosten herunter. Dazu kommt eine günstige Hauerleistung und der Wegfall der Aufwärtsförderung der Berge im Schachte sowie des Haldensturzes und überdies die Gewinnung der Kohle in gas- und stückreicher Beschaffenheit.

**129. Verschiedene Ausführung des Versatzes.** Die Wirksamkeit des Versatzes hängt von der Art des Versatzgutes und seiner Einbringung und von der Neigung der Lagerstätten ab. Feinkörniges Versatzgut wie Sand u. dgl. trägt bedeutend besser als grobe Berge, die sich stärker zusammendrücken. Bei flachem Einfallen ist ein ordnungsmäßiger Versatz, sofern er durch die Leute eingebracht werden soll, schwer zu erreichen. Außerdem kann ein Versatz mit eigenen, d. h. aus dem Bahnbruch oder aus einem Bergmittel oder Nachfallpacken stammenden Bergen die Senkungen nicht verhüten, sondern nur verzögern. Wirksam ist auf die Dauer nur der Versatz mit fremden, d. h. von anderswoher zugeführten Bergen, weil nur diese einen wirklichen Ersatz für die gewonnenen Mineralien bieten.

**130. Wirkung des Versatzes beim Abbau.** Hinter dem Abbaustoß setzt sich das Hangende auf den Versatz, und zwar bei genügend raschem Vorrücken des Abbaues ohne Bruch; das Hangende folgt also in Gestalt einer „Welle“ dem Abbaustoß (Fig. 96). Es wirkt daher durch einen mäßigen Druck auf den Stoß im Sinne einer Erleichterung der Kohlegewinnung, wenn auf richtigen Fortschritt der Abbaustöße geachtet wird.

Auf Nachbarflöze wirkt der Abbau mit Bergeversatz in einem Flöze dadurch, daß der Versatz, solange er noch nicht zusammengepreßt ist, nachgibt und so einen stärkeren Druck des Hangenden in den Nachbarflözen und seine Ausnutzung für die Gewinnung verhindert.

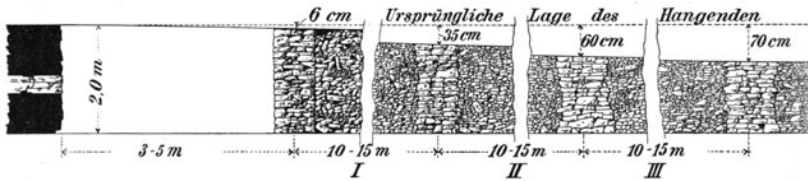


Fig. 96. Verlauf der Senkung des Hangenden beim Abbau mit Bergeversatz.

**131. Beschaffung der Versatzberge.** Bei dem Versetzen der eigenen Berge muß das Schüttungsverhältnis, d. h. das Verhältnis zwischen dem Raummaß der hereingewonnenen und dem der anstehenden Berge in Rechnung gestellt werden, das etwa zwischen 1,5:1 und 2:1 schwankt. Man kann danach berechnen, wieviel Abbauraum z. B. mit dem Inhalt eines Bergmittels versetzt werden kann.

Fremde Berge stammen aus den verschiedenen Gesteinsarbeiten in der Grube, ferner aus den Aufbereitungsbetrieben, aus alten Bergehalden und aus den Schlacken- und Aschenhalden benachbarter Hüttenwerke. Auch Kesselasche kann benutzt werden. Reichen diese Berge nicht aus, so muß man zur Gewinnung von Versatz in Steinbrüchen und Sandgruben oder in besonderen unterirdischen Hohlräumen („Bergmühlen“) schreiten.

## 2. Der Strebbau.

**132. Wesen des Strebbaues.** Beim Strebbau wird die ganze Höhe des Abbaustößes einer Bauabteilung gleichzeitig, vom Bremsberge aus vorrückend, angegriffen. Die Förderung erfolgt nach rückwärts durch Strecken, die im Versatz ausgespart werden. Wird der Verhieb entlang einer ununterbrochenen Linie geführt, so handelt es sich um den Abbau „mit breitem Blick“ (Fig. 97, links), andernfalls um denjenigen „mit abgesetzten Stößen“ (Fig. 97, rechts). Wenn die Flözneigung und die Festigkeit des Hangenden den ersteren Abbau ermöglichen, so verdient er den Vorzug wegen seiner günstigeren Wetterführung, der gleichmäßigen Nachsenkung des Hangenden und der Möglichkeit, maschinelle Schrämarbeit in großem Maßstabe anzuwenden.

**133. Der streichende Strebbau** wird in seiner Ausführung bei flacherer Lagerung durch Fig. 97 dargestellt. Wird er in steil einfallenden Flözen geführt, so müssen die Stöße abgesetzt werden. Bei festem Hangenden und mäßiger Flözmächtigkeit kann man dann den einzelnen Strebstößen eine größere Höhe geben und jeden wieder



in Absätzen angreifen lassen, um ihn mit mehreren Hauern belegen zu können. (S. auch Firstenbau.)

Die im Versatz nachgeführten Strecken liegen bei mittlerem und steilem Einfallen an der oberen Grenze des zugehörigen Strebs, bei flachem Einfallen in der Mitte desselben, um in diesem Falle

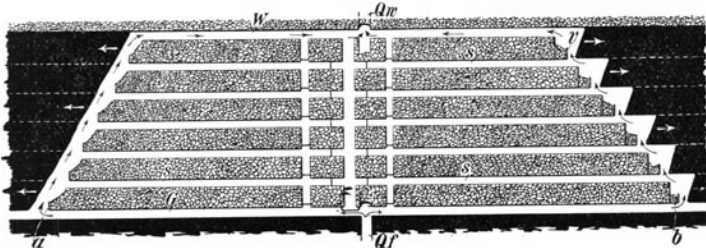


Fig. 97. Schema des Strebbaus mit breitem Blick (links) und mit abgesetzten Stößen (rechts).

das Versetzen und die Abförderung der Kohlen vom Abbaustöß zu erleichtern. In steil geneigten Flözen muß das Abrutschen des Versatzes in die Strecken durch sorgfältiges Abfangen desselben mittels eines besonderen Stempelschlages („Bergekastens“) verhütet werden.

**134. Strebbau mit wandernden Bremsbergen.** Bei dem als „Aufrollen“ der Bremsbergfelder bezeichneten Abbauverfahren

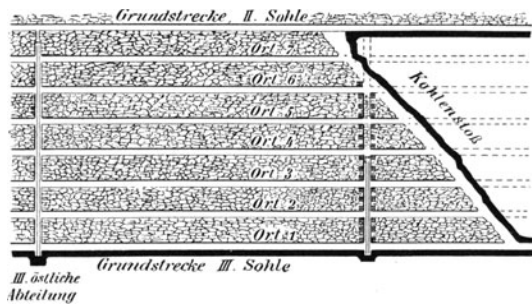


Fig. 98. Strebbau mit wandernden Bremsbergen.

(Fig. 98) ist keine vorherige Einteilung eines Flözflügels in Bauabteilungen erforderlich. Man läßt hierbei die Abbaustöße so lange vorrücken, bis der Gebirgsdruck das Offenhalten der Strecken und der Bremsberge zu sehr erschwert. Dann wird der neue Bremsberg nicht besonders hergestellt, sondern lediglich im Versatz durch Bergemauern und Holzpfeiler abgegrenzt, aber zugleich mit versetzt, damit er ganz gleichmäßig mit seiner Umgebung durch den Gebirgsdruck zusammengedrückt wird. Hat der Versatz sich gesetzt,

so wird entsprechend dem Vorrücken der einzelnen Streben der Bremsberg ausgeräumt und fahrbar gemacht, so daß die Förderung allmählich von dem alten auf den neuen Bremsberg übergehen kann.

**135. Der schwebende und diagonale Strebbau.** Beim schwebenden Strebbau schließen sich an das erste Vorrichtung-Überhauen, das die Wetterverbindung mit der oberen Sohle herstellt, beiderseits die schwebend zu Felde rückenden und von schwebenden Abbaustrecken im Versatz gefolgtten Abbaue an. Die Förderung erfolgt in den letzteren durch Abbremsen der Kohlenwagen (Fig. 99, rechts) oder durch Schüttelrutschen  $s_2$  (Fig. 99, links). Im ersteren Falle kann man bei der gezeichneten Zusammenfassung je zweier Strecken mit einspurigen Strecken auskommen, im letzteren Falle den Rutschen  $s_2$  die Förderung durch Rutschen  $s_1$  zubringen lassen.

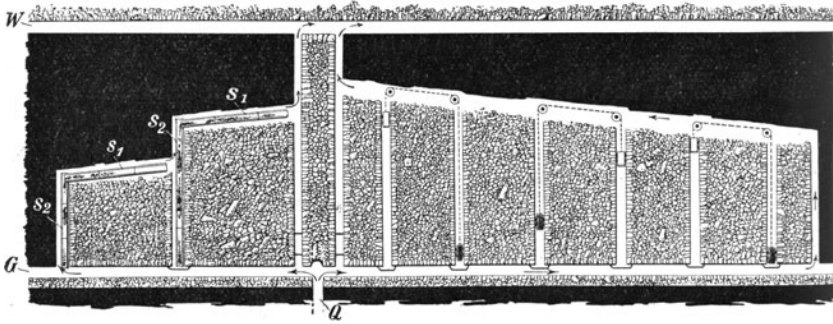


Fig. 99. Schwebender Strebbau mit breitem Blick und mit abgesetzten Stößen.

Der diagonale Strebbau kommt nur ausnahmsweise vor. Er ist in der Regel nur eine Abart des schwebenden Strebbaus, indem bei flach-wellenförmiger Lagerung ein streichender oder schwebender Strebbau wegen des wechselnden Einfallens vorübergehend die Ausbildung eines diagonalen Abbaues zeigen kann.

### 3. Der Firsten- und Strossenbau auf Erzgängen.

**136. Firstenbau.** Der seit Alters auf steil einfallenden Erzgängen übliche Firstenbau hat mit dem streichenden Strebbau die Abbaurichtung, mit dem schwebenden Strebbau die schwebend nachgeführten Förderwege gemeinsam. Nur werden die letzteren hier als Stützrollen ausgebaut. Der Abbau rückt von einem Überbrechen aus an dessen unterem Ende zu Felde (Fig. 100). Da jeder Stoß dem nächst unteren in etwa 8—10 m Abstand folgt, so bildet sich in dem entsprechend hochrückenden Versatz eine Treppe heraus.

Die für die Förderung dienenden Rolllöcher ( $r$  in Fig. 100) werden von der Kameradschaft der untersten Firste in ihrem Ver-

satz ausgespart und von den Hauern der oberen Firsten dem Vorrücken entsprechend stückweise höher geführt. Die Rollen werden bei geringer Gangmächtigkeit tonnläufig, in mächtigeren Gängen seiger hergestellt und mit Schrotzimmerung, Bruch- oder Ziegelsteinmauerung oder auch mit Eisenblechzylindern ausgebaut.

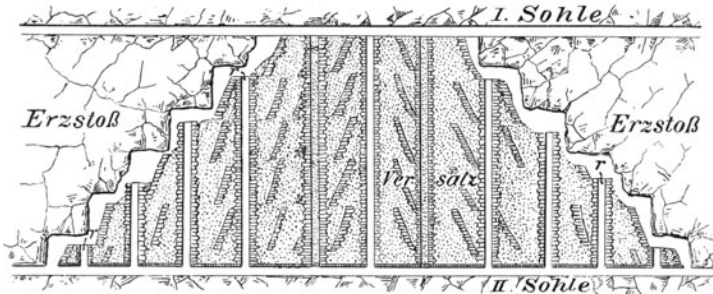


Fig. 100. Schema des Firstenbaues auf Erzgängen.

**137. Strossenbau.** Der Strossenbau greift die Lagerstätten im Gegensatz zum Firstenbau in der Reihenfolge von oben nach unten an, so daß sich nicht im Bergeversatz, sondern in der Lagerstätte selbst eine Treppe herausbildet. Der Abbau erinnert an einen streichenden Strebbaue mit Voranstellung der oberen Stöße und hat heute kaum noch Bedeutung.

#### 4. Abbauverfahren mit geschlossenem Bergeversatz.

**138. Kennzeichnung.** Wenn man die vor einem Strebstoß gewonnenen Mineralien bis zur Sohle oder Teilsohle unmittelbar am Abbaustoße entlang durch geeignete Vorrichtungen herabfördert, kann man die Abbaustrecken und Bremsberge entbehren. Man erzielt dadurch große Ersparnisse an Anlage- und Unterhaltungskosten. Jedoch ist ein solcher Abbau nur möglich, wenn das Hangende nicht zu ungünstig und das Flöz- und Gebirgsverhalten einigermaßen gleichmäßig ist, die für den geschlossenen Versatz erforderlichen großen Bergemengen mit nicht zu großen Kosten regelmäßig beschafft werden können und der Betrieb mit regelrechter und straffer Einteilung in Hauer- und Nebenarbeiten durchgeführt wird.

**139. Abbau bei flacher und mittelsteiler Lagerung.** Ist das Einfallen so schwach, daß das Fördergut nicht mehr auf dem Liegenden rutscht, so müssen besondere Fördereinrichtungen zu Hilfe genommen werden. Festliegende offene Blechrutschen eignen sich für diesen Zweck wenig, da sie im allgemeinen nur für geringere Höhen in Betracht kommen und bei kleinem Fallwinkel überdies vollständig versagen. Man bedient sich daher in der Regel der im Abschnitt „Förderung“ näher beschriebenen maschinellen Abbau-

fördereinrichtungen, in erster Linie der Schüttelrutschen, sofern nicht das Einfallen so flach und die Mächtigkeit so groß ist, daß Schlepperförderung im Abbau möglich ist.

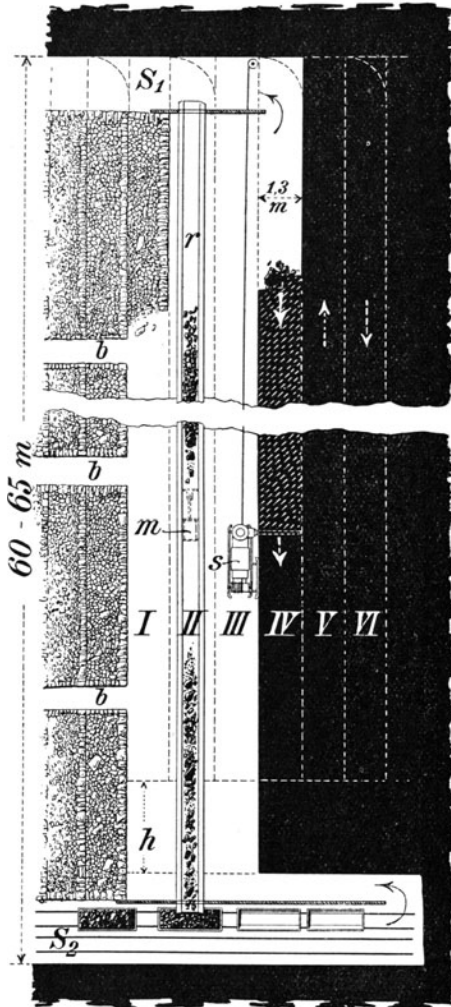


Fig. 101. Abbau mit geschlossenem Versatz, maschinellen Schrämbetrieb und Schüttelrutschenförderung auf Zeche König Ludwig, in Flözen von 0,6 bis 1,0 Mächtigkeit.

Als Zufluchtsörter für die Hauer und zur Gewinnung gewisser Mengen eigener Berge durch Nachreißen des Nebengesteins kann man sog. „blinde“ Strecken nachführen. Gestänge und Ausbau sind für diese nicht erforderlich. Ein Beispiel für einen solchen Abbau liefert Fig. 101. Hier kann wegen des günstigen Hangenden auch noch maschinelle Schrämarbeit betrieben werden. Es wird immer ein Feld der Zimmerung für die Kohलगewinnung, ein zweites für die Schrämmaschine (s), ein drittes für die Schüttelrutsche (r) und ein viertes für das Einbringen des Versatzes benutzt. Die Schrämmaschine arbeitet abwechselnd aufwärts und abwärts. Unten angekommen, wird sie quer zum Abbaustoße um ein Feld weiter in ihre neue Arbeitsstellung geschoben, zu welchem Zwecke der untere Teil des Stoßes in der Höhe  $h$  von Hand gewonnen wird.

Wird das Einfallen so stark, daß die Kohle auf dem Liegenden rutscht, so muß der Stoß zur Vermeidung einer Gefährdung der

unteren Hauer diagonal, mit dem unteren Ende voran, gestellt werden (Diagonalbau). Für die Förderung können dann fest verlagerte offene Blechrutschen dienen, die sowohl die Kohlenabführung als auch die Versatzzuführung vermitteln und dem Vorrücken des Abbaues entsprechend in einzelnen Stücken nachgeschoben werden.

#### 140. Abbau bei steiler Lagerung (Steinkohlenfirstenbau).

Der Steinkohlenfirstenbau bewirkt die Förderung nicht durch Rolllöcher, die sich wegen des größeren Druckes und der größeren Bauhöhe hier nur mit großen Kosten würden offen halten lassen, sondern durch Rutschen der Kohlen auf einer schiefen Ebene. Diese kann entweder durch die Böschung des Versatzes selbst oder durch eine besonders eingebaute Holzrutsche (Fig. 102) gebildet werden. Im letzteren Falle können Kohlenhauer und Bergeschlepper auf jedem Bauflügel gleichzeitig arbeiten, und daher kann der Versatz rascher nachgeführt werden, was für druckhaftes Gebirge günstig ist. Je nach dem größeren oder geringeren Einfallen des Flözes wird die Böschung flacher oder steiler genommen, indem man im ersteren Falle breite und niedrige, im letzteren dagegen schmale und hohe Firstenabsätze wählt. Während der Arbeit stehen die Hauer auf Bühnen, die nach Bedarf verlegt werden (*b* in Fig. 103).

Bei gutem Gebirge kann der ganze Abbaustoß 100—150 m flache Höhe erhalten; bei druckhaftem Gebirge oder größerer Flözmächtigkeit werden Teilsohlen mit je 30—50 m Abbauhöhe gebildet. (Vgl. Strebbau.)

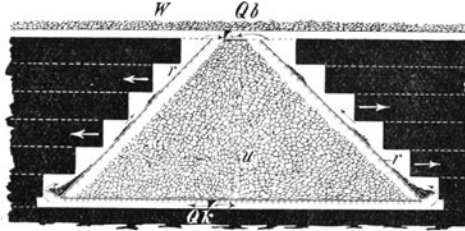


Fig. 102. Firstenbau mit Kohlenrutschen.

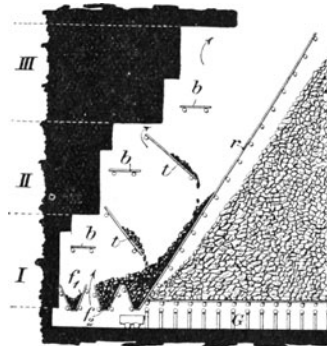


Fig. 103. Arbeitsbühnen und Kohlenrichter beim Firstenbau.

### 5. Abbau in einzelnen Streifen. (Stoßbau.)

141. Der streichende Stoßbau. Beim streichenden Stoßbau werden gewöhnlich zwei Förderstrecken benutzt, von denen die obere, neu aufgefahren für die Zuführung der Versatzberge, die untere, ältere für die Wegförderung der Kohlen dient (Fig. 104). Die letztere wird jedesmal wieder versetzt. Die Berge werden bei

Heise u. Herbst, Leitfaden des Bergbaues.

dem dargestellten zweiflügeligen Abbau durch ein Rolloch aus dem oberen Querschlag  $Qb$  zugeführt, die Kohlen durch zwei Bremsberge  $B$  an den Abbaugrenzen abgefördert. Die Wetterführung ist aus der Abbildung ersichtlich. Wird der Stoßbau in größerem Maßstabe betrieben, so wechseln Kohlen- und Bergebrennsberge (bezw. Roll-

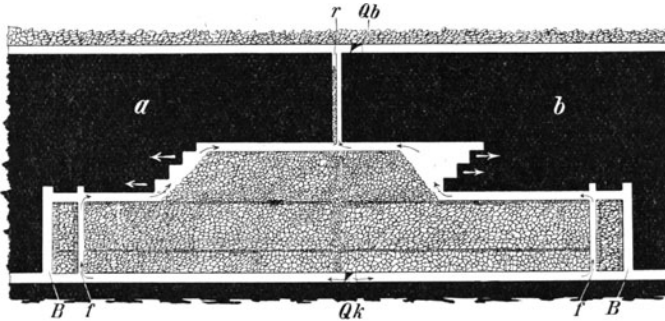


Fig. 104. Schema eines zweiflügeligen streichenden Stoßbaues. Kohlenbremsberge an beiden Seiten.

löcher) miteinander ab. Rolllöcher und Bremsberge können mit dem Höherrücken des Abbaues stückweise versetzt und abgeworfen werden. Die Höhe der Stöße richtet sich gemäß den früher erörterten Gesichtspunkten nach der Lagerung, der Gebirgsbeschaffenheit, der Flözmächtigkeit und der Förderung. In letzterer Hinsicht ist zu berücksichtigen, daß mechanische Abbauförderung möglich ist

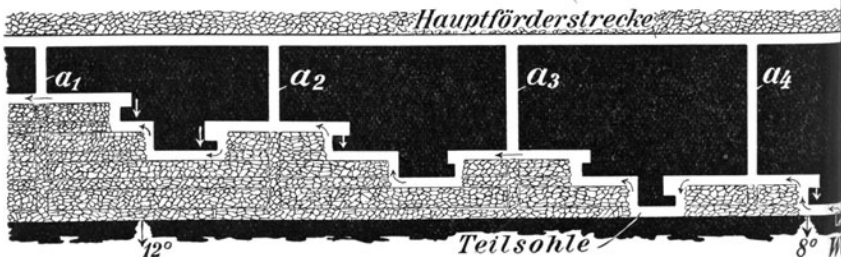


Fig. 105. Stoßbau mit nur je einer Förderstrecke, in mehreren Nachbarabteilungen gleichzeitig betrieben (Unterwerksbau).

und infolgedessen unter Umständen in flach gelagerten Flözen verhältnismäßig große Stoßhöhen gewählt werden können. In sehr mächtigen Flözen mit steilem Einfallen dagegen werden vielfach der Kohlenfallgefahr wegen nur Stöße von Streckenhöhe gebildet.

Bei flachem Einfallen oder, im Falle steiler Lagerung und großer Mächtigkeit, bei Stößen von nur Streckenhöhe kann man statt der zwei Förderstrecken für jeden Stoß auch mit der oberen

Strecke allein auskommen, so daß Kohlen und Berge auf ihr in entgegengesetzten Richtungen gefahren werden. Dementsprechend genügt dann auch die Hälfte der Bremsberge. Dieses Verfahren, das Fig. 105 veranschaulicht, eignet sich besonders für druckhaftes Gebirge.

Die Wetterführung beim streichenden Stoßbau ist einfach und aus den Figuren ersichtlich. Durch die Trennung der einzelnen Betriebspunkte wird zwar eine günstige Teilung des Wetterstromes, dafür aber eine ungünstige und unübersichtliche Zersplitterung desselben bewirkt. Nur ausnahmsweise (z. B. bei ganz flacher Lagerung) kann auf Schlagwettergruben eine Reihe von Stößen gemäß Fig. 105 von dem gleichen Wetterstromen bestrichen werden, indem dieser abwechselnd aufwärts und abwärts geführt wird.

**142. Der schwebende Stoßbau.** Bei flacher Lagerung gehört zu jedem der schwebend von den einzelnen Teilsohlen aus vorrückenden Stöße (Fig. 106) eine nach unten (rechts) und eine nach oben (links) führende Förder-, Fahr- und Wetterstrecke. Dem Fortschritte des Abbaues entsprechend wird die erstere immer länger, die letztere, die mit versetzt wird, immer kürzer. Die Wetterführung ist einfach, die Gewinnung einer größeren Förderleistung durch Einlegung von Teilsohlen möglich.

In steil aufrichteten Flözen kann der schwebende Stoßbau nur in der Weise betrieben werden, daß jeder Stoß beiderseits von einem Holzverschlag abgegrenzt wird, der zunächst die gewonnenen Kohlen bis zu ihrer Abförderung auf der zugehörigen Teilsohlenstrecke aufnimmt und sodann mit Bergen verstürzt wird.

## 6. Abbauverfahren mit Vor- und Rückbau.

**143. Der Pfeilerbau mit Bergeversatz** ist durch Zerlegung des Baufeldes in eine Anzahl von Abbaustrecken gekennzeichnet, die ganz wie beim streichenden Pfeilerbau aufgefahren werden.

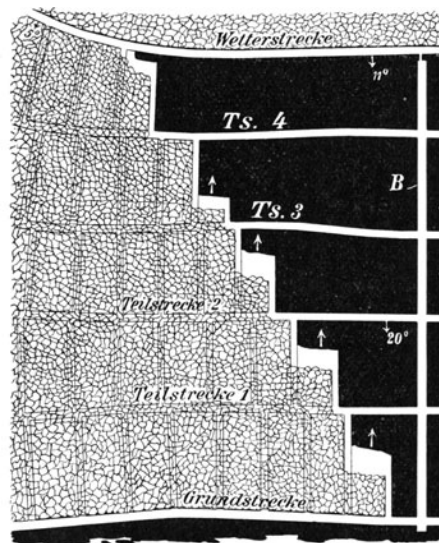


Fig. 106. Schwebender Stoßbau bei flacher Lagerung über mehreren Teilsohlen.

Nach Erreichung der Baugrenze erfolgt der Rückbau meist umgekehrt wie beim gewöhnlichen Pfeilerbau mit Vorausgehen der unteren Pfeiler (Fig. 107), so daß der Bergeversatz in schräger Böschung von oben her nachgestürzt werden kann.

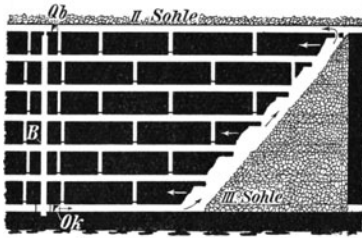


Fig. 107. Pfeilerbau mit geschlossenem Versatz.

**144. Der vereinigte Streb- und Pfeilerbau.** Bei diesem Abbauverfahren werden zunächst Strebstöße ins Feld getrieben, die mehr oder weniger starke Kohlenpfeiler zwischen sich lassen. Nach Ankunft der Strebstöße an der Abbaugrenze werden die stehengebliebenen

Pfeiler rückschreitend verhauen. Der Bergebedarf der Strebstöße wird durch Nachreißen der Förderstrecken gedeckt.

#### 7. Besondere Ausbildung einzelner Abbauverfahren für mächtige Lagerstätten.

**145. Vorbemerkung.** Lagerstätten von einer im Erzbergbau noch als mäßig zu bezeichnenden Mächtigkeit (4 m und darüber) verursachen im Steinkohlenbergbau bereits erhebliche Schwierigkeiten wegen des stärkeren Gebirgsdruckes, der Erschwerung des Ausbaues, der größeren Brandgefahr und schwierigeren Einbringung von Versatz (bei flacher Lagerung) und der größeren Kohlenfallgefahr (bei steiler Lagerung). Für solche Fälle wird eine Zerlegung der Lagerstätte in Streifen („Scheiben“ oder „Platten“) von so geringer Stärke erforderlich, daß deren Gewinnung ohne besondere Schwierigkeit erfolgen kann.

**146. Der Scheibenbau.** Der Scheibenbau wird durch Zerlegung eines Flözes in streichende Bänke oder Scheiben gekennzeichnet, deren Zahl und Mächtigkeit sich nach der Mächtigkeit und dem Verhalten des Flözes richtet, vielfach auch durch eingelagerte Bergmittel bestimmt wird.

Der Abbau kann in den verschiedenen Scheiben nahezu gleichzeitig zu Felde rücken, indem in jeder Scheibe der Stoß gegen die vorhergehende etwas zurückbleibt. Es kann aber auch mit der Inangriffnahme einer weiteren Scheibe bis nach Beendigung des Abbaues der vorhergehenden gewartet werden. Ein Beispiel für das letztere Verfahren liefert Fig. 108. Hier wird zunächst die Unterbank mittels Strebbaues abgebaut und sodann die Oberbank durch Pfeilerrückbau mit Bergeversatz gewonnen. Für den Versatz in der Oberbank dient das Bergmittel, das in der unteren Bank angebaut wird. Bei dem Abbau nach Fig. 109 erfolgt die Gewinnung der beiden Scheiben in einzelnen Stößen abwechselnd, indem zunächst in der hangenden Scheibe die Vorrichtungstrecke *I* aufgefahren,



sodann rückwärts der Stoß *II/II* in der liegenden Bank in doppelter Streckenhöhe in Angriff genommen wird, worauf der Stoß *III/III* in der hangenden Scheibe folgt usw. Die obere Hälfte jedes Stoßes wird durch die neu aufzufahrende Strecke, die zur Bergefzufuhr

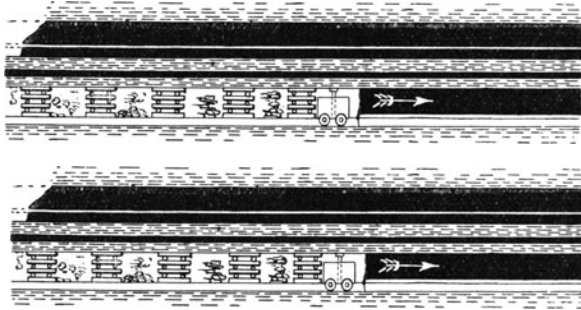


Fig. 108. Längsprofil durch einen Scheibenbau; Streibbau nach der Baugrenze hin in der Unterbank (oben), Pfeilerbau mit Versatz zum Bremsberge zurück in der Oberbank (unten).

dient, gebildet. Von jeder dieser Strecken aus wird sowohl die untere Hälfte des Stoßes als auch die Strecke in der Nachbarscheibe mit Bergen verstützt. Jeder Stoß fördert also durch die Förderstrecke der Nachbarscheibe, und die Anzahl der auszubauenden und offen zu haltenden Strecken wird auf die Hälfte vermindert.

Bei der Anwendung von Pfeilerrückbau in den einzelnen Bänken wird zweckmäßig der Abbau in der einen Bank jedesmal nach Hereingewinnung eines Abschnittes von einigen Metern unterbrochen, damit vor seinem weitem Fortschreiten erst ein entsprechender Abschnitt in der anderen Bank gewonnen werden kann. Auf diese Weise können die Leute durch den alten Mann in den Nachbarscheiben nicht belästigt oder gefährdet werden.

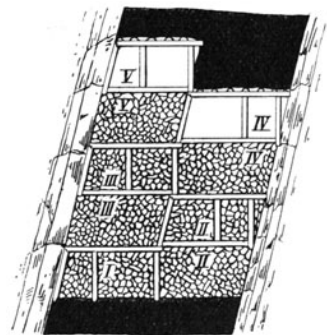


Fig. 109. Stoßbau, in 2 Bänken eines mächtigen Flözes abwechselnd.

**147. Der Stoßbau auf mächtigen Lagerstätten.** Der Stoßbau

ist für mächtige Lagerstätten besonders geeignet, da er nur kleine Flächen auf einmal bloßlegt und anderseits die große Mächtigkeit eine größere Kohlenlieferung der einzelnen Stöße ermöglicht. Man muß sich dann mit Stößen von Streckenhöhe begnügen, die aber in der ganzen Flözmächtigkeit vorgetrieben werden. Die nicht von den Förderstrecken eingenommenen Teile des Querschnitts werden

gleich versetzt. Die einzelnen Stoßstrecken legt man in den einzelnen Platten abwechselnd mehr nach dem Hangenden oder dem Liegenden hin, so daß sie eine durch den Versatz gebildete feste Sohle haben.

**148. Der Querbau** besteht in einer Zerlegung der Lagerstätte in söhliche Scheiben oder Platten, deren jede für sich in der ganzen söhlichen Breite der Lagerstätte gewonnen wird. Dabei ist der Verhieb quer zum Streichen gerichtet. Einen solchen Abbau veranschaulicht Fig. 110. Auch hier werden die Vorrichtungstrecken

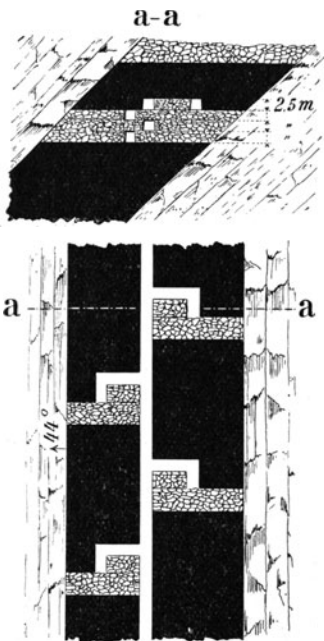


Fig. 110. Querbau von einer Mittelstrecke aus.

in den einzelnen Scheiben etwas gegeneinander versetzt, damit jede eine feste Bergeversatzsohle erhält. Jede Scheibe wird etwa  $2\frac{1}{2}$  bis 3 m hoch genommen. Der Versatz folgt dem Verhieb jedes Querstreifens auf dem Fuße nach. Zur Beschleunigung des Abbaues kann das Flöz in seigerer Richtung in mehrere Abschnitte eingeteilt werden, in denen gleichzeitig Abbau geführt wird. Die Abschnitte als solche werden in der Reihenfolge von oben nach unten in Angriff genommen, wogegen die Gewinnung der einzelnen Scheiben in der Reihenfolge von unten nach oben erfolgt.

#### 8. Der Abbau mit Spülversatz.

**149. Bedeutung des Spülversatzes.** Die Einspülung des Versatzes mit Hilfe eines Wasserstromes ermöglicht eine besonders dichte Ausfüllung der Hohlräume. Daher kommt der Spülversatz in erster Linie für sehr mächtige Lagerstätten in Betracht, weil in

diesen auch eine mäßige Zusammendrückung des Versatzes bereits eine starke Senkung bedeutet. Außerdem kann es sich über Tage um die Notwendigkeit der Schonung besonders wichtiger oder besonders empfindlicher Bauwerke handeln (Kirchen, Hüttenwerke, Fabrikgebäude, Kanalschleusen, Eisenbahnen).

Auch ist der Spülversatz für den Bergmann selbst vielfach von Bedeutung, da die Einbringung des Versatzes durch einen Wasserstrom sich bei flacher Lagerung und großer Flözmächtigkeit verhältnismäßig billig stellt und außerdem das sichere Tragen des Hangenden durch den Versatz die Steinfallgefahr verringert und eine erhebliche Holzersparnis ermöglicht.

**150. Versatzgut.** Für den Spülversatz kommen in erster Linie feinkörnige Berge in Betracht. Wo man Sand billig und in genügenden Mengen haben kann, zieht man ihn seiner guten Eigenschaften wegen vor. Jedoch ist man meist genötigt, ganz oder doch größtenteils mit Waschbergen, Kesselasche, Lehm, granulierter Hochofenschlacke usw. sich zu begnügen.

Als Zusatz können auch grobe Berge verwandt werden, wenn sie nicht zu hart sind und sich daher ohne zu große Kosten auf die gewünschte Korngröße (je nach den Förderlängen 40—100 mm) zerkleinern lassen. Setzt man zuviel grobe Berge zu, so wird der Versatz nicht dicht genug.

**151. Wasserzusatz.** Da alles Wasser wieder gehoben werden muß, ist der Wasserzusatz auf ein möglichst geringes Maß herabzudrücken. Dazu ist eine möglichst gründliche Mischung von Wasser und Versatzgut erforderlich und außerdem eine möglichst große senkrechte Fallhöhe des Schlammstroms in der ersten Rohrleitung erwünscht. Je weiter die Spültrübe geleitet werden muß, um so größer wird der Wasserverbrauch. Als sehr günstig kann ein Wasserverbrauch von 1 cbm auf 1 cbm Versatzgut bezeichnet werden.

**152. Mischanlagen.** Bei nicht zu großen Schachttiefen kann die Mischung des Spülstromes über Tage erfolgen, wogegen größere Teufen die Mischung unter Tage als vorteilhafter erscheinen lassen.

Wenn man Sand und Lehm als Versatzgut benutzt, kann man die Massen gleich durch den Wasserstrahl selbst über Tage abspritzen und auf diese Weise mit der Gewinnung die Mischung verbinden. Andernfalls muß die Mischung in einem Trichter erfolgen, der in der Regel einen Rost zur Zurückhaltung von zu groben Stücken erhält und in dem durch Wasserstrahlen oberhalb oder unterhalb des Rostes oder durch Erzeugung eines Sprühregens, durch den das Versatzgut hindurchfällt, eine gleichmäßige Durchmischung mit möglichst wenig Wasserzusatz erfolgt. Auch kann man die Versatzmassen in große, flach-muldenförmige Behälter stürzen und aus diesen durch den Wasserstrahl abspritzen.

Vielfach bringt man in der Nähe der Bauabteilung, die mit Spülversatz abgebaut werden soll, oder an der Gewinnungstelle für das Spülgut (Sandablagerung u. dgl.) besondere Spülschächte nieder, für die ein Durchmesser von 0,8—1,5 m l. W. genügt, da sie nur die Rohrleitung und die Fahrten zur Überwachung und Instandhaltung der Leitung aufzunehmen brauchen.

**153. Rohrleitungen.** Der Verschleiß der Rohrleitungen ist in horizontalen oder schwachgeneigten Leitungen stärker als in seigeren Leitungen, in Krümmern stärker als in geraden Leitungsteilen, am erheblichsten in denjenigen Krümmern, die den Übergang zwischen Schacht- und Streckenleitungen vermitteln. Bei runden Leitungen kann der Verschleiß durch Ausfütterung mit Holz- oder Porzellanlagen verringert werden. Außerdem kann man kreisrunde Rohre mehrfach drehen, da der Verschleiß sich auf den unteren Teil des

Querschnitts beschränkt. Neuerdings werden vielfach eiförmige Rohre (Fig. 111) aus Flußeisen mit Walzeiseneinlagen verwendet, bei denen zwar das Drehen fortfällt, dafür aber die Einlagen mehrmals erneuert werden können.



Fig. 111. Spülrohr mit eiförmigem Querschnitt und Walzeiseneinlage.

Die lichte Weite der Rohrleitungen beträgt etwa 150 mm für kleinere und 180 bis 190 mm für größere Anlagen.

Krümmen müssen möglichst schlank gebaut werden. Sie erhalten ebenfalls Einlagen oder eine größere Dicke an der dem Anprall ausgesetzten Seite.

#### 154. Abbauverfahren beim Spülversatz.

Im Abbau ist gemäß Fig. 112 der ausgekohlte Hohlraum durch Verschlüsse  $v_1 v_2$  abzugrenzen, die aus Brettern, Versatzleinen mit daran gespannten oder eingewebten Drähten u. dgl. bestehen und dem abfließenden Wasser den Durchgang gestatten müssen. Da das Offenhalten von Strecken im Versatz Schwierigkeiten macht, so sind für den Spülversatz am besten der Stoßbau (Fig. 112) und der Pfeilerbau mit Bergeversatz geeignet.

Die Verschlüsse verteuern den Abbau. Man sucht sie daher möglichst zu verbilligen und möglichst oft wieder zu benutzen und

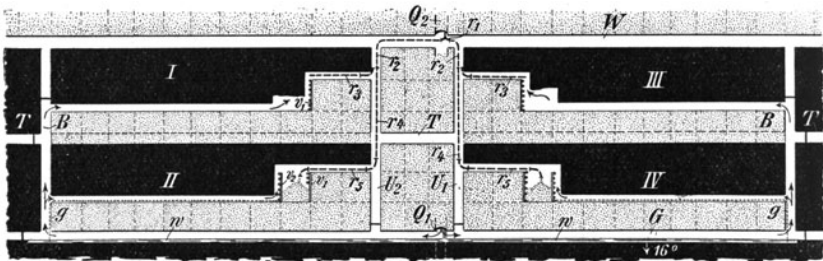


Fig. 112. Zweiflügeliger Stoßbau mit Spülversatz und eingelegerter Teilsohle.

außerdem die Spülabschnitte möglichst groß zu machen. Bei festem Gebirge kann man je 200 qm und mehr auf einmal verspülen.

**155. Besondere Arten des Spülversatzes.** Wenn man den Spülversatz nur für einzelne Bauabschnitte verwenden und daher besondere Mischanlagen und Rohrleitungen sparen will, aber Druckwasser zur Verfügung hat, so kann man sich damit helfen, daß man feinkörniges Versatzgut, Waschberge u. dgl. in die Baue stürzt und es (beispielsweise auf einer Rutsche) mittels Wasserstromes in den Abbauraum spült. Auch kann man in solchen Fällen Handversatz nachträglich noch verdichten, indem man in ihn ein besonders feinkörniges Gut (Lehm) einspült.

**156. Wasserklärung und -Hebung.** Das abfließende Wasser führt einen mehr oder weniger großen Teil der eingespülten Stoffe (bei tonigem Spülgut bis zu 10 pCt.) wieder mit fort. Die Klärung kann entweder in größeren Behältern erfolgen, aus denen das Wasser mit der fortschreitenden Klärung nach und nach von oben nach unten durch besondere Öffnungen abgezapft wird (Sumpfkklärung), oder in alten Bauen, durch die man die Trübe auf einem längern Wege laufen läßt, damit sie sich hier abklärt (Laufklärung).

Für die Hebung der ablaufenden Wasser wird zweckmäßig eine besondere Pumpe aufgestellt, um den Verschleiß von der Hauptwasserhaltung fernzuhalten.

**157. Anwendungsgebiet und Kosten des Spülversatzes.** Das eigentliche Feld des Spülversatzes ist ein Bergbaugesamt mit sehr mächtigen und flach gelagerten Flözen, bei deren Abbau die Vorteile des Spülversatzes besonders in die Erscheinung treten, mit Schächten von mäßiger Tiefe und mit großen Sand- und Lehmablagerungen an der Erdoberfläche.

Die Kosten des Spülversatzes sind je nach den verschiedenen hohen Kosten für die Beschaffung des Versatzgutes selbst (Gewinnungs- und Förderungs-, in manchen Fällen auch Aufbereitungskosten), nach der verschiedenen großen Länge der Rohrleitungen, nach den wechselnden Kosten der Verschläge und nach den Ausgaben für Rohrverschleiß, Wasserklärung und Wasserhebung sehr verschieden. Unter günstigen Bedingungen rechnet man mit Kosten von 0,80—1,60 *M* je Tonne Kohlen, in ungünstigen Fällen können diese Kosten auch auf 2,50 *M* und darüber steigen.

## 9. Der Abbau mit Bergfesten.

**158. Erläuterung.** Beim Abbau mit Bergfesten bleiben Lagerstättenpfeiler unverritz anstehen, die dauernd größere Bewegungen des Deckgebirges verhüten sollen, sei es, weil die Wasser des Deckgebirges unbedingt ferngehalten werden müssen oder weil das abzubauen Mineral nur geringen Wert hat oder in solchen Mengen vorkommt, daß die Abbauverluste durch die stehen gelassenen Pfeiler nicht ins Gewicht fallen.

**159. Stärke und Abstand der Pfeiler.** Die Pfeilerstärke wächst einerseits mit der Teufe, andererseits mit der Abnahme der Druckfestigkeit des Minerals. Für den Abstand der Pfeiler ist die Festigkeit des Hangenden in Betracht zu ziehen. Durch Einbringen von Bergeversatz, der aber dann bis unter das Dach reichen muß und sich nicht stark zusammendrücken darf, kann ein größerer Abstand der Pfeiler ermöglicht werden, indem der Versatz die Durchbiegung des Hangenden zwischen den Pfeilern und das seitliche Ausweichen der unter Druck stehenden Pfeiler verhindert oder abschwächt.

**160. Der Abbau selbst** kann zunächst in der Weise erfolgen, daß die Abbauräume nach Art breiter Streckenbetriebe zu Felde

rücken (Örterbau). Einen solchen Abbau auf einem Minettelager zeigt Fig. 113. Die Örter gehen hier von Teilstrecken  $s_1$ — $s_4$  aus und sind zu deren Schutze an den Abzweigstellen schmaler ge-

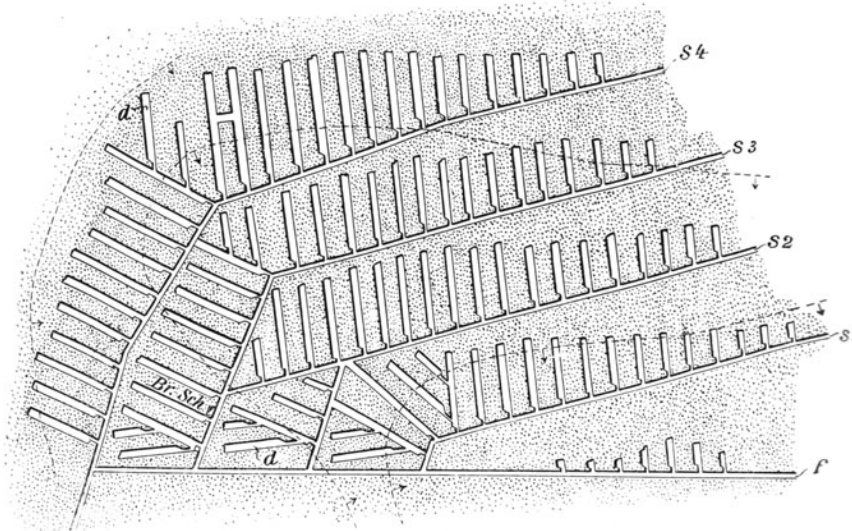


Fig. 113. Örterbau im Minettrevier.

halten. Der Abbauverlust beträgt beim Örterbau günstigenfalls 30 bis 40 pCt., kann aber bis auf 70—80 pCt. steigen.

Der Kammerbau ist dadurch gekennzeichnet, daß jeder Hohlraum rings von Sicherheitspfeilern als Wänden eingefast ist. Er

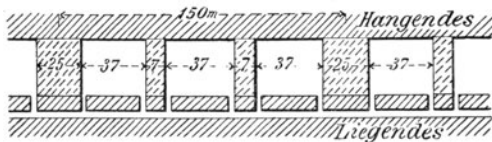


Fig. 114. Staßfurter Kammerbau mit abwechselnd schwächeren und stärkeren Pfeilern.

beschränkt sich auf Lagerstätten von großer Mächtigkeit. Fig. 114 veranschaulicht einen Kammerbau, bei dem die Kammern in der ganzen Mächtigkeit der Lagerstätten gebildet werden und eine Breite von 37 m erhalten, wogegen von

den Pfeilern immer zwei je 7 m Stärke haben, der dritte aber 25 m stark gehalten wird. Der Abbau in diesen Kammern, die in einzelnen Lagerstätten Längen von 50—100 m erhalten können, erfolgt meist mit dem sog. „Firstenverhieb“, indem man zunächst mit einem Einbruch von etwa Streckenhöhe die ganze Länge der Kammer auf ihrer Sohle durch-

örtert und dann den höheren Teil firstenbauartig in einzelnen Absätzen angreift.

Statt der rechteckigen Kammern können auch runde gebildet werden, wie das beim sog. „Weitungsbau“ auf Stockwerken und beim „Glockenbau“ in Steinsalzbergwerken geschieht. Bei letzterem werden mittels eines rotierenden Brauserohrs in dem Steinsalzkörper Glocken von etwa 15 m Durchmesser und 10 m Höhe ausgespült, zwischen denen Pfeiler stehen bleiben.

### III. Wirkungen des Abbaues auf das Gebirge.

**161. Allgemeiner Verlauf der Bodenbewegungen.** Der Verlauf der an den Abbau anschließenden Gebirgsbewegungen ist in erster Linie von dem Verhalten des Gebirges selbst, in zweiter Linie von dem angewandten Abbauverfahren, in dritter Linie von der Größe der Hohlräume abhängig.

Granit- und steinsalzartige Gesteine können so massiv und fest sein, daß in ihnen Hohlräume von mäßiger, ja selbst großer Ausdehnung jahrhundertlang offen stehen bleiben können. Die Wirkung auf die Oberfläche wird sich dann in einem plötzlichen Einsturz solcher Hohlräume äußern.

Sandstein neigt ebenfalls zur Glockenbildung, jedoch können die Glocken infolge der Schichtung des Gesteins nach und nach durch Ablösung einzelner Schichten verfüllt werden, so daß unter Umständen eine Fortpflanzung der Senkungen bis zur Erdoberfläche nicht eintreten, d. h. der Bruch „sich totlaufen“ wird.

Schieferonartiges Gebirge dagegen drückt sich rasch in die Hohlräume hinein, und die Bewegung pflanzt sich auch aus größeren Teufen rasch (oft schon in einigen Tagen) bis zur Tagesoberfläche fort, wobei aber der Verlauf der Senkungen im Gegensatz zu den vorhin erwähnten Gesteinen ruhig und gleichmäßig ist. Eigentümlich ist dem Tonschiefergebirge das „Quellen“ des Liegenden, das durch das Nachgeben des letzteren gegenüber dem durch die Lagerstätte auf dasselbe übertragenen Drucke des Hangenden beruht und durch die aufblähende Wirkung von Wasser und Luft auf den Tonschiefer verstärkt werden kann.

**162. Allgemeine Gesetze für die Senkungsvorgänge.** Für die Fortpflanzung der Bruchwirkungen nach oben hin kann etwa mit den durch Fig. 115 veranschaulichten Bruchwinkeln gerechnet werden. Hiernach schließen die Bruchlinien, die von einem rechteckig begrenzten Abbaugbiet ausgehen, einen Trichter ein, der die Gestalt einer umgekehrten abgestumpften Pyramide hat und nach der unteren Abbaugrenze hin sich weiter über das Abbaufeld hinaus erstreckt als nach den 3 anderen Seiten. Die Winkel sind in mildem Gebirge flacher als in festem.

**163. Erscheinungen an der Erdoberfläche.** Ist kein Deckgebirge oder nur ein solches von geringer Mächtigkeit vorhanden, so treten die Abbauwirkungen schärfer hervor, und zwar in Gestalt von Senkungsfeldern mit Bruchkanten, an denen entlang auch Seitenverschiebungen auftreten. Mächtigere Deckgebirgsschichten dagegen

pflegen sich durchzubiegen, so daß sich dann flache Senkungsmulden ergeben. Die dabei auftretenden Spannungen führen an den Rändern

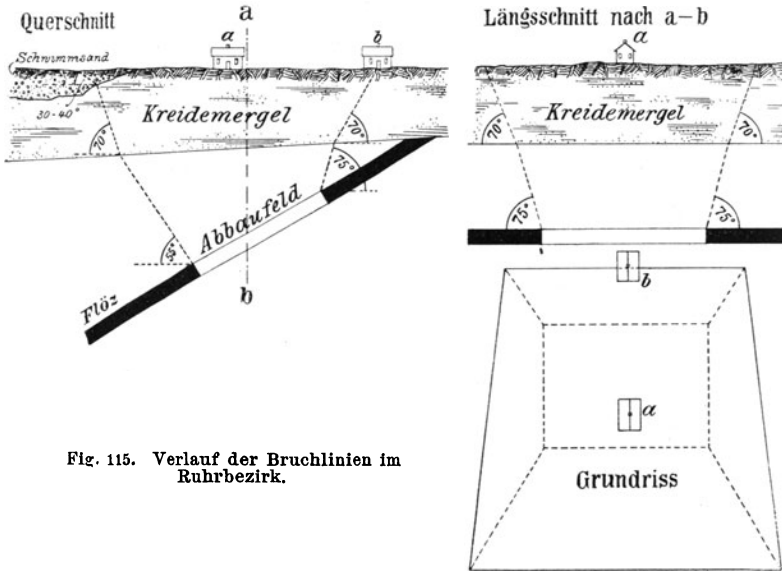


Fig. 115. Verlauf der Bruchlinien im Ruhrbezirk.

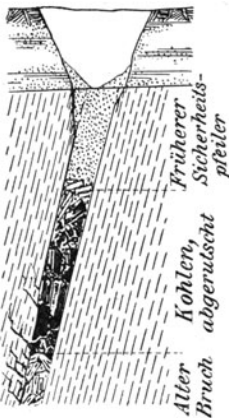


Fig. 116. Tagebruch bei steiler Lagerung.

der Senkungsmulde zu Zerrungserscheinungen (Erdrissen, Erweiterung der Stoßfugen bei Straßenbahnen, Auseinanderziehen von Rohrleitungen u. dgl.), im Innern der Mulde zu Pressungserscheinungen (Mauerstauchungen, Überinanderschieben von Treppenstufen, Torflügeln usw., Schienenpressungen u. a.).

Tagebrüche sind tiefe und scharf abgegrenzte Senkungsgebiete. Sie treten in erster Linie beim Bruchbau auf mächtigen, flach gelagerten Flözen auf, können aber auch in Flözen von geringer Mächtigkeit eintreten, wenn beispielsweise gemäß Fig. 116 bei steilem Einfallen Sicherheitspfeiler stehen geblieben sind und später durch den beim Abbau entstandenen Gebirgsdruck zerdrückt und zum Abrutschen gebracht werden.

**164. Sicherheitspfeiler** dienen zum Schutze gegen die Folgen der Gebirgsbewegungen. Man unterscheidet:



- a) Sicherheitspfeiler für Tagesgegenstände, sofern diese besondere Bedeutung haben (große öffentliche Gebäude und Anlagen, geschlossene Ortschaften). Bei ihrer Bemessung müssen die Bruchwinkel berücksichtigt werden.
- b) Markscheide-Sicherheitspfeiler, die eine gegenseitige Gefährdung von Nachbargruben durch Wassereinbrüche sowie gegenseitige Störungen der Wetterführung verhüten sollen.
- c) Deckgebirgsicherheitspfeiler, die zum Schutze gegen wasserführendes Deckgebirge anstehen bleiben.
- d) Sicherheitspfeiler für Grubenbaue aller Art wie Schächte, Aufbrüche, Bremsberge, Querschläge usw.

Der Steinkohlenbergmann sucht die Sicherheitspfeiler nach Möglichkeit abzubauen, da sie starke Kohlenverluste bringen, an ihren Rändern Brucherscheinungen im Gebirge und an der Erdoberfläche zur Folge haben und sich bei größerer Teufe zerdrücken. Die Sicherheitspfeiler für blinde Schächte, Bremsberge, Querschläge und Grundstrecken werden jetzt fast regelmäßig gewonnen.

---

#### Fünfter Abschnitt.

## Grubenbewetterung.

---

### I. Die Grubenwetter.

**165. Allgemeines.** Die in der Grube vorkommenden Luftgemische nennt man „Wetter“. Man unterscheidet frische oder gute, matte oder stickende, böse oder giftige und schlagende Wetter. Der Zweck der Grubenbewetterung ist 1. den Menschen und Tieren die zum Atmen und dem Geleuchte die zum Brennen erforderliche Luft zuzuführen, 2. die in der Grube auftretenden matten, giftigen oder schlagenden Wetter bis zur Unschädlichkeit zu verdünnen und fortzuspülen, 3. in tiefen Gruben die Temperatur herabzukühlen.

Die Erfahrung lehrt, daß man für Zweck 1. mindestens  $\frac{3}{4}$  cbm frischer Wetter je Kopf der Belegschaft minutlich bedarf, aber besser 1—2 cbm vorsieht. Ein Pferd braucht etwa 5 mal so viel Luft als ein Mensch. Wie groß der Wetterbedarf für die beiden anderen Zwecke ist, läßt sich wegen der allzu großen Verschiedenheiten nicht zahlenmäßig angeben. Oft ist dieser Wetterbedarf mehrfach größer als derjenige für Zweck 1. Der Wetterbedarf insbesondere für Herabkühlung der Grubentemperatur hängt in erster Linie von der Tiefe der Grube und außerdem von der geo-

geschlossen auf Kalisalzgruben und kann nach Freiwerden zu Explosionen Veranlassung geben.

**174. Das Stickoxyd** ( $NO$  und  $N_2O_3$ ) ist ein gelbroter, giftiger Qualm, der in der Grube nur entsteht, wenn Sprengstoffe auskochen, statt zu explodieren (s. S. 48). Die giftige Wirkung äußert sich erst einige Stunden nach der Einatmung.

**175. Das Grubengas** ( $CH_4$ ), auch „Sumpfgas“, „leichter Kohlenwasserstoff“, „Methan“ genannt, besitzt das spez. Gewicht 0,558. Ein Kubikmeter wiegt 0,7218 kg. Es ist farb- und geruchlos, brennbar, nicht giftig, trotzdem aber wegen der Erstickungsgefahr nicht ungefährlich. Es entsteht bei der Verkohlung pflanzlicher Stoffe; am häufigsten findet es sich in der Steinkohle, wo es die Poren und Hohlräume oft unter erheblichem Drucke erfüllt. Der Übertritt des Gases aus der Kohle oder dem Gestein geht vor sich: 1. durch regelmäßiges Ausströmen, 2. durch plötzliche Gasausbrüche, 3. durch Bläser. Außerdem ist 4. der Übertritt des Grubengases aus dem alten Mann in die Grubenräume zu besprechen. Wegen der Leichtigkeit des Grubengases steigt es nach der Ausströmung zunächst nach oben und sammelt sich hier an. Es findet sich deshalb besonders häufig an den höchsten Punkten der Grubenbaue, in Auskesselungen der Firste, in Aufhauen und Aufbrüchen. Sofort nach dem Austritt des Grubengases wirkt aber die Diffusion auf dasselbe ein, so daß es alsbald mit den sonstigen Grubenwettern sich zu mischen beginnt. Ein Gemisch von Grubengas mit Luft entmischt sich nicht wieder.

Die regelmäßige Ausströmung des Grubengases findet durch ununterbrochenen, allmählich abnehmenden Ausfluß des Gases statt. Bisweilen ist dies durch das Gehör wahrnehmbar, wenn nämlich kleine Kohlenpartikelchen unter einem knisternden Geräusche von dem Kohlenstoß abspringen (die Kohle „krest“). Ein frischer Kohlenstoß entgast am stärksten, aber die Gasentwicklung dauert auch aus bereits gewonnener Kohle fort.

**176. Gasausbrüche** entstehen, wenn das Gefüge der Kohle plötzlich zerstört und damit dem in den Poren eingeschlossenen Gase Gelegenheit zum plötzlichen Entweichen gegeben wird. Aus 2 Gründen kann dies eintreten, nämlich entweder durch den inneren Druck der in der Kohle enthaltenen Gase selbst oder aber durch äußeren Gebirgsdruck. Im ersten Falle bricht das Gas plötzlich aus, indem es das Gefüge der Kohle zerbricht und diese in fein zerteiltem Zustande mit sich reißt, ähnlich wie die Kohlensäure aus einer plötzlich geöffneten Mineralwasserflasche herausquillt und dabei das Wasser als Schaum mit sich reißt. Im zweiten Falle handelt es sich um ein plötzliches Zerquetschen von einzelnen Kohlenpfeilern durch den Gebirgsdruck, wobei ebenfalls große Gasmengen mit einem Schläge frei werden können.

**177. Bläser.** Werden Gasansammlungen in Klüften, Spalten oder sonstigen Hohlräumen des Gebirges angehauen oder angebohrt,

so „bläst“ das Gas durch die entstandene Öffnung aus. Es sind dies Bläser I. Ordnung. Sie können unter Umständen Jahre lang erhebliche Gasmengen liefern, wenn es sich um ausgedehnte Kluftsysteme handelt. Bläser können auch nachträglich in einem vorher geschlossenen Gebirge entstehen, indem durch Abbau-Bruchwirkungen sich Risse auftun, die den oberen Grubenbauen Grubengas aus den zu Bruch gegangenen Abbauen und aus den etwa darüber befindlichen bauwürdigen oder unbauwürdigen Flözen zuführen (Bläser II. Ordnung).

**178. Der Übertritt des Grubengases aus dem alten Mann** in die Grubenbaue erfolgt durch die Diffusion der Gase, ferner durch das Niedergehen des Hangenden, wobei die Gase aus dem alten Mann gedrückt werden, und schließlich als Folge der Luftdruckschwankungen. Sinkt nämlich der Atmosphärendruck, so wird das Volumen einer gewissen Gasmenge, die wie das Gas im alten Mann an der Druckschwankung teilnimmt, entsprechend wachsen, und dieser Volumenzuwachs wird in die Grubenräume übertreten. Bei steigendem Barometer werden dagegen die Wetter im alten Mann zusammengepreßt, und frische Luft strömt aus den Strecken in den alten Mann nach. Daraus ergibt sich die Schlußfolgerung, daß die Grubenwetter bei fallendem Barometerstande schlagwetterreicher und bei steigendem schlagwetterärmer werden. Dagegen ist ein Zusammenhang zwischen den Luftdruckschwankungen und den Schlagwetterexplosionen nicht sicher nachweisbar, da etwa ebenso viel Explosionen bei fallendem wie bei steigendem Barometerstande sich ereignen. Es liegt das daran, daß die Ansammlung größerer, gefährlicher Grubengasmengen nicht allein vom Luftdruck, sondern auch von sonstigen Zufälligkeiten abhängt und insbesondere der Zufall der Entzündung einer etwaigen Schlagwetteransammlung naturgemäß völlig unabhängig vom Barometerstande ist.

**179. Die Schlagwetterexplosion.** Ausströmendes Grubengas verbrennt an der Luft nach bewirkter Entzündung mit hellblauer, wenig leuchtender Flamme. Hat eine vorherige Mischung des Grubengases mit atmosphärischer Luft stattgefunden, so kann dieses Gasgemisch explodieren. Beträgt der  $CH_4$ -Gehalt in dem Gemische weniger als 5% einerseits und mehr als 14% andererseits, so hört die Explosionsfähigkeit auf. Ungefährlich sind freilich auch solche Gemische in der Grube nicht. Denn Gemische unter 5% werden immerhin die Flammen von Sprengschüssen oder auch von etwa entstehenden Schlagwetter- oder Kohlenstaubexplosionen verstärken, so daß diese weiter schlagen. Sind ferner irgendwo mehr als 14% vorhanden, so muß es auch eine Grenzzone geben, in der der  $CH_4$ -Gehalt so weit herabgemindert ist, daß das Gemisch in diesem Teile explosibel wird. Bei der günstigsten Zusammensetzung des Explosionsgemisches kann die Flammentemperatur rechnermäßig auf 2650° C. und der in einem allseitig geschlossenen Raume entstehende Gasdruck auf etwa 10 Atm. steigen. Die Entzündung der Gasgemische tritt bereits bei etwa 650° C. ein, jedoch bedarf die Entzündung in

diesem Falle einer Zeit von etwa 10 Sekunden (Verzögerung der Entzündung). Die Entzündung verläuft um so schneller, je höher die Temperatur ist.

Die Entstehungsursachen für Schlagwetterexplosionen in der Grube sind Gebrauch offener Grubenlampen, Benutzung von

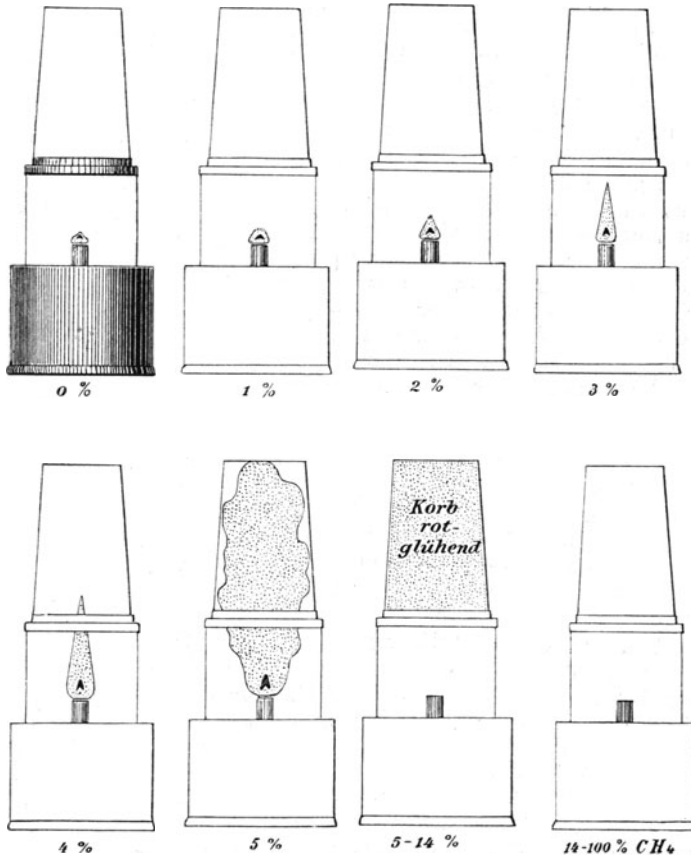


Fig. 117. Flammenteilungen der Benzinlampe in Schlagwettergemischen.

Feuerzeug oder unbefugtes Öffnen der Sicherheitslampe, ungenügende Sicherheit der Sicherheitslampen, Schießarbeit, Grubenbrand, Funkenreißen beim Schrämen, Bohren oder Niedergehen des Hangenden. Die Hauptursachen sind Geleucht und Sprengarbeit. Die andauernde Bekämpfung der Schlagwetterexplosionen hat gute Erfolge gezeitigt, wie die folgenden Zahlen lehren. Auf eine durch eine Schlagwetterexplosion zu Tode gekommene Person entfiel in Preußen eine Förderung von:

539623 t im Durchschnitt der Jahre	1881—1890,
1100810 " " " " "	1891—1900,
1694000 " " " " "	1901—1912.

**180. Erkennung der Schlagwetter.** Trotz der mannigfachen Vorschläge, die für den Nachweis gefährlicher Schlagwettergemische auf Grund der chemischen oder physikalischen Eigenschaften des Methans gemacht worden sind, ist das einzige Erkennungsmittel, das sich bisher in der Hand des Bergmannes als brauchbar erwiesen hat, die gewöhnliche Sicherheitslampe geblieben. Über der eigentlichen Dochtflamme bildet sich infolge des Mitverbrennens des  $CH_4$  eine Vergrößerung oder Verlängerung der Flamme, nämlich ein blaß hellblau gefärbter Flammenkegel (Aureole). Diese Flammenverlängerung ist bei Benzinslampen von 1%  $CH_4$  an zu erkennen. Art und Größe der Flammerscheinungen zeigt Fig. 117. Noch schärfer zeigt die mit Alkohol gespeiste Pielerlampe den  $CH_4$ -Gehalt an, wie dies Fig. 118 darstellt.

**181. Die physikalischen Verhältnisse der Grubenwetter.** Nimmt man an, daß die Temperatur der Grubenluft 20—25° C. beträgt und daß der Sättigungsgrad 100% erreicht hat, so berechnet sich das Gewicht von 1 cbm Grubenluft auf etwa 1,2 kg.

Die ausziehende Wettermenge ist gewöhnlich bedeutend größer als die einziehende; es findet also eine Volumenvermehrung der Grubenwetter statt, die z. B. auf den Gruben des Ruhrbezirkes durchschnittlich 10% beträgt. Diese Volumenvermehrung der Grubenwetter ist in erster Linie auf die eintretende Erwärmung und die Wasserdampfaufnahme, sodann aber auch auf die Aufnahme fremder Gase und auf die Wirkung der Depression und des verschiedenen Luftdruckes an den Messungspunkten zurückzuführen.

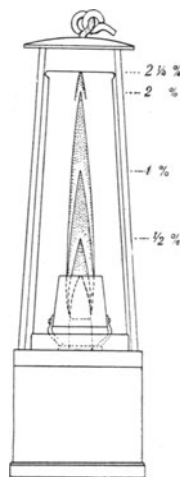


Fig. 118. Flammerscheinungen der Pieler-Lampe in Schlagwettergemischen.

## II. Der Kohlenstaub.

**182. Die Kohlenstaubgefahr.** Der Kohlenstaub auf Steinkohlengruben, der teils durch die zermalmende Wirkung des Gebirgsdruckes, teils durch die Zerkleinerung der Kohle bei den Gewinnungsarbeiten und der Förderung entsteht, ist, wenn er in der Luft aufgewirbelt wird, in ähnlicher Weise explosionsgefährlich wie ein Schlagwettergemisch. Die Einleitung einer Kohlenstaubexplosion ist freilich schwieriger als die einer Explosion von Schlagwettern. Es muß ein kräftiger Luftstoß, der die Staubaufwirbelung veranlaßt, vorhergehen und die zündende Flamme folgen. Diese Bedingungen treffen

zusammen bei einem Sprengschuß oder einer Schlagwetterexplosion, die deshalb die gewöhnlichen Ursachen von Staubexplosionen sind. Am entzündlichsten und gefährlichsten verhält sich der Fettkohlenstaub mit 25—30 % Gas. Schwerer entzündlich ist der Gas- und Gasflammkohlenstaub, am schwersten entzündlich der Magerkohlenstaub. Bei weniger als 16—18 % Gasgehalt pflanzen sich Explosionen nur schwer fort. Neben der chemischen Zusammensetzung ist das physikalische Verhalten der verschiedenen Kohlenarten von Bedeutung für die Staubexplosionsgefahr. Insbesondere wächst die Gefährlichkeit des Staubes mit seiner Feinheit. Bezeichnend für Kohlenstaubexplosionen ist die eintretende Verkokung des Staubes. Fettkohlenstaub liefert große zusammenhängende Kokskrusten. Nicht backender Kohlenstaub fühlt sich nach der Explosion sandig an und hat seine Weichheit verloren.

**183. Die Bekämpfung der Kohlenstaubgefahr** geschieht dadurch, daß man dem Staube seine Explosionsgefährlichkeit zu nehmen sucht. Dies kann durch Anwendung des Wassers (oder unter Umständen auch anderer Flüssigkeiten, z. B. der Chlormagnesiumlauge) oder des Gesteinstaubes geschehen. Außerdem unterscheidet man zwischen der allgemeinen Verwendung des Bekämpfungsmittels an allen Punkten, wo Staub entsteht oder vorhanden ist, und der sog. Zonensicherung. Während man mit jener die Entstehung jeder Staubexplosion zu verhüten beabsichtigt, soll diese die unbegrenzte Fortpflanzung der einmal entstandenen Explosion verhindern.

Für die Benutzung des Wassers steht das Verfahren der Berieselung, der Stoßtränkung und dasjenige der Kippgefäße in Anwendung. Für die Berieselung werden die Gruben mit Spritzwasserleitungen ausgerüstet, mittels deren die Grubenbaue zur Vermeidung einer Ablagerung von trockenem Kohlenstaub nach Bedürfnis befeuchtet werden können. Neben der mit Hand vorgenommenen Berieselung werden in wichtigen Strecken auch Wasserbrausen angebracht, die entweder die Luft feucht halten sollen und dann mehr oder weniger dauernd arbeiten oder durch selbsttätige Vorrichtungen die unter ihnen herfahrenden Kohlenwagen berieseln. Der gesamte Wasserbedarf für Berieselungszwecke schwankt zwischen etwa 20—100 l je Tonne geförderter Kohle. Als Betriebsdruck an der Verwendungsstelle sind 5—10 Atm. zweckmäßig. Die Betriebskosten belaufen sich auf etwa 10 Pf je Tonne Förderung. Die schon auf S. 39 erwähnte Stoßtränkung soll den Staub vor seiner Entstehung unschädlich machen.

Die Verwendung des Wassers in Kippgefäßen fällt in das Gebiet der Zonensicherung. An bestimmten, sorgfältig ausgewählten Punkten des Grubengebäudes wird ein reichlicher Vorrat an Wasser in leicht kippbaren Gefäßen aufgespeichert, die infolge des Explosionstoßes umkippen, ihre Ladung in die Explosionsflamme ergießen und diese zum Erlöschen bringen. Fig. 119 zeigt von der Firma G. u. E. Kruskopf zu Dortmund vertriebene Einrichtungen,

die aus 4 unter der Firste auf Trageschienen angeordneten Kippgefäßen *a* bestehen. Jedes Gefäß trägt unten einen Flügel *b*, gegen den der Explosionstoß zur Wirkung kommt. Die Kippstellung des Gefäßes ist in der Nebenfigur punktiert angedeutet. Statt des Wassers kann man bei der Benutzung von Kippgefäßen Chlormagnesiumlauge verwenden, die wegen ihrer hygroskopischen Eigenschaften nicht verdunstet.

Gesteinstaub ist ebenfalls ein explosionshinderndes Mittel. Schon durch Zumischung von 40% wird dem Kohlenstaub seine Explosionsgefährlichkeit genommen. Kippgefäße, mit Gesteinstaub gefüllt, wirken in gleich guter Weise, als wenn sie mit Wasser gefüllt wären. Noch sicherer ist es, die durch Kohlenstaub gefährdeten

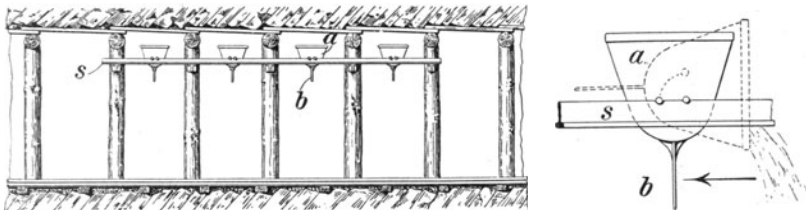


Fig 119. Kruskopfsche Kippgefäße, unter der Firste angeordnet, als Zonensicherung.

Strecken auf ihrer ganzen Länge mit Gesteinstaub (zweckmäßig wählt man hierfür weichen Tonschieferstaub) bestreuen zu lassen, wie dies insbesondere auf englischen Gruben geschehen ist.

### III. Die Bewegung der Wetter und ihre Führung in der Grube.

**184. Gefälle des Wetterstromes.** Für die Zwecke der Bewetterung eines Grubengebäudes muß ein ununterbrochen fließender Wetterstrom erzeugt werden. Die Bewegung der Luft oder der Wetterzug geht wie jede Bewegung eines Körpers hervor aus der Störung des Gleichgewichts. Im Wetterstrom kann deshalb nicht ein einheitlicher, gleichmäßiger Luftdruck herrschen, sondern der Druck muß in der Richtung des ausziehenden Stromes geringer werden. Die Luftspannung sinkt also auf dem ganzen Wege des Stromes oder, anders ausgedrückt, es besteht ein Druckgefälle, ähnlich dem Gefälle eines Flusses. Gemessen werden diese Druckunterschiede in Millimetern Wassersäule. Schematisch ergibt sich beispielsweise das Bild der Fig. 120. Der vom Ventilator erzeugte Unterdruck ist im Saugkanal am größten ( $-115$ ) und ist an der Mündung des einziehenden Schachtes  $\pm 0$ . Das Gefälle verteilt sich auf den ganzen Wetterweg, jedoch ungleichmäßig.

**185. Die Messung des Gefälles** geschieht naturgemäß in der Nähe des Ventilators. Hierfür benutzt man einen Depressionsmesser, der aus einer mit Wasser gefüllten, U-förmig gebogenen Glasröhre  $a_1 a_2$  (Fig. 121) und einem Maßstabe  $c$  zwischen den beiden Rohrschenkeln besteht. Das eine Ende der Glasröhre wird durch einen Schlauch  $b$  mit dem Raume in Verbindung gebracht, dessen Depression bestimmt werden soll; das zweite Ende mündet ins Freie. Der Maßstab ist gewöhnlich so eingerichtet, daß er seinen Nullpunkt in der Mitte hat und von hier aus nach oben und nach unten zählt. Sehr zweckmäßig sind die selbsttätig schreibenden Depressionsmesser (z. B. derjenige von Ochwad), bei denen mittels Schwimmer die jeweilig vorhandene Depression in Form einer Kurve auf einer Trommel aufgeschrieben wird,

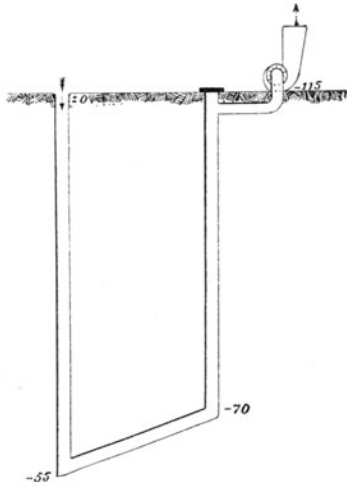


Fig. 120. Schema des Druckgefälles bei einer Grubenbewetterung.

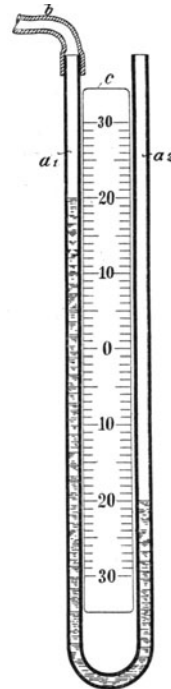


Fig. 121. Gewöhnlicher Depressionsmesser.

so daß man einen bleibenden Ausweis über den Gang des Ventilators erhält.

Um die Depression richtig zu messen, muß man den Schlauch  $b$  (Fig. 121) so in den Saugkanal münden lassen, daß der Strom in die ihm entgegengerichtete Öffnung des Schlauches oder Röhrchens bläst.

**186. Messung der Stromgeschwindigkeit.** Zur Messung der Stromgeschwindigkeit bedient man sich gewöhnlich der Casella-Anemometer (Fig. 122). Ein solches besitzt 8 windmühlenähnlich gestellte Flügel aus Aluminiumblech, die auf einer gegen ein Saphirlager sich stützenden Achse angeordnet sind. Die Achse trägt eine



Schraube ohne Ende, welche ein Zählwerk mit solcher Radeinteilung betätigt, daß auf dem Zifferblatt der vom Luftstrom in der Meßzeit zurückgelegte Weg unmittelbar in Metern abgelesen werden kann. Die abgelesene Geschwindigkeit bedarf noch der Richtigstellung (Korrektion), da das Anemometer nicht reibungsfrei läuft. Die Korrektion ist keine Konstante, wie man früher glaubte, sondern ist für jede Geschwindigkeit verschieden. Sie muß durch Eichung festgelegt werden.

Für Messungen im Wetterkanal benutzt man besser das unempfindlichere Robinson-Schalenkreuz, das durch den Staub und die sich niederschlagende Feuchtigkeit weniger leidet. Für die Messung sehr langsamer Luftströme wendet man Anemometer mit großen, aus Glimmerblättchen gefertigten Flügeln an, die den Vorzug eines sehr leichten Ganges besitzen.

Die Geschwindigkeitsmessung wird in der Grube in der Regel an bestimmten Meßstationen vorgenommen, deren eine für jeden Sonderstrom vorhanden zu sein pflegt. Stöße und Firste der Strecke sind hier mit einem glatten Bretterverzuge auf

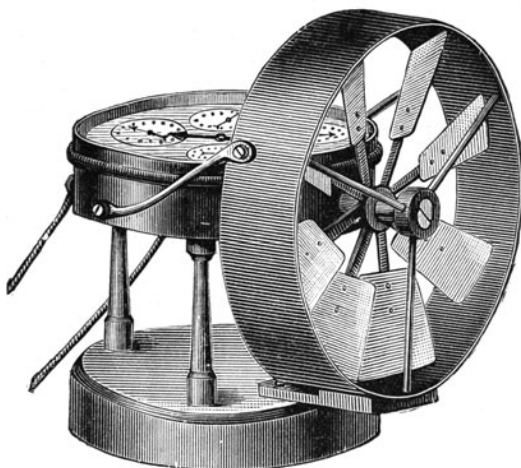


Fig. 122. Casella-Anemometer.

3—4 m Länge verschalt. Man legt die Stationen zweckmäßig in einem geraden Streckenteile in einiger Entfernung von Abzweigungen an, um störende Wirbelbildungen auszuschließen. Die mittlere Stromgeschwindigkeit erhält man ungefähr in  $\frac{1}{3}$  oder  $\frac{2}{3}$  der Streckenhöhe.

187. Die hydrostatischen Geschwindigkeits- oder Volumemesser sind schematisch in Fig. 123 dargestellt. In dem Kanal  $K$  bewegt sich ein Wetterstrom in der Pfeilrichtung. Läßt man ein mit seinem Ende dem Gasstrome entgegengerichtetes Rohr  $a$  und ein Rohr  $b$ , dessen Ende in der Stromrichtung umgebogen ist, in den Kanal münden, so werden beide Rohre verschiedene Drücke aus dem Gasstrome ableiten. Schaltet man zwischen Rohr  $a$  und  $b$  ein Manometerrohr  $c$ , so stellt sich in diesem der Wasserspiegel entsprechend den verschiedenen Drücken ein. Die Differenz der beiden Wasserspiegel ist also ein Maßstab für die Gasgeschwindig-

keit in dem Kanal  $K$ . Bei dem schreibenden Geschwindigkeits- und Volumenmesser von G. A. Schultze zu Charlottenburg z. B. (Fig. 124), der gleichzeitig mit einem schreibenden Depressionsmesser verbunden ist, befinden sich in einem geschlossenen Behälter  $a$  die zum Teil mit Paraffinöl gefüllten Gefäße  $f$  und  $f_1$ , in die die beiden Tauchglocken  $g$  und  $g_1$  eintauchen. Wie die Figur erkennen läßt, herrscht unter der Glocke  $g$  die nach Ausschaltung der Saugwirkung im Saugkanal vorhandene Depression und allgemein in dem Behälter  $a$  der statische Druck des Wetterkanals, während unter der Glocke  $g_1$  atmosphärischer Druck vorhanden ist. Der mit  $g$  verbundene Schreibstift  $h$  zeichnet auf der zugehörigen Trommel  $t$  mittels Hebelübersetzung die Größe der Geschwindigkeitshöhe (die Teilung ist auf Wettermengen umgerechnet), der mit  $g_1$  verbundene Schreibstift  $h_1$  auf Trommel  $t_1$  die Depression auf. Die beiden Schreibtrommeln befinden sich unter einer geschlossenen Glashaube  $e$  ebenfalls in dem Depressionsraume.

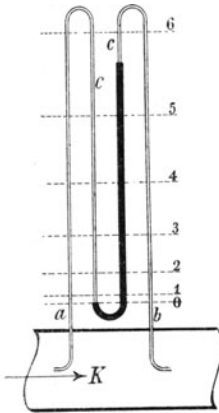


Fig. 123. Schema des Volumenmessers.

188. Die hauptsächlichsten Formeln<sup>1)</sup> für die Wetterbewegung sind:

$$\text{I. } V = F \cdot v.$$

Die Formel gibt die Wettermenge als Produkt aus Querschnitt und Geschwindigkeit an.

$$\text{II. } h = k \cdot \frac{L \cdot U \cdot v^2}{F}.$$

In Formel II (der sog. Depressionsformel) hat  $k$  folgende Werte:

- 0,0003, wenn die Strecke glatt ausgemauert ist,
- 0,0009, wenn die Strecke im Gestein ohne Zimmerung steht,
- 0,0016, wenn die Strecke in Türstockzimmerung steht,

<sup>1)</sup> In diesen Formeln bedeuten:

- $V$ : die Luftmenge in Sekundenkubikmetern,
- $F$ : den Streckenquerschnitt in Quadratmetern,
- $L$ : die Streckenlänge in Metern,
- $U$ : den Streckenumfang in Metern,
- $v$ : die Geschwindigkeit in Sekundenmetern,
- $h$ : die Depression in Millimetern Wassersäule,
- $k, k_1$ : Konstanten.

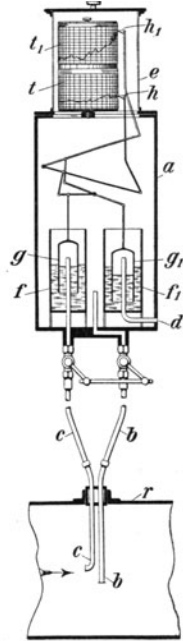


Fig. 124. Schreibender Geschwindigkeits- und Depressionsmesser.

0,0002—0,0024 für Schächte je nach der Art des Aus- und des Einbaues, 0,0002—0,0004 für glatte Eisenblechlutten je nach dem Durchmesser.

Nicht berücksichtigt sind in Formel II Biegungen, plötzliche Richtungsänderungen, Einschnürungen u. dgl., die auf den Wetterstrom außerordentlich schädlich einwirken können. Fig. 125 zeigt in Gegenüberstellung unsachgemäß und richtig angeordnete Streckenabzweigungen. Besonders ungünstig ist es, wenn 2 Wetterströme mit entgegengesetzter Bewegungsrichtung auf einander prallen, wie dies in den 3 mittleren Abbildungen der linken Seite dargestellt ist.

Das „Temperament“ der Grube wird durch die Formel

$$k = \frac{V}{\sqrt{h}}$$

gegeben. Aus dieser Formel ergibt sich die „äquivalente Grubenöffnung“ oder Grubenweite  $A$  (Öffnung in einer dünnen Wand, die bei gleichem Druckunterschiede auf beiden Seiten dieselbe Luftmenge wie die Grube durchströmen läßt), wie folgt:

$$\text{III. } A = 0,38 \frac{V}{\sqrt{h}}.$$

Der Kraftbedarf ( $N$ ) der Wetterführung schließlich ist

$$\text{IV. } N = \frac{V \cdot h}{75}.$$

Aus diesen Formeln folgt z. B., daß bei Vermehrung der Wettergeschwindigkeit in einer beliebigen Grube die Wettermenge im gleichen, der Widerstand im quadratischen und der Kraftbedarf im kubischen Verhältnis zur Wettermenge steigt.

**189. Überblick über die Mittel zur Erzeugung der Wetterbewegung.** Man unterscheidet zwischen natürlicher und künstlicher Wetterführung, je nachdem man zur Erzeugung der Wetterbewegung sich der natürlichen, physikalischen Verhältnisse oder künstlicher Mittel bedient. Die natürlichen Verhältnisse, die einen Wetterzug in der Grube im Gefolge haben können, sind Erwärmung oder Abkühlung der Grubenwetter durch die Gebirgstemperatur; Aufnahme spezifisch leichter Gase, namentlich des Wasserdampfes; Stoßwirkung fallenden Wassers; Abkühlung der Wetter durch dieses und Stoß- und Saugwirkung des Windes.

**190. Natürliche Wetterführung.** Die Wirkung des natürlichen Wetterzuges macht sich namentlich geltend, wenn Höhenunterschiede zwischen den Tagesöffnungen der Grubenbaue vorhanden

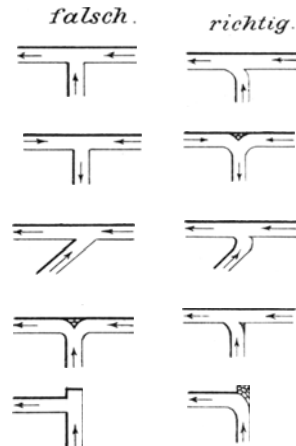


Fig. 125. Falsch und richtig angeordnete Streckenabzweigungen.

sind. In einer flachen Stollengrube (Fig. 126) ist im Sommer die im Schachte befindliche Luft infolge Einwirkung der Gesteinstemperatur kühler, also dichter und schwerer als die Außenluft, so daß sie gegenüber der Luftsäule *S* über dem Stollenmundloch das Übergewicht hat. Die Folge ist, daß die Luft im Schachte niedersinkt, daß also der Schacht ein- und der Stollen auszieht (Sommerstrom). Im Winter dagegen ist die im Schachte befindliche Luft



Fig. 126. Stollengrube.

wärmer und leichter als die vor dem Stollenmundloch stehende Außenluft. Der Schacht zieht aus und der Stollen ein (Winterstrom). Im Frühjahr und Herbst muß jedesmal eine Stockung des Wetterzuges vor der schließlichen Umkehr der Stromrichtung eintreten.

In Tiefbaugruben mit 2 Schächten kann auch bei gleicher Höhenlage beider Schächte ebenfalls ein natürlicher Wetterzug entstehen, wenn nämlich in der Grube eine Erwärmung der Luft eintritt. Es ist dies bei flachen Gruben im Winter und bei tiefen, warmen Gruben unter Umständen während des ganzen Jahres der Fall. Welcher Schacht unter solchen Verhältnissen der ein- und welcher der ausziehende wird, hängt von Zufälligkeiten oder künstlicher Mitwirkung ab, so daß eine bestimmte Stromrichtung wie bei Stollengruben nicht besteht.

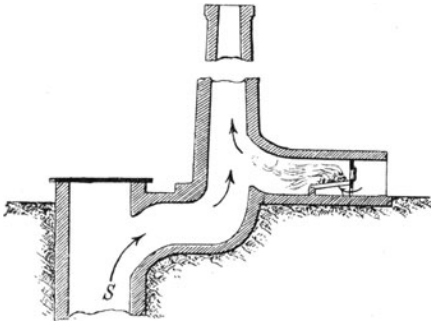


Fig. 127. Wetterofen über Tage.

**191. Die Mittel zur künstlichen Erzeugung des Wetterzuges** sind Wetteröfen, Wettermaschinen und Strahlgebläse.

**192. Die Wetteröfen** können über oder unter Tage stehen. Fig. 127 zeigt einen über Tage aufgestellten Wetterofen, der mit dem ausziehenden Schachte durch einen Wetterkanal in Verbindung steht und an einen Schornstein angeschlossen ist. Von der Höhe dieses Schornsteins hängt im wesentlichen die Saugkraft des Ofens ab. Die unter Tage befindlichen Wetteröfen sind wirksamer, weil die hohe Luftsäule im ganzen ausziehenden Schachte erwärmt wird. Sie machen aber den ausziehenden Schacht unfahrbar, auch sind sie wegen der Möglichkeit des Umschlagens der Stromrichtung der Wetter (z. B. im Falle von Grubenbränden) nicht ungefährlich. Häufig haben sie auch selbst Flözbrände veranlaßt.

Künstliche Bewetterung mittels mechanischer Vorrichtungen wird deshalb in den meisten Fällen den Vorzug verdienen.

**193. Die Wettermaschinen** sind jetzt fast ausschließlich Schleuderräder oder Zentrifugalventilatoren. Bei ihnen sind auf einer Achse radial gestellte Schaufeln, deren Breitseite in der Achsrichtung liegt, angebracht. Da, wo die Achse durch die Seitenwände geführt ist, befindet sich die Saugöffnung. Diese ist entweder nur an einer Seite des Rades oder auch beiderseits vorgesehen. Bei der Drehung des Rades wird die Luft achsial angesaugt und tangential herausgeschleudert.

Die Schaufeln können am Umfange radial auslaufen oder in der Drehrichtung nach vorn oder nach rückwärts gelehnt sein. In allen Fällen können die Schaufeln gerade oder gekrümmte Flächen besitzen. Es läßt sich nicht sagen, daß eine bestimmte Schaufelstellung und Schaufelform den Vorzug verdient. Tatsächlich haben sich sehr verschiedene Ausführungen gut bewährt.

Die Ventilatoren können einseitig oder zweiseitig saugend eingerichtet werden. Bei nur einseitiger Einströmung (Fig. 128) ergibt sich der Übelstand, daß der Luftdruck das Ventilatorrad zu verschieben trachtet. Bei einem zweiseitig saugenden Ventilator (Fig. 129) ist die Verlagerung der Achse schwieriger, da sie länger sein und mindestens durch einen Saugkanal oder aber durch beide geführt werden muß. Ferner ist die Herstellung der Zuführungskanäle verwickelter und umständlicher.

Um die in der herausgeschleuderten Luft steckende lebendige Arbeit nutzbar zu machen, muß der Ventilator ummantelt werden. Die Ummantelung (der Diffusor) besitzt die Form einer Spirale und läuft in einen Auslaufhals aus. Sie bewirkt, daß die Luft ohne stärkere Wirbelbildung in einem einheitlichen, geschlossenen Ströme mit allmählich verminderter Geschwindigkeit in die Atmosphäre übergeführt wird.

**194. Beispiele.** Als Beispiele seien der Rateau- und der Capell-Ventilator aufgeführt. Der Rateau-Ventilator (Fig. 128) saugt einseitig und besitzt einen stark aufgewölbten, auf der Achse sitzenden Radboden. Die doppelt gekrümmten und im Einlauf nach vorn gebogenen Schaufeln  $c$  verschmälern sich nach dem Radumfange hin. Die Ummantelung besteht aus dem schmalen Ringdiffusor  $R$  und dem äußeren Diffusor  $D$ , welcher letzterer in den Auslaufhals endigt. Der Capell-Ventilator (Fig. 129) saugt von beiden Seiten an. Schmale Schöpfschaufeln  $c$  führen die Luft in das Rad. Dieses ist überall gleich breit und durch eine mittlere Scheibe in 2 Hälften geteilt. Bemerkenswert ist die Bildung toter Keilstücke  $k$  am Radumfange, welche die Austrittsöffnungen der Luft aus dem Rade verkleinern, und die Anbringung der kleinen Zwischenschaufeln  $d$ . Die Auslaufspirale ist im Querschnitt einfach rechteckig.

**195. Der mechanische Wirkungsgrad** eines Ventilators ist das Verhältnis der tatsächlichen Nutzleistung  $N$  (s. Formel IV, S. 105)

zu der der Antriebsmaschine zugeführten Energie  $N_i$ , also  $\frac{N}{N_i}$ . Man drückt gewöhnlich den mechanischen Wirkungsgrad in Prozenten

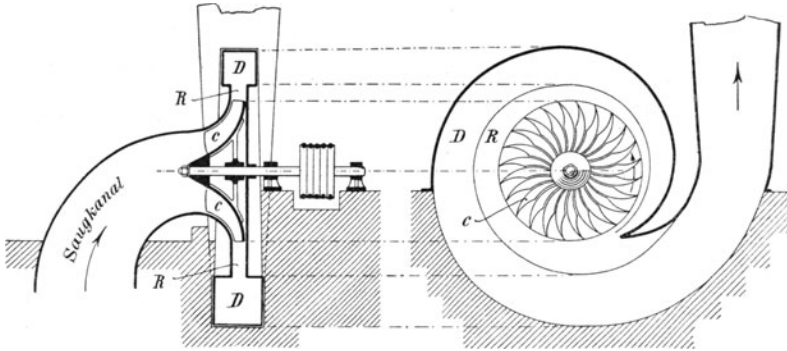


Fig. 128. Rateau-Ventilator.

von  $N_i$  aus. Mechanische Wirkungsgrade von 70—80% sind als gut zu bezeichnen. Es ist zu beachten, daß der mechanische Wirkungsgrad nicht allein von der Güte der Ventilatoranlage, sondern

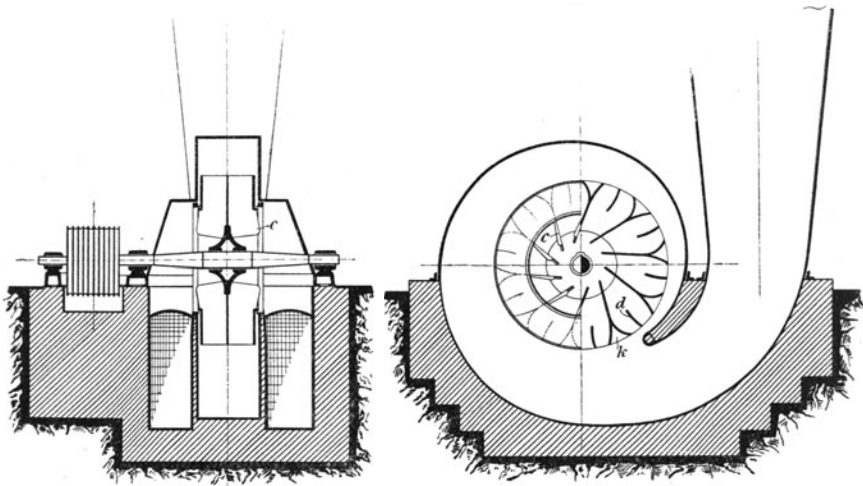


Fig. 129. Capell-Ventilator.

auch von der Grubenweite abhängt. Bei einer bestimmten Grubenweite ist der mechanische Wirkungsgrad am günstigsten, bei geringerer oder größerer Grubenweite findet ein Abfall statt.

**196. Durchgangsöffnung.** Jeder Ventilator setzt genau wie die Grube selbst dem Durchgange der Luft einen gewissen Widerstand entgegen. Wir können den Durchgang der Luft durch den Ventilator ebenfalls mit ihrem Durchgange durch eine Öffnung in einer dünnen Wand vergleichen, durch eine Öffnung also, die bei gleichem Druckunterschiede auf beiden Seiten dieselbe Luftmenge wie der Ventilator durchziehen läßt. Eine solche Öffnung nennen wir seine Durchgangsöffnung. Meistens baut man den Ventilator derart, daß seine Durchgangsöffnung etwa dreimal so groß als die Grubenweite ist.

**197. Die theoretische Depression  $h$ ,** die ein Ventilator erzeugen kann, hängt allein von der Umfangsgeschwindigkeit  $u$  des Rades ab. Es besteht für dieses Verhältnis die Formel:

$$h = 0,122 u^2.$$

Die gebräuchlichen Umfangsgeschwindigkeiten liegen zwischen 30 und 60 Sekundenmetern, woraus sich theoretische Depressionen von 110—439 mm Wassersäule errechnen. Die tatsächliche Depression, die ein Ventilator liefert, ist stets kleiner als die theoretische. Das Verhältnis der tatsächlichen Depression zur theoretischen nennen wir den manometrischen Wirkungsgrad. Auch dieses Verhältnis wird gewöhnlich in Prozenten ausgedrückt. Der manometrische Wirkungsgrad ist bei fast völlig verschlossenem Saugkanal am größten, um mit zunehmender Grubenweite allmählich zu sinken. Die erzielbaren manometrischen Wirkungsgrade steigen bis etwa 75%.

**198. Das Zusammenarbeiten zweier Schleuderräder.** Man kann zwei Ventilatoren nebeneinander — in Parallelschaltung — arbeiten lassen, wobei also beide aus einem und demselben ausziehenden Schachte saugen. Die theoretisch erzielbare Depression bleibt hierbei aber dieselbe, die auch ein einziger der beiden Ventilatoren liefern würde, wenn er mit gleicher Geschwindigkeit allein liefe. Die Bewetterungsarbeit verteilt sich — wiederum rein theoretisch betrachtet — zur Hälfte auf die beiden Ventilatoren, von denen also jeder die volle Depression und die halbe Wettermenge liefert. Ein Vorteil für die Bewetterung tritt praktisch freilich nur dadurch ein, daß die Durchgangsöffnung infolge des Vorhandenseins zweier Ventilatoren verdoppelt wird, so daß der erreichbare Nutzen gering ist und die Anordnung kaum ausgeführt wird.

Auf vielen Gruben findet man aber zwei oder mehrere in Betrieb befindliche Ventilatoren, die bei einem einzigen Einziehschachte nicht aus einem und demselben Saugkanal saugen, sondern auf verschiedenen Wetterschächten eines einheitlichen Bergwerks stehen. Für die Ventilatoren ist dann ein Teil der unterirdischen Wettermenge gemeinsam (Fig. 130). Bemerkenswert ist, daß die Ventilatoren  $v_1$  und  $v_2$  sich gegenseitig beeinflussen. Steht  $v_2$  still, ohne daß sein Saugkanal verschlossen ist, so wird der in Betrieb befindliche Ventilator  $v_1$  Luft sowohl vom einziehenden Schachte III als auch vom Schachte II her ansaugen. Sobald  $v_2$  in Gang kommt,

wird die von  $v_1$  gelieferte Wettermenge sinken. Erreicht  $v_2$  eine bestimmte Drehgeschwindigkeit, so beginnt dieser Ventilator ebenfalls Luft auszuwerfen. Wenn also mehrere sich gegenseitig beeinflussende Ventilatoren vorhanden sind, so muß das Verhältnis der Umlaufzahlen dauernd überwacht werden. Läuft einer der Ventilatoren zu langsam, so stockt vielleicht die Wetterführung in dem von ihm beherrschten Teile des Grubengebäudes oder schlägt gar um.

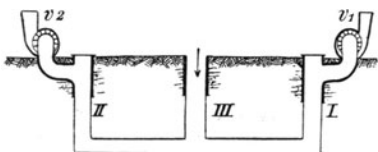


Fig. 130. Zwei Ventilatoren auf verschiedenen Witterschächten derselben Grube.

Wenn zwei Ventilatoren so angeordnet werden, daß die von dem ersten ausgeworfene Luft von dem zweiten angesaugt und sodann endgültig ausgeworfen wird, so nennt man eine solche Anordnung Hintereinanderschaltung.

Man kann hierdurch eine doppelte Depression auf das Grubengebäude wirken lassen. Allerdings wird die ganze Anlage in Herstellung und Betrieb teuer, und die erzielbaren Vorteile sind gegenüber den Nachteilen des doppelten Maschinenbetriebes zu gering.

**199. Die Strahlgebläse** sind den für die Kesselspeisung gebrauchten Injektoren oder den Strahlpumpen ähnlich. Sie beruhen

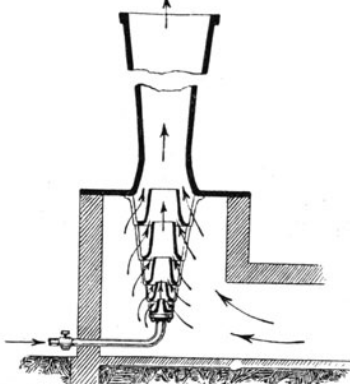


Fig. 131. Strahlgebläse.

darauf, daß ein Flüssigkeits-, Dampf- oder Luftstrahl mit hohem Drucke aus einer Düse, die in oder vor einem weiten Rohre angebracht ist, ausspritzt und die umgebende Luft in der Strahlrichtung mitreißt. Da rund um den austretenden Strahl leicht Wirbel entstehen, hat es sich als vorteilhaft erwiesen, vor die eigentliche Strahldüse Leitdüsen einzubauen, welche Wirbelbildungen ausschließen und bewirken, daß die Luft annähernd gleichmäßig auf dem ganzen Querschnitte eine nach vorn gerichtete Bewegung erhält (Fig. 131).

Wenn auch ein Strahlgebläse sich durch mannigfache Vorteile, insbesondere Einfachheit, Billigkeit, bequeme Aufstellung, leichte Inbetriebsetzung und Wartung, geringen Raumbedarf und Betriebssicherheit auszeichnet, so ist doch der Wirkungsgrad sehr gering (12–15%). Aus diesem Grunde werden Strahlgebläse zur Bewetterung ganzer Gruben selten gebraucht, wogegen sie für kleine, nur wenig Betriebskraft erfordernde Sonderbewetterungen vielfach Verwendung finden.



**200. Zusammenwirken der natürlichen und künstlichen Wetterführung.** Fast auf jeder Grube besteht auch bei Vorhandensein einer künstlichen Bewetterung ein natürlicher Wetterzug, dessen Wirkung allerdings durch den künstlichen Wetterzug mehr oder weniger verschleiert wird, der sich aber bemerkbar macht, wenn der Ventilator zum Stillstand kommt. Erwünscht ist, daß der natürliche und der künstliche Wetterstrom eine und dieselbe Richtung besitzen.

Die Ausnutzung des natürlichen Wetterzuges erfolgt in der Regel am sichersten, wenn man die sog. aufsteigende Wetterführung anwendet, bei der nach Fig. 132 die Wetter auf dem kürzesten Wege in das Grubentiefste geführt werden, um sodann vor den Bauen aufsteigend nach dem ausziehenden Schachte zu ziehen. Die abfallende Wetterführung, bei der die Baue und einzelnen Betriebspunkte in der Richtung von oben nach unten vom Wetterstromen bestrichen werden, ist minder günstig und außerdem für Schlagwettergruben bedenklich.

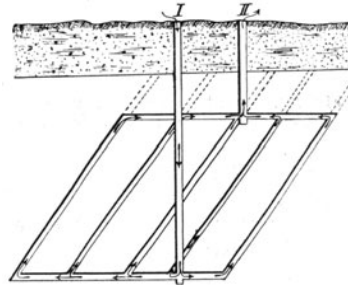


Fig. 132. Schema der aufsteigenden Wetterführung.

**201. Wetterumstellvorrichtungen an Ventilatoranlagen** gestatten, daß man den Ventilator je nach Bedürfnis saugend oder blasend arbeiten lassen kann. Fig. 133 zeigt schematisch eine solche Umstellvorrichtung. Bei der in Fig. 133a gezeichneten Stellung der Klappen saugt der Ventilator  $V$  aus der Atmosphäre und befördert die Luft nach Fig. 133b in die Grube, so daß er also blasend wirkt. Werden dagegen die Klappen  $c$  und  $d$  in die punktierte Lage gebracht, der die gestrichelten Pfeile entsprechen, so saugt der Ventilator die Luft aus der Grube und bläst sie ins Freie. Wetterumstellvorrichtungen sind z. B. für Stollengruben empfehlenswert, um sowohl im Sommer wie im Winter die Vorteile des wechselnden natürlichen Wetterzuges auszunutzen. Sie werden aber auch gern für Gruben verwandt, die viel unter Brandgefahr leiden.

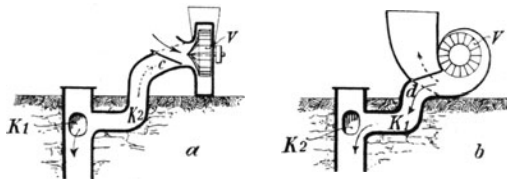


Fig. 133. Ventilator mit Umstellvorrichtung.

**202. Wetterschächte.** Wenn der Ventilator unter Tage aufgestellt wird, so bleiben der einziehende und der ausziehende Schacht unverschlossen, und beide Schächte können ohne weitere

Vorkehrungen sowohl für die Förderung, als auch für sonstige Betriebszwecke benutzt werden. Bei Aufstellung des Ventilators über Tage dagegen, die zumeist vorgezogen wird, muß der Schacht, an den der Ventilator angeschlossen ist, mit einem Verschlusse versehen werden. Soll der Ventilator

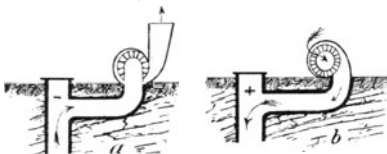


Fig. 134. Darstellung des saugend und des blasend angeordneten Ventilators.

saugend arbeiten (Fig. 134 a), so erhält der ausziehende Schacht einen Verschuß, dagegen der einziehende, wenn der Ventilator blasend wirken soll (Fig. 134 b). Im ersteren Falle herrscht in der Grube Unterdruck (Depression) gegen-

über der äußeren Atmosphäre, im letzteren Falle Überdruck (Kompression). Im allgemeinen ist die saugende Bewetterung häufiger. Es liegt dies hauptsächlich daran, daß man des für den einziehenden Strom benutzten tiefsten Schachtes in der Regel auch für die Hauptförderung bedarf und daß es lästig ist, an dem Hauptförderschachte einen Schachtverschluß anzubringen.

### 203. Schachtverschlüsse.

Wird der Ventilatorschacht nur für die Wetterführung benutzt, so daß er dauernd verschlossen gehalten werden kann, so wird er oben durch Mauerung abgewölbt oder durch eine eiserne Verschlußhaube geschlossen. Soll der Schacht zwar nicht für die regelmäßige Förderung, wohl aber für die Fahrung und für gelegentliches Einhängen von Materialien zugänglich bleiben, so wird er zweckmäßig durch eine wetterdichte Schachtkaue, die unmittelbar über der Rasenhängebank errichtet wird und mit unter Depression steht, verschlossen. Der Zugang zur Kaue erfolgt durch eine Schleuse.

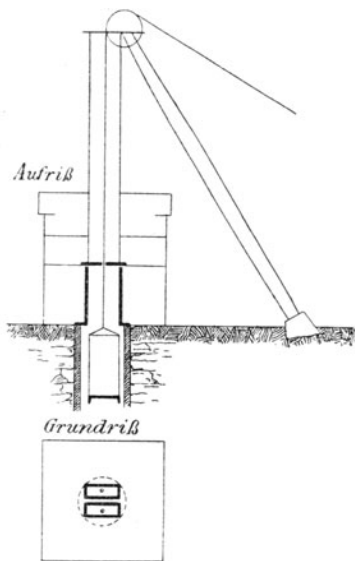


Fig. 135. Schachtdeckelverschluß.

Dient der Schacht für die regelmäßige Förderung, so benutzt man als Verschuß Schachtdeckel oder Luftschleusen. Für den Verschuß mittels Schachtdeckels erhält jedes Fördertrum wetterdichte Wandungen, die bis zur Höhe der Hängebank emporgeführt sind. Hier legt sich auf die so geschaffene Mündung des Trumms ein loser, ebener Deckel, der das Schachtinnere gegen die Atmosphäre abschließt. Kommt der Förderkorb oben an, so wird der

Deckel von einem oberhalb des Seileinbandes angebrachten Querstücke mit angehoben und hochgenommen, während der den Maßen des Trumms genau angepaßte Boden des Korbes nun den Verschuß besorgt (Fig. 135). Der Deckel leidet unter den andauernden Stößen sehr; außerdem sind erhebliche Wetterverluste (durchschnittlich 15–20 %) unvermeidlich.

Beim Luftschleusenverschluß (Fig. 136) stehen die Fördertrümmer bis dicht unter die Seilscheiben und außerdem ein mehr oder minder großer Teil der Hängebank unter Depression. Dieser Teil ist durch eine Wettertürenscheule *tt* mit der Förderabteilung einerseits und mit der übrigen Hängebank anderseits verbunden. Durch diese Schleusen werden die vollen Wagen nach außen, die leeren nach innen gefördert, indem jedesmal mindestens eine Tür geschlossen ist. Die Wetterverluste sind bei gut ausgeführten und unterhaltenen Luftschleusen geringer als beim Schachtdeckelverschluß. Dafür wird aber die Förderung stark behindert, da das Öffnen der Türen entgegen der Depression lästig ist und Mühe und Zeit kostet. Zur Erleichterung der Bedienung können nach der Bauart der Maschinenfabrik Humboldt z. B. Schiebetüren durch Elektromotoren bewegt werden, die so miteinander verkuppelt sind, daß von zwei zusammengehörigen Türen stets nur eine geöffnet werden kann. Bei der Hinselmannschen Schleuseneinrichtung erfolgt das Durchschleusen der Wagen in senkrechter Richtung mittels eines kleinen Bremsschächtchens.

#### 204. Schachtweterscheider.

Die beiden Tagesöffnungen, die eine jede Grube für den Wetterstrom besitzen muß, bestehen am zweckmäßigsten aus zwei gesonderten Schächten, von denen der eine dem einziehenden und der andere dem ausziehenden Strome voll zur Verfügung steht. Durch Einbau eines Weterscheiders

Heise u. Herbst, Leitfaden des Bergbaues.

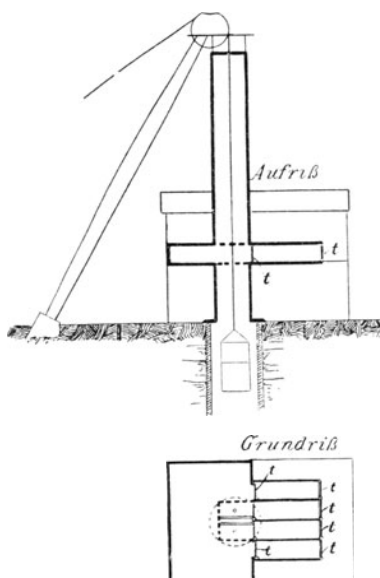


Fig. 136. Luftschleusenverschluß.

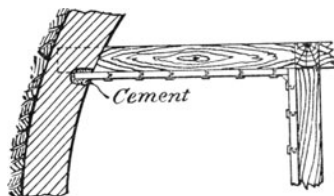


Fig. 137. Schachtweterscheider aus Holz.

wird es ermöglicht, mit einem einzigen Schachte für den ein- und ausziehenden Strom auszukommen. Am besten haben sich Schachtwetterschneider aus Holz bewährt (Fig. 137), weil sie wenig Raum beanspruchen, eine gewisse Elastizität besitzen und bei Ausbesserungen sich bequem bearbeiten lassen. Vorgeschlagen und stellenweise versucht sind ferner Schachtscheider aus Zement- oder Monierplatten und aus eisernen Blechen.

Im allgemeinen sind Schachtwetterschneider nicht empfehlenswert. Sie leiden unter Undichtigkeiten, und im Falle einer Zerstörung des Scheiders durch Vorgänge bei der Förderung, durch eine Explosion oder durch Brand wird die Wetterführung der ganzen Grube in Mitleidenschaft gezogen.

**205. Lage des Wetterschachtes.** Je nach der Lage des ausziehenden Wetterschachtes im Baufelde kann man zwei grundsätzlich verschiedene Arten der Bewetterung unterscheiden: die rückläufige (zentrale) und die grenzläufige (diagonale). Im ersteren Falle liegt der Wetterschacht in der Nachbarschaft des einziehenden Schachtes etwa in der Mitte des Baufeldes. Die Wetter ziehen also zunächst von dem einziehenden Schachte in der Richtung auf die Feldesgrenzen, um sodann nach Bewetterung der Baue wieder etwa nach dem Mittelpunkte des Grubenfeldes zurückzukehren. Im anderen Falle werden mehrere Wetterschächte auf die Feldesgrenzen gesetzt. Die Wetter ziehen also von der Mitte des Feldes aus den Feldesgrenzen zu, um hier durch die Wetterschächte ins Freie befördert zu werden. Die rückläufige Wetterführung ist für die erste Entwicklung der Grube günstig; je mehr sich aber die Baue von den Schächten entfernen und den Feldesgrenzen nähern, um so günstiger liegen die Bedingungen für die grenzläufige Wetterführung.

**206. Teilströme.** Für größere Gruben ist es unmöglich, daß ein einziger, ungeteilter Wetterstrom die sämtlichen Baue nacheinander bestreicht. Der Wetterweg würde zu lang werden, die Streckenquerschnitte

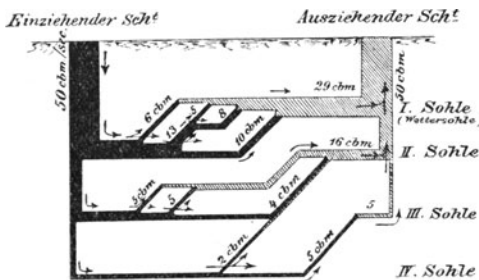


Fig. 138. Schematische Darstellung der Teilstrombildung.

wären zu eng, die Wettergeschwindigkeiten zu hoch, und schließlich erhielten die letzten Arbeitspunkte nicht mehr genügend frische Wetter. Das einfache Mittel zur Behebung dieser Schwierigkeiten ist die

Teilstrombildung. Die Teilung des Wetterstromes beginnt in der Regel schon im einziehenden Strome, indem sich von hier aus die Ströme für die verschiedenen Sohlen abtrennen. Diese Haupt-

ströme verzweigen sich wieder in Teilströme nach den verschiedenen Querschlägen und Richtstrecken, aus denen weiter die einzelnen Grundstrecken und Bremsbergfelder ihre Teilströme empfangen. Nach Bewetterung der Baue vereinigen sich die Teilströme allmählich wieder, wie das Fig. 138 schematisch andeutet.

Das Stärkeverhältnis der Ströme ist andauernd dem Wetterverteilungsplane entsprechend zu regeln und zu überwachen. Die Mittel, die man bei der Regelung der Stromverteilung anwenden kann, haben eine Verstärkung zu schwacher und eine Schwächung zu starker Teilströme zum Ziel. Die Verstärkung schwacher Ströme geschieht durch Erweiterung der Streckenquerschnitte, erneute Stromteilung und durch Anwendung der Sonderbewetterung (Fig. 139). Um zu starke Ströme zu schwächen, kann man sie durch Anhängung weiterer Betriebe belasten oder aber drosseln. Die Drosselung besteht in dem Einbau eines künstlichen Widerstandes, der bewirkt, daß nur die beabsichtigte Wettermenge noch durch den verbleibenden Streckenquerschnitt zu ziehen vermag.

**207. Wettertüren.** Zur Durchführung der planmäßigen Wetterleitung dienen in erster Linie die Wettertüren. Man unterscheidet zwischen Türen, die den Querschnitt der Strecke vollkommen verschließen und den Strom lediglich leiten (Stromleitungs- oder Absperrtüren), und Türen, die gleichzeitig den Strom teilen und zu diesem Zwecke eine in der Regel einstellbare Durchgangsöffnung für die Wetter besitzen (Stromverteilungs- oder Drosseltüren). Die Türen werden stets so aufgestellt, daß sie vom Wetterzuge zugeedrückt werden. Damit sie sich von selbst schließen, stellt man sie etwas schräg oder bringt die Angeln in versetzter Stellung an. An wichtigeren Punkten stellt man 2 oder auch 3 Türen hintereinander auf, damit mindestens eine immer geschlossen ist. In Strecken mit Pferdeförderung pflegt man eine solche Entfernung der beiden Türen voneinander zu wählen, daß ein ganzer Zug zwischen ihnen Platz findet. Von der größten Wichtigkeit sind bei rückläufiger Wetterführung z. B. die zwischen dem ein- und ausziehenden Schachte vorhandenen Türen, da sie einen besonders großen Depressionsunterschied auszuhalten haben und von ihrer Dichtigkeit die gesamte Bewetterung der Grube abhängt. An Punkten, wo es weniger auf einen dichten Wetterabschluß ankommt, ersetzt man die Türen durch Wettergardinen (Vorhänge aus Segelleinen). Besonders häufig geschieht dies in Abbaustrecken, wo Türen infolge der regen Druckwirkung unzuweckmäßig sind.

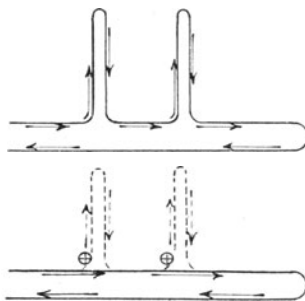


Fig. 139. Entlastung eines Wetterstromes durch Einrichtung von Sonderbewetterungen.

Die Drosseltüren (Fig. 140) besitzen in der Regel in dem festen Felde oberhalb des eigentlichen Türflügels eine Öffnung, deren freier Querschnitt durch einen Schieber beliebig eingestellt werden kann.

**208. Wetterdämme und Wetterkreuze.** Soll eine Strecke dauernd geschlossen werden, so ist sie am besten durch einen gemauerten Wetterdamm abzusperren. Schneller aufzuführen, aber weniger dicht sind Wetterdämme aus Bretterlagen, die auf Türstöcke oder eigens gesetzte Stempel genagelt werden.

Des öfteren muß man einen Wetterstrom einen anderen kreuzen lassen, ohne daß eine Mischung beider Ströme stattfinden darf. Es geschieht dies mittels sog. Wetterkreuze (Wetterbrücken), die in sehr verschiedener Ausführung angewandt werden. Nach Fig. 141 ist das in doppeltem Schnitte dargestellte Wetterkreuz gemauert, und die Dichtigkeit ist durch Verstampfen mit Letten



Fig. 140. Stromverteilungstür.

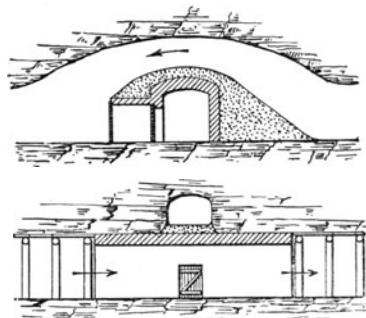


Fig. 141. Gemauertes Wetterkreuz.

erhöht. Ein fahrbarer Durchgang mit 2 Wettertüren gestattet, aus dem einen Wetterweg in den anderen zu gelangen.

**209. Wetterriß und Wetterstammaum.** Um einen schnellen Überblick über die Bewetterung einer Grube zu gewinnen, pflegt man gewöhnlich einen sog. Wetterriß und einen Wetterstammaum zu führen. Auf dem Riß, der häufig auch bereits für die einzelnen Steigerabteilungen hergestellt und auf dem Laufenden erhalten wird, ist der Weg jedes einzelnen Stromes zur Darstellung gebracht. Auf dem Wetterstammaum sind die sämtlichen Teilströme mit der Stärke der Belegschaften sowie derjenigen der Wettermengen in Kubikmetern angegeben.

#### IV. Die Bewetterung der Streckenbetriebe.

**210. Einteilung.** Man unterscheidet 4 Arten der Bewetterung von Streckenbetrieben, nämlich

- a) unter Benutzung des vom Hauptventilator erzeugten Wetterstromes (des „Selbstzuges“) die Bewetterung:

1. mittels Begleitstreckenbetriebes,
  2. mittels Wetterscheider,
  3. mittels Breitaufhauen und Wetterröschen,
  4. mittels Lutten; und
- b) unter Benutzung selbständig angetriebener Bewetterungseinrichtungen:
5. die Sonderbewetterung.

**211. Der Begleitstreckenbetrieb** besteht darin, daß man eine einzelne Strecke nicht für sich allein, sondern in Begleitung einer Parallelstrecke ins Feld treibt, so daß dann die Begleitstrecke als Wetterabzugstrecke benutzt werden kann. Man gibt den beiden Parallelstrecken eine Entfernung von 10—20 m voneinander und verbindet sie alle 15—20 m durch Durchhiebe. Von diesen ist stets nur der letzte für den Wetterdurchzug offen, während die rückwärts belegenen sorgfältig durch Wetterdämme verschlossen werden (Fig. 142). Da die Wetter auf solche Weise in beiden Streckenbetrieben nicht unmittelbar vor Ort gelangen, müssen nötigenfalls noch die in der Figur gezeichneten Hilfswetterscheider eingebaut werden.

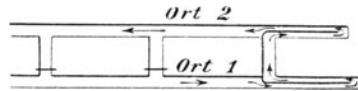


Fig. 142. Begleitstreckenbetrieb.

Der Begleitstreckenbetrieb ist, abgesehen von den Fällen, wo ohnehin 2 parallele Strecken ins Feld geführt werden müssen, nur empfehlenswert, wenn die Strecken auf der Lagerstätte selbst aufgefahren werden, so daß der Streckenbetrieb durch das Fallen nutzbarer Mineralien sich bezahlt macht.

#### 212. Betrieb mit Wetterscheidern.

Ein Wetterscheider besteht aus einer dichten Wand, die die Strecke in 2 voneinander geschiedene Wetterwege trennt. Der eine Weg dient für die frischen, der andere für die abziehenden Wetter. Wetterscheider werden aus Holz, Wetterleinen oder Mauerung aufgeführt. Fig. 143 zeigt einen hölzernen Wetterscheider, der durch Festnageln von Brettern auf einer Reihe von Stempeln hergestellt ist. Für lange Strecken sind in erster Linie die gemauerten ( $1\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$  Stein starken) Wetterscheider geeignet.

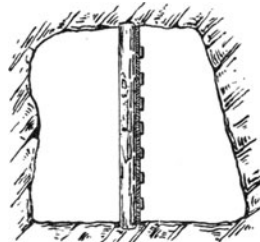


Fig. 143. Hölzerner Wetterscheider.

**213. Die Bewetterung von Strecken mittels Breitaufhauen und Wetterröschen** wird namentlich für kurze Entfernungen gern angewandt. Zu diesem Zwecke werden die Strecken in einer Breite von 8—15 m aufgefahren, um teilweise versetzt zu werden. In dem Versatz oder zwischen dem Versatz und dem festen Stoß werden, wie dies Fig. 144 andeutet, die für den Betrieb und die Wetter-

führung erforderlichen Wege ausgespart. Soweit sie lediglich der Wetterführung dienen, heißen sie **Wetterröschen**. Eine solche

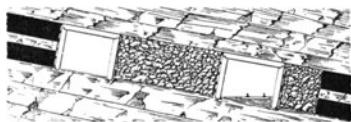


Fig. 144. Wetterrösche bei flacher Lagerung.

Bewetterung ist einfach, bequem und billig und genügt vielfach auf 50—100 m, bisweilen auch bis 200 m.

**214. Die Luttenbewetterung mit Selbstzug** besteht darin, daß in den vom Hauptventilator bewegten Wetterstrom im Anschluß an Wetter-

türen Luttenleitungen als Wetterwege eingeschaltet werden, die der Strom durchstreichen muß. Die Fig. 145 zeigt, wie auf verschiedene Weise zwei gleichzeitig vorangetriebene Strecken, auch Überhauen oder Schächte bewettert werden können. Nach Fig. 145 *a* und *b* wirkt die eine Lutte saugend und die andere blasend, nach Fig. 145 *c* wirken beide Lutten blasend und nach Fig. 145 *d* saugend. Nach den Figuren 145 *e—h* ist für die beiden Streckenbetriebe gleich-

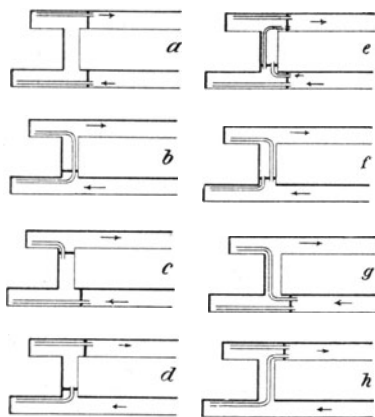


Fig. 145. Luttenbewetterung mit Selbstzug in verschiedener Anordnung.

zeitig eine Teilung des Wetterstromes vorgenommen; außerdem ergeben sich auch hier wieder die Verschiedenheiten nach der saugenden und blasenden Wirkung.

Die Lutten werden aus Eisen- oder Zinkblech gefertigt. Die Blechstärke beträgt 1—2 mm. Die Widerstandsfähigkeit wird durch Wellrohrform ganz bedeutend erhöht. Dafür lassen aber Wellblechlutten wegen der größeren Reibung, die der Luftstrom findet, nur etwa halbsoviel Wetter als glatte Lutten durch. Für

die Wetterdichtigkeit einer längeren Luttenleitung entscheidend sind die Verbindungen der einzelnen, in der Regel 2 m langen Luttenstücke. Am undichtesten sind die sog. Muffenverbindungen. Bei diesen steckt man das eine, etwas zusammengezogene Ende der einen Lutte in eine schwach konische Erweiterung der nächsten. Die Verbindungsstelle wird mit einer Kittmischung verschmiert. Besser ist die Bandverbindung, bei der die beiden, gleichweiten Luttenenden stumpf voneinander stoßen. Die Enden werden durch ein herumgelegtes, mit Segeltuch gefüttertes, federndes Eisenblechband miteinander verbunden, das durch Keile (Fig. 146), Hebel oder Schrauben angezogen werden kann. Die dichteste und



haltbarste Luttenverbindung ist jedoch die mittels Bunden und Flanschen oder mittels Bunden und Klauen. Die Luttenstücke

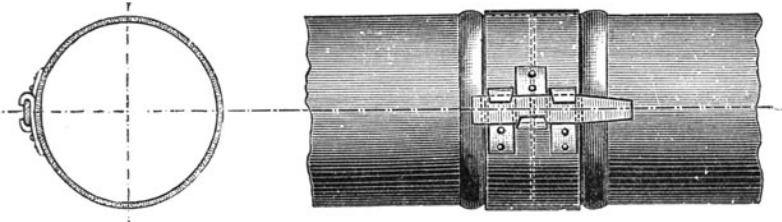


Fig. 146. Luttenverbindung mit Bandverschluß.

tragen an den Enden einen abgedrehten Bund und werden nach Zwischenlegung eines Gummi- oder Pappringes mittels lose aufsitzender Flanschen oder mittels Klauen und Keile (Fig. 147) sicher und fest zusammengesogen.

Bei jeder Luttenbewetterung — sowohl derjenigen mit Selbstzug als auch der Sonderbewetterung — unterscheidet man blasende und saugende Bewetterung (Fig. 148). Bei der blasenden Bewetterung wird der Arbeitsort durch den strahlartig austretenden Luftstrom kräftiger gespült als bei der saugenden, da sich in letzterem Falle die Saugwirkung nur in der unmittelbaren Nähe des Luttenendes bemerkbar macht. Andererseits hat die blasende Bewetterung den Nachteil, daß die vom Arbeitsorte fortgespülten Schlagwetter und Sprengstoffschwaden sich über die ganze Streckenlänge verbreiten.

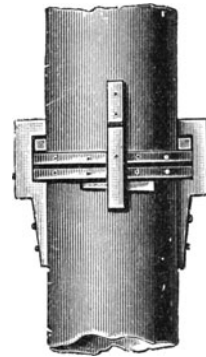


Fig. 147. Klammerverschluß. (Das obere Luttenende trägt eine Klammer, das untere deren drei.)

**215. Die Sonderbewetterung** besteht darin, daß man unter Benutzung von Lutten aus dem Hauptwetterstrome einzelne, in

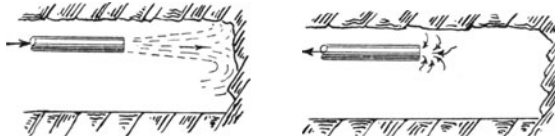


Fig. 148. Wirkung der blasenden und der saugenden Luttenbewetterung.

der Regel mit schwierigen Widerstandsverhältnissen behaftete Teile ausschaltet, indem man für diese einen neuen Antrieb schafft. Man muß dabei Vorsorge treffen, daß die aus dem zu bewetternden Orte

abströmenden Wetter sich nicht im Kreislauf mit der von der Luttenleitung angesaugten Luft mischen können. Die Ansaugestelle muß also im frischen Strome — genügend weit vor dem Austritt der verbrauchten Wetter — liegen (Fig. 149).

Als Antriebskräfte für die Sonderbewetterung benutzt man Druckwasser, Preßluft, Elektrizität oder Menschenkraft, als Vorrichtungen für die Erzeugung der Wetterbewegung selbst Strahldüsen oder Ventilatoren. Die Anwendung einer Strahldüse für Druckwasser oder Preßluft zeigt Fig. 150. Der Wirkungsgrad solcher Düsen ist allerdings sehr gering und wird kaum mehr als 10—15 % betragen (s. S. 110). Dafür sprechen aber Anlage- und Unterhaltungskosten überhaupt nicht mit. Um bei längeren Leitungen genügende Wettermengen bis vor Ort zu bringen, baut man mehrere Düsen in gewissen Abständen voneinander in die Luttenleitung ein. In der Anlage teurerer, im Wirkungsgrade und in der Leistungsfähigkeit aber besser als die Strahldüsen sind die Flügelradventilatoren, die mit Hand, mit Druckwasser, Preßluft oder Elektrizität angetrieben werden können. Diese Ventilatoren sind nach Art der besprochenen Zentrifugalventilatoren gebaut; ihr Wirkungsgrad



Fig. 149. Anschluß der Sonderbewetterung an den Hauptstrom.

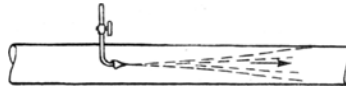


Fig. 150. Strahldüse in einer Lutten.

beträgt etwa 30—50 %. Der Antrieb des Ventilators mit Hand ist teuer und unzuverlässig. Hat man Druckwasser zur Verfügung, so verwendet man kleine Turbinen oder Peltonräder. Für Preßluft gebraucht man kleine Zylindermaschinen, während ein elektrisches Stromnetz die Verwendung von Elektromotoren gestattet.

## V. Das tragbare Geleucht des Bergmanns.

**216. Offene Lampen.** Auf schlagwetterfreien Gruben stand früher fast ausschließlich die offene Rüböllampe in Anwendung. Eine Ausführungsform zeigt Fig. 151. Die Leuchtkraft solcher Lampen beträgt etwa 1,4 NK. Die Lampen sind einfach und billig in der Anschaffung, aber teuer im Betriebe, da die Ölkosten je Schicht 10—15 Pf ausmachen.

In den letzten Jahren haben sich auf schlagwetterfreien Gruben vielfach Azetylenlampen eingebürgert, deren eine in Fig. 152 dargestellt ist. Der Lampentopf *B* dient zur Aufnahme des zu einer Patrone zusammengepreßten Kalziumkarbids *K* und damit gleichzeitig als Gaserzeugungsraum. Dem Topfe ist der Wasserbehälter *A* aufgesetzt und mit ihm durch die Stange *D* und

Flügelschraube *H* in Verbindung gebracht. *J* ist der Brenner, *R* der Leuchtschirm und *G* die Verschlussschraube für die Füllöffnung. Die Schraube *E* regelt den Wasserzutritt zum Karbid und kann je nach Bedarf geöffnet werden. Wird zu viel Gas entwickelt und kann dieses nicht sämtlich durch den Brenner austreten, so entweicht der Überschuß durch den Wasserbehälter und tritt durch eine in der Schraube *G* vorgesehene Sicherheitsöffnung ins Freie. Da also bei reichlicher Gasentwicklung im Gaserzeugungsraum ein Überdruck entsteht, wird das Ausfließen des Wassers aus *A* verlangsamt und, wenn der Gasdruck ebenso groß oder größer als der Druck der im Behälter stehenden Wassersäule wird, sogar gänzlich verhindert. Somit regelt sich bis zu einem gewissen Grade die Azeetylerzeugung selbsttätig. Die Lampe besitzt eine Leuchtkraft von 8—10 NK. und eine Brenndauer von 8 bis 10 Stunden.



Fig. 151. Offene Öllampe.

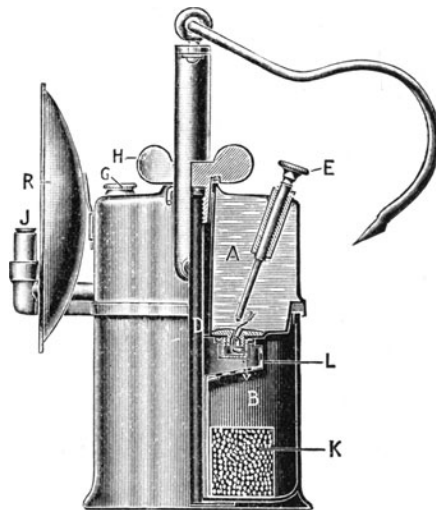


Fig. 152. Offene Azetylenlampe von Seippel.

**217. Die Sicherheitslampe** (1816 von Davy erfunden) war ursprünglich eine Öllampe mit aufgesetztem Drahtkorb. Zwischen Öltopf und Drahtkorb wurde bald noch ein Glaszylinder geschaltet. Jetzt ist man allgemein zu den Wolfschen Sicherheitslampen übergegangen, die durch Benzinbrand, innere Zündvorrichtung und Magnetverschluß gekennzeichnet werden. Die Hauptteile der Wolfschen Lampe sind Topf, Glaszylinder, Drahtkorb und Gestell. Durch Verschrauben des unteren Gestellringes mit dem oberen Rande des Topfes werden die Teile in der aus Fig. 153 ersichtlichen Weise miteinander verbunden. Ein in der Figur nicht dargestellter Magnetverschluß hindert das unbefugte Losdrehen der Verschraubung. Den Abschluß der Lampe nach oben bildet der Gestelldeckel, an dem der Haken befestigt ist. Am Topfe ist die Zündvorrichtung (in der Figur links vom Dochte) und die Stellschraube

zum Groß- und Kleinstellen der Flamme (rechts hinter dem Dochte) angebracht. Der Innenraum des Topfes ist mit Watte, die zum Aufsaugen des Benzins dient, angefüllt. Der Docht leitet das Benzin

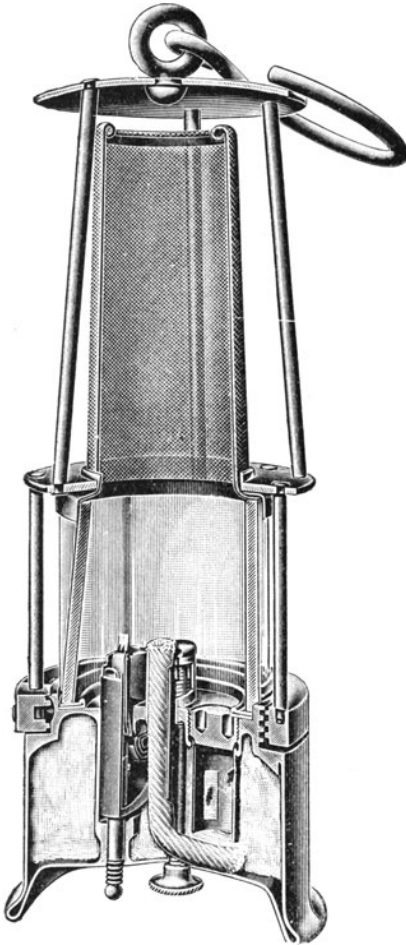


Fig. 153. Wolfsche Benzin-Sicherheitslampe.

zur Flamme. Der aus gewöhnlichem, hellem, jedoch ausgeglühtem und sorgfältig gekühltem Glase bestehende Glaszylinder muß zur Vermeidung gefährlicher Undichtigkeiten genau parallele und rechtwinklig zur Achse der Lampe abgeschnittene Ränder besitzen.

Das Material der Drahtkörbe ist Eisen- oder Messingdraht. Schwach konische Korbformen von etwa 40—50 mm unterer Weite und 88—94 mm Höhe und Drahtgewebe von 144 Maschen auf 1 qcm und 0,3 bis 0,4 mm Drahtdicke entsprechen den Erfordernissen der Schlagwettersicherheit, Haltbarkeit und Leuchtkraft am besten. Durch einen doppelten Drahtkorb läßt sich die Schlagwettersicherheit der Lampe wesentlich erhöhen.

218. Die innere Zündung. Die gebräuchlichste Art der inneren Zündung war bisher diejenige mittels Zündstreifen. In letzter Zeit hat aber die Cerfunkenzündung größere Verbreitung gefunden.

Nach der Art der zur Verwendung kommenden Zündstreifen kann man die Phosphorbandzündung

unterscheiden. Die bei den Phosphorbandzündungen verwendeten Zündpillen bestehen in der Hauptsache aus gelbem Phosphor und sind auf schmale, mit einer Paraffinmasse überzogene Leinwandstreifen aufgeklebt. Bei den Zündstreifen mit Explosionspillen sind auf ein schmales Papierband

von einer gewissen Steifigkeit in regelmäßigen Abständen voneinander Pillen aus einer Explosionsmasse (chlorsaures Kali) geklebt, die durch Reibung oder Schlag unter Flammenerscheinung explodieren.

Als Beispiel einer Zündvorrichtung sei die Wolfsche Reibzündung für Phosphorbandzündstreifen aufgeführt (Fig. 154). Der in einem Stahlblechkasten *a* befindliche Zündstreifen ist zwischen einer festen, zweireihigen Zahnstange *b* und einem dreizinkigen Anreißer *c* hindurchgeführt. Infolge der nach oben gerichteten Zähne der Zahnstange wird der Zündstreifen beim Abwärtsziehen des Anreißers mittels der Griffstange *d* in der höchsten Stellung festgehalten. Hierbei entzündet sich durch die Reibung der krallenartigen Zinken die Zündpille, und bei der Aufwärtsbewegung der Stange *d* und des Anreißers *c* wird der brennende Zündstreifen mit nach oben genommen.

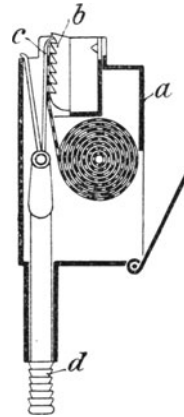


Fig. 154. Wolfsche Reibzündung für Phosphorbandzündstreifen.

Bei der Cerfunkenzündung (Fig. 155) wird ein aus einer Cerlegierung bestehender Stift *a* von dem Kopfe *b* eines durch die Feder *c* angedrückten Hebels gehalten und gegen die Zähne eines Stahlrädchens *d* gepreßt. Da Cerlegierungen die Eigenschaft starken Funkens besitzen, wenn sie von harten Gegenständen gerieben oder gekratzt werden, so spritzen bei jeder Drehung des Rädchens *d* in der Pfeilrichtung Funken gegen den Docht der Lampe, die diesen bei Benzinbrand mit Leichtigkeit zu entzünden vermögen.

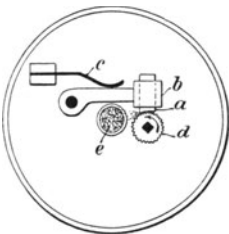


Fig. 155. Cerfunkenzündung.

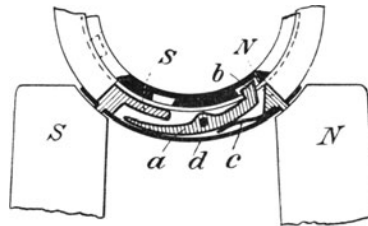


Fig. 156. Wolfscher Magnetankerverschluß.

**219. Der Wolfsche Magnetverschluß** ist in Fig. 156 dargestellt. Ein doppelarmiger, um einen Stift drehbarer Hebel *a*, der in den unteren Gestellring eingebaut ist, greift mit einer klauenartigen Nase *b* in eine Ausfräsung des Topfgewindes ein und verhindert so das Auseinanderschrauben der beiden Teile. Der Hebel steht dabei unter dem Drucke der Feder *c*. Im Gestellringe sind

ferner zwei Körper *N* und *S* aus weichem Eisen untergebracht, die, wenn man den Gestellring an einen Hufeisenmagneten anlegt, zum Nord- und Südpol werden. Durch die magnetische Wirkung wird der Kopf des Ankers mit der Nase nach außen und der Schwanz nach innen gezogen, so daß der Verschuß aufgehoben wird.

**220. Mantellampen.** Damit der Wetterstrom nicht unmittelbar gegen den Drahtkorb bläst und eine etwa darin entstandene Schlagwetterflamme durch das Drahtnetz treibt, umgibt man die Körbe wohl mit Blechmänteln (Mantellampen). Fig. 157 zeigt den Schlitzmantel von Friemann und Wolf, durch den der Luftstrom eine in der Nebenzeichnung besonders dargestellte, mehrfache Richtungsänderung erleidet, ehe er den Drahtkorb erreicht. Dadurch wird die Geschwindigkeit, mit der er auf den Drahtkorb stößt, stark vermindert.

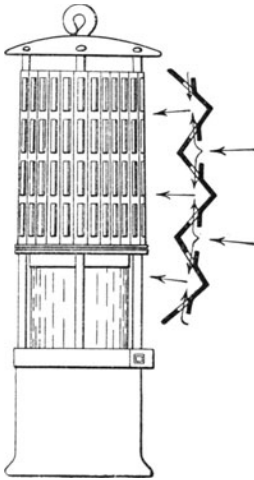


Fig. 157. Wolfsche Mantellampe.

**221. Schlagwettersicherheit der Sicherheitslampen.** Die Sicherheitslampen sind tatsächlich schlagwittersicher nur in ruhenden oder schwach bewegten Wettergemischen. Gegenüber 8—9 prozentigen Schlagwettergemischen sind Lampen mit einfachem Drahtkorbe bei Stromgeschwindigkeiten von 4—5 m bereits unsicher. Lampen mit zweckmäßig gewählten Doppelkörben blasen in gleichen Schlagwettergemischen erst bei 7—8 m Wettergeschwindigkeit durch. Geringer ist freilich die Sicherheit der Lampen in Gemischen von hohem, an der oberen Explosionsgrenze (13—14 %) stehendem Methangehalt.

Auch die Zündvorrichtung kann eine gewisse Gefahr in sich bergen. Die Phosphorbandzündung ist freilich vollkommen sicher. Bei der Betätigung der Explosionspillenzündung aber können kleine Teilchen der Explosionsmasse brennend durch die Maschen des Drahtkorbes getrieben werden und außen die Schlagwetter entflammen. Die Cerfunkenzündung hat sich zwar nicht als völlig und in jeder Beziehung schlagwittersicher erwiesen, genügt aber in den neueren Ausführungen den Anforderungen, die man berechtigter Weise stellen kann.

**222. Azetylen-Sicherheitslampen** sind zwar mehrfach vorgeschlagen worden, aber bisher als eigentliche Mannschaftslampen nicht zur Verwendung gelangt.

**223. Tragbare elektrische Lampen** sind für Arbeiten mit Atmungsgeräten in unatembaren Gasen ein notwendiges Erfordernis. Darüber hinaus haben aber diese Lampen im Grubenbetriebe eine

immer wachsende Bedeutung gewonnen, und namentlich Gruben, die durch Schlagwetter und besonders durch plötzliche Gasausbrüche gefährdet sind, haben sie allgemein zur Einführung gebracht. Die elektrischen Lampen sind den Benzinsicherheitslampen nicht allein hinsichtlich ihrer Schlagwettersicherheit, sondern auch bezüglich der

Leuchtkraft überlegen. Freilich muß der Nachteil der elektrischen Lampen, daß sie Schlagwetter nicht anzuzeigen vermögen und daß sie in matten Wettern fortbrennen, also nicht warnen, mit in den Kauf genommen werden.

Zu einer elektrischen Grubenlampe gehören als Hauptteile die Strom-



Fig. 158. Ceag-Lampe.

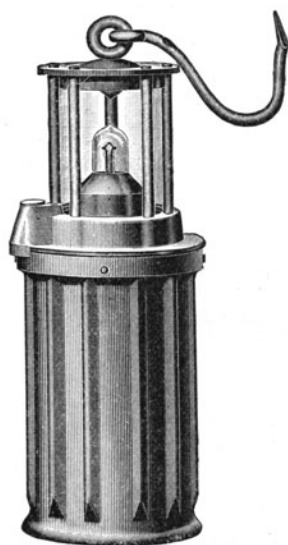


Fig. 159. Wolf-Lampe mit alkalischem Akkumulator.

quelle, die Glühbirne und das Gehäuse nebst Zubehör (Schalt-einrichtung, Tragevorrichtung). Als Stromquellen werden gewöhnlich Akkumulatoren benutzt, die Blei- oder alkalische Akkumulatoren sein können. Elemente haben sich bisher für den vorliegenden Zweck nicht einbürgern können. Der Bleiplatten-Akkumulator besteht aus positiven und negativen Platten, zwischen denen sich als Elektrolyt verdünnte Schwefelsäure befindet. Die wirksame

Masse der positiven Platte wird aus Bleisuperoxyd, die der negativen aus Bleischwamm gebildet. Bei dem alkalischen Nickel-Kadmium-Akkumulator werden als positive wirksame Masse Nickel-Sauerstoff-Verbindungen, als negative Kadmium in Schwammform benutzt.

Die Einführung der elektrischen Lampe als Grubenlampe wurde durch die Erfindung der Metallfadenlampe wesentlich gefördert. Diese hat einen Stromverbrauch, der nur 30 % desjenigen der Kohlenfadenlampe von gleicher Leuchtkraft beträgt. Annähernd im selben Maße konnte das Gewicht der Akkumulatoren vermindert werden. Die Lebensdauer einer Glühbirne ist etwa 400—600 Brennstunden. Die Leuchtkraft der Mannschaftslampe beträgt 1,5 NK., wofür etwa 2,0 Watt erforderlich sind.

Das Gehäuse aus starkem Eisenblech besteht aus einem Unter- und Oberteil und nimmt in seinem Unterteile den Akkumulator auf, während der abnehmbare obere Teil (der Deckel) gewöhnlich für die Aufnahme der übrigen Teile bestimmt ist. Dem Ganzen gibt man gern eine solche Form, daß die Lampe äußerlich einer gewöhnlichen Grubenlampe ähnlich sieht und der Tragehaken oben in einer Öse befestigt wird.

Während die Kosten einer Benzinlampe 7—8 Pf je Schicht betragen, kostet die elektrische Mannschaftslampe je nach der Zahl der gleichzeitig benutzten Lampen 8—12 Pf. Günstiger stellt sich das Bild, wenn man die Lichtstärke oder Kerzenzahl als Einheit wählt.

**224. Ausführungen.** Als Ausführungsform einer Blei-Akkumulatorlampe sei die Ceag-Lampe (Fig. 158) genannt, die 23 cm hoch ist, 2,25 kg wiegt und bei einer Brenndauer von 16 Stunden 1,5 NK. besitzt. Eine alkalische Lampe zeigt Fig. 159. Diese Lampe soll eine sehr hohe Lebensdauer besitzen. Die Leuchtkraft beträgt annähernd 2 NK., das Gewicht 2,1 kg und die Brenndauer 12 Stunden.

---

## Sechster Abschnitt.

# Grubenausbau.

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

### A. Allgemeine Erörterungen.

**225. Aufgaben des Grubenausbaues.** Der Grubenausbau soll in der Hauptsache einerseits die Arbeiter gegen den Stein- und Kohlenfall schützen, andererseits die Grubenräume offen halten.

Bei der ersten Aufgabe handelt es sich hauptsächlich um die Zurückhaltung loser Schalen oder Massen. Ihre Wichtigkeit erhellt



aus der Tatsache, daß im Durchschnitt der Jahre 1896—1910 41,25 pCt. der entschädigungspflichtigen und 42,32 pCt. der tödlichen Unfälle in den unterirdischen Betrieben des Ruhrbezirks allein durch Stein- und Kohlenfall herbeigeführt wurden. Die zweite Hauptaufgabe (Offenhalten der Grubenbaue) schließt vorzugsweise den Kampf gegen den Gebirgsdruck in sich.

Außerdem soll der Ausbau vielfach noch den Bergeversatz bei steilerer Lagerung tragen oder die Bruchmassen des alten Mannes in mächtigen, flach gelagerten Flözen zurückhalten. Auch dient er verschiedentlich nur zum dichteren Abschluß der Stöße, z. B. in brandgefährlicher Kohle oder quellendem Tonschiefer.

Eine besondere Stelle nimmt der wasserdichte Ausbau ein.

**226. Arten des Grubenaubaus.** Ein starrer Ausbau kann den gewaltigen Kräften, wie sie bei einer Verschiebung größerer Gebirgsmassen auftreten, auch bei kräftigster Ausführung auf die Dauer nicht Stand halten. Daher ist für solche Fälle neuerdings der nachgiebige Ausbau von Bedeutung geworden, da er die Gebirgsbewegungen bis zu einer gewissen Grenze mitmacht, ohne zerstört zu werden. Dieser Ausbau kommt in erster Linie für schiefer-tonartiges Gebirge, an zweiter Stelle für gestörte Gebirgsteile in Betracht. Außerdem ist er besonders wichtig für den Streckenausbau, da dieser länger stehen muß, und für mächtige Lagerstätten, in denen eine im Verhältnis gleiche Senkung des Hangenden erheblich mehr ausmacht als in Lagerstätten von geringerer Mächtigkeit.

Nach der Zeitdauer, für die der Ausbau berechnet ist, unterscheidet man den verlorenen und den endgültigen Ausbau. Der erstere wird so leicht und billig wie möglich ausgeführt und nach Möglichkeit zwecks erneuter Verwendung wieder gewonnen.

Gewöhnlich folgt der Ausbau lediglich der Gewinnung nach. Bei manchen Arbeiten jedoch eilt er ihr voraus, nämlich bei der Getriebezimmerung in Strecken aller Art und in Schächten sowie bei der Pfändungs- und Vortreibearbeit im Abbau.

**227. Ausbaustoffe.** Nach den Ausbaustoffen unterscheidet man den Ausbau in Holz, Eisen und Stein, welcher letztere wieder als Mauerung, Beton- und Eisenbetonausbau ausgeführt werden kann.

Der Holzusbau findet am meisten Verwendung, da er verhältnismäßig billig, leicht in verschiedenen Abmessungen herzustellen, bequem einzubringen und auszuwechseln und schon an sich ohne besondere Maßnahmen etwas nachgiebig ist. Auch erfordert er wenig Raum und warnt im Abbau. Nachteilig ist die Empfindlichkeit des Holzes gegen Fäulnis und Vermoderung in matten Wetter.

Der Eisenausbau braucht noch weniger Raum als der Holzusbau. Als nachgiebiger Ausbau läßt er sich nur mit Schwierigkeiten und größeren Kosten ausführen, eignet sich also nicht für stark druckhaftes Gebirge. Gegen matte Wetter ist er nicht empfindlich, wohl aber gegen Feuchtigkeit und besonders gegen saure und salzige Wasser.

Der Ausbau in Stein kommt für alle solche Hohlräume in Betracht, die lange stehen sollen, namentlich wenn sie ungünstigen Einwirkungen durch Wasser und matte Wetter ausgesetzt sind. Demgemäß finden wir ihn in Füllörter, Pferdeställen, Maschinenräumen und Stollen. Außerdem ermöglicht er den luftdichten Abschluß von Kohlenstößen oder Schiefertonschichten, den Abschluß der Gebirgswasser und die Herstellung möglichst glatter Wandungen zur Verringerung der Reibung (in Rollöchern und Wetterkanälen).

Durch die nachgiebige Ausführung der Mauerung und durch die Einführung des Eisenbetons ist das Anwendungsgebiet für den Ausbau in Stein neuerdings erheblich erweitert worden.

Der Ausbau in Holz und Eisen kann aus einzelnen Stücken bestehen oder durch Zusammenfügung mehrerer Teile gebildet werden. Im ersten Falle ergibt sich der einfache („Stempel-“ oder „Bolzen-“) Ausbau, im letzteren Falle der zusammengesetzte („Türstock-“ und „Schalholz-“) Ausbau. Der Ausbau in Stein kann ein offener oder geschlossener sein, je nachdem er nur einen Teil des Streckenumfanges (Stöße, Firste oder Sohle) oder den ganzen Umfang schützen soll.

## B. Die Ausführung des Ausbaues.

### a) Der Ausbau in Holz.

#### 1. Eigenschaften und Behandlung der Grubenhölzer.

**228. Holzarten.** Für den deutschen Bergmann kommen im wesentlichen 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.

Infolge der Preissteigerung in den letzten Jahrzehnten ist die wertvollste Holzart, das Eichenholz, mehr und mehr durch Nadelhölzer verdrängt worden, deren Schwächen man durch Verbesserung der Abbau- und Ausbaufahren und durch die Tränkung mit fäulniswidrigen Stoffen größtenteils ausgeglichen hat. Besonders im Abbau und in den bald wieder abzuwerfenden Abbaustrecken herrschen die Nadelhölzer vor, da man hier keine dauerhaften Holzarten braucht, sondern nur billige, nachgiebige und die Gebirgsbewegungen anzeigende Hölzer verlangt. Im Streckenausbau dagegen treten die Vorzüge des teureren Eichenholzes (Zähigkeit, Dauerhaftigkeit) in den Vordergrund.

Ein Festmeter trockenen Holzes wiegt etwa 500 kg (Fichtenholz) bis 800 kg (Eichenholz). Ein Stempel von 1,5 m Länge und 13 cm Dicke trägt ungefähr 30 000—50 000 kg.

Bei den einzelnen Holzarten ergeben sich noch Unterschiede im Gefüge. Je weniger zahlreich oder je feiner die Poren sind, um so fester und wertvoller wird das Holz. Man unterscheidet hiernach den „Splint“, das „Reifholz“ und das „Kernholz“, von denen der erstere unmittelbar unter dem Rindenbast folgt und am weichsten und großporigsten ist, die letztere Holzart dagegen

ganz im Inneren (bei manchen Bäumen überhaupt nicht) auftritt und sich durch das dichteste und festeste Gefüge auszeichnet.

**229. Fäulniserscheinungen und ihre Bekämpfung.** Das Holz wird durch verschiedene kleine Lebewesen angegriffen, von denen einige nur den Holzsaft, andere auch den Zellstoff selbst befallen. Wasser und Luft wirken im großen und ganzen nur insofern schädlich, als sie günstige Daseinsbedingungen für diese Lebewesen schaffen. Am schädlichsten wirkt der Hausschwamm, der zum Gedeihen eine gewisse mittlere Feuchtigkeit und eine mittlere Wärme von 15—30° C. braucht. Die Vernichtung der schädlichen Pilze kann durch Tränkung des Holzes mit zerstörenden (antiseptischen) Stoffen geschehen. Dadurch wird eine längere Standdauer der Hölzer und damit eine Ersparnis nicht nur an Holzkosten, sondern auch an Zimmerhauerlöhnen ermöglicht.

Die Tränkung ist zwecklos für alle Hölzer, deren Standdauer schon durch den Druck sehr verkürzt wird, also für den Ausbau im Abbau und in druckhaften Strecken. Der Anteil der auf einer Grube zweckmäßig zu tränkenden Hölzer schwankt je nach den Druckverhältnissen zwischen 10 und 40 pCt. des Gesamtholzverbrauchs.

**230. Die Tränkflüssigkeiten** sind entweder Salzlösungen oder phenolhaltige Lösungen. Zu den ersteren gehören Zink- und Quecksilberchlorid, Eisen- und Kupfervitriol, Fluorsalze, Kochsalz usw. Die Phenole oder Teersäuren werden als Teeröle bei der Teergewinnung erhalten.

Die Salzlösungen können durch Wasser leicht ausgewaschen werden, erfordern also ein kostspieliges Tränkverfahren, wenn man nicht billigere Salze, wie Kochsalz, verwendet, die in vollständig gesättigter Lösung in das Holz eingeführt werden können. Die Phenolverbindungen haben bei kräftiger fäulniswidriger Wirkung den Vorzug, der Auslaugung durch Wasser zu widerstehen. Sie werden jedoch von der Holzmasse nur langsam aufgenommen, greifen die Haut an, sind feuergefährlich und verschlechtern durch ihren Geruch die Wetter, erschweren auch die rechtzeitige Erkennung eines Grubenbrandes.

**231. Tränkverfahren.** Das Tränken des Holzes mit den Lösungen kann durch oberflächlichen Anstrich, durch Eintauchen in die Lösung und durch das sog. „Druckverfahren“ (mit und ohne Saugwirkung und mit und ohne Dämpfung) erfolgen. Das Anstrichverfahren ist teuer und wenig wirksam, so daß im allgemeinen nur die beiden anderen Verfahren in Betracht kommen.

Für das Tauchverfahren muß gut ausgetrocknetes und von Rinde und Bast befreites Holz gewählt werden. Kochsalzlösungen werden vom Holze gut aufgenommen und dringen daher wesentlich tiefer ein als Phenolverbindungen.

Beim Saug- und Druckverfahren wird zunächst durch Herstellung einer Luftverdünnung der Saft und die Luft größtenteils aus dem Holze herausgesaugt und dann etwa 2—5 Stunden lang

die Tränkflüssigkeit mit einem Drucke von mehreren Atmosphären in das Holz eingepreßt. Der Absaugung kann eine vorbereitende Behandlung mit Wasserdampf (jedoch am besten nicht von höherer Temperatur als 80—100°) vorausgehen. Dieses Verfahren ist besonders für die Tränkung von Kernholz geeignet, das bei den anderen Tränkeinrichtungen die Flüssigkeit nicht genügend aufnimmt. Andere ähnliche Verfahren arbeiten ohne Saugen, also nur mit Druckwirkung. Die Kosten der verschiedenen Tränkungsarten schwanken für ein Festmeter Holz etwa zwischen 2 *M* beim Kochsalz-Tauchverfahren und 5 *M* beim Saug- und Druckverfahren.

## 2. Die Ausführung des Holzausbaues.

### *Einfacher Holzausbau (Stempelausbau).*

**232. Anwendung und allgemeine Ausführung.** Der einfache Stempelausbau kommt vorzugsweise für Abbaubetriebe in flözartigen Lagerstätten bei gutartigem Gebirge in Anwendung. Bei steiler Lagerung gibt man dem Stempel etwa 5° „Strebe“ gegen das Einfallen hin (Fig. 162), damit er durch die schiebende Wirkung des Hangenden noch fester gedrückt wird.

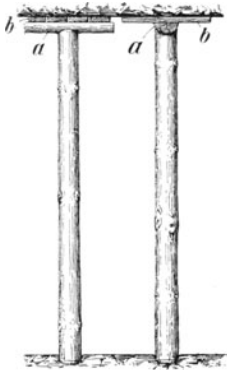


Fig. 160. Stempelausbau im deutschen Braunkohlenbruchbau.

Kurze Stempel zur vorübergehenden Abstützung von überhängenden starken Kohlenbänken u. dgl. heißen „Bolzen“. Zwischen Stempel und Firste wird ein „Anpfahl“ aus Halb- oder Rundholz getrieben, der kleine Fehler bei der richtigen Bemessung der Länge des Stempels ausgleicht und gleichzeitig als nachgiebige Einlage wirkt. Im deutschen Braunkohlenbruchbau werden die Anpfähle *a* (Fig. 160) länger genommen und noch mit Pfählen oder Brettern *b* verzogen.

**233. Nachgiebiger Stempelausbau.** Die Verwendung solcher Stempel im Abbau, die ohne Bruch dem Gebirgsdruck nachgeben, ermöglicht ein gleichmäßiges Setzen des Hangenden und ist besonders vorteilhaft für die Abbauförderung mit Schüttelrutschen und für die Verwendung von Strebschrämmaschinen, da diese Vorrichtungen einen frei zu haltenden und nicht durch gebrochene Stempel zu beeinträchtigenden Querschnitt vor dem Abbaustoß erfordern. Außerdem tragen gebrochene Stempel nicht mehr und sind daher nur gefährlich.

Das wichtigste Mittel zur Erzielung einer ausreichenden Nachgiebigkeit ist das Anspitzen oder Anschärfen der Stempel am unteren Ende. Man schafft dadurch künstlich eine schwache Stelle, die dem Drucke zuerst nachgibt, so daß der Stempel am Fuße unter entsprechender Verkürzung quastartig auseinander gestaut wird.

Fig. 161 zeigt verschiedene Stempel mit den ihren Längen entsprechenden Anspitzungslängen.

**234. Stempelausbau mit Bieungsbeanspruchung.** Beim Abfangen von Schweben oder Firsten oder von Versatzbergen oder bei der Sicherung eines Abschnitts gegen den alten Mann wird der Stempelausbau neben der Druck- oder Knickbeanspruchung auch

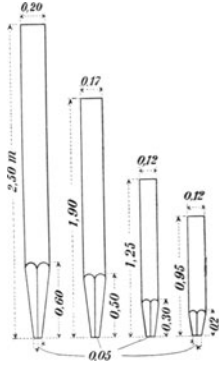


Fig. 161. Angespitzte Stempel verschiedener Länge.

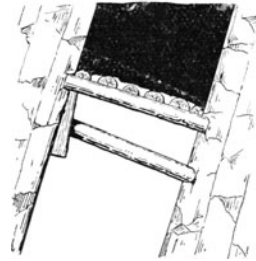


Fig. 162. Schwebestempel mit Sicherung.

auf Biegung in Anspruch genommen. Beispiele zeigen die Figuren 162 und 163, die erkennen lassen, wie man bei größerer Flözmächtigkeit solche Stempel durch besondere Sicherungstempel mit Anpfahl (Fig. 162) oder durch Verspreizungen mit gegen die Stempel sich anlehnen

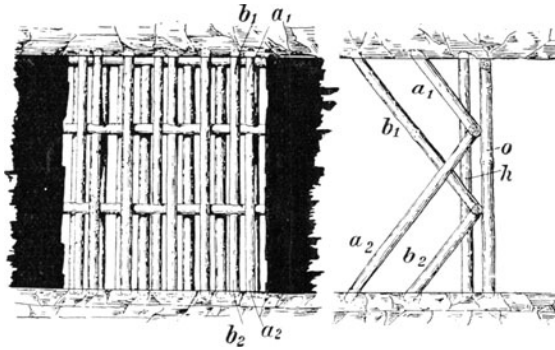


Fig. 163. Streckensicherung durch eine Orgel mit Versatzung im oberschlesischen Pfeilerbau.

Rundhölzern (Fig. 163) sichert. Neuerdings werden die zum Abfangen des Versatzes dienenden Stempel bei größerer Flözmächtigkeit außer durch Anpfähle auch noch dadurch nachgiebig gestaltet, daß man sie anspricht; doch ist dann eine Verstärkung des Stempelschlages durch Mittelstempel u. dgl. erforderlich. (Vgl. Fig. 172 auf S. 135.)

### Zusammengesetzter Holzausbau.

**235. Holzpfeiler** (Holzschranke, Scheiterhaufen, Kreuzlager, s. Fig. 168 u. Fig. 174 auf S. 136) werden aus einer Anzahl von kreuzweise gelegten Holzstücken gebildet und in der Regel im Innern mit klaren Bergen angefüllt, um sie einigermaßen gegen Verschiebungen zu sichern, ohne ihre Zusammenpressung durch den Gebirgsdruck zu verhindern. Die Holzpfeiler kommen in erster Linie bei flacher Lagerung in Betracht, finden aber auch bei größeren Fallwinkeln Anwen-

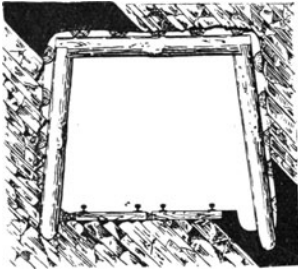


Fig. 164. Deutscher Türstock mit schrägen Beinen.

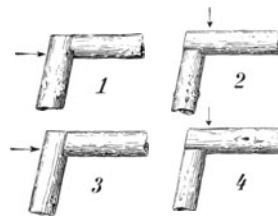


Fig. 165. Verschiedene Verblattungen bei deutschen Türstöcken.

dung; sie müssen dann durch vorgeschlagene Stempel vor dem Abrutschen gesichert werden. Ihr Hauptverwendungsgebiet finden die Holzpfeiler beim Ausbau wichtiger, d. h. lange Zeit offen zu haltender Strecken und beim Ausbau von Bremsbergen, sofern diese Strecken und Bremsberge beiderseits in Versatz stehen.

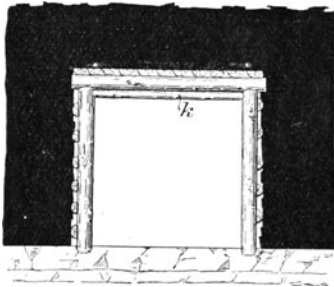


Fig. 166. Polnischer Türstock mit Kopfspreize.

**236. Türstockzimmerung.** Die häufigste Art der Türstockzimmerung ist diejenige mit Verblattung (deutsche Türstockzimmerung), durch welche Widerstandsflächen gegen den Firsten- und Seitendruck gebildet werden. Einen deutschen Türstock zeigt Fig. 164, verschiedene Verblattungen für die gleichzeitig durch Pfeile angedeuteten Druckrichtungen sind in Fig. 165 dargestellt.

Beim polnischen Türstock (Fig. 166) werden die Beine oben nur ausgekehlt, um der Kappe eine günstige Auflagefläche zu sichern. Die Verwahrung gegen Seitendruck muß durch eine sog. „Kopfspreize“ (*h*) erreicht werden.

Bei der schwedischen Türstockzimmerung treten an die Stelle der Verblattungen schräge Schnittflächen, die mit der

Säge hergestellt werden. Bei vollständiger Durchführung geht sie in die Polygonzimmerung über, wie sie in sehr druckhaftem Gebirge angewendet wird.

In streichenden Strecken begnügt man sich bei steilerer Lagerung, wenn der Druck vom Hangenden her die Hauptrolle spielt, vielfach mit halben Türstöcken („Handweiser“, Fig. 167).

**237. Verbindung zwischen den einzelnen Türstöcken.** Um das Gebirge in den einzelnen Feldern zwischen den Türstöcken zu sichern, wird hinter den Stempeln und Kappen Verzug (auch „Verpfählung“ genannt) eingebracht. Dieser besteht aus Schwarten (Scheiden) oder Pfählen (Spitzen); für die Firste werden in wichtigeren Strecken vielfach alte Grubenschienen verwandt. In erster Linie ist der Verzug der Firste wichtig, wogegen der Verzug der Stöße bei starkem Seitendruck zwecklos ist, da dieser durch Druck auf den Verzug die Türstockbeine knickt oder umwirft. Man hält daher neuerdings in druckhaftem Gebirge den Türstockausbau an den Stößen ganz frei (Fig. 168). Gegenseitig werden die Türstöcke in wichtigeren Strecken, besonders bei

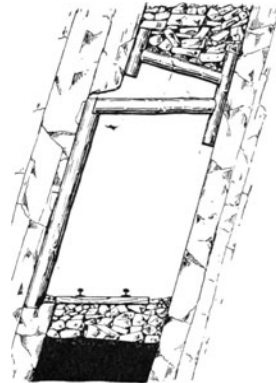


Fig. 167. Halber Türstock mit Fußpfahl am Liegenden.

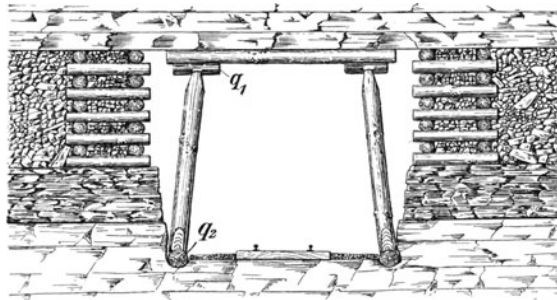


Fig. 168. Nachgiebiger Türstockausbau mit Quetschhölzern, freistehend.

rutschendem und schiebendem Gebirge, durch Zwischentreiben von Bolzen abgesteift.

**238. Nachgiebige Türstockzimmerung.** Bei der nachgiebigen Türstockzimmerung sucht man die Kappen im Vergleich zu den Stempeln möglichst widerstandsfähig zu machen. Das geschieht:

1. durch Schwächung der Stempel am untern Ende. Diese wird bei Stempeln mit Seitendruck nicht durch Anspitzen, sondern

durch Anschärfen erreicht, wodurch die Stempel eine Schneide quer zur Druckrichtung erhalten (Fig. 168);

2. durch Verstärkung der Kappe. Zu diesem Zwecke kann man für die Kappe einen eisernen Träger oder

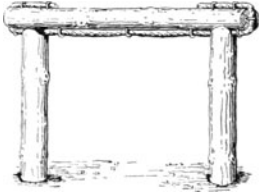


Fig. 169. Polnischer Türstock mit Verstärkung der Kappe durch ein Drahtseil.

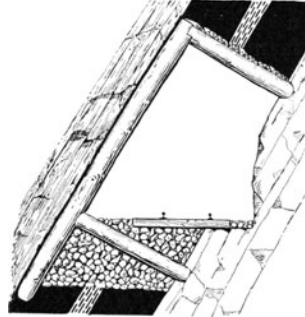


Fig. 170. Schalholzzimmerung mit untergeschlagenem Bahnstempel.

eine Stahlschiene wählen, oder man kann Holzkapfen durch darunter gespannte abgelegte Drahtseile (Fig. 169) verstärken.

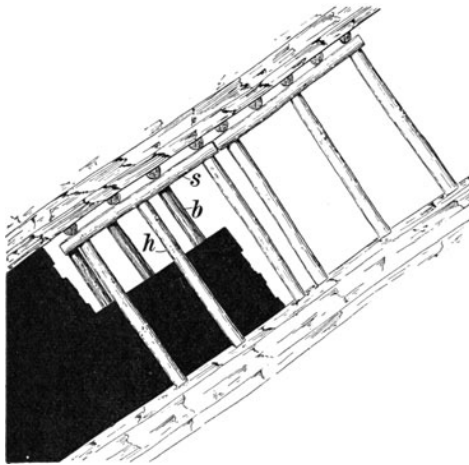


Fig. 171. Kappenzimmerung mit verlorenen Stempeln bei abfallendem Verhieb.

Außerdem können unter die Beine sowohl wie auch zwischen Beine und Kapfen Quetschhölzer, meistens Rundhölzer gelegt werden. (Fig. 168).

### 239. Schalholzzimmerung.

Diese Zimmerung soll den Druck vom Hangenden her abfangen. Daher wird das unter das Hangende gelegte Schalholz (eigentlich ein Halbholz, vielfach auch ein Rundholz) durch einen oder mehrere

Stempel, die senkrecht gegen das Einfallen eingetrieben werden, gestützt. Der Ausbau tritt in Strecken an die Stelle der Türstockzimmerung, wenn die Kapfen der Türstöcke unter das Hangende gelegt werden. Bei der Zimmerung nach Fig. 170 ist das Schalholz oben durch einen angeblatteten Firnenstempel, unten durch einen Bahnstempel gegen das Liegende abgestützt.



Im Abbau müssen bei steilerer Lagerung die Schalhölzer (Kappen) in schwebender Richtung eingebaut werden, bei flachem Einfallen können sie streichend gelegt werden. Fig. 171 veranschaulicht einen Schalholzausbau bei abfallendem Verhieb in zwei Bänken. Die Kappen (s) werden während der Gewinnung der Oberbank durch verlorene Bolzen *b* getragen; zwischen diese müssen nach Gewinnung der Unterbank die endgültigen Stempel *h* gesetzt werden. Auch die Schalholzzimmerung hat man nachgiebig ausgestaltet, indem man die abstützenden Stempel angespitzt oder angeschärft hat. Einen solchen Ausbau zeigt Fig. 172, nach welcher sowohl der Firststempel *k* wie auch der Bahnstempel *s<sub>1</sub>* angespitzt ist, damit der Versatz zusammengedrückt werden kann. Der dadurch gegen Firstendruck geschwächte Stempel *k* ist durch den Hilfstempel *s<sub>2</sub>* abgestützt worden. Bei solchen Zimmerungen kann man ohne einen besonderen Stempelschlag für den Bergeversatz auskommen, falls man von vornherein für genügende Höhe der Strecke gesorgt hat.

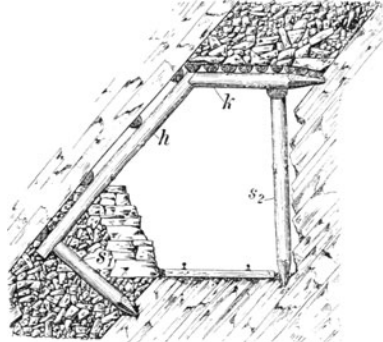


Fig. 172. Nachgiebiger Schalholzausbau mit Mittelstempel in Strecken.

**240. Verbindungen zwischen Türstock- und Schalholzzimmerung** werden in Flözstrecken angewendet, deren Hangendes nicht angegriffen wird und die mit Türstöcken ausgebaut werden sollen. Ein Beispiel zeigt Fig. 173. Wegen der geringen Flözmächtigkeit ist die Kappe nur mit einer Verblattung für Seitendruck versehen.

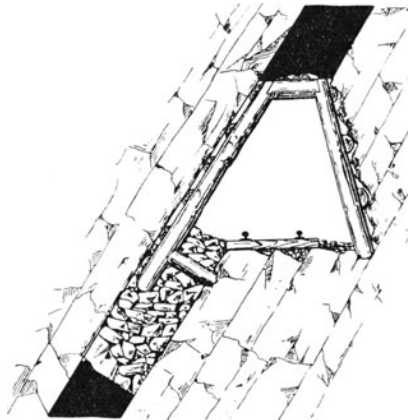


Fig. 173. Schalholz- in Verbindung mit Türstock-Ausbau.

**241. Der Ausbau mit Firstenbänken** ergibt sich aus der Schalholzzimmerung, indem man die Stempel ganz fortlässt und die Kappen beiderseits in das Gebirge einbühnt oder auf Holzfeilern (Fig. 174) oder Bergemauern aufrufen lässt. Ein solcher Ausbau zeichnet sich durch große Nachgiebigkeit aus; die Kappen werden

vor Bruch geschützt, da sie die ganzen Gebirgsbewegungen ohne weiteres mitmachen können.

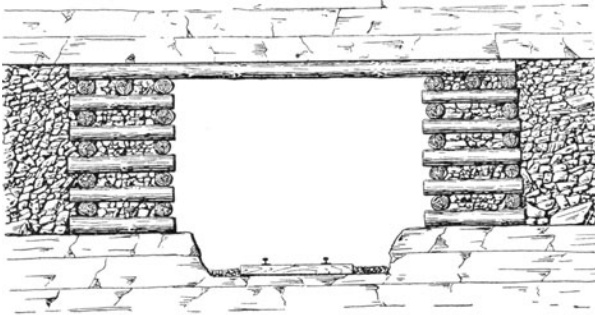


Fig. 174. Firstenbänke auf Holzpfelern.

**242. Die Schwalbenschwanzzimmerung.** Bei der Verzimierung von Bremsbergen und Abhauen wird die Türstockzimmerung

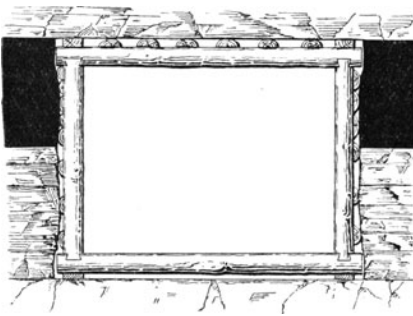


Fig. 175. Schwalbenschwanzzimmerung.

durch die Schwalbenschwanzzimmerung ersetzt. Diese besteht (Fig. 175) aus der „Kappe“ am Hangenden, den „Stoßhölzern“ an den Seiten und dem „Grundholz“ am Liegenden. Die Stoßhölzer werden mit dem Grundholz und der Kappe durch schwalbenschwanzförmige und in der Richtung des Einfallens sich keilförmig verengende Einschnitte bezw. Zapfen verbunden, so daß man

nach der Fallrichtung hin einen festen Verband erhält.

*Voreilender Ausbau (Getriebe- und Abtreibezimmerung).*

**243. Die Getriebezimmerung** ist eine Streckenzimmerung, die gegen hereingebrochene Massen oder gegen rollendes Gebirge Sicherheit geben soll. Wird nur die Firste durch Abtreiben gesichert, so erhält man das „Firstengetriebe“; sollen auch die Stöße gesichert werden, so ergibt sich das „Strecken-“ oder „Stollengetriebe“.

Ein Firstengetriebe wird durch Fig. 176 veranschaulicht. Von der Kappe  $\alpha_1$  eines Türstocks aus werden die Getriebepfähle  $\beta_1$  nach vorn getrieben, und zwar in solchem Maße schräg nach oben, daß

unter ihrem vorderen Ende wieder Platz für eine neue Zimmerung geschaffen wird. Diese Pfähle bestehen aus hartem Holz und werden am vorderen Ende zur Erleichterung des Eindringens einseitig zugeshärft. Sind die Pfähle um eine Feldbreite vorgetrieben, so werden sie durch die „Pfändlatte“  $s_1$  unterfangen, ein Stück Rund- oder auch Halbholz, unterhalb dessen der neue Türstock eingebaut wird. Zwischen dessen Kappe  $a_2$  und der Pfändlatte wird durch die „Pfändkeile“ ein geeigneter Hohlraum offen gehalten, der das Eintreiben der nächsten Pfahlreihe gestattet.

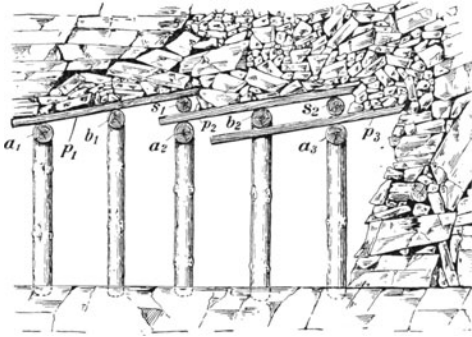


Fig. 176. Firstengetriebe mit Anstecken von einem Türstock aus.

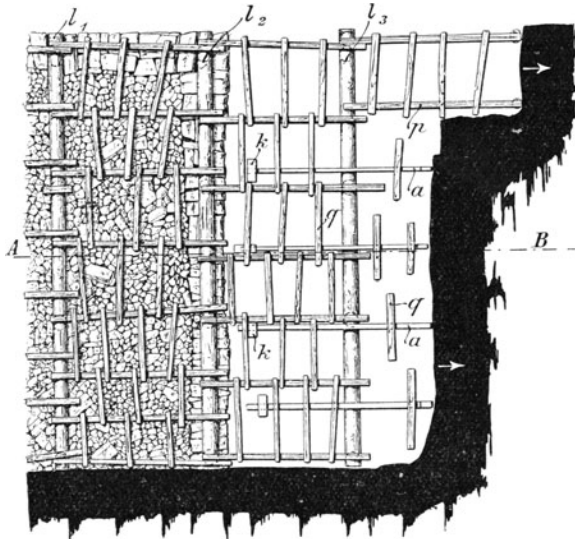


Fig. 177. Vortreibezimmerung im Abbau. Erhöhung der Sicherheit durch Querverzugpfähle  $q$ .

Beim Streckengetriebe müssen auf allen Seiten Pfähle vorgetrieben werden, unter Umständen auch auf der Sohle. Beim Streckentreiben im Schwimmsand muß man noch den Ortstoß selbst

durch eine aus „Zumachebrettern“ zusammengesetzte und gegen das letzte Geviert abgespreizte „Vertäfelung“ sichern.

**244. Vortreibezimmerung im Abbau.** Bei gebrächem Hangenden oder beim Vorhandensein eines Nachfallpackens über dem Flöze,

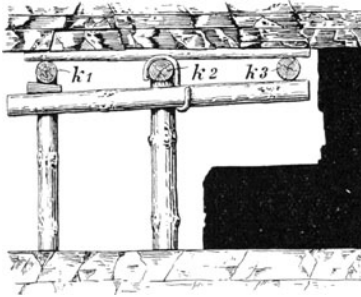


Fig. 178. Unterstützung der neuen Kappe durch Rundholz-Unterzüge.

der beim Abbau gehalten werden soll, ist ein vorläufiges Abfangen des Hangenden vor der Einbringung der endgültigen Zimmerung erforderlich, namentlich in Flözen von größerer Mächtigkeit mit bankweiser Gewinnung von oben nach unten. Gemäß Fig. 177 z. B. werden von der letzten Stempelreihe eiserne Pfähle vorgetrieben, die außerdem noch durch über ihnen eingetriebene Querpfähle das Hangende sichern. Nachdem für ein weiteres Feld Platz geschaffen ist, werden die Eisen-

pfähle durch Holzpfähle ersetzt, die vorläufig durch verlorene Stempel abgestützt werden (oben in der Figur). Statt der eisernen Pfähle werden jetzt meist Holzpfähle verwendet, die man nicht wieder zu gewinnen braucht. Die Abstützung der Pfähle am vordern Ende kann auch durch Einbühnen ihrer Enden in den

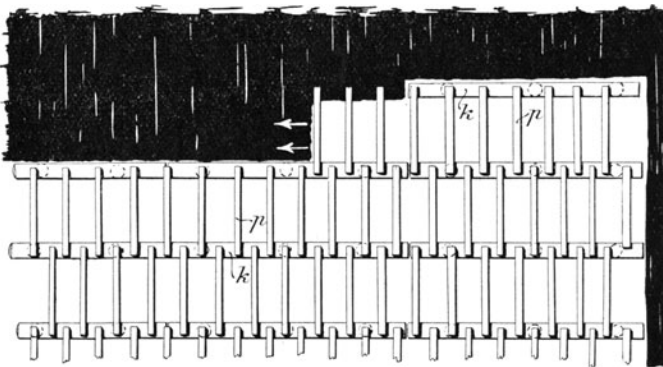


Fig. 179. Pfändungsbau.

Kohlenstoß, durch die neu einzubauende Kappe (Fig. 178) oder durch besondere Hilfskappen, die immer wieder weiter vorgeschoben werden, erfolgen. In Fig. 178 liegt die neue Kappe  $k_3$  auf Unterzügen aus Rundholz, die in doppelt gekröpften Bügeln an der Kappe  $k_2$  aufgehängt und am hintern Ende durch ein Keilwiderlager gesichert sind.

Bei dem geschilderten Verfahren schreitet die Gewinnung senkrecht zum Stoß vor, und der letztere wird in breiter Fläche angegriffen. Fig. 179 dagegen zeigt den sog. „Pfändungsbau“, bei dem der Kohlenstoß in einzelnen parallelen Streifen von je 1 Feld Breite in abfallender Richtung verhauen wird. Die Verzugpfähle werden nebeneinander gelegt, sobald durch die Kohलगewinnung hinreichend Platz geschaffen ist, und durch Einbühnen in die Kohle vorläufig gesichert.

## b) Der Ausbau in Eisen.

### 1. Einfacher Eisenausbau.

**245. Bedeutung.** Der Stempelausbau in Eisen kommt nur für den Abbau in Frage, da der eiserne Stempel in Strecken, für die der Stempelausbau ausreicht, wegen seines höheren Preises dem Holzstempel unterlegen ist, im Abbau dagegen wieder gewonnen werden kann. Zu diesem Zwecke müssen die Stempel sich aber ineinander schieben lassen. Ein solcher Stempel ist derjenige von Sommer (Fig. 180). Er besteht aus zwei ineinander verschiebbaren Stahlrohren. Das obere Rohr  $r_2$  stützt sich mittels eines fest angezogenen Klemmbandes  $k$ , das nach oben hin durch einen angeketeten Haken  $h$  gehalten wird, gegen den verstärkten Kopf des unteren Rohres  $r_1$ . Die Wiedergewinnung des Stempels wird durch Lösen der Mutter des Klemmbandes mittels eines an dem Vierkant  $s$  angreifenden Schraubenschlüssels ermöglicht. Der Stempel ist außerdem gegenüber dem Gebirgsdruck nachgiebig, indem dieser die Reibung überwinden und den Stempel in sich zusammenschieben kann.

Eisenstempel müssen wegen ihres hohen Preises (10 bis 20  $M$ ) etwa 20—30 mal wieder verwendet werden können, wenn ihre Benutzung lohnend sein soll. Sie eignen sich im allgemeinen 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.

### 2. Zusammengesetzter Eisenausbau.

**246. Türstockausbau in Eisen.** Bei einem eisernen Türstockausbau ist eine Verbindung durch Verblattung möglich; meist erfolgt die Verbindung aber durch besondere Winkel, die der gewünschten „Strebe“ entsprechend gebogen sind und mit Schrauben am Stempel (Fig. 181) oder an der Kappe befestigt werden. Als Profile kommen Eisenbahnschienen und Eisenträger in Betracht, erstere werden beim Türstockausbau bevorzugt.

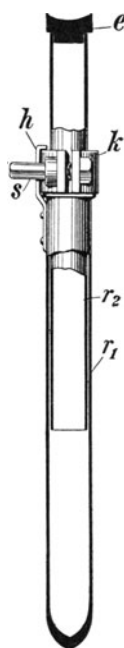


Fig. 180. Stahlstempel von Sommer.

Ein nachgiebiger Türstockausbau in Eisen kann dadurch erzielt werden, daß man die Beine anschrägt, damit sie sich in das

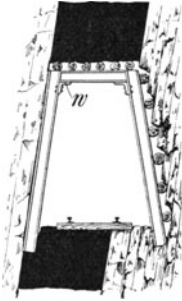


Fig. 181. Eiserner Türstock mit Winkeisenverbindung.

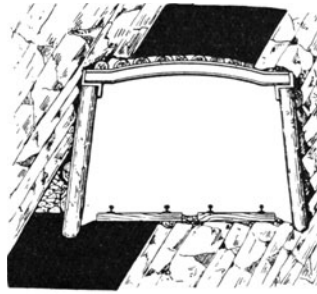


Fig. 182. Türstock aus Holz und Eisen mit Z-Eisen als Zwischenlagen.

Liegende hineindrücken können, oder dadurch, daß man eine eiserne Kappe durch Holzbeine stützt (Fig. 182), welche letzteren wieder unten angeschärft werden können. Die Kappe hat in dem dargestellten Ausbau eine Durchbiegung nach oben erhalten, so daß sie als ein Gewölbe den Firstendruck auf das zwischen Kappe und Stempel eingelegte  $\perp$ -Eisen überträgt.

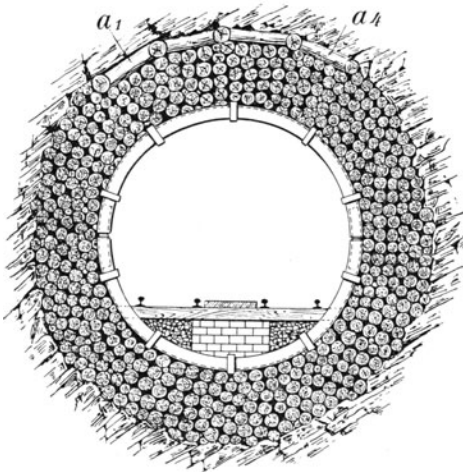


Fig. 183. Geschlossener Ringausbau in U-Eisen.

**247. Ausbau mit Gestellen.** Der Ausbau mit Streckengestellen besteht aus einzelnen, gegeneinander durch Bolzen abgesteiften Profleisenrahmen. Am widerstandsfähigsten sind die Kreisringgestelle. Fig. 183 zeigt einen geschlossenen Ausbau mit schweren  $\perp$ -Eisen und läßt gleichzeitig erkennen, wie man einen solchen

durch Hinterfüllung mit Rundholz nachgiebig gegenüber starkem Gebirgsdruck machen kann. Andere geschlossene Gestelle werden in elliptischer Form hergestellt und eignen sich besser für schmale Strecken. Im Gegensatz zu derartigen geschlossenen Gestellen be-

stehen die offenen (Fig. 184) aus flachen Bögen mit schrägen, bei geringem Seitendruck auch senkrechten Beinen. Sie werden meist aus zwei in der Mitte oben durch Verlaschung verbundenen Teilen zusammengesetzt.

Gegen starken Druck sind auch kräftige Profile bei einem derartigen Ausbau nicht genügend widerstandsfähig. Dieser Mangel kann durch nachgiebige Hinterfüllung gemäß Fig. 183 einigermaßen ausgeglichen werden. Jedoch ist im allgemeinen der Ausbau mit Gestellen nicht für druckhaftes Gebirge geeignet.

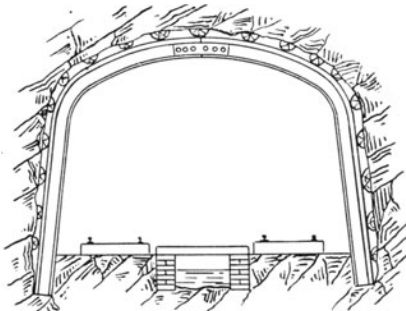


Fig. 184. Offenes Streckengestell (Korbbogen) aus Eisenbahnschienen.

### c) Der Ausbau in Stein.

#### 1. Mauerung.

**248. Steine.** In Betracht kommen natürliche Bruchsteine und künstliche Steine, welche letzteren wieder Ziegel- (Back-) und Zementsteine sein können. Die Ziegelsteine (aus Lehm oder Schieferthon hergestellt) bilden die Regel. Die Kantenlängen des deutschen Normalsteines sind:  $6,5 \times 12 \times 25$  cm. Auf 1 cbm Mauerung rechnet man 400 Steine und 0,3 cbm Mörtel.

Besonders hart gebrannte Steine nennt man „Klinker“. Die zulässigen Druckbeanspruchungen für Mauerwerk sind für

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

**249. Mörtel.** Man unterscheidet „Luftmörtel“ und „hydraulischen Mörtel“. Ersterer besteht aus gelöschtem Kalk mit Sandzusatz (meist im Verhältnis 1 : 2), letzterer aus Verbindungen von Kalk, Kieselsäure und Tonerde, die durch Wasseraufnahme zu neuen Verbindungen umgesetzt werden und dadurch hohe Festigkeit erlangen. Sie werden für die Grubenmauerung bevorzugt. Solche Mörtelarten sind der Traß, der Wasserkalk, der natürliche oder „Romazement“ und der künstliche oder „Portlandzement“, welcher letztere neuerdings vielfach durch den Schlackenzement ersetzt wird.

Bei Traßmörtel und Wasserkalk dauert die Erhärtung 4—6 Monate. Bei Zement ist das „Abbinden“, d. h. der Übergang aus dem breiigen in den festen Zustand, und das „Erhärten“ zu unterscheiden. Bei den Schnellbindern erfolgt die Abbindung in 15—20 Minuten, bei den Langsambindern in 1—2 Stunden. Für salzhaltiges

Wasser eignet sich am besten der Magnesiazement, der durch Brennen von Magnesit oder Dolomit erhalten, mit Chlormagnesiumlauge angemacht und für die Mauerung im Salzgebirge bevorzugt wird. Als Zusatz zum hydraulischen Mörtel kommt in erster Linie scharfkörniger Sand, außerdem Ziegelmehl oder Asche zur Anwendung. Beispiele für verschiedene Mörtelmischungen gibt die nachstehende Übersicht:

	Kalk	Wasser- kalk	Traß	Zement	Sand
	Teile	Teile	Teile	Teile	Teile
I. Gewöhnliches Mauerwerk (Scheibenmauern) . . . . .	1	1	1	—	4
II. Höher beanspruchtes Mauer- werk (Gewölbe, Fundamente u. dgl.), sehr fest . . . . .	—	1	1	1	3

**250. Ausführung der Mauerung.** Die Steine sollen auf allen Seiten von Mörtel eingehüllt sein. Hinsichtlich des Verbandes,

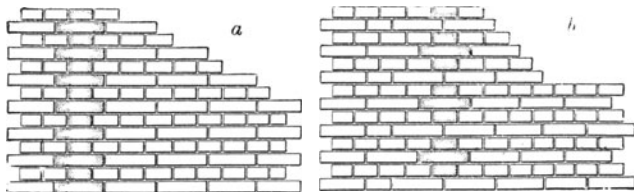


Fig. 185. Beispiele für Mauerverbände.

in dem die Steine gelegt werden, sind „Läufer“ und „Binder“ zu unterscheiden, durch deren Wechsel man besonders innige und feste Verbände erzielen kann. Die wichtigsten Verbände sind der Blockverband (Fig. 185 *a*) und der Kreuzverband (Fig. 185 *b*). Die umrandeten Vertikalreihen zeigen, daß kreuzartige Figuren entstehen, und zwar haben beim Blockverband je zwei dieser Kreuze einen Balken gemeinsam, während sie beim Kreuzverband durch eine Läuferreihe voneinander getrennt sind.

Beim Mauern sind Hohlräume hinter der Mauer zu vermeiden, damit alle Teile der Mauerung gleichmäßig tragen.

**251. Formen der Mauerung.** Man unterscheidet Scheibenmauern und Gewölbe. Die ersteren sollen hauptsächlich den in ihrer Ebene wirkenden Druck aufnehmen, die letzteren sind für Druck senkrecht gegen die Mauerebene bestimmt.

Die Gewölbe können Kreisbogen- und Korbogengewölbe sein. Für die Grubenmauerung kommen durchweg nur die ersteren in



Betracht, die den ganzen auf ihnen lastenden Gebirgsdruck auf die Kämpfer übertragen. Sie werden ausgeführt als „volle Tonnengewölbe“, deren Widerlager in einer Ebene liegen, und „Stützgewölbe“, deren Widerlager zwei gegen einander geneigte Ebenen bilden (Fig. 186). Die letzteren kommen mit einem geringeren Nachbrechen in der Firste aus.

Die innere Gewölbefläche (*e*) eines Gewölbebogens (Fig. 186) heißt „Leibungsfläche“, ihr höchster Punkt (*b*) der „Scheitel“; die äußere Wölbung (*f*) „Rückenfläche“. Die Linie *a c* ist die „Sehne“, die Linie *b d* die „Pfeilhöhe“ des Gewölbes. Je größer das Verhältnis von Pfeilhöhe zur Sehne (die sog. „Spannung“ des Gewölbes) ist, um so größer ist seine Tragfähigkeit.

Soll größerer Seitendruck abgewendet werden, so müssen auch die Seitenmauern als Gewölbe hergestellt werden (Fig. 187). Man erhält dann einen elliptischen Querschnitt des Mauerwerks.

Ist auch Sohldruck vorhanden, so wird auch in der Sohle

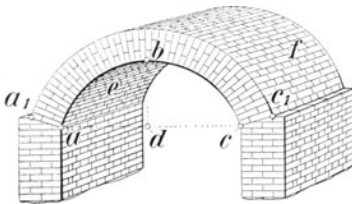


Fig. 186. Stützgewölbe auf Scheibenmauern.

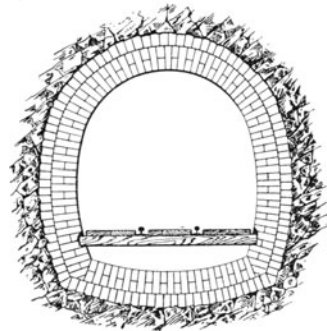


Fig. 187. Geschlossenes Gewölbe mit flacherem Sohlenbogen.

eine Auswölbung hergestellt, und zwar begnügt man sich hier, um nicht die Sohle zu tief ausheben zu müssen, nach Möglichkeit mit Bogen von geringerer Spannung (Fig. 187).

**252. Herstellung der Mauerung.** In der Regel muß zunächst eine verlorene Zimmerung eingebracht werden, der die Mauerung in einem gewissen Abstand folgt, indem nach und nach die verlorene Zimmerung wieder ausgebaut wird. Dem Schlagen des Gewölbes geht die Aufstellung der Lehrgerüste oder Lehrbögen voraus, die der Leibungsfläche des Gewölbes entsprechend geschnitten sind. Diese werden durch Brettverschalung mit einem Mantel umgeben, auf den das Mauerwerk zu liegen kommt.

**253. Zusammengesetzter Ausbau.** Bei geringem Seitendruck kann man die Mauerung auf die Verwahrung der Stöße durch Scheibenmauern beschränken, auf die eiserne (Fig. 189) oder hölzerne Kappen gelegt werden. Man spart dann das schwierige und mit größeren Kosten herzustellende Gewölbe und erreicht doch einen Schutz der Stöße gegen den Luftzutritt.

Für größere Hohlräume ist das Kappengewölbe (Fig. 188) geeignet, das aus einer Verbindung von I-Trägern mit Mauerbögen besteht.

**254. Nachgiebige Mauerung.** Für sehr starken Druck muß das Mauerwerk nachgiebig gemacht werden, was durch Quetschhölzer ermöglicht wird, die in das Mauerwerk eingelegt werden. In Fig. 189 z. B. sind auf jede dritte Steinlage Bretter von etwa 4 cm Stärke gelegt und zwischen diesen Lufträume gelassen, damit das gequetschte Holz seitlich ausweichen kann.



Fig. 188. Kappengewölbe.

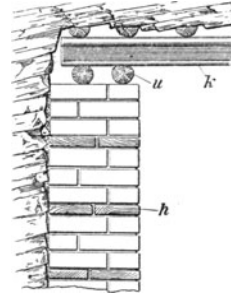


Fig. 189. Mauerung mit Holzeinlagen.

Für den Ausbau größerer Räume in stark druckhaftem Gebirge hat sich eine vollständige Holzmauerung nach Art der Steinmauerung mehrfach gut bewährt.

## 2. Betonausbau.

**255. Einfacher Betonausbau.** Für diesen Ausbau werden Zementmischungen (Beton) verwendet. Diese bestehen aus dem Zementmörtel (Zement und Sand) und grobkörnigen Zuschlägen wie Kies, Schlacke, Sandstein-, Granit-, Basaltkleinschlag u. dgl. Der Kleinschlag bildet wegen seiner rauheren Oberfläche und seiner scharfen Kanten mit dem Mörtel ein festeres Steingerippe als der Kies. Beispiele für Betonmischungen gibt die nachstehende Zahlentafel:

Lfde. Nummer	Verwendungszweck	Mischungsverhältnis				Preis je Kubikmeter	
		Ze- ment	Sand	Kies	Klein- schlag	Zuschläge aus eigenem Betriebe	Zuschläge von auswärts bezogen
						<i>M</i>	<i>M</i>
Raumteile							
1.	Maschinenfundamente .	1	2	—	3,0	10—12	15—17
2.	Stampfbeton in Strecken und Schächten bei stärkerem Druck. .	1	3	6	—	7—9	12—15

In der Regel wird der Beton durch Einstampfen hinter verschalteten Lehrgerüsten eingebracht (Stampfbeton). Diese bestehen aus einem hölzernen oder eisernen Gerippe mit Verschalung aus Holzbrettern oder Eisenblechen. Sie werden nach Erhärtung des Betons wieder entfernt und weiter vorn von neuem aufgestellt.

Die verlorene Zimmerung kann in stark druckhaften Strecken mit eingestampft werden.

**256. Eisenbetonausbau.** Beim Eisenbetonausbau tritt eine innige Verbindung des Ausbaues mit Eisenteilen, die in ihn eingelegt werden, ein. Da die letzteren im Gegensatz zum reinen Beton stärkere Biegungsbeanspruchungen ertragen können, so eignet sich ein solcher Ausbau für druckhaftes Gebirge und große Räume. Auch kann man bei Verwendung von Eisenbeton Firstengewölbe

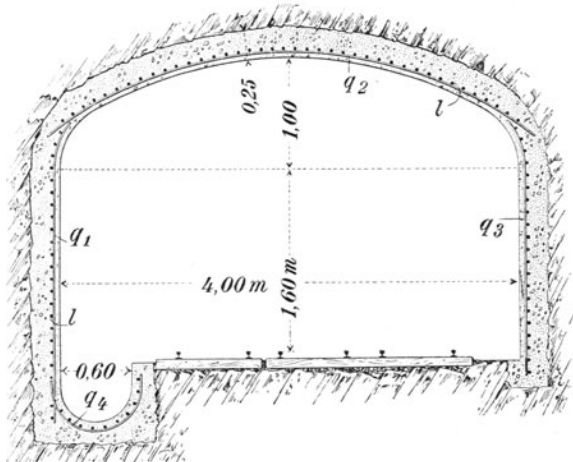


Fig. 190. Eisenbetonausbau in einem Hauptquerschlag.

als Korbbogengewölbe (Fig. 190) oder als Gewölbe mit geringer Pfeilhöhe ausführen.

Beim Eisenbeton ist ein feinkörnigerer Zuschlag als beim gewöhnlichen Beton erforderlich. Auch werden fettere Mischungen als bei letzterem verwendet (1:5 bis 1:7). Die Eiseneinlagen können von der verschiedensten Art und Stärke sein (von der Eisenbahnschiene bis hinab zum Drahtgewebe). Stets müssen sie durch Haken, Drahtschlingen u. dergl. zu einem festen Netzwerk verbunden werden. Auch hier geht der Einbringung des Betons die Herstellung einer Lehrverschalung voraus. Die Ausfüllung des Raumes zwischen dieser und dem Gebirge erfolgt durch Stampfen. Für den Anschluß an das Gebirge verwendet man vielfach aus Sparsamkeitsrücksichten einen mageren und grobstückigen gewöhnlichen Beton („Füllbeton“).

Der Eisenbetonausbau wird vorzugsweise als Gewölbe ausgeführt, da er für Biegungsbeanspruchungen besonders geeignet ist.

Fig. 190 veranschaulicht den Ausbau in Hauptquerschlägen. Hier sind die in der Achse des Querschlags liegenden Rundeisen  $l$  durch Drahtumwicklungen  $q_1$ — $q_4$  miteinander verbunden. Die Wasserseige ist gleich mit dem Ausbau zusammen hergestellt.

**257. Nachgiebigkeit beim Beton- und Eisenbetonausbau** kann man in unvollkommenem Maße durch Einbetonieren von Holz erzielen. Besser ist die Umfüllung des Betons mit einer Rundholzpackung, da diese sich dann vollständig zusammendrücken kann.

## II. Der Schachtausbau.

**258. Vorbemerkung.** Der Schachtausbau ist für die Kosten des Schachtabteufens von erheblicher Bedeutung. Von der Wahl des Ausbaues hängt ferner die Querschnittsform 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 die Wahl des Ausbaues für das Gelingen des Wasserabschlusses entscheidend. Bei blinden Schächten können geringere Anforderungen an den Ausbau gestellt werden.

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

**259. Der Geviertausbau in Holz.** 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 geschieht durch die Verblattung.

Der Ausbau ist entweder ganze Schrotzimmerung (Fig. 191) oder Bolzenschrotzimmerung (Fig. 192). Die ganze Schrotzimmerung besteht darin, daß ein Geviert unmittelbar auf dem anderen liegt, wobei ein Verzug der Stöße sich erübrigt. Bei der Bolzenschrotzimmerung liegen die einzelnen Gevierte in einem gewissen Abstände voneinander und sind durch Bolzen  $b$  verstrebt. Ungefähr in Abständen von 5—10 m werden zur Entlastung der Gevierte von dem Gewichte der Zimmerung Tragehölzer in das Gebirge eingebüht. Die Gebirgstöße werden durch einen Verzug aus eichenen oder tannenen Brettern gehalten.

Zur Verstärkung der langen Jöcher kann man sowohl bei der Bolzen- wie bei der ganzen Schrotzimmerung senkrechte Wandruten  $w$  (Fig. 192) einbauen, die durch Stempel oder Spreizen  $s$  gegen die Jöcher  $j$  angedrückt werden. Gewöhnlich dienen diese Verstärkungen gleichzeitig zur Einteilung des Schachtes in einzelne Trumme.

Für wichtigere Förderschächte, die für eine längere Zeitdauer bestimmt sind, pflegt man den Holzausbau nicht mehr anzuwenden.

In großem Umfange dagegen bedient man sich seiner 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.

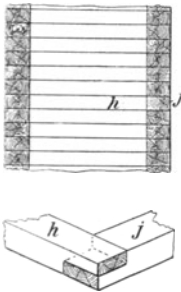
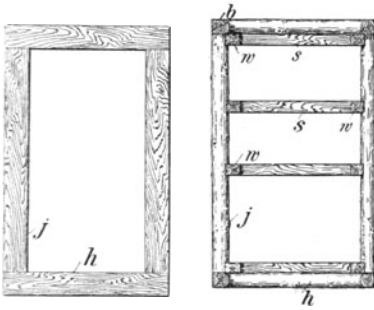


Fig. 191. Ganze Schrotzimmerung.

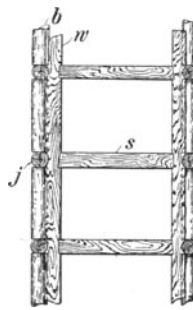
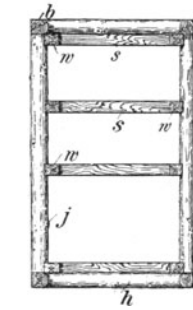


Fig. 192. Bolzenschrotzimmerung.

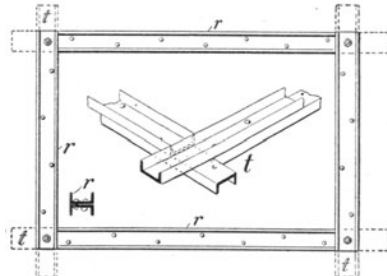


Fig. 193. Schachtgeviert aus doppeltem U-Eisen.

aus  $\sqsubset$ -Eisen oder aus 2 mit den Rücken aneinander genieteten  $\sqsubset$ -Eisen (Fig. 193) zusammengesetzt. 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 entweder von Zeit zu Zeit Trageisen ein, oder man schiebt in gewissen Abständen ein Geviert mit verlängerten Eisen ein, dessen überragende Enden ( $t$  in Fig. 193) in das Gebirge eingeböhrt werden.

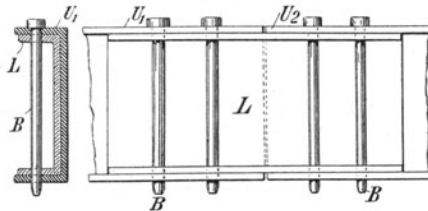


Fig. 194. Verbindung der Segmente bei Schachtringen.

**261. Ausbau runder Schächte.** Der Ausbau mit eisernen Ringen ist entweder ein endgültiger oder ein vorläufiger. Man setzt die Ringe aus einzelnen Segmenten zusammen, die etwa je 3—4 m lang sind. Der Querschnitt der Ringe ist gewöhnlich  $\sqsubset$ -förmig. Die Enden der Segmente stoßen stumpf voreinander und

werden durch eingelegte Laschen und vorläufig hindurchgesteckte Bolzen (Fig. 194), die später durch Schrauben ersetzt werden können, miteinander verbunden. Die Verbindung der einzelnen Ringe untereinander erfolgt durch eiserne L-förmige Streben *s* (Fig. 195 u. 196), deren Füße *f* mit den Ringen verschraubt werden, oder auch durch angeschraubte Flacheisen. Die Stöße werden in gewöhnlicher Weise mit eichenen Brettern (Fig. 197) oder auch mit eisernen Verzugsblechen verzogen. Ein solcher Ausbau kann in gutem, standhaftem Gebirge ein endgültiger sein. Er wird als vorläufiger oder

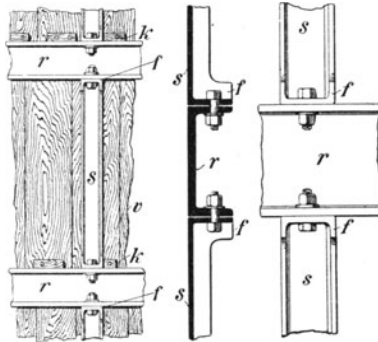


Fig. 195. Verbindung der Schachtringe durch eiserne Streben.

Fig. 196.



Fig. 197. Gewöhnlicher Verzug der Stöße.

verlorener Ausbau angewandt, wenn der Schacht später durch Mauerung oder Tübbings endgültig ausgekleidet werden soll.

## B. Geschlossener Ausbau von Schächten.

**262. Die Mauerung.** Vierbölgige und elliptische Schachtmauerungen stellen eine Anpassung der Mauerung an den rechteckigen Schachtquerschnitt dar und werden jetzt für neue Schächte nur noch selten ausgeführt. Die neuen, ausgemauerten Schächte besitzen sämtlich eine kreisrunde Schachtscheibe mit Rücksicht auf die in Ziff. 100 erwähnten Vorteile. Als Mörtel verwendet man in trockenen Schächten Luftmörtel (1 Teil Kalk, 2—3 Teile Sand), im Falle von Wasserzuflüssen Zementmörtel (1 Teil Zement, 2 bis 3 Teile Sand) und, falls salzige Wasser vorhanden sind, Magnesia-zement (s. S. 142).

In Schächten von geringer Tiefe (bis etwa 100 m) geschieht das Ausmauern in einem Satze, nachdem der Schacht fertig abgeteuft ist. 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, zwischen 40 und 80 m schwankt.

Jeder Absatz erhält einen Mauerfuß, der imstande ist, das darüber aufgeführte Mauerwerk bis zum Abbinden und Erhärten zu tragen. Man unterscheidet den einfach konischen (Fig. 198), den doppelt konischen (Fig. 199) und den hohlkegelförmigen (Fig. 200) Mauerfuß.

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

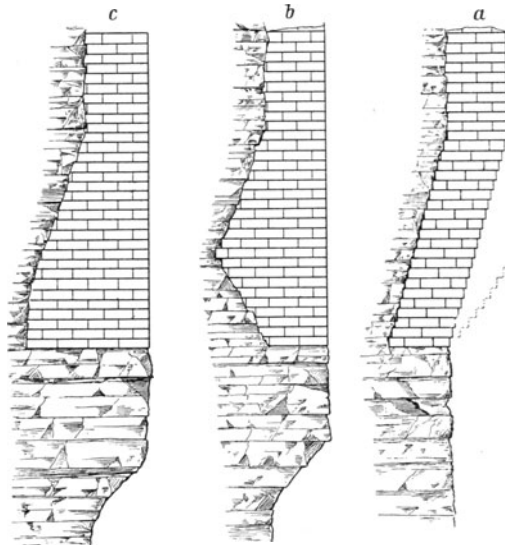


Fig. 198.  
Einfach konischer  
Mauerfuß.

Fig. 199.  
Doppelt konischer  
Mauerfuß.

Fig. 200.  
Hohlkegelförmiger  
Mauerfuß.

Hohlräume vermeiden soll. Wasserdichtigkeit ist nur in den oberen Teufen (bis etwa 50 m) zu erzielen. Bei größeren Teufen kann man sie unter Umständen durch nachträgliche Zementspritzungen in das Gebirge (s. d. 7. Abschn. S. 177 u. f.) herstellen.

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.

Die Mauerung erfolgt von einer festen oder schwebenden Bühne aus. Die feste Bühne muß beim Hochkommen der Mauerung immer wieder verlegt werden, was vorteilhaft durch ihre Zusammen-

setzung aus einzelnen, getrennt verlegbaren Stücken erleichtert wird. Die schwebende Bühne wird durch ein Seil mittels eines Kabels gehalten und meist außerdem durch Riegel, die in Löcher des Mauerwerks geschoben werden, gesichert. Sie wird nach Bedarf angehoben oder gesenkt. Für das gleichzeitige Ausmauern und Abteufen muß die schwebende Bühne mit Öffnungen für den Durchgang der Förderkübel und die Durchführung der Fahrten und Wetterlütten versehen sein. Diese Öffnungen werden mit etwa 1 m hohen Schutzzylindern umgeben, die sowohl ein Abstürzen der Maurer als auch eine Gefährdung der Schachthauer durch das Fallen von irgend welchen auf der Bühne liegenden Gegenständen oder Materialien verhindern sollen.

**263. Der Beton- und Eisenbetonausbau.** Die höhere Festigkeit des Betons und namentlich die des Eisenbetons gestattet erheblich geringere Wandstärken, als sie bei Anwendung der Mauerung not-

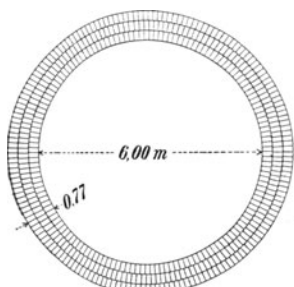


Fig. 201. Ziegelmauerwerk in Zementmörtel. (Zulässige Beanspruchung 12 kg/qcm.)

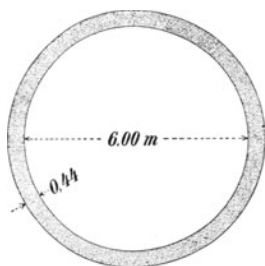


Fig. 202. Stampfbeton. (Zulässige Beanspruchung 20 kg/qcm.)

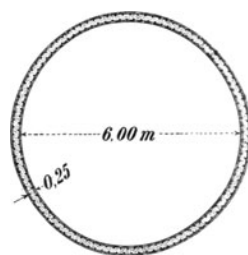


Fig. 203. Eisenbewehrter Stampfbeton. (Zulässige Beanspruchung 30 kg/qcm.)

wendig sind. Einen Vergleich dieser Wandstärken gibt unter Voraussetzung gleicher Druckverhältnisse und gleicher Sicherheit die Gegenüberstellung der Figuren 201—203. An Gebirgsaushub werden bei Wahl des Stampfbetons (Fig. 202) an Stelle des Ziegelmauerwerks (Fig. 201) 7,47 cbm und bei Wahl des eisenbewehrten Betons (Fig. 203) sogar 11,47 cbm je 1 m Schacht gespart.

**264. Ausführungen.** Bei den Schachtauskleidungen in Beton oder Eisenbeton lassen sich 3 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 Gebirgstöß verbleibende Raum mit flüssigem Beton ausgefüllt werden (Fig. 204 u. 205).
2. Auskleidungen mit verhältnismäßig dünnen Beton-Formsteinen, die als „Verschalung“ dienen, hinter der eine dickere Wand von Stampfbeton hochgeführt wird. Fig. 206 veranschaulicht eine Ausführung, bei der zunächst unter Benutzung zweier



Schachtringe  $a$  u.  $a_1$  und dagegen gelegter Eisenbleche  $d$  ein Fuß aus Beton eingestampft wird, auf den man die Formsteinwand aufbaut. In jedem Stein sind der Länge nach 2 starke Eisendrähte  $r$  und außerdem 2  $\perp$ -förmig gebogene Drähte  $b$  eingelegt, deren freie Enden nach der äußeren Seite herausragen und zusammen mit den ringförmig angeordneten Eisen  $k$  und den senkrechten Stangen  $v$  eingestampft werden.

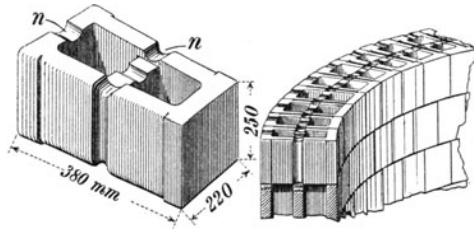


Fig. 204. Betonformstein, Fig. 205. Zusammenbau der als Hohlkörper ausgebildet. Formsteine nach Fig. 204.

3. Auskleidungen, die lediglich aus Stampfbeton bestehen und zu deren Herstellung die Einbringung eines Lehrgerüsts erforderlich ist. Fig. 207 zeigt diesen Fall. Die aus den Ringen  $R$  und den Blechen  $B$  zusammengebaute Verschalung wird nach Erhärten des Betons ausgebaut.

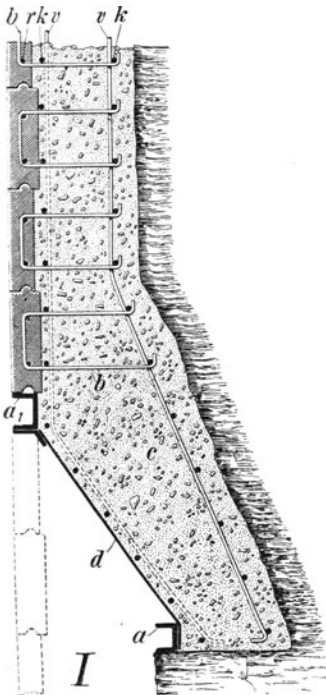


Fig. 206. Schachtausbau mit Eisenbeton unter Verwendung von Formsteinen als Verschalung.

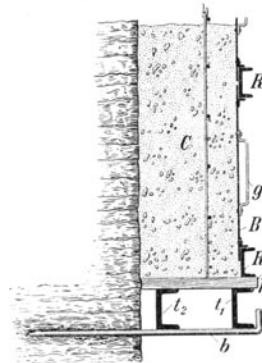


Fig. 207. Fuß eines Eisen-Stampfbetonabsatzes mit Verschalung.

**265. Gußeiserne Tübbings und Schachtringe (Küvelage).** Die einzige Schachtauskleidung, die bei größeren Tiefen tatsächlich

wasserdicht hergestellt 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 aus einem Stück bestehenden Schachtringe werden im Schachte übereinander auf-

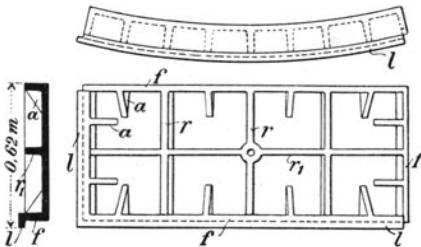


Fig. 208. Englischer Tübbing.

gebaut, so daß gleichsam ein geschlossenes Rohr aus Gußeisen entsteht. Man nennt diese Schachtauskleidung „Küvelage“ und spricht demgemäß von einem „Auskuvelieren“ des Schachtes.

### 266. Englische und deutsche Tübbings.

Man unterscheidet englische und deutsche Tübbings. Die englischen Tübbings (Fig. 208) 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 ver-

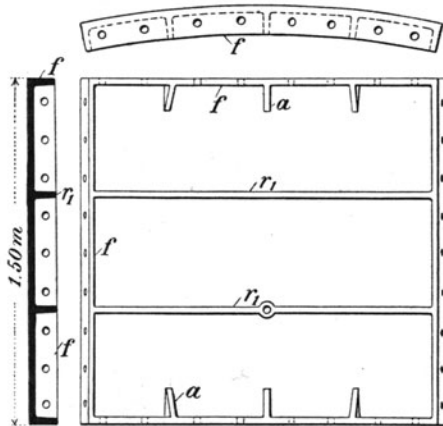


Fig. 209. Deutscher Tübbing.

laufen, 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 Küvelage dient. Die englischen Tübbings besitzen keine nach dem Gießen bearbeiteten Flanschenflächen, was zur Folge hat, daß die Tübbings stets mehr oder weniger schiefwinklig sind und die Seiten nicht völlig parallel verlaufen. Die Dichtung erfolgt durch Holzbretchen und Holzkeile. Die deutschen Tübbings (Fig. 209) 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 unter Anwendung einer Bleidichtung miteinander verschraubt werden können. Die K velage bildet so ein starres Ganzes, wogegen sie bei englischen Tübbings eine gewisse Nachgiebigkeit besitzt. Während die englischen Tübbings nur 300 bis 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 208 u. 209.

**267. Keilkränze.** Zur sicheren Verlagerung der T bbings ule dienen die Keilkränze, die gleichsam den Fuß bilden, mit dem sich die K velage auf das Gebirge stützt. Außerdem sollen die Keilkränze verhindern, daß das hinter der K velage stehende oder heruntersickernde Wasser unterhalb der T bbingwand 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 andererseits einen wasserdichten Anschluß an den Gebirgstoß erhalten. Aus dem Gesagten folgt, daß auch das Gebirge, in dem der Keilkranz verlagert wird, fest und wassertragend sein muß. Der Abstand der einzelnen Keilkränze voneinander pflegt 20—50 m zu betragen.

Ein Keilkranz ist ein aus gußeisernen Segmenten von 200 bis 300 mm Höhe und 400 bis 750 mm Breite zusammengebauter Ring, dessen lichte Weite der lichten Weite des K velageschachtes entspricht.

Die einzelnen Segmente sind, wie es die Fig. 210 zeigt, hohl mit mehreren senkrechten Verstärkungsrippen und einer offenen Seite gegossen. 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 besitzen die ersteren Schraubenlöcher zwecks Verschraubung der Segmente untereinander und mit den T bbingsegmenten, letztere aber nicht.

Für das Legen des Keilkranzes wird ein Keilkranzbett hergerichtet. Dieses wird mit Keilhaue und mit F u el und Spitzseisen genau wagerecht ausgearbeitet. Man kann das Bett auch durch Betonierung oder Mauerung schaffen, wenn das Gebirge unzuverlässig scheint. Auf dem Bette werden die Segmente zu einem Ringe zusammengelegt. Bei Keilkr nzen für englische Tübbings werden zwischen die Segmente Dichtungsbrettchen aus Holz, bei solchen für deutsche Tübbings Bleidichtungen gelegt. In letzterem Falle werden die Segmente miteinander verschraubt. Der Raum zwischen dem äußeren Kreisrande der Segmente und dem Gebirgstoße wird nun mit Holzklötzchen und Bretterst ckchen möglichst dicht ausgefüllt

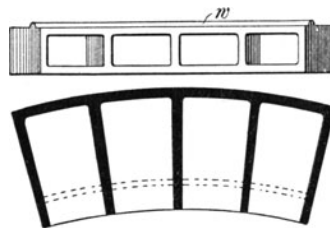


Fig. 210. Keilkranz für englische K velage.

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. 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.

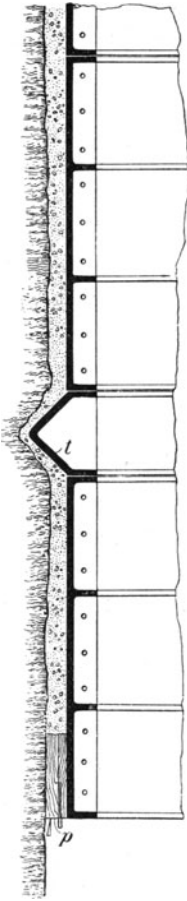
In den letzten Jahren hat man mehrfach mit gutem Erfolge die Keilkränze einzementiert und auf die eigentliche Pikotage gänzlich verzichtet. Eine solche Abdichtung ist bei weichem Gebirge empfehlenswert, in welchem die Pikotage nicht ein genügend sicheres Widerlager am Gebirgstoße findet.

**268. Der Einbau der Tübbings.** Beim Einbau werden die englischen Tübbings dadurch zu Ringen zusammengefügt, 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 Ziegelschrot verfüllt, so daß die Segmente in ihrer Lage gehalten werden. Zum Zwecke der Dichtung werden in sämtliche Fugen zwischen den einzelnen Segmenten Weiden- oder Kiefernholz Brettchen gelegt, die, nachdem die Tübbingsäule aufgebaut ist, pikotiert werden.

Die deutschen Tübbings, deren Dichtung durch eingelegte Bleistreifen und Verschraubung erfolgt, können entweder wie die englischen durch Aufbau von unten nach oben oder aber durch Unterhängen von oben nach unten eingebaut werden. Bei dem Einbau von unten nach oben wird der zwischen Tübbings und Gebirgstoß verbleibende Raum sorgfältig mit Beton (1 Teil Zement, 3—6 Teile Sand) verstampft. Das Unterhängen erfolgt in der Regel von einem Keilkranze aus, kann aber auch

Fig. 211. Untergehängte Tübbings mit Tragring und Pikotage des unteren Ringspalts.

von jedem fest verlagerten Tübbingsringe aus seinen Anfang nehmen. Sind mehrere Ringe untergehängt, so wird der Raum zwischen ihnen und dem Gebirgstoße durch Einspülen von Zement ausgefüllt. Damit die Zementtrübe unten nicht ausläuft, verstopft man den Spalt zwischen dem unteren, äußeren Tübbingsrande und dem Ge-



birge mit Lehm, Stroh, Holzwole oder dgl., oder man füllt den Ringspalt mit Bretterstücken aus und verdichtet die Holzlage durch Pikotieren (Fig. 211). Zum Einlaufenlassen der dünnflüssigen Zementtrübe benutzt man Trichter, die in Tübbingslöcher hineingesteckt werden, oder aber man läßt die Trübe von über Tage her durch Rohrleitungen, die an die Löcher angeschlossen werden, einlaufen. Der Zement setzt sich hinter den Tübbings von unten aufsteigend ab, während das überflüssige Wasser und die Luft durch die oberen, in den Tübbings vorhandenen Löcher austritt. Wenn keine Trübe mehr aufgenommen wird, werden die Einfülllöcher verschlossen. Damit die Last der hängenden Tübbings auf das Gebirge übertragen wird, kann man Tragringe (Fig. 211) mit einbauen.

Unterhängetübbings werden zumeist angewandt, um Wasserzugänge möglichst schnell abschließen zu können. Außerdem gebraucht man sie, um die Gebirgstöbe sobald als möglich zu sichern. Namentlich tut man dies beim Gefrierverfahren, wo sich diese Art des Ausbaues durchaus bewährt hat.

**269. Vergleich der englischen und der deutschen Tübbings.** Der Vorzug der englischen Kùvelage ist, daß sie wegen ihrer Nachgiebigkeit Gebirgsbewegungen besser widersteht. Dafür wird aber die Kùvelage leicht undicht und kann fast nie so wasserdicht gehalten werden, wie dies bei der deutschen Kùvelage möglich ist. Nachteilig ist ferner, daß der

Aufbau und die Pikotage verhältnismäßig viel Zeit in Anspruch nehmen und daß kein Unterhängen möglich ist. Auch die Verlagerung der Einstriche macht bei den englischen Tübbings größere Schwierigkeiten als bei den deutschen. Man verlagert die Einstriche entweder nach Fig. 212 in angegossenen Schuhen *a*, 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.

Der Ausbau mit Schachtringen kommt nur bei dem Schachtbohrverfahren nach Kind-Chaudron in Frage und soll deshalb zugleich mit diesem besprochen werden (s. S. 167 u. f.).

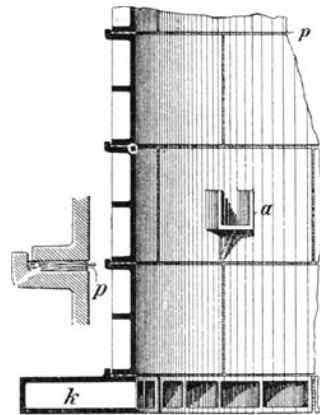


Fig. 212. Englische Tübbings mit angegossenem Schuh.

## Siebenter Abschnitt.

**Schachtabteufen.****I. Das gewöhnliche Abteufverfahren.**

**270. Das Abteufen in standhaftem (nicht schwimmendem) Gebirge. Allgemeines.** Bei diesem Verfahren wird die Sohle des Schachtes durch unmittelbare Hand- oder durch Sprengarbeit vertieft, die zusitzenden Wasser werden durch Kübelförderung, Pumpen oder Wasserziehvorrichtungen niedergehalten und die Schachtstöße, falls die Natur des Gebirges es erfordert, gleichzeitig ausgekleidet. 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. Alsdann können andere Abteufverfahren, insbesondere das Senkschachtverfahren im toten Wasser, das Gefrier- und das Schachtbohrverfahren, sicherer und billiger werden.

**271. Einrichtungen.** Zu den für das Schachtabteufen erforderlichen Einrichtungen über Tage gehören in erster Linie das Fördergerüst und die Fördermaschine, ferner ein Dampfkabel zur Bewegung der schwebenden Bühne, falls gleichzeitig abgeteuft und gemauert werden soll. Für den Betrieb der Maschinen ist eine Dampfkesselanlage oder der Anschluß an eine elektrische Zentrale notwendig. Einrichtungen für die Bewetterung und unter Umständen für die Wasserhaltung sind zu schaffen. Schließlich ist für Mannschafts- und Beamtenräume, Geschäftszimmer, Schmiede und Schreinerei Sorge zu tragen.

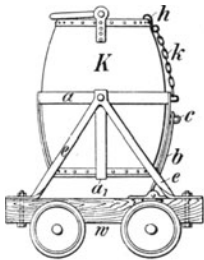


Fig. 213. Förderkübel auf einem Kippgestellwagen.

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. Seine Höhe beträgt 12—24 m. Die Abteuffördermaschinen, für die man Bobinen und Bandseile zu bevorzugen pflegt, sind etwa 50—200 PS. stark. Als Fördergefäße benutzt man Kübel von 0,3—1,0 cbm Inhalt, die entweder auf besonderen Gestellwagen (Fig. 213) zur Halde gefahren oder

über dem Schachte ausgekippt werden können. Die Führung der Kübel im Schachte während der Förderung erfolgt durch Führungsseile, die unten im Schachte an Spannlagern befestigt werden. Die Führung wird durch den Führungsschlitten (Fig. 214) vermittelt, der in der Regel aus Flacheisen hergestellt ist und mit 4 Augen die Führungsseile umfaßt.

Bis etwa 30 m Teufe pflegt man ohne künstliche Bewetterung beim Schachtabteufen auszukommen. Für größere Teufen wendet man Luttenbewetterung an. Häufig hängt man die Lutten an Seilen auf und verlängert die Leitung oben nach erfolgtem Nachsenken durch Aufsetzen eines weiteren Stückes.

Im Interesse der Sicherheit der Abteufmannschaft liegt es, für eine doppelte Führungsmöglichkeit Vorsorge zu treffen. Am einfachsten geschieht dies, wenn endgültige Einstriche, Bühnen und Fahrten eingebaut und neben der Kübelförderung für die Ein- und Ausfahrt der Belegschaft benutzt werden können. Soll der Schacht während des Abteufens ohne festen Einbau bleiben und ist eine Materialfördermaschine und schwebende Bühne vorhanden, so kann letztere als Zufluchtsort für die Leute bei Wasserdurchbrüchen oder in sonstigen Notfällen dienen. Es muß dann von hier aus eine strickleiterähnliche „Hängefahrt“ bis zum Schachttiefsten führen, während nach oben durch die Materialfördereinrichtung für eine zweite Führungsmöglichkeit neben der Kübelförderung gesorgt ist.

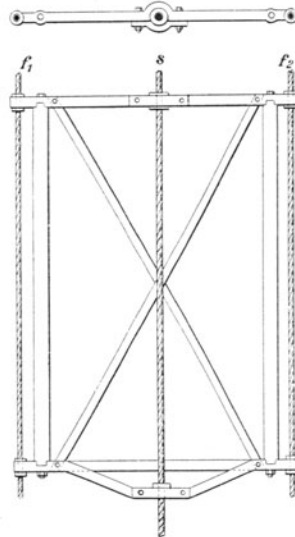


Fig. 214. Führungsschlitten.

**272. Abteufarbeit und Leistungen.** 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. In festem Gebirge wird die Sprengarbeit angewandt. Für die Herstellung der Bohrlöcher mit der Hand benutzt man in der Regel Stoßbohrer (s. S. 42) und nur in sehr festem Gestein Fäustel und Bohrmeißel (s. S. 45). Für maschinelle Bohrarbeit gebraucht man die Bohrhämmer (s. S. 45).

Beim Schießen unterscheidet man in der Regel den Einbruch, den ersten Kranz und den zweiten Kranz (es sind dies die sog. Stoßschüsse). Der Einbruch wird, wenn nicht besondere Umstände mitsprechen, meist in die Mitte der Schachtsohle verlegt; er hebt die Schachtmitte kegelförmig heraus, und die zu ihm gehörigen

Schüsse werden stets gleichzeitig durch elektrische Zündung abgetan. Im Einbruche pflegt man außerdem noch mehrere Löcher annähernd senkrecht herunterzubohren, deren Ladung im wesentlichen den Inhalt des Einbruchkegels zertrümmern soll (Zerkleinerungsschüsse). Die Kranzschüsse kann man nach den Einbruchschüssen mittels Zeitzündern nacheinander kommen lassen, vielfach werden sie aber auch völlig gleichzeitig abgetan. 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.

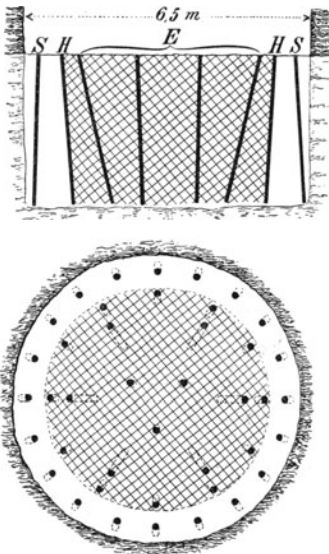


Fig. 215. Anordnung der Schüsse beim Schachtabteufen.

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.

Die Leistungen bei dem Schachtabteufen können, wenn keine Wasserschwierigkeiten vorliegen, unschwer auf 30 bis 40 m im Monatsdurchschnitt gebracht werden. In einzelnen Fällen sind die Leistungen noch erheblich höher gewesen und haben für einzelne Monate bis zu 120 m betragen. Die Kosten können für runde, 5 m weite Schächte beim Fehlen von Wasserzuflüssen auf rund 1000 M

je 1 m angenommen werden. Wasserzuflüsse verlangsamen und verteuern das Schachtabteufen ganz außerordentlich.

**273. Das Weiterabteufen von Schächten unterhalb einer in Betrieb befindlichen Sohle** kann mit und ohne Benutzung von Aufbrüchen geschehen. Die Benutzung von Aufbrüchen setzt selbstverständlich die Möglichkeit der Unterfahrung des Schachtes voraus. Die Unterfahrung kann von einem Hauptschachte oder von einem blinden Schachte oder auch Abhauen aus erfolgen. Aufbrüche lassen sich ohne Gefahr für die Arbeiter nur in standhaftem, gutem Gebirge herstellen, in dem auch die Gefahr von Wasserdurchbrüchen ausgeschlossen ist. 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. Die Höhe der Aufbrüche wird man nur ganz ausnahmsweise

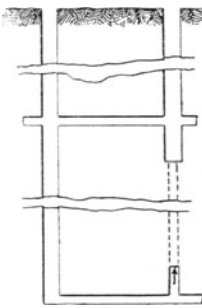


Fig. 216.



Fig. 217.

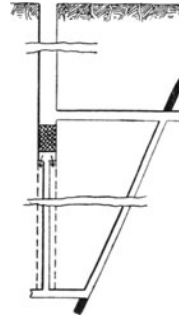


Fig. 218.

Unterfahrung von Schächten zum Zwecke des Weiterabteufens.

80—100 m überschreiten lassen, weil sonst die Fahrung und das Hochziehen der Ausbaumaterialien und der Gezähstücke zu lästig werden.

Können Aufbrüche nicht benutzt werden, so geht das Weiterabteufen von Schächten, in denen regelmäßige Förderung nicht umgeht, auf gewöhnliche Weise vor sich. 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 dies nicht möglich, so muß man für den Schutz der Abteufmannschaft durch Stehenlassen einer Bergfeste oder durch Einbringung einer Sicherheitsbühne Sorge tragen. Das Stehenlassen einer Bergfeste ist, von anderen Gründen (Raumbeanspruchung im Schachtiefsten, umständliche spätere Gewinnung der Bergfeste) abgesehen, bei festem, sicherem Gestein, das Einbringen einer Sicherheitsbühne bei unzuverlässigem Gebirge mehr zu empfehlen.

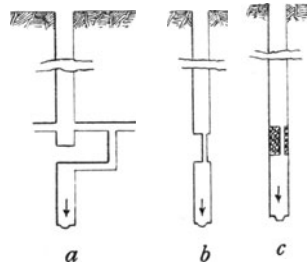


Fig. 219. Weiterabteufen von Schächten mit Belassung einer Bergfeste (a u. b) und mit Einbau einer Sicherheitsbühne (c).

Bergfeste und Sicherheitsbühne können entweder die Schachtscheibe völlig verschließen (Fig. 219 a), oder sie können Öffnungen für die Fahrung und den Durchgang der Förderkübel freilassen (Fig. 219 b u. c). Im ersteren Falle muß in einiger Entfernung vom Hauptschachte ein Hilfschacht abgeteuft und von hier aus der Hauptschacht unterfahren werden (Fig. 219 a), was umständlicher ist.

**274. Abteufen im schwimmenden Gebirge.** Bei dem Abteufen im schwimmenden Gebirge muß der Ausbau der eigentlichen Abteufarbeit voraussellen. Es geschieht dies durch die sog. Abtreibe- oder Getriebearbeit, 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.

**275. Das gewöhnliche Anstecken** ist in Fig. 220 dargestellt. Zwischen dem letzten, fertig eingebauten Geviert *b* und den Pfählen *d* wird das Pfändholz *e* (Pfändlatte) angebracht und durch Keile *f* angetrieben, so daß zwischen Holz *e* und Geviert *b* ein für das Anstecken der neuen Pfähle genügend breiter Schlitz entsteht. Sobald diese auf die halbe Länge eingetrieben sind, wird ein Hilfs- oder

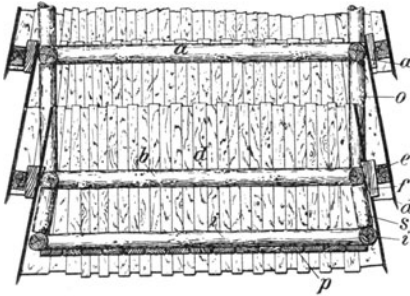


Fig. 220. Gewöhnliches Anstecken.

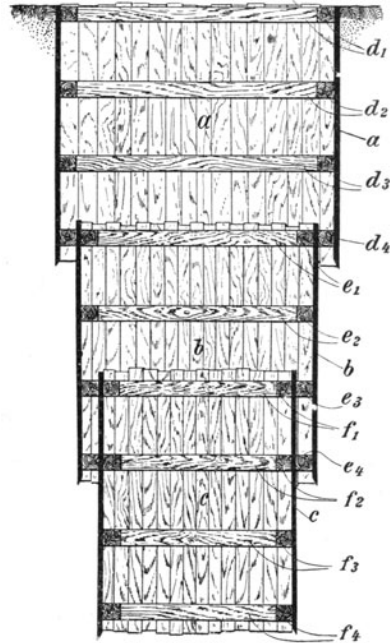


Fig. 221. Senkrecht anstecken.

verlorenes Geviert *i* eingebaut, das die freien Enden der Pfähle zu stützen und diese in der richtigen Lage zu halten bestimmt ist. Nunmehr können sie auf ihre ganze Länge abgetrieben werden, worauf ein neues Geviert gelegt und nach Entfernung des Hilfsgeviertes *i* mit dem oberen Gevierte verbolzt wird.

Wo das Gebirge unruhig ist, muß die Sohle des Schachtes durch einen Bohlenbelag vertäfelt werden.

Während bei dem gewöhnlichen Anstecken die Weite des Schachtes infolge der Schrägstellung der Ansteckpfähle dauernd erhalten bleibt, geht bei dem senkrechten Anstecken 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 ebensoviel in der Breite des Schachtes einbüßt. Um diesen Nachteil zu verringern, wählt man die Ansteck-Absätze möglichst hoch (bei hölzernen Pfählen 4—6 m, bei eisernen Spundwänden 10—15 m). Fig. 221 zeigt die Ausführung bei hölzernen Pfählen.

**276. Eisernen Spundwände.** In ähnlicher Weise werden auch eiserne Spundwände abgetrieben. Am bekanntesten ist die Haasesche Spundwand (Fig. 222) geworden, bei der Profileisen *h* und Lappen *l* so zusammengenietet sind, daß einzelne Rohre entstehen, die sich gegenseitig führen.

Für das Anstecken muß ebenso wie bei der hölzernen Spundwand für eine gute, genau senkrechte Führung Sorge getragen werden. Darauf erfolgt das Einpressen der einzelnen Rohre. Das Verfahren ist in den Braunkohlenbe-

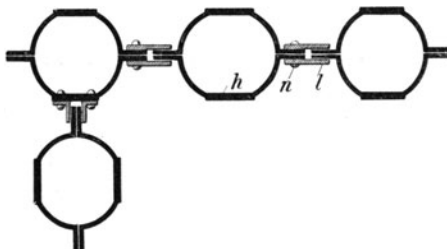


Fig. 222. Haasesche Spundwand.

zirken des öfteren zur Durchteufung der nahe unter der Tagesoberfläche befindlichen Schwimmsandschichten mit Erfolg benutzt worden. Die Kosten werden auf 700—3000 *M* je 1 m Schacht angegeben.

## II. Das Senkschachtverfahren.

**277. Allgemeines.** Im Gegensatz zu der mit eisernen Pfählen oder Profileisen arbeitenden Abtreibarbeit dringt bei dem Senkschachtverfahren die geschlossene Schachtwandung als Ganzes in das Gebirge vor. Entsprechend ihrem Niedersinken wird die Schachtwandung 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 des Senkschachtes ist stets kreisrund.

Die niedergehende Schachtwandung nennt man den Senkkörper, den untersten Ring des Senkkörpers den Senk- oder Schneidschuh, 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 aufgestiegen ist, geschehen kann. In jedem Falle soll möglichst der

Schneidschuh nach Fig. 223 (links) der Schachtsohle gegenüber voraus sein, damit nicht die Schachtstöße unterhöhlt werden und nachstürzen.

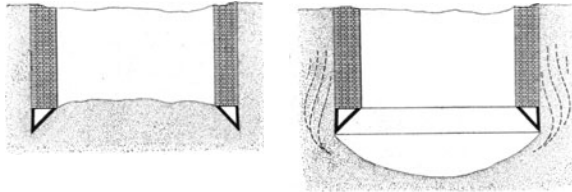


Fig. 223. Schneidschuh in seinem Stande zur Schachtsohle.

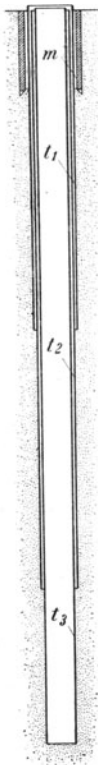


Fig. 224. Ineinanderschachtelung von 4 Senkkörpern.

Das Senkschachtverfahren ist seiner Natur nach auf weiches, mildes Gebirge beschränkt, das dem Schneidschuh ein Eindringen gestattet. Je tiefer der Senkkörper in das Gebirge eindringt, desto größer wird der Gebirgsdruck und die diesem ausgesetzte Fläche der Schachtwandung, und um so mehr Widerstand findet der Senkkörper. Schließlich ist dieser durch kein Mittel tiefer zu bringen. Will man alsdann trotzdem bei dem Senkschachtverfahren verbleiben, so muß ein zweiter Senkschacht und gegebenenfalls später ein dritter und vierter eingebaut werden. In Fig. 224 sind ein Mauer senkschacht  $m$  und 3 eiserne Senkzylinder  $t_1, t_2, t_3$  dargestellt.

Wegen der mit der größeren Tiefe wachsenden Schwierigkeiten beschränkt sich das Verfahren meistens auf die oberen Teufen.

#### 278. Die Senkkörper bestehen aus:

1. Mauerung,
2. eisenbewehrtem Beton,
3. gußeiserner Kùvelage,
4. einer Verbindung von Mauerung und Kùvelage.

Die Mauer senkschächte werden auf einem das Einschneiden erleichternden, zumeist gußeisernen Schneidschuh (Fig. 225) errichtet. Solche Schneidschuhe sind aus 6—14 hohlen Segmenten  $s$ , die Verstärkungsrippen  $p$  besitzen, zusammengeschaubt. Nach dem Zusammenbau werden sie mit Zement oder Mauerwerk ausgefüllt. Die Außenfläche der gußeisernen Senkschuhe erhält häufig eine geringe Neigung nach außen, so daß also die äußerste Schneide etwas nach außen vorspringt.

Zur festeren Verbindung des Mauerwerks mit dem Senkschuh einerseits und zur Erhöhung der Festigkeit des Mauerwerks in sich

andererseits dient die Verankerung, die aus den senkrechten Ankerstangen *a* (Fig. 225), der Verschraubung *o* und den wagerechten Verbindungsblasen *l* besteht. Die Ankerstangen *a* sind mit ihrem

unteren Ende an Rippen *r* des Schneid-  
schuhes *s* befestigt.

Für das Mauerwerk verwendet man Zementmörtel. Die Anfangstärke der Mauer beträgt bei einer in Aussicht genommenen Teufe von 25—30 m etwa 4 Steine. 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. Ferner dient zur Herabsetzung der Reibung eine außen angebrachte Umman-  
telung der Mauer mit

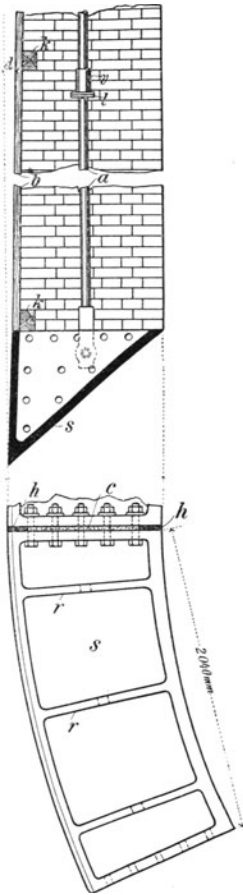


Fig. 225. Eiserner Schneid-  
schuh für Mauer senkschächte  
mit Ankerstange.



Fig. 226. Schneid-  
schuh für gußeiserne Senk-  
schächte.

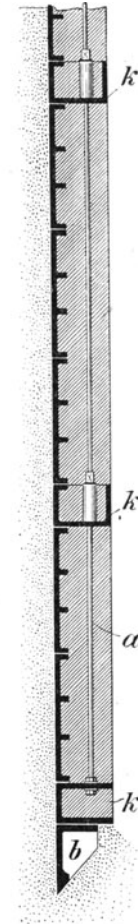


Fig. 227. Verbund-  
senkschacht.

20—30 mm starken Holzbrettern oder an Stelle des Holzbelages auch ein schnell bindender Zementverputz.

Senkkörper aus Beton mit Eisenbewehrung können entweder aus Stampfbeton oder aus Formsteinen aufgebaut werden, wobei die Eisenbewehrung entweder umstampft wird oder bereits in den

Formsteinen vorhanden ist. Im übrigen sind solche Senkkörper den Mauersenktschächten ähnlich.

Bei den gußeisernen Senkkörpern besteht der Schneid Schuh (Fig. 226) aus mehreren, miteinander zu verschraubenden Segmenten, deren Zahl je nach dem Durchmesser des Schachtes 8—14 beträgt. Die auf ihn aufgebaute Kùvelage wird aus deutschen Tùbbings (s. o.) zusammengesetzt, deren Wandstärke man nicht unter 40 mm zu wählen pflegt.

Der „Verbundsenkkörper“ besteht nach Fig. 227 teils aus einer gußeisernen Kùvelage und teils aus Mauerwerk.

**279. Der Einbau der Senkkörper.** Als ersten Senkkörper pflegt man einen Mauerschacht zu benutzen. Der Einbau des zweiten und der folgenden Senkkörper kann entweder unmittelbar auf der Sohle des Schachtes geschehen, wenn die Wasserzùflüsse gering sind, oder aber es wird eine lose Anschüttung (von Kies, Sand) oder ein Betonpfropfen auf die Schachtsohle gebracht. 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 Höhe des Grundwasserspiegels über der Schachtsohle beträgt. Betonpfropfen werden bei tiefen Schächten vorgezogen, um nicht allzu große Sandmassen in den Schacht füllen zu müssen. Die Pfpfropfenhöhe schwankt zwischen  $7\frac{1}{2}$  und 15 m.

Während der erste Senkkörper in der Regel ohne Führung in das Gebirge eindringen muß, sucht man jedem folgenden Senkkörper in dem ihn umgebenden weiteren durch eingebaute Stangen eine sichere Führung zu geben, die ein lotrechtes Niedergehen des neuen Senkzylinders bezweckt.

**280. Die eigentliche Abteufarbeit** geschieht durch „Arbeit auf der Sohle“ unter Wältigung der zusitzenden Wasser, solange die zu durchteufenden, losen Gebirgsschichten nahe unter Tage liegen, die Hebung der Wasserzùflüsse 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 Gegen Druckes der im Schachte befindlichen Wassersäule Gebirgsdurchbrüche und Gebirgsbewegungen um den Schacht weniger zu befürchten stehen. Für die Hereingewinnung und Förderung des Gebirges im letzteren Falle bedient man sich des Sackbohrers, des Eimerbaggers, des Greifbaggers oder des Pattberg'schen Stoßbohrers.

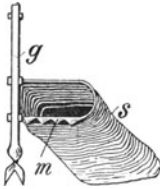


Fig. 228. Sackbohrer.

Einen einfachen Sackbohrer zeigt Fig. 228. Er wird gewöhnlich mit Hand gedreht und, sobald der Sack gefüllt ist, zwecks Entleerung aufgeholt. Der Eimerbagger ist eine Art Becherwerk und kann nur bis höchstens 20 m Tiefe benutzt werden. Für größere Tiefen geeignet ist der Greifbagger (Fig. 229 u. 230). Er 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. Der Pattbergsche Stoßbohrer ist ein großer Schachtbohrer, dessen Breite dem lichten Durchmesser des Schachtes entspricht. Er bearbeitet im Schnellschlag unter stetem Umsetzen die Schachtsohle, während das auf diese Weise aufgelockerte Gebirge gleichzeitig mit der Bohrarbeit und ununterbrochen durch 2 Mammutpumpen zutage gefördert wird.

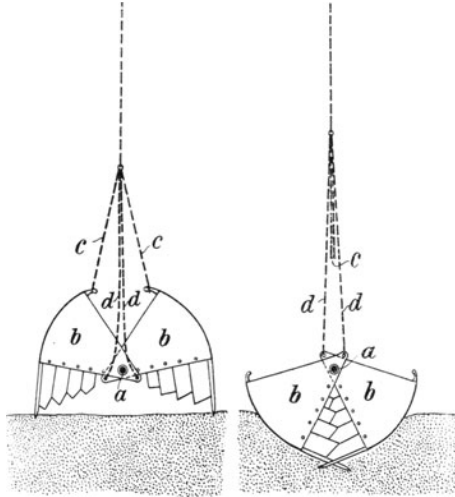


Fig. 229. Greifbagger in geöffnetem und geschlossenem Zustande.

**281. Belastung der Senkkörper.** Wird der Reibungswiderstand gegenüber dem Eigenge-

wichte des Schachtes zu stark, so beschwert man den Schacht entweder unmittelbar durch Gewichte oder wendet Pressen (Schraubenwinden oder hydraulische Pressen) an. Fig. 231 zeigt eine solche Schraubenwinde, die aus der Schraubenspindel *a*, der Mutter *b*, dem drehbaren Kopfe *c* und den Füßen *d* besteht und einen Druck von 20—30 t zu erzeugen gestattet. Derartige Schraubenwinden, ebenso gegebenenfalls hydraulische Pressen, werden zwischen einem Widerlager und dem Senkkörper in größerer Zahl eingespannt und drücken letzteren nieder. Ein gutes Widerlager bildet für den zweiten Senkkörper der vorher niedergebrachte Mauersenkenschacht, für den dritten Senkschacht der zweite usw., namentlich wenn man durch Ankerstangen die Schächte miteinander verbindet.

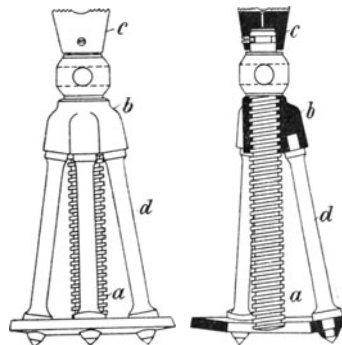


Fig. 231. Schraubenwinde.

**282. Anschluß an das Gebirge.** Derjenige Senkkörper, mit dem man das Senkschachtverfahren beendet, ist an das Gebirge an-

zuschließen oder mit dem nach unten folgenden Schachtausbau zu verbinden. In erster Linie ist das Einpressen des Senkschachtes

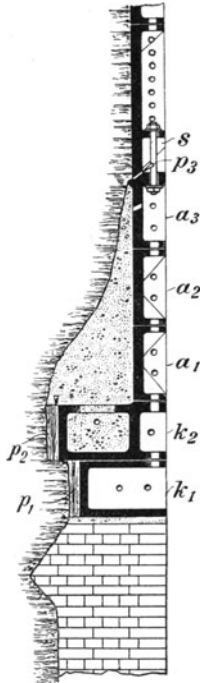


Fig. 232. Anschluß des Schneidshuhes eines Senkschachtes an eine Anschlußkühlelage mit Keilkranz.

um ein gewisses Stück in das feste Gebirge zu empfehlen. Nach genügender Einpressung kann man bei gußeisernen Senkschächten den Schneidshuh abschrauben und nun unter Verwendung von Unterhängetübbings weiter abteufen. Häufiger teuft man unmittelbar weiter ab, legt den Keilkranz und baut die Tübbings bis an den Schneidshuh auf. Die Verbindung mit diesem kann durch besonders nach Maß gegossene Paßstücke hergestellt werden, wie dies Fig. 232 zeigt.

**283. Die Leistungen und Kosten** schwanken bei dem Senkschachtverfahren in sehr weiten Grenzen. Je nach der Schachttiefe hat man monatliche Leistungen von etwa 1,5—15 m erzielt. Bei Verwendung des Pattbergischen Stoßbohrverfahrens hat man dagegen auch Leistungen von 30—40 m monatlich erreicht. Die Kosten betragen bei 10—20 m tiefen Mauer senkschächten nur 1200—2200 *M* je 1 m, steigen aber bei tieferen Schächten sehr schnell und haben in manchen Fällen 10000 *M* und mehr je 1 m erreicht.

### III. Das Abteufen unter Anwendung von Preßluft.

**284. Allgemeines. Beschreibung. Kosten.** Das Schachtabteufen unter Anwendung von Preßluft beruht auf dem Gedanken, daß man durch künstliche Erhöhung des Luftdrucks 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 Vorsorge getroffen wird.

Für die Ausführung des Verfahrens bestehen zweierlei Möglichkeiten: die Schachtabdeckung mit Schleuseneinrichtung wird entweder 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, der der hänfigere ist, geht sie mit dem Senkkörper nieder. Fig. 233 zeigt



schematisch eine solche Einrichtung. In dem gemauerten Senkkörper ist etwa 2,2 m über dem Schneid Schuh die Abdeckung  $a$  mit dem Mauerwerk fest verbunden. Auf die Abdeckung wird ein Rohr  $r$  gesetzt, das zur Förderung und Fahrung dient und sich oben zur Schleusenkammer  $K$  erweitert. Die Fahrung wird durch die Vorkammer  $V$  und die Türen  $t_1$  und  $t_2$  vermittelt. Für die Förderung dient der Haspel  $h$ , mittels dessen das gewonnene Gebirge bis in die Kammer  $K$  gehoben wird. Hier wird der Förderkübel in eine der Materialschleusen  $s_1$  oder  $s_2$  entleert. Sobald diese gefüllt ist, wird der obere Deckel ( $d_1$  oder  $d_3$ ) geschlossen, der untere ( $d_2$  oder  $d_4$ ) geöffnet und so der Inhalt auf die Bühne  $b$  entleert, von wo aus er weiter befördert wird.

Das Verfahren ist bis zu Teufen von 20—30 m anwendbar, seine Kosten sind auf etwa 2000  $M$  je 1 m zu schätzen. Es führt zumeist sicher zum Ziele. Vorteilhaft ist, daß der Grundwasserspiegel nicht niedergezogen wird und keine Bodenbewegungen um den Schacht herum eintreten.

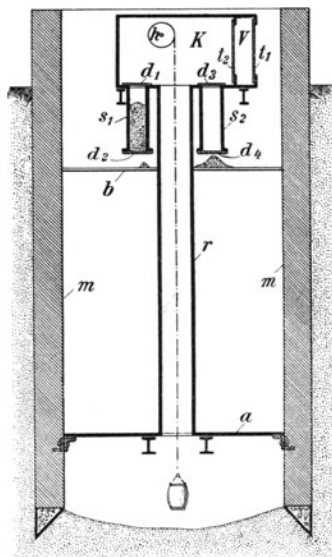


Fig. 233. Senkschacht mit Schleuseneinrichtung für Anwendung von Preßluft.

## IV. Das Schachtabbohren bei unverkleideten Stößen.

### A. Das Schachtbohrverfahren in festem Gebirge nach Kind-Chaudron.

**285. Allgemeines.** 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 gesümpft 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 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 Deckgebirgsschichten erreicht, in denen eine Abdichtung des Raumes zwischen der Schachtauskleidung und dem Gebirge möglich ist.

**286. Die Bohreinrichtung und die Bohrarbeit.** Für eine Schachtbohrung nach Kind-Chaudron ist über Tage erforderlich ein Bohrerüst, eine Bohrvorrichtung, eine Löffelmaschine und eine Kabelmaschine. Das Bohrerüst (20—25 m hoch) nimmt das Gestänge, die beiden Bohrer, den Löffel und die Fangvorrichtung in sich auf (Fig. 234). Die Bohrvorrichtung (s. Nebenfigur links unten zu Fig. 234) besteht aus Bohrschwengel  $s$  mit Schlagzylinder  $c$  und Prellvorrichtung  $p$ . 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. Die Löffelmaschine dient zum Fördern des Bohrschlammes mittels des Löffels  $l$ , eines großen Ventilbohrers (Fig. 234), und die Kabelmaschine zum Einlassen und Aufholen der Bohrer.

Das Abbohren der Schächte erfolgt in der Regel so, daß man zunächst mit dem kleinen Bohrer  $a_2$  (Fig. 234), dessen Breite etwa  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$  des Schachtdurchmessers beträgt, einen Vorschacht herstellt und darauf diesen mit dem großen Bohrer  $a_1$  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. Der Schlamm wird von Zeit zu Zeit nach Aufholung des Bohrers und des Gestänges mittels des Schlammlöffels gefördert.

Das Gestänge besteht, damit es möglichst leicht ausfällt und einen gewissen Auftrieb besitzt, aus Holz. Als Zwischenstück zwischen Bohrer und Gestänge wird der Kindsche Freifallapparat und die Rutschschere verwendet (s. S. 19). Den Freifallapparat benutzt man mehr für den kleinen und die Rutschschere für den großen Bohrer.

Fangeräte ( $h, z$  in Fig. 234) sind notwendig, da Betriebsstörungen durch Gestänge und Meißelbrüche oder durch Gegenstände, die auf die Schachtsohle fallen, trotz aller Vorsicht nicht zu vermeiden sind.

**287. Die Auskleidung des Schachtes.** Die Küvelage besteht aus ganzen Schachtringen von 1,2—1,5 m Höhe mit außen 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. Den Fuß der Küve-

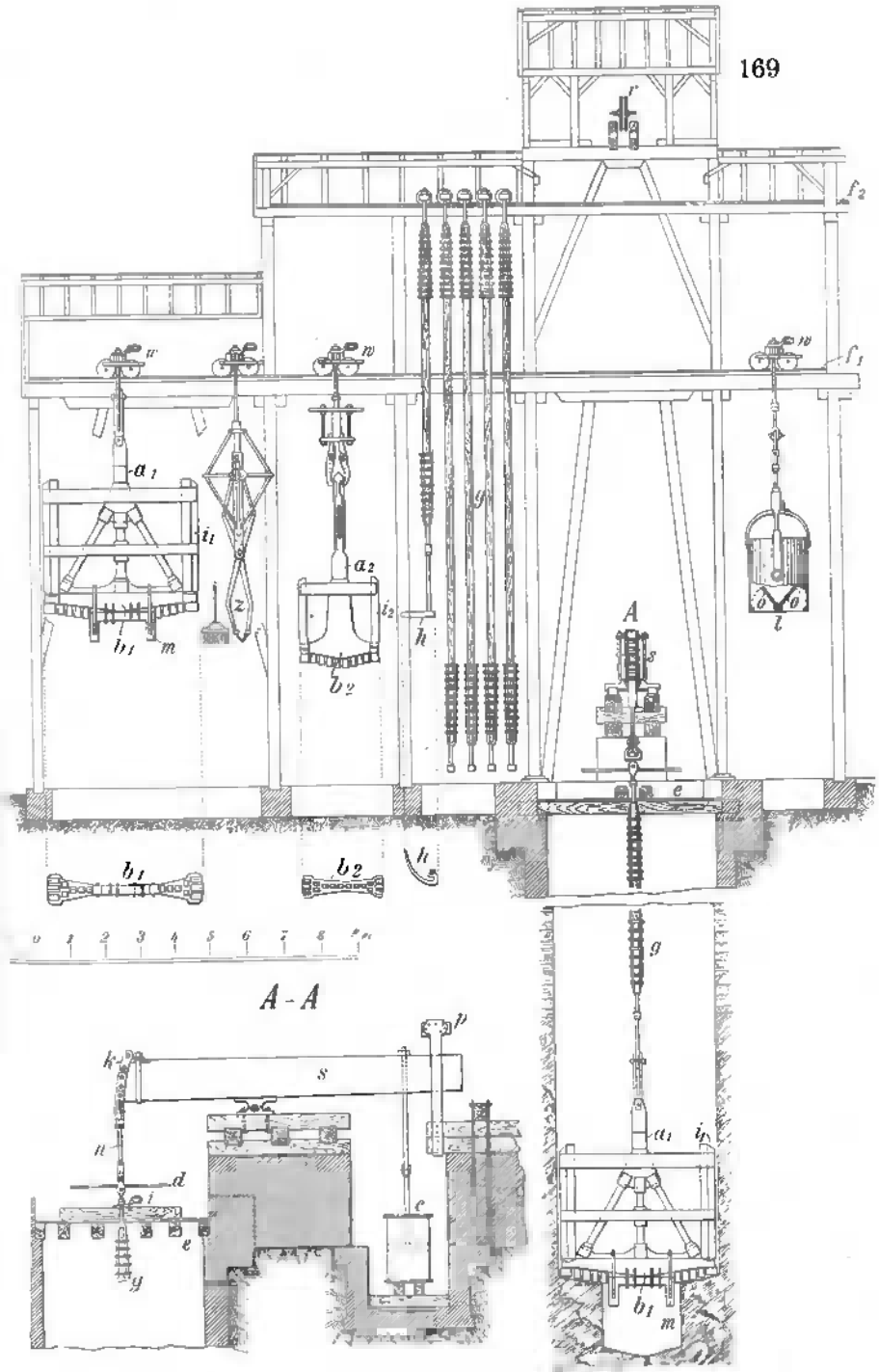
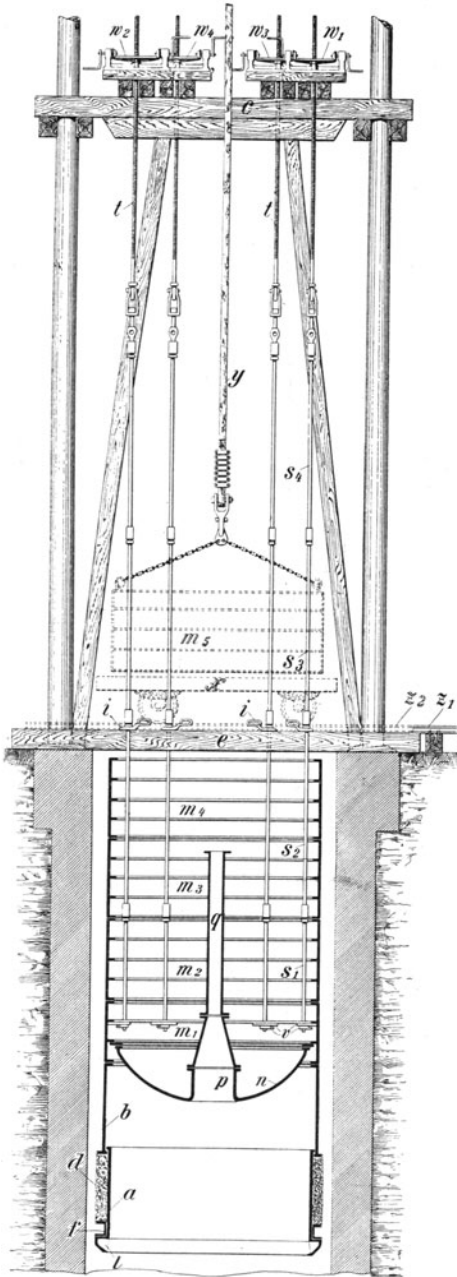


Fig. 234. Bohrgerüst mit den Bohrgeräten für eine Schachtbohrung nach Kind-Chaudron.



lage bildet die Moosbüchse, die in Einrichtung und Wirkung einer Stopfbüchse an Maschinen ähnlich ist. Sie besteht (Fig. 235) aus dem inneren Ringe *a*, über den sich der Mantelring *b* schieben läßt. Zwischen den Fuß des Mantelringes und den angeschraubten Fuß *f* des inneren Ringes wird eine Moospackung eingebracht, die beim Aufsetzen des Fußringes auf die Schachtsohle durch das Gewicht der Küvelagesäule zusammengedrückt und nach außen fest gegen den Gebirgstoß gepreßt wird. Kurz über der Moosbüchse wird der Gleichgewichtsboden *n* eingebaut und über diesem das Gleichgewichtsrohr *q* aufgesetzt. Ersterer macht die Küvelagesäule zu einem schwimmfähigen Hohlkörper, letzteres gestattet beim Zusammenschieben der Moosbüchse dem unter dem Gleichgewichtsboden befindlichen Wasser das Entweichen nach oben. Das Einlassen der Küvelage erfolgt mit Senkstangen *s*<sub>1</sub>—*s*<sub>4</sub> und Senkwinden *w*<sub>1</sub>—*w*<sub>4</sub>, bis die Küvelage im Wasser schwimmt. Alsdann senkt man sie allmählich durch Einlassen von Wasser.

Fig. 235. Das Einlassen der Küvelage in Bohrschächte.

Nachdem die Kùvelage sich fest auf die Schachtsohle gesetzt hat, wird der zwischen dem Tùbbingzylinder und dem Gebirgstöße verbleibende Ringraum von 20—30 cm Breite ausbetoniert. Man lãsst zu diesem Zwecke jetzt meist den Beton durch Rohrstrãnge in geschlossenem Strome in den Ringraum hinabgleiten. Entsprechend der Anfüllung des Raumes werden die Rohrleitungen allmãhlich hochgezogen. Für die untersten 10—20 m nimmt man reinen Zement, darùber mischt man 1—2 Teile Sand zu. In salzhaltigem Gebirge benutzt man Magnesiazement.

Nachdem man dem Beton oder Zement etwa 6 Wochen Zeit zum Erhãrten gegeben hat, beginnt das Sùmpfen des Schachtes. Es geschieht mit zylindrischen Blechgefãssen mit Bodenventil, die sich beim Eintauchen füllen. Sobald es móglich ist, werden Gleichgewichtsröhre und Gleichgewichtsboden ausgebaut. Zunächst wird dann der Schacht vorsichtig ohne Schießarbeit ein Stùck weiter abgeteuft. Darauf wird móglichst bald ein Keilkranz gelegt und eine Anschlußkùvelage hergestellt.

**288. Schlußbemerkung.** Die Leistungen bei diesem Schachteufverfahren sind sehr niedrig, etwa 2—5 m monatlich. Nur in einem Falle ist eine durchschnittliche Monatsleistung von 10 m bekannt geworden. Die Kosten sind hoch und auf etwa 5000 bis 10 000 *M* je 1 m zu schãtzen.

## B. Das Schachtabbohren im lockeren Gebirge.

**289. Allgemeine Beschreibung.** Das von dem Bergwerksbesitzer Honigmann zu Aachen zuerst angegebene, spãter von der Gewerkschaft Deutscher Kaiser und dem Ingenieur Stockfisch verbesserte Verfahren beruht auf dem Gedanken, daß es auch im lockeren Gebirge móglich ist, einen Bohrschacht ohne sofort folgende Verrohrung oder Auskleidung niederzubringen, wenn durch eine genùgend hohe oder schwere Wassersãule im Schachte ein Úberdruck gegenùber dem im Gebirge stehenden Wasser erzeugt wird. Infolge des Úberdruckes sucht nãmlich das Wasser aus dem Schachtinnern in das Gebirge úberzutreten, so daß ein Druck auf die Stöße ausgeùbt wird und diese vor dem Zusammenrutschen und Abböschten bewahrt werden. Zur Erzielung dieser Wirkung muß man den Wasserspiegel im Schachte móglichst weit úber den natùrlichen Grundwasserspiegel erhóhen. Außerdem kann man den Gegendruck dadurch verstãrken, daß man das Wasser im Schachte durch Beimengung von Ton zu einer spezifisch schweren Flùssigkeit macht, die schon bei gleicher Hóhe ein Úbergewicht gegenùber dem Grundwasser besitzt. Die Verkleidung der Stöße erfolgt erst, wenn der Schacht wassertragende Schichten erreicht hat, und geschieht durch Einlassen einer Kùvelage etwa ebenso, wie dies für das Kind-Chaudronsche Verfahren beschrieben ist.

Das Verfahren ist bisher nur in verhãltnismãßig wenig Fãllen angewandt worden, so daß sich úber die Anwendbarkeit im allgemeinen, úber Leistungen und Kosten bestimmte Angaben nicht machen lassen.

## V. Das Gefrierverfahren.

**290. Wesen des Verfahrens.** Nach dem von Pötsch in Aschersleben i. J. 1883 erfundenen Verfahren werden in einem gewissen Abstände von dem äußeren Umfange des abzuteufenden Schachtes 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 (Fallrohre) so weit ein, daß ihre Mündung sich nahe über dem Boden der Gefrierrohre befindet. Eine

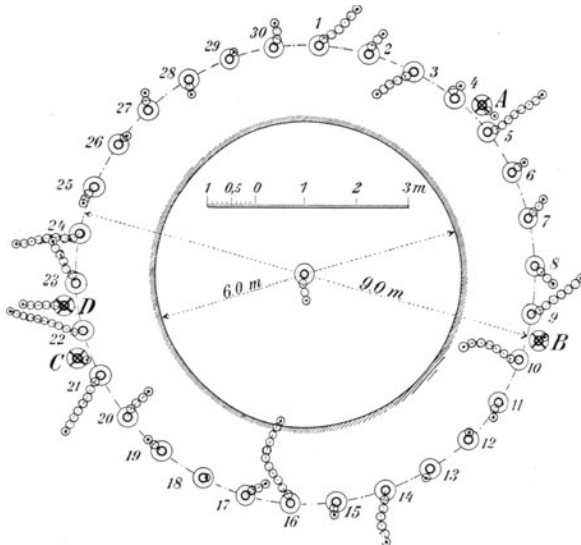


Fig. 236. Gefrierrohrkreis mit Darstellung der Bohrlöcherabweichungen bei einem 130 m tiefen Schachte.

tief herabgekühlte Flüssigkeit (der Kälteträger) 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, also diesem Wärme entzieht. Über Tage wird der Kälteträger 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 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. Der Erfolg wird gefährdet, wenn die unterirdischen Wasser warm oder salzig sind oder wenn sie sich in Bewegung befinden.

**291. Vorbereitende Arbeiten.** Die Arbeit beginnt in der Regel mit der Herstellung eines kurzen Vorschachtes, der einen genügenden Durchmesser erhält, um den Gefrierrohrkreis darin unterzubringen. Der Durchmesser dieses Kreises wird je nach der erforderlichen Stärke der Frostmauer 2—5 m größer gewählt als der in Aussicht genommene Schachtdurchmesser. Über dem Vorschachte wird ein Gerüst errichtet, das zunächst die Bohr- und später die Fördereinrichtungen aufnimmt.

Die Bohrlöcher werden jetzt meist durch Schnellschlagbohrung (in lockeren und rolligen Schichten mit Dickspülung, Ziff. 31) niedergebracht.

Nach Erreichung der erforderlichen Tiefe werden die Gefrierrohre mit 100 bis 200 mm l. W. eingelassen. Werden mit Hilfe eines Stratameters erhebliche Bohrlochabweichungen aus der Senkrechten festgestellt, so werden Ersatzlöcher gestoßen. Fig. 236 zeigt einen Gefrierrohrkreis mit 30 Bohrlöchern (1 bis 30) und 4 Ersatzlöchern (A—D) und läßt auch die Abweichungen der einzelnen Bohrlöcher von der Lotlinie erkennen.

In die Gefrierrohre *G* (s. Fig. 237) werden die unten offenen Fallrohre *E* (äußerer Durchmesser 34—48 mm) eingelassen. Die Verbindung der Fall- und Gefrierrohre untereinander und die beiderseitige Verbindung mit der Zufluß- und Abflußleitung der Kälteflüssigkeit erfolgt durch das Kopfstück *K*. Die gleichmäßige Verteilung der Lauge auf die einzelnen Bohrlöcher geschieht durch einen Verteilungsring *R*<sub>1</sub>, der an eine von der Kälteanlage kommende Hauptleitung angeschlossen ist und von dem die Verbindungsrohre *B*<sub>1</sub> nach den sämtlichen Gefrierlöchern hin abzweigen. Durch das Ventil *b*

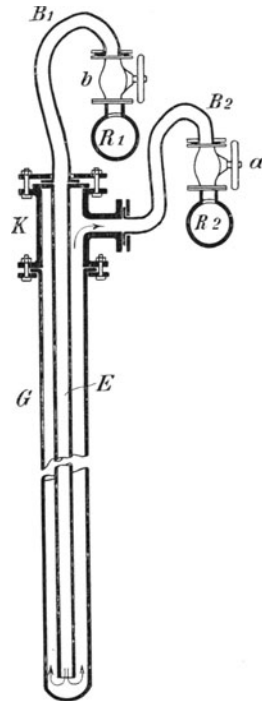


Fig. 237. Gefrier- und Fallrohr nebst Kopfstück, Sammel- und Verteilungsring.

kann der Zufluß geregelt werden. Die Abflußleitungen  $B_2$  sind ebenfalls mit einem Abschlußventil  $\alpha$  besetzt und vereinigen sich in ähnlicher Weise zu einem Sammelring  $R_2$ , aus dem die Kälteanlage durch eine gemeinsame Rückleitung wieder zur Kälteanlage geführt wird.

**292. Die Kälteerzeugung.** Die Kälte wird in den Kälteerzeugungsanlagen der Gefrierschächte stets durch Verdunstung oder Verdampfung von Flüssigkeiten mit niedrigem Siedepunkte (Ammoniak, Kohlensäure) erzeugt, wobei die Verdampfungswärme der Umgebung

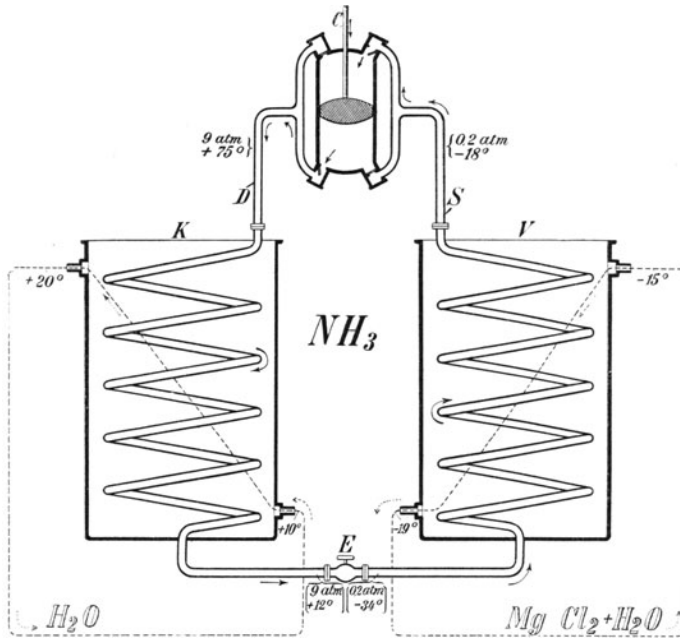


Fig. 298. Schematische Darstellung des Kreislaufs des Ammoniaks, des Kühlwassers und der Chlormagnesiumlauge unter Angabe der Temperatur- und Druckverhältnisse.

der verdampfenden Flüssigkeit entzogen wird. Die entstandenen, kalten Dämpfe werden wieder verdichtet. Der Kälteträger, der die zum Verdampfen des Kälteerzeugers erforderliche Wärmemenge dem Gebirge entziehen soll, ist eine schwer gefrierbare Flüssigkeit (z. B. Chlormagnesiumlauge, Chlorkalziumlauge, Alkohol), welche im „Refrigerator“ die aus dem Gebirge entnommene Wärme an den verdampfenden Kälteerzeuger abgibt. Kälteerzeuger und Kälteträger werden in geschlossenem Kreislauf immer wieder benutzt. Die bei der Verdichtung der kalten Dämpfe entstehende Kompressionswärme und die bei der Verflüssigung frei werdende Verdampfungswärme wird durch Kühlwasser nach außen abgeführt.



Hiernach setzt sich die Kälteerzeugungs-Anlage hauptsächlich zusammen aus Kompressor, Kondensator, Expansionsventil und Refrigerator oder Verdampfer (Fig. 238). Vom Kompressor *C* wird die verdampfte Flüssigkeit (hier Ammoniak) angesaugt und unter starker Erwärmung auf etwa 9 Atm. verdichtet. Das dadurch beispielsweise auf  $75^{\circ}$  erhitzte Gas wird im Kondensator *K*, durch den es in Schlangenrohren mit äußerer Wasserkühlung hindurchfließt, verflüssigt und fließt so dem Expansionsventile *E* 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 des Ammoniaks geht hier auf 0,2—0,5 Atm. zurück, wobei eine lebhaftere Verdampfung unter starker Abkühlung vor sich geht. Die entstehende Kälte wird an den außen die Schlangenrohre umfließenden Kälte-träger abgegeben, worauf das noch immer kalte Gas wieder dem Kompressor zufließt.

Wählt man statt des Ammoniaks als Kälteerzeuger Kohlensäure, so lassen sich tiefere Kältegrade (bis  $-45^{\circ}$  erzielen); man muß aber erheblich höhere Kompressionsdrücke (bis 75 Atm.) anwenden. Meist zieht man, wenn es nicht wie bei dem sog. Tiefkälteverfahren auf besonders tiefe Kältegrade ankommt, Ammoniak vor.

Als Kälte-träger benutzt man gewöhnlich Chlormagnesium-lauge, die billig ist und erst bei  $-33^{\circ}$  gefriert. Sehr tiefe Kältegrade lassen sich mit dem erheblich teureren Alkohol erreichen, da dieser erst bei  $-112^{\circ}$  gefriert.

**293. Der Frostkörper.** Sobald die Kälteerzeugung beginnt, gefriert das Gebirge 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 Schachtinnern wegen der hier geringeren Leitungs- und Strahlungsverluste erheblich schneller als nach dem Umfange hin fort; Fig. 239 stellt dieses allmähliche Fortschreiten des Gefrierens nach der Schachtmitte hin dar. Die einzelnen Qua-

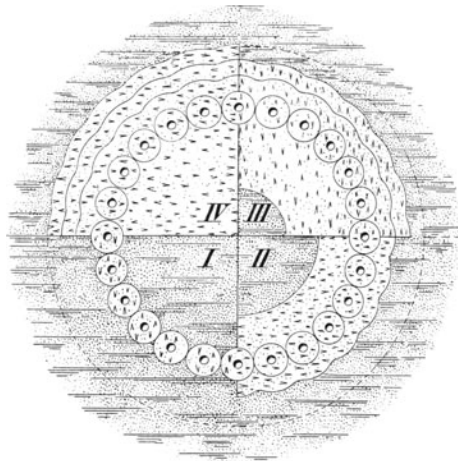


Fig. 239. Fortschreiten der Frostkörperbildung im wahren Schnitt.

Die einzelnen Qua-

dranten zeigen die Froststärke nach verschiedenen, gleichen Zeiten, z. B. 1, 2, 3 und 4 Monaten. Es ist angenommen, daß nach dieser

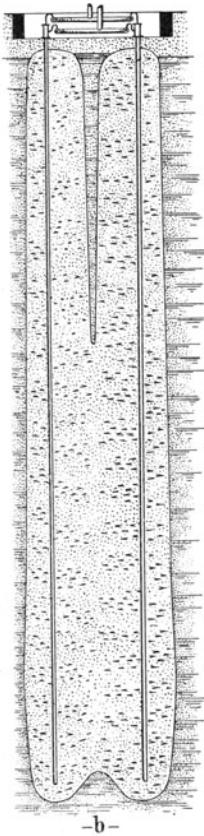


Fig. 240. Frostkörper im senkrechten Schnitt.

Frist der Schacht an der Schnittstelle bis zur Mitte gefroren ist. Im senkrechten Schnitt betrachtet, nimmt der Frostkörper nach unten allmählich an Stärke zu, nur im Tiefsten verschwächt er sich etwas (Fig. 240). Im Innern des Frostkörpers bildet sich oben und unten die Gestalt eines Flaschenbodens heraus, wobei der ungefrorene Teil sich oben tiefer einsenkt, als er unten emporsteigt.

**294. Das Abteufen selbst.** Nach Schließung der Frostmauer pflegt man mit dem Abteufen zu beginnen, um mit dem Schachte so tief wie möglich zu kommen, so lange das Gebirge in der Schachtmitte noch ungefroren und weich ist. 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 Keilhaue hereingewonnen. Ist der Kern fest, so wendet man in vorsichtiger Weise Schießarbeit an. Als Sprengstoffe eignen sich besonders die nicht gefrierenden Ammonsalpetersprengstoffe.

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. Wenn man die Küvelage von unten nach oben aufbauen will, so erhält der Schacht während des Abteufens entweder einen vorläufigen, aus eisernen Ringen und Verzughölzern bestehenden Ausbau zur Sicherung der Leute gegen lose Schalen, oder er bleibt bis zur endgültigen Sicherung der Stöße durch Tübbings ohne jede Verkleidung; in der Regel kann dies ohne Gefahr geschehen. Neuerdings baut man häufig die Tübbings durch Unterhängen ein und schützt hierdurch die Belegschaft nicht allein vor dem etwaigen Fall von Frostschalen, sondern auch gegen plötzliche Wasserdurchbrüche aus den Stößen. Das Unterhängen der Tübbings hat ferner den Vorteil, daß bei Wasserdurchbrüchen aus der Sohle der Schacht bis zum jeweiligen Tiefsten gesichert bleibt.

Für die Betonierung des Zwischenraums zwischen der Küvelage und den Gebirgstößen pflegt man Betonmischungen von 1 Teil

Zement und 2—3 Teilen Sand anzuwenden. Beim Aufbau der Tübbings von unten nach oben stampft man den Beton ein, beim Unterhängen wird er eingespült (s. S. 154).

Nachdem man den Frostzylinder durchteuft hat, werden die Gefrierrohre gezogen.

**295. Absatzweises Gefrieren.** In einzelnen Fällen hat man sich nachträglich entschlossen müssen, das Verfahren auf eine größere Tiefe anzuwenden, als es ursprünglich beabsichtigt war. Auf Zeche Baldur bei Dorsten hat man mit Erfolg das in Fig. 241 dargestellte Verfahren zur Anwendung gebracht. Das Schacht-tiefste wurde ausbetoniert und in den Betonpfropfen *B* ein eiserner Ringkörper *St* verlagert, in welchem Löcher für die Bohrungen des zweiten Gefrierabsatzes vorgesehen waren. Die Löcher und ebenso die nach oben daran anschließenden Standrohre 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 Durchmesser zurückkehren konnte.

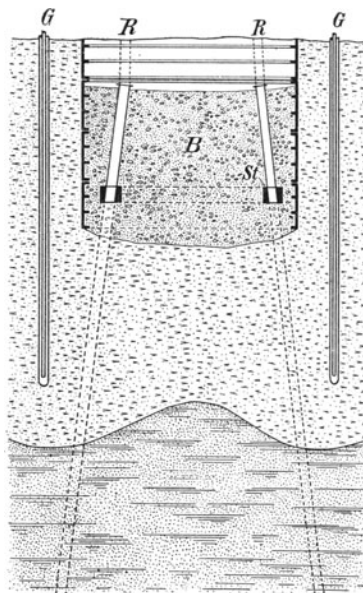


Fig. 241. Absatzweises Gefrieren.

**296. Leistungen. Kosten.** Die Leistungen bei dem Gefrierverfahren sind auf etwa 9—11 m monatlich zu veranschlagen. Die Kosten hängen in hohem Maße von der Schachttiefe ab. Wird der Gefrierschacht nur 100 m tief, so betragen sie etwa 3500—4000 *M* je 1 m, bei 200 m Teufe 4000—6000 *M*, bei 300 m 5800—7000 *M* und bei 400 m Teufe 7000—9000 *M*. Die tiefsten nach dem Gefrierverfahren bisher niedergebrachten Schächte sind die Lohbergschächte der Gewerkschaft Deutscher Kaiser, die 413 m Teufe im Frostkörper erreichten.

## VI. Die Versteinung (Zementierung) des Gebirges.

**297. Allgemeines.** Das Verfahren besteht darin, daß man durch Bohrlöcher Zementmilch in das klüftige, wasserführende Gebirge

preßt. Je weiter sich die Zementtrübe vom Bohrloche entfernt und in den Hohlräumen des Gebirges ausbreitet, um so mehr wird die Strömungsgeschwindigkeit verlangsamt und der mitgeführte Zement abgelagert. Die Zementniederschläge binden nach einer gewissen Zeit ab, werden fest und verschließen so die Spalten, Klüfte, Risse und Hohlräume, die bisher dem Wasser einen Weg boten. Die

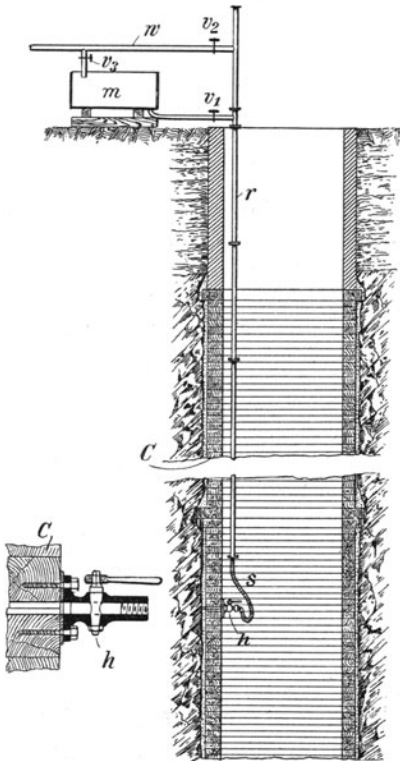


Fig. 242. Zementieren einer undichten Schachtwandung.

**Schachtwandungen** erfolgt dadurch, daß die durchlässige Schachtauskleidung angebohrt wird, 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. Fig. 242 zeigt die Zementierung einer hölzernen Küvelage. An das Anschlußrohr mit dem Hahn *h* wird ein biegsamer Schlauch *s* angeschraubt, dessen anderes Ende an ein im Schachte niedergeführtes

Anwendungsmöglichkeit des Verfahrens ist zweifach. Einerseits handelt es sich um die Sicherung bereits abgeteufter Schächte, die unter Wasserschwierigkeiten leiden, und andererseits um das Schachtabteufen selbst. Nicht jedes Gebirge ist für die Zementtränkung geeignet. Am besten liegen die Vorbedingungen, wenn es sich um klüftiges, im übrigen aber festes Gebirge handelt. In tonigem, schlammigem Gebirge oder auch in feinem Schwimmsande versagt das Verfahren. Wo es nötig und möglich ist, spült man die Zementierbohrlöcher zwecks Entfernung von Schlamm vorher gründlich aus, indem man Wasser ansaugt und auspumpt oder auch reines Wasser in das Gebirge preßt.

Die Zementmilch wird in verschiedenem Mischungsverhältnisse eingeführt, wobei man als Grenzen etwa 5–30 % Zementbeimischung zum Wasser ansehen kann.

### 298. Die Zementdichtung von undichten

Zementspülrohr  $r$  anschließt. Die Zementmilch wird über Tage in einem Mischgefäße  $m$  durch Anrühren bereitet und fließt von hier unter dem natürlichen Gefälle dem Spülrohr zu.  $w$  ist die Frischwasserleitung, die je nach der Hahnstellung sowohl das Mischgefäß speist als auch mit dem Spülrohr in Verbindung steht. Man kann den Druck der Flüssigkeitsäule im Spülrohr noch durch Einschaltung einer Pumpe dicht hinter dem Mischgefäß erhöhen. Auch kann man Mischgefäß und Pumpe im Schachte selbst aufstellen. Besser ist aber wegen der Gefahr von Rückströmungen die Ausnutzung des natürlichen Gefalles.

**299. Die Versteinung beim Schachtabteufen. Zementtränkung von der Tagesoberfläche her.** Die Zementtränkung kann entweder von der Tagesoberfläche her oder absatzweise von der Schachtsohle aus vorgenommen werden. Für die erstere setzt man in einem Kranze um den abzuteufenden

Schacht 6—8 Bohrlöcher an. Das oberste Stück eines jeden Bohrloches wird, damit die unter Druck gebrachte Zement-

flüssigkeit nicht nach oben hin durchbricht, fest verrohrt und durch Stampfbeton gesichert (Fig. 243). Im übrigen bleiben die Bohrlöcher am besten unverkleidet oder werden, wenn Nachfall zu befürchten ist, mit gelochten Rohren besetzt. Das Futterrohr kann unmittelbar als Zuleitung für die Zementtrübe in das Bohrloch benutzt werden, indem man so lange Flüssigkeit in das Gebirge pumpt, als dieses sie aufnimmt. Man kann aber auch, wie in Fig. 243 dargestellt, die Möglichkeit eines Rückflusses der über-

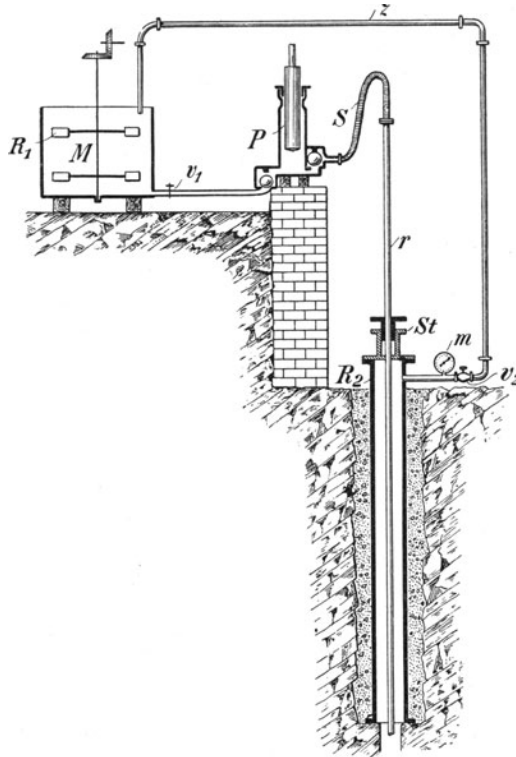


Fig. 243. Einrichtungen für das Zementierverfahren von Tage aus.

schüssigen Flüssigkeit vorsehen, indem man 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. 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 eingestellten Höchstdrucke auch dann noch einige Zeit in dem Bohrloche umfließt, wenn schon das Gebirge nur noch wenig oder nichts mehr aufnimmt.

**300. Absatzweise Zementtränkung von der Schachtsohle aus.** Diese Art der Zementierung wird stets dann angewandt werden, wenn die wasserführenden Schichten unter einem trockenen Deckgebirge von größerer Mächtigkeit lagern oder wenn im festen Gebirge nur vereinzelte Klüfte ausnahmsweise und unregelmäßig als Wasserzubringer auftreten, so daß das Niederbringen der Bohrlöcher von Tage aus einen erheblichen und an sich unnützen Aufwand an Kosten und Zeit bedingt.

Um nicht von Wasserdurchbrüchen überrascht zu werden, bringt man für die Herstellung der Zementierlöcher die sog. „Standrohrre“ zur Anwendung. Das Abbohren der 70—80 mm weiten und 2—3 m tiefen Standrohrlöcher geschieht mit Bohrhämmern. Sobald das Loch die beabsichtigte Teufe erreicht hat, wird es mit flüssigem Zement gefüllt und das unten mit einem Zementpropfen verschlossene Standrohr eingeschoben. Die Rohre  $R$  (Fig. 244) besitzen an ihrem Kopfe einen Verschuß  $h_2$ , der einerseits die Fertigstellung des Zementierbohrloches nicht hindert, aber andererseits auch nach Anbohren des Wassers dieses ohne Gefahr abzuschließen gestattet. Nach Verfestigung der Standrohre geht man an die Fertigstellung der Zementierlöcher. Ihr Durchmesser wird auf 28—45 mm, ihre Tiefe auf 8—12 m bemessen. Das Abbohren erfolgt mit Bohrhämmern (Fig. 244). Die Löcher werden etwas schräg, und gleichzeitig auswärts gerichtet, abgebohrt. Das Zementieren kann von Tage aus erfolgen, wie dies auf der linken Hälfte der Fig. 245 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. Bisweilen hat man auch von der Schachtsohle aus zementiert (s. rechte Hälfte der Fig. 245). Die Zementtrübe wird in dem Mischgefäße  $m$  hergestellt und durch Preßluft (Kompressor  $c$ , Preßluftleitung  $l_1$ ) in das Gebirge gedrückt.

Nachdem alle Löcher des Absatzes 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 Standrohlröcher in dem noch fest zementierten Gebirge des ersten Absatzes anzusetzen.

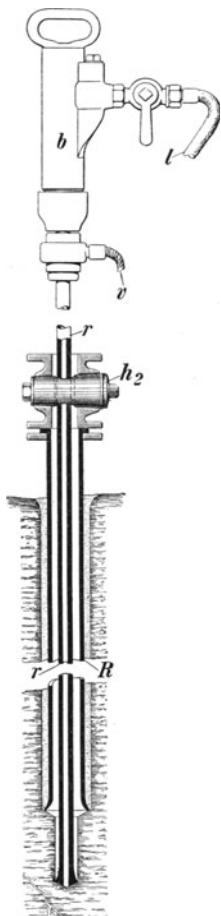


Fig. 244. Standrohr mit Bohrhammer.

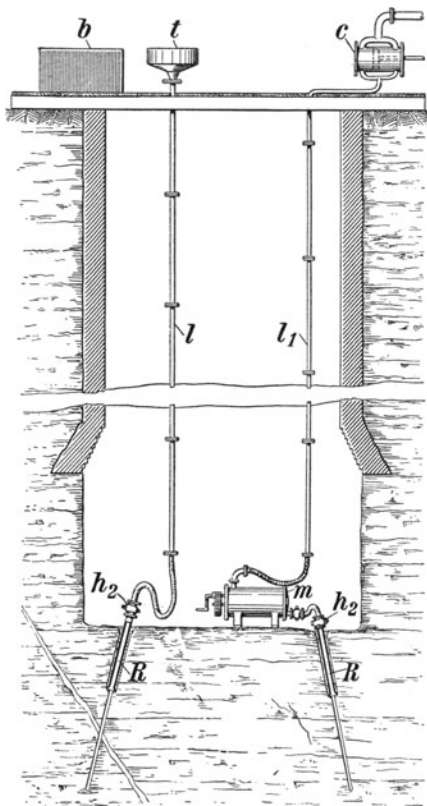


Fig. 245. Tränkung der Zementierlöcher von Tage und von der Schachtschle aus.

**301. Schlußbemerkung.** Über Leistungen und Kosten läßt sich nur sagen, daß das Verfahren bisher unter verschiedenen Umständen und verschiedenen örtlichen Verhältnissen mit mehr oder minder gutem Erfolge ausgeführt worden ist, daß sich aber Angaben, die allgemein gültig wären, nicht machen lassen.

## Achter Abschnitt.

## Förderung.

## I. Die Förderung auf söhligler oder schwachgeneigter Bahn.

## A. Abbauförderung (bei flacher Lagerung).

**302. Bedeutung.** Die Abbauförderung soll die im Abbau gewonnenen Massen bis zur nächsten Förderstrecke schaffen. Sie ist besonders für den Steinkohlenbergbau wichtig und kommt für diesen in erster Linie dann in Betracht, wenn die Lagerung so flach ist, daß das Fördergut nicht mehr auf dem Liegenden rutscht.

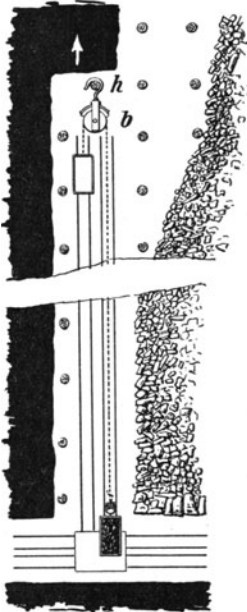


Fig. 246.  
Fliegende Bremse im Abbau.

**303. Alte Förderverfahren.** Hierhin gehören zunächst das Tragen und Schleppen der geförderten Massen; das letztere erfolgt dadurch, daß diese in Körben oder Kästen auf Schlitten gesetzt und so über die Sohle gezogen werden.

Bei der Karrenförderung wird die Last zwischen Arbeiter und Rad geteilt und so der Kraftaufwand verringert. Die Verwendung der Karren, die stets einrädig sind, beschränkt sich auf den Erzbergbau und auf einige Braunkohlengruben; es handelt sich in solchen Fällen um die Förderung vom Abbaustoß bis zur nächsten Stürzrolle.

**304. Wagenförderung.** Bei genügend flachem Einfallen kann in mächtigen Lagerstätten einfache Schlepperförderung bis an den Abbaustoß stattfinden. Größere Neigungen machen den Einbau fliegender Bremsen erforderlich (Fig. 246).

In Flözen von geringer Mächtigkeit kann man besonders niedrige Wagen benutzen, die durch Schlepper oder besser durch Seilzug bewegt und auf den Abbaustrecken in die Förderwagen umgeladen werden.

**305. Rutschenförderung.** Bei dieser Förderung werden auf das Liegende halbkreisförmige Blechrutschen gelegt. Sie ermöglichen



ein Rutschen des Fördergutes noch bei Neigungswinkeln von 15—20°, können aber auch bei Fallwinkeln von 10—15° noch nützlich sein, indem das Fördergut von den Hauern leichter in Bewegung gesetzt werden kann.

Derartige Rutschen können auch für die Zuführung von Bergen von oben her Verwendung finden. Sie eignen sich im allgemeinen nicht für größere Förderhöhen.

**306. Maschinelle Abbauförderung. Überblick.** Man unterscheidet Förderungen mit:

1. Schleppkette oder Schleppseil (Mitnehmerrutschen),
2. Förderbändern (Gurtförderern),
3. Schüttelrutschen (Schüttelrinnen, Schwingrutschen).

Die Verwendung solcher Fördereinrichtungen macht in dünnen Flözen die Kohlenförderung mit der Schaufel entbehrlich und erspart in mächtigeren Flözen die Verwendung von Schleppern oder flie-

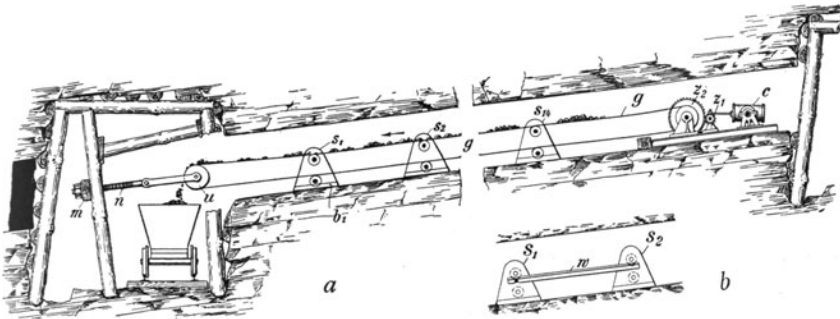


Fig. 247. Gurtförderanlage.

genden Bremsen. Maschinelle Abbauförderung ermöglicht außerdem den Abbau mit geschlossenem Versatz und hohen Stößen mit seinen verschiedenen Vorzügen.

Mitnehmerrutschen bestehen in einer auf dem Liegenden verlagerten Blechrutschenleitung, in der sich eine Kette ohne Ende bewegt und durch Mitnehmerschaufeln, die an ihr befestigt sind, das in die Rutschen geworfene Fördergut mitnimmt. Die zurückkehrende Kette kann neben oder oberhalb der eigentlichen Förderkette geführt werden.

Gurtförderer (Fig. 247) sind gekennzeichnet durch ein aus Hanf, Kamelhaar u. dgl. gewebtes breites Band, das durch Walzen, die auf Tragböcken verlagert sind, getragen und oben und unten über Wenderollen geführt wird.

Der Antrieb erfolgt durch einen kleinen Haspel c.

**307. Förderung mit Schüttelrutschen. Erläuterung.** Bei dieser Förderung werden Blechrutschen verwendet, die zu einem mehr oder weniger langen Strange verbunden und durch einen Motor in hin- und hergehende Bewegung versetzt werden. Dabei

wird der Rutschenstrang zunächst mit zunehmender Geschwindigkeit in der Förderrichtung bewegt und sodann mit einem Ruck zurückgezogen. Bei jedem Ruck rutscht das Fördergut in der Rutsche um ein entsprechendes Stück weiter.

**308. Bewegungsvorgänge.** Man unterscheidet Pendelrutschen, die an Ketten oder Seilen aufgehängt, und Rollenrutschen, die auf Rollen verlagert werden.

Bei den Pendelrutschen kann die Aufhängung an der Zimmerung oder in besonderen Tragböcken erfolgen.

Für die Rollenrutschen gibt Fig. 248 ein Beispiel. In Abständen von etwa 4 m sind Tragschalen  $t_1$ — $t_3$  untergebaut, die gleichzeitig die Stoßfugen zwischen den einzelnen Rutschen unterstützen. Die Tragschalen sind mit Gleitlagern versehen, in denen die Achsen der Laufrollen sich frei verschieben können. Die letzteren stützen sich oben gegen den umgebogenen Rand der Tragschale, unten gegen die Laufbleche  $n$ , so daß die Achse entlastet und die Reibung lediglich von den Laufrollen aufgenommen wird. Bei geringem Fallwinkel unter-

stützt man die Wirkung des Motors durch Schrägstellung der Laufbleche, wodurch eine raschere Abwärtsbewegung der Rutsche erreicht wird.

**309. Ausführung der Rutschen.** Die Rutschen erhalten einen flach-trapezförmigen Querschnitt, dessen Abmessungen zwischen etwa 30—40 cm unterer Breite und 8—20 cm Höhe schwanken. Die

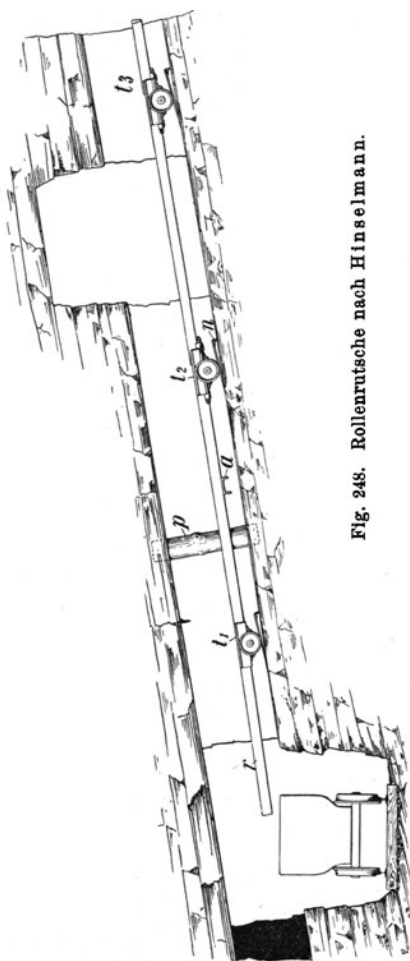


Fig. 248. Rollenrutsche nach Hinselmann.

Verbindungen der einzelnen Rutschen müssen kräftig, aber leicht lösbar sein. Zwei Beispiele liefern die Figuren 249 und 250, von denen die erstere die Aufhängung mittels eines Keilstückes  $k$  und eines Bolzens  $b$  veranschaulicht, der die beiden Rutschen zusammenhält, wogegen bei der Verbindung nach Fig. 250 die Rutsche  $r_1$  mit einem Zapfen  $z$  durch eine Bodenöffnung der Rutsche  $r_2$  greift und diese Verbindung durch den Keil  $k$  gesichert wird.

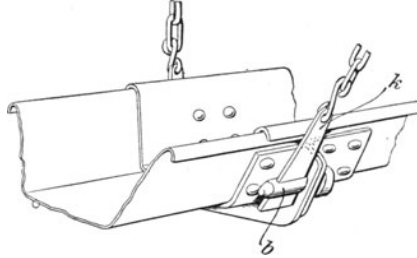


Fig. 249. Keilverbindung nach Flottmann.

**310. Antrieb.** Bei söhlicher oder nahezu söhlicher Lagerung muß der Motor kräftiger ausgeführt werden, da er der Rutsche einen starken Stoß erteilen muß, um eine genügende Wurfweite zu erzielen. Bei größeren Fallwinkeln dagegen genügt das Anheben des Rutschenstranges, worauf ein einfaches Fallenlassen folgen kann.

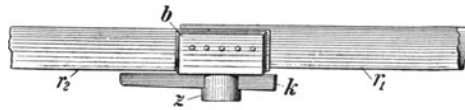


Fig. 250. Keilverbindung des Kuntze-Werks in Bochum.

Im Steinkohlenbergbau werden meist Preßluftmotoren verwandt. Einen solchen Motor zeigt Fig. 251. Er ist mit der Flottmannschen

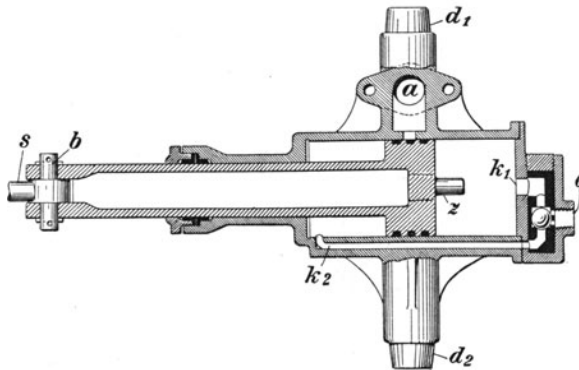


Fig. 251. Schüttelrutschenmotor von Flottmann &amp; Co.

Kugelsteuerung (s. S. 46) versehen und als Differentialmotor gebaut. Die volle Kolbenfläche dient zum Anheben des Rutschenstranges, die ringförmige Gegenfläche zur Beschleunigung des Rückganges.

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 unterhalb der Rutsche steht und mit seiner Schubstange unmittelbar an Winkeleisen angreift, die an einem Rutschenstück angenietet sind. In Lagerstätten von geringer Mächtigkeit zieht man jedoch, um das Nachreißen des Liegenden zu vermeiden, die seitliche Aufstellung vor. Diese finden wir z. B. bei dem in Fig. 252 dargestellten Motor *M* von Gebr. Eickhoff in Bochum, dessen Kolbenstange auf die Traverse  $t_1$  wirkt. Diese nimmt mittels 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. Auch kann der Motor ganz von der Rutsche getrennt aufgestellt werden und diese mit Hilfe eines Seiles bewegen (Antrieb von Hinselmann).

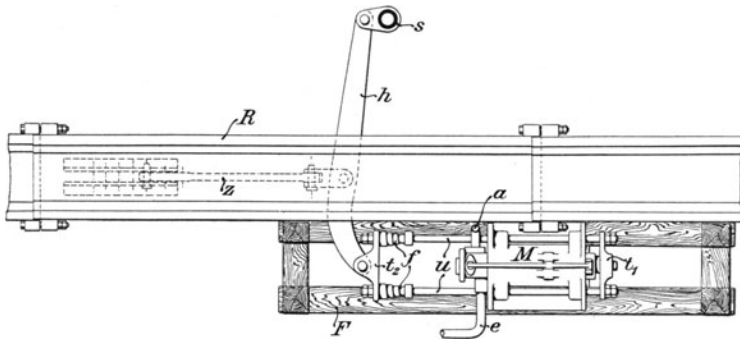


Fig. 252. Schüttelrutschenantrieb mit einarmigem Hebel.

Der Motor wird am besten am oberen Ende der Rutsche aufgestellt, damit sämtliche Rutschenteile nur auf Zug beansprucht und schlingernde Bewegungen der Rutsche, da sie oberhalb ihres Schwerpunktes gefaßt wird, vermieden werden. Jedoch wählt man bei größeren Rutschenanlagen, um die oberen Rutschenverbindungen nicht zu stark beanspruchen zu müssen, den Mittelweg, den Motor etwas oberhalb der Mitte des Stranges angreifen zu lassen.

Die Kosten der Schüttelrutschenförderung betragen auf die Tonne Kohlen etwa 3—4 *Pf* für Rutschenverschleiß, 1—2 *Pf* für den Motor, 3—12 *Pf* für Preßluft und  $\frac{1}{2}$ —1 *Pf* für Schmiere u. dgl., insgesamt also bei guter Ausnutzung der Rutschenförderung je nach dem Einfallen etwa 9—18 *Pf*.

**311. Bergförderung.** Alle Abbauförderungen erfordern, da sie für den Abbau mit geschlossenem Versatz (Ziff. 139) bestimmt sind, die Zuführung großer Bergemengen. Diese muß gleichfalls durch die Fördereinrichtung erfolgen. Man kann dazu die

Nachtschicht benutzen oder bei der Schüttelrutschenförderung Kohlen und Berge in einer und derselben Rutsche gleichzeitig fördern, indem man beispielsweise breite Rutschen verwendet, die eine Kohlen- und eine Bergeabteilung haben. Bei gutem Hangenden kann man für die Berge- und Kohlenförderung getrennte Rutschen verwenden. Der seitliche Aus- trag der Berge an beliebigen Stellen kann durch umstellbare Klappen oder gemäß Fig. 253 durch angeklebte Tröge mit ansteigendem Boden ermöglicht werden.

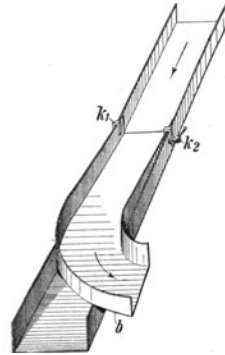


Fig. 253. Bergeantrag bei Kuntzeschen Schüttelrutschen.

## B. Streckenförderung.

### a) Förderwagen.

**312. Wagenkasten.** Ein guter Förderwagen soll billig sein, geringes Gewicht bei großem Fassungsraum besitzen, widerstandsfähig gegen Stöße, Verschleiß, saure Wasser sein, leicht vom Schlepper gehandhabt werden können, Kurven leicht und sicher durchfahren, genügende Standfestigkeit besitzen und möglichst bequem gefüllt werden können. Außerdem muß der Wagen der Mächtigkeit der Lagerstätten einerseits und dem Schachtquerschnitt andererseits nach Möglichkeit angepaßt sein. Da alle Bedingungen nicht gleichzeitig erfüllt werden können, müssen die Verhältnisse der einzelnen Gruben über die Bauart der Wagen entscheiden.

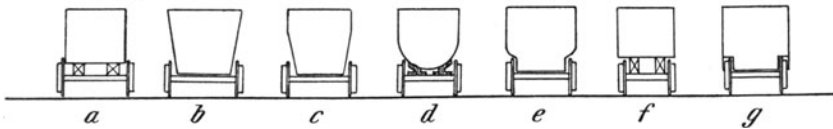


Fig. 254. Verschiedene Förderwagenformen.

Die wichtigsten Bauarten werden durch Fig. 254 veranschaulicht. Den Vorzug verdienen die von einspringenden Ecken freien, wegen der Lage des Wagenkastens zwischen den Rädern standsicheren Wagen *b* und *c* sowie der Muldenwagen *d*, der den Vorteil guter Raumausnutzung mit den weiteren der Standsicherheit, des geringen Verschleißes und der leichten und vollständigen Entleerung vereinigt.

In Gruben mit flacher Lagerung und großen Flözmächtigkeiten kann man Wagen mit 1 bis 1,5 *t* Fassungsraum verwenden, wogegen Gruben mit geringen Flözmächtigkeiten und starker Berg- und Bremsschachtförderung sich mit Wagen von 500—800 kg Fassungsraum begnügen müssen.

Der Wagenkasten wird aus Holz oder Stahlblech hergestellt. Hölzerne Kasten sind billiger, aber verhältnismäßig groß und schwerfällig. Auf Steinkohlengruben wird im allgemeinen der Stahlblechwagen bevorzugt, der gegen Feuchtigkeit durch Verzinkung geschützt wird. Holzwagen erhalten Seitenwände von etwa 40 mm und Böden von etwa 60 mm Stärke, wogegen man bei Stahlwagen mit 3 bzw. 4 mm auskommt.

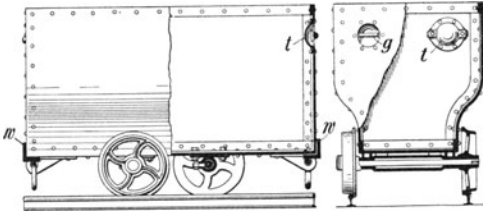


Fig. 255. Stählerner Förderwagen.

Achslagerbüchsen unmittelbar befestigt sind. Als Puffervorrichtungen werden sonst auch auswechselbare Prellhölzer oder besondere Stahlköpfe verwendet.

**313. Radsatz.** Man kann die Achsen in ihren Lagern oder die Räder um ihre Achsen sich drehen lassen. Im ersten Falle lassen sich Kurven schwerer durchfahren, weil beide Räder voneinander abhängig sind, bei lose laufenden Rädern dagegen ergeben sich große Schmierverluste und eine starke Abnutzung der Laufflächen. Man vereinigt daher in der Regel die Vorteile beider Anordnungen,

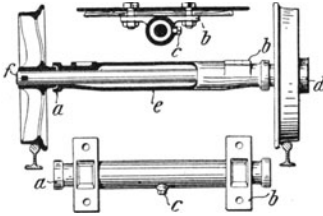


Fig. 256. Achslagerbüchse.

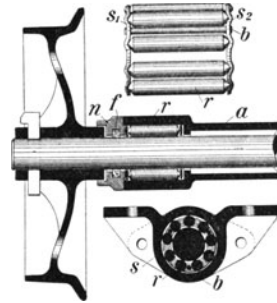


Fig. 257. Rollenlager der Wittener Stahlformgießerei.

indem man die über Kreuz liegenden Räder lose laufen läßt und im übrigen die Achsen ihrerseits drehbar verlagert. Nach Fig. 256 z. B. wird die an einem Ende mit einem Bunde *d* versehene Achse durch beide Räder und Lagerstellen hindurchgesteckt und mit dem auf dem entgegengesetzten Ende sitzenden Rade durch einen Splint *f* fest verbunden.

Man unterscheidet offene und geschlossene Lager. Für Achsen werden die letzteren bevorzugt, da sie mit einem gewissen

Vorrat an Schmiere längere Zeit auszukommen gestätten und das Eindringen von Staub verhindern. Wie Fig. 256 beispielsweise zeigt, läuft jede Achse in einer Büchse, die durch die Öffnung *e* mit Schmiere gefüllt werden kann und mit den Schrauben *b* durch Vermittlung einer Holzzwischenlage an dem Wagenboden befestigt wird. Zur weiteren Verringerung des Verschleißes und der Reibung dienen die Rollenlager (Fig. 257.) Hier laufen die Achsen an den Lagerstellen in Rollen *r*, die nach der Figur mit Spitzen zwischen den beiden Ringen *s*<sub>1</sub> *s*<sub>2</sub> aufgehängt sind. Die Abdichtung nach außen erfolgt durch den Filzring *f* und den die Nabe umfassenden Ringansatz *n*.

Geschlossene Lager müssen mit säurefreier, nicht zu dünnflüssiger und nicht verharzender Schmiere gefüllt und sorgfältig hinsichtlich der Füllzeiten überwacht werden, da man die Lagerstellen von außen nicht sehen kann.

**314. Achsen und Räder.** Die Achsen bestehen meist aus Stahl. Für die Achsbüchsen kommt getempertes Gußeisen oder getemperter Stahlguß in Betracht. Die Räder werden jetzt meist aus getempertem Gußstahl hergestellt. Man unterscheidet Speichenräder und Scheibenräder, bei welchen letzteren die Nabe mit dem Laufkranz durch eine volle Scheibe verbunden ist, die jedoch mit kreisförmigen Löchern versehen ist.

Der Durchmesser der Räder wird zur Verringerung der Umlauffzahlen möglichst groß genommen. Er schwankt im Ruhrbezirk zwischen etwa 270 und 400 mm. Die Spurweite beträgt etwa 50—65 cm. Je größer sie ist, um so standsicherer sind die Wagen, um so schwerer dagegen sind sie durch Kurven zu bringen.

### 315. Besondere Wagenformen.

Für die Förderung von Versatzbergen finden wohl Wagen Verwendung, bei denen die Kopfwand oder eine Seitenwand oder auch der ganze Wagenkasten (z. B. bei den Muldenkippwagen, Fig. 258) beweglich ist. Doch sucht man in der Regel nach Möglichkeit mit den gewöhnlichen Kohlenförderwagen auszukommen, um die entleerten Bergewagen gleich wieder als Kohlenwagen benutzen zu können. Für diese müssen dann besondere Kippvorrichtungen (Kopf- oder Kreiselwippen) eingebaut werden, oder die Wagen müssen einfach umgeworfen werden, was man durch Hilfsvorrichtungen erleichtern kann.

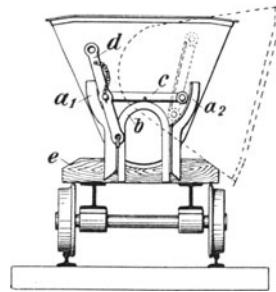


Fig. 258. Muldenkippwagen.

### b) Gestänge.

**316. Schienen.** Als Schienen werden jetzt fast überall stählerne Flügelschienen verwendet. Die im Ruhrbezirk hauptsächlich gebräuchlichen Profile ergeben sich aus Fig. 259.

Die Schienen ruhen auf Schwellen, die in Hauptförderwegen 70—90 cm, in Abbaustrecken etwa 1,0—1,2 m Abstand haben, unter wichtigen Kreuzungen aber auch ganz dicht gelegt werden. Bei

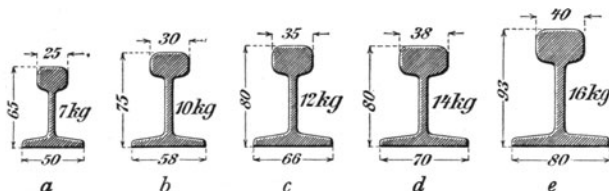


Fig. 259. Westfälische Flügelschienen-Normalprofile mit Angabe der Gewichte für das lfd. Meter.

wenig befahrenen Gestängen stoßen die einzelnen Schienenlängen auf den Schwellen zusammen und werden dort durch Nägel festgehalten (fester Stoß). Bei stärker beanspruchten Gestängen in Bremsbergen und wichtigen Förderstrecken erfolgt die Verbindung zwischen je 2 Stücken durch Laschen, und die Stoßstelle wird der stoßfreien Förderung halber zwischen 2 Schwellen gelegt (schwebender Stoß).

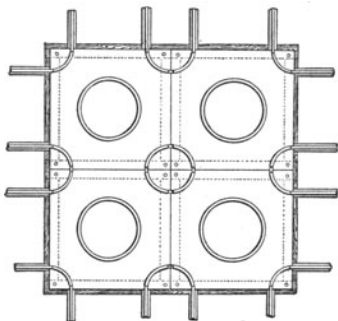


Fig. 260. Wendeplatz mit 4 Kranzplatten.

**317. Wechselseitige Gestängeverbindungen.** Die einfachste Verbindung ist eine solche durch Wendeplätze, die mit Wechselplatten belegt werden. Diese werden meist als Kranzplatten (Fig. 260) ausgeführt. Auch finden besonders für schwere Förderwagen Drehscheiben Ver-

wendung, die auf Kugeln oder Rollen laufen.

An Kreuzungen können 4 Kranzplatten (Fig. 260) zusammengelegt werden.

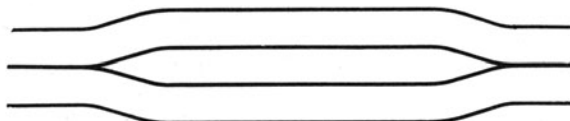


Fig. 261. Dreischieniges Gestänge mit Ausweichestelle.

Größere Wendeplätze werden an den Kreuzungen mehrgleisiger Förderstrecken sowie an den Füllörter der Schächte und an den Anschlägen von Stapelschächten erforderlich.

Die Weichen (Wechsel) ermöglichen eine Verbindung ohne Gestänge-Unterbrechung und eignen sich daher für die Förderung



mit Pferden oder Maschinen und für die Förderung in flachen Bremsbergen.

Man unterscheidet feste Wechsel (Fig. 261) und solche mit beweglichen Teilen. Die letzteren können Zungenweichen und Stoßweichen sein. Bei den Zungenweichen legen sich zugeschärfte Zungenspitzen an die Innenseite des betreffenden Gestänges, während die beweglichen Stücke der Stoßweichen eine Lücke im Gestänge ausfüllen und stumpf zwischen die zu verbindenden Gestängestücke gelegt werden. Bei den von Hand umzustellenden Weichen unterscheidet man Bockweichen, die mittels eines Hebels mit Gegengewicht umgelegt werden, und Federweichen, bei denen die Umstellung selbsttätig mit Hilfe einer federnden Zugvorrichtung erfolgt.

Eine einfache seitliche Abzweigung zeigt Fig. 262. Bei wichtigeren Weichen werden die beiden Teile *s* und *a* durch ein aus Stahlguß hergestelltes „Herzstück“ (Fig. 263) ersetzt. Eine größere Weiche für zweispurige Strecken ist aus Fig. 264 ersichtlich. Hier sind zur Vereinfachung der Weiche je 2 Mittelschienen zu einer einzigen zusammengezogen. Die Befestigung der Weichenschienen auf Eisenplatten, die auf einem Holzrahmen ruhen, gewährleistet Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit.

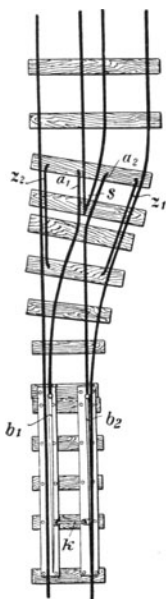


Fig. 262. Rechtsweiche (Zungenweiche) einer Ausweichstelle.

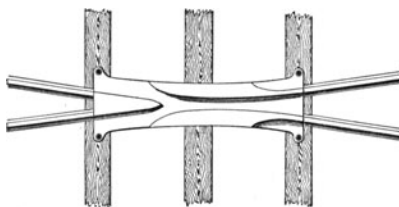


Fig. 263. Herzstück.

An Füllörtern werden wohl selbsttätige Weichen eingebaut, die eine abwechselnde Verteilung der Weichen auf 2 benachbarte Gleise ermöglichen.

In Bremsbergen kann man zur Verringerung des Gebirgsdruckes für einen Teil der Länge mit geringerem Querschnitt auskommen, wie Fig. 265 zeigt. Hier ist der Sicherheit halber keine eigentliche Weiche eingebaut, sondern die Weichenspitzen gehen als durchgehendes Gestänge bis zum Ende des Bremsberges.

### c) Die Betätigung der Wagenförderung.

**318. Das Tonnenkilometer.** Zur Beurteilung von Förderleistungen und Förderkosten dient als Einheit das Tonnenkilometer,

d. i. eine Förderleistung, die das Produkt aus der geförderterten Masse in Tonnen Nutzlast (daher auch „Nutztonnenkilometer“) und dem dabei zurückgelegten Wege in Kilometern darstellt. Ein Tonnenkilometer 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.

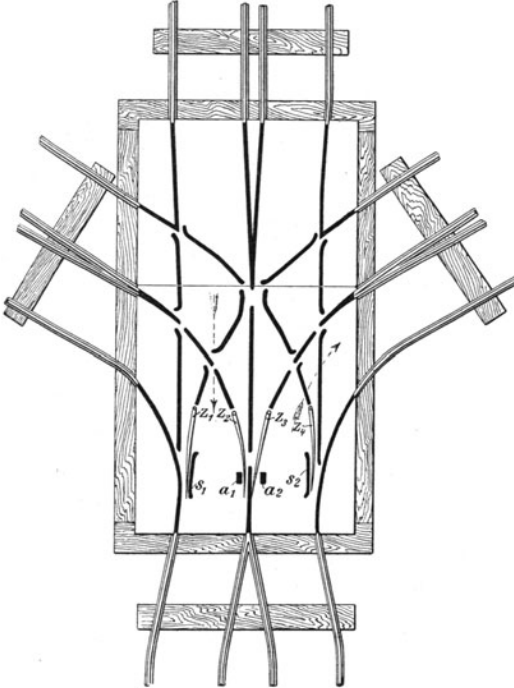


Fig. 264. Plattenweiche für zweispurige Strecken.

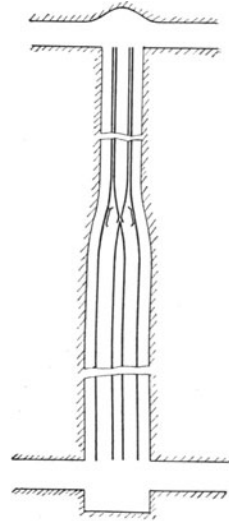


Fig. 265. Zusammenziehung eines Doppelgestänges im druckhaften oberen Teile eines Bremsbergs.

**319. Förderung durch Menschen und Tiere.** Die Menschenförderung beschränkt sich heute durchweg auf die Bewegung der Wagen vom Abbauorte bis zum Bremsberg, Stapelschacht, Rolloch oder Abhauen bezw. (auf der Sohle) bis zum nächsten Förderquerschlag.

Die Kosten der Schlepperförderung betragen etwa 0,60—1,10 *M* je Tonnenkilometer.

Als Tiere kommen für die Förderung im deutschen Bergbau nur Pferde in Betracht. In tiefen Gruben werden sie neuerdings meist dauernd unter Tage gehalten; höchstens werden sie in größeren Zeitzwischenräumen zu Tage gefördert.

In den Strecken und Querschlägen, in denen Pferdeförderung umgeht, muß die Sohle entweder mit Hirnholzplaster versehen oder mit Sandsteinkleinschlag oder Ziegelschrot mit einer darüberliegenden Lage von Kesselasche beschüttet werden. Die Wasserseige wird am besten auf die Seite der leeren Wagen gelegt, damit keine vollen Wagen durch Entgleisung in sie geraten können. Für die Verbindung der Wagen zu Zügen werden Kuppelhaken oder Kuppelketten benutzt. Eine einfache Kuppelkette mit Sicherung gegen das Herausfallen durch lose Ringe zeigt Fig. 266. Bei der in Fig. 267 dargestellten Kuppelung sind lose Teile, die leicht verloren gehen, vermieden. Jede Hälfte der Kuppelung besteht aus einem am Wagenringe befestigten Schäckel ( $s_1$  und  $s_2$ ) mit einem Haken ( $h_1$  und  $h_2$ ), der sich um einen Mittelbolzen im Schäckel dreht.

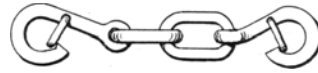


Fig. 266. Kuppelkette.

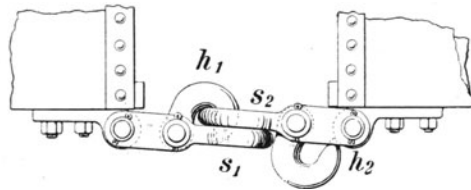


Fig. 267. Feste Hakenkuppelung nach Klever.

Die Leistungen der Pferdeförderung schwanken etwa zwischen 16 und 55 Tonnenkilometer in der achtstündigen Schicht und betragen im Durchschnitt etwa 35 tkm. Die Kosten für ein Tonnenkilometer belaufen sich im Durchschnitt auf 20—25 Pf.

**320. Förderverfahren mit feststehenden Maschinen. Überblick.** Man unterscheidet Seil- und Kettenförderungen, welche beide wieder mit unterlaufendem oder mit oberlaufendem (schwebendem) Zugmittel arbeiten können. Seilförderungen können außerdem mit offenem oder geschlossenem Seil betrieben werden; die letzteren sind die Förderungen mit Seil ohne Ende. Kettenförderungen sind immer Förderungen mit endloser Kette.

Für den deutschen Bergbau sind nur noch die Förderung mit schwebendem Seil ohne Ende und mit schwebender oder unterlaufender Kette ohne Ende von Bedeutung.

**321. Förderung mit schwebendem Seil ohne Ende. Antrieb.**

Die Bewegung des Seiles durch die Antriebmaschine erfolgt durch Reibung. Zur Verringerung derselben und zur Schonung des Seiles werden die Treibscheiben mit Holz (Fig. 268) oder Leder ausgefüttert.

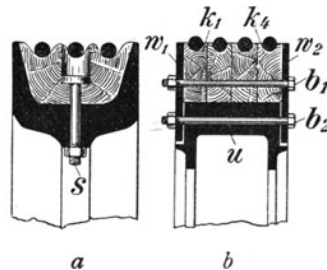


Fig. 268. Holzfutter bei Treibscheiben für endloses Seil.

Für größere Leistungen sind mehrrillige Treibscheiben oder mehrere einrillige Treibscheiben erforderlich. Es müssen dann den Treibscheiben Gegenscheiben vorgelagert werden, die das Seil umlenken und der nächsten Rille zuführen. Die Gegenscheiben werden

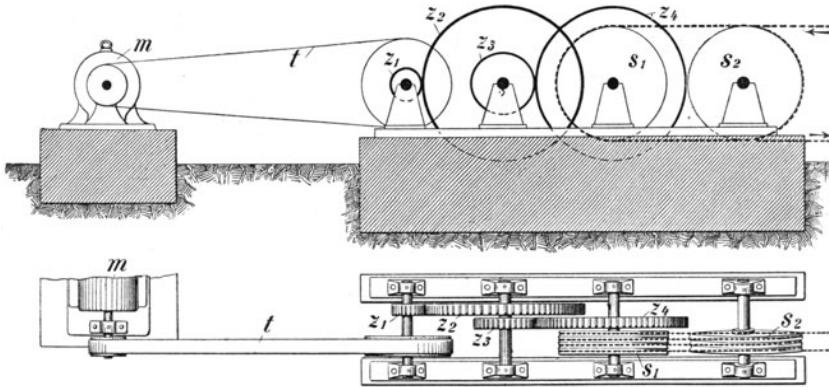


Fig. 269 u. 270. Antrieb einer Streckenförderung durch Elektromotor und Treibriemen.

vielfach schräg gelagert, damit keine seitlichen Zugkräfte zwischen dem Seil und den Rillen entstehen.

Da das Seil nur eine Geschwindigkeit von etwa 0,5—1,2 m in der Sekunde erhalten darf, so müssen die Maschinen mit starken Übersetzungen arbeiten. So wird bei dem in Fig. 269 u. 270 dargestellten

Antrieb die Geschwindigkeit des treibenden Elektromotors  $m$  durch eine Riemenübertragung  $t$  und ein doppeltes Zahnradvorgelege  $z_1—z_4$  ins Langsame übersetzt. Die Treibscheibe  $s_1$  hat hier vier Rillen; die dreirillige Gegenscheibe  $s_2$  ist auf schrägliegender Achse verlagert.

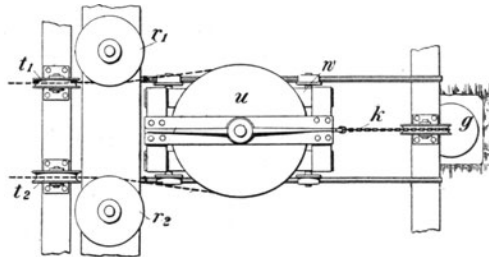


Fig. 271. Spannwagen mit Gegengewicht.

Zur Ausgleichung der Längungen des Seiles während des Betriebes dient die Spannscheibe. Diese wird am besten in das Leerseil eingeschaltet. Sie muß mit einer Nachspannvorrichtung versehen sein. Fig. 271 zeigt eine Spannscheibe  $u$ , die auf einem Wagen  $w$  verlagert ist und mittels des Gewichts  $g$  durch die Kette  $k$  angezogen wird.

Weniger günstig sind Schrauben-Spannvorrichtungen, da sie nicht nachgeben können und leicht übermäßig angespannt werden.

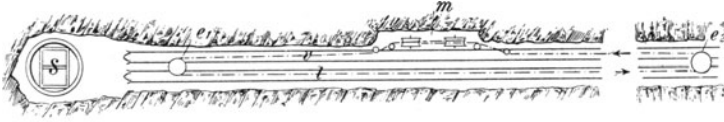


Fig. 272. Seilförderung mit seitlichem Antrieb.

Die Antriebsmaschine wird in der Nähe des Schachtes, und zwar je nach den örtlichen Verhältnissen vor oder hinter denselben aufgestellt. Sie soll nach Möglichkeit so liegen, dass schärfere Biegungen des Seiles vermieden oder wenigstens in das gegen solche weniger empfindliche Leerseil gelegt werden. Eine Anlage mit vor dem Füllort liegendem Maschinenraum zeigt Fig. 272. Die leeren Wagen werden hier unmittelbar am Schachte durch das Leerseil  $l$  abgeholt, während die vollen Wagen vor der Maschine eine schiefe Ebene hinaufgezogen werden, um dann vom Seil  $v$  abgekuppelt zu werden und dem Füllort mit Gefälle zuzulaufen.

Der Antrieb erfolgt in der Regel durch Druckluft oder elektrischen Strom, ausnahmsweise auch durch Druckwasser. Heute überwiegen die elektrischen Anlagen (vgl. Fig. 269 u. 270).

Für grössere Förderanlagen müssen Zubringeförderungen geschaffen werden, die die Fördermengen aus den Zwischenstrecken hereinholen. Fig. 273 veranschaulicht eine Hauptförderung mit der Maschine  $m_1$  und zwei Zubringeförderungen mit den Maschinen  $m_2$  und  $m_3$ .

**322. Seilführung.** Auf gerader Strecke, sowie an Zwischenanschlängen und vor allen horizontalen Rollen und Scheiben muß das Seil getragen werden, damit es nicht auf der Streckensohle schleift und das Anslagen der Wagen gestattet und damit das Abfallen von den horizontalen Rollen verhütet wird. Dabei ist auf den Durchgang der Mitnehmer Rücksicht zu nehmen.

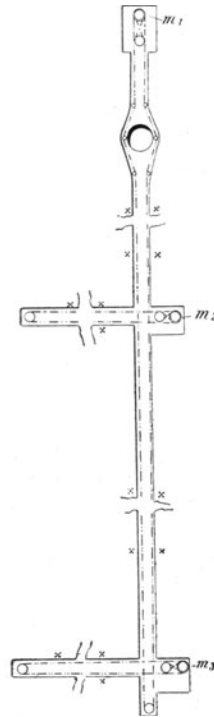


Fig. 273. Seilförderung mit 2 Zubringeförderungen.

Fig. 274 veranschaulicht eine Doppeltragerolle, bei der die Rolle  $r_2$  um einen Bolzen mittels des Armes  $h_2$  drehbar ist und vor

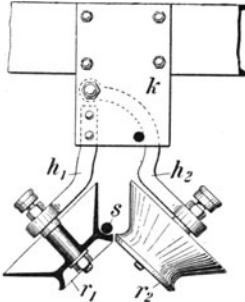


Fig. 274. Doppel-Tragerolle nach Hasenclever.

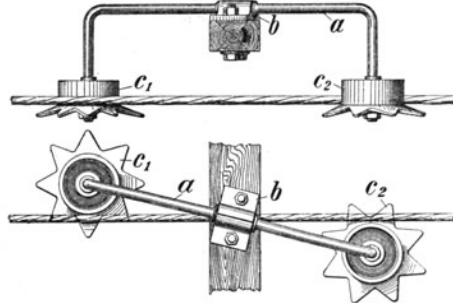


Fig. 275. Paarweise angeordnete Sternrollen als Tragerollen.

dem Mitnehmer seitwärts ausschlagen kann. In Fig. 275 sind zwei an einem Bügel befestigte Sternrollen dargestellt, in deren

Ausschnitte sich die Mitnehmer hineinlegen. Die beiden Rollen  $c_1$  und  $c_2$  können den Stößen bei der Förderung beliebig ausweichen, da ihr gemeinsamer Tragbügel  $a$  in der Hülse  $b$  drehbar verlagert ist.

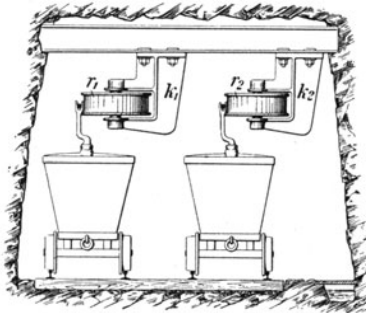


Fig. 276. Kurvenrollen nach Hasenclever.

dem Mitnehmer hineinlegen. Die beiden Rollen  $c_1$  und  $c_2$  können den Stößen bei der Förderung beliebig ausweichen, da ihr gemeinsamer Tragbügel  $a$  in der Hülse  $b$  drehbar verlagert ist.

An Krümmungen sind Kurvenrollen erforderlich, die einen möglichst großen Durchmesser erhalten und in größerer Zahl angebracht werden sollen, um die Seilablenkung möglichst sanft zu gestalten. Fig. 276 zeigt die Verlagerung solcher Rollen  $r_1$ ,  $r_2$  und läßt erkennen, daß sie eine gewisse Höhe erhalten, um für das Auf- und Abschwingen des Seiles Spielraum zu geben.

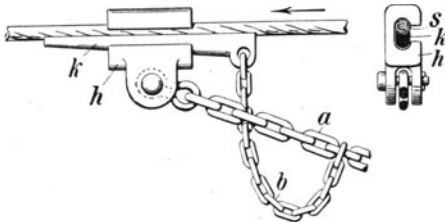


Fig. 277. Seilschloß mit Keil nach Heckel.

namentlich für Bremsberge mit endlosem

### 323. Mitnehmer.

Als Kuppelvorrichtungen oder „Mitnehmer“ können Zugketten mit Seilschlössern oder Gabelmitnehmer dienen. Die ersteren sind besonders für Strecken mit starker Steigung mit Seil, geeignet. Fig. 277

stellt ein Seilschloß mit Keil  $k$  dar, das sich durch diesen selbsttätig fester anzieht; der Wagen wird von der Kette  $a$  gezogen, während die kleine Kette  $b$  verhütet, daß der Keil verloren geht. Auch können einfache Ketten benutzt werden, die mehrmals um das Seil gewickelt und dann in einen Knebel eingehängt werden.

Die Gabelmitnehmer werden in besondere Bügel gesteckt, die an dem Wagen, in der Regel in dessen Mitte, angenietet werden ( $b$  in Fig. 278). Sie werden entweder durch eine gerade Gabel oder durch eine Klemmgabel gebildet. Für die erstere muß das Seil mit Knoten versehen werden. Nach Fig. 279 z. B. ist auf das

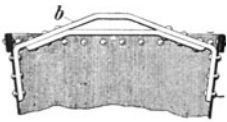


Fig. 278. Mitnehmerbügel.

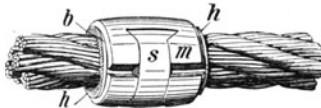


Fig. 279. Boeckersche Seilmuffe mit Schwalbenschwanz-Einlage.



Fig. 280. Hohendahl'sche Gabel.

Seil eine Muffe  $m$  geklemmt, die mittels einer Hülse  $h$  aus weichem Holze dicht an das Seil anschließt und durch eine Schwalbenschwanzeinlage  $s$  gesichert wird.

Die Knoten bewirken einen starken Seilverschleiß wegen der Knickung des Seiles beim Übergange über Rollen und Scheiben und machen bei wechselndem Gefälle die Anbringung von 2 Knoten für jeden Wagen erforderlich.

Mitnehmer für glatte Seile fassen die Seile durch exzentrische Klemmung. Diese Gruppe wird beispielsweise durch die Hohendahl'sche Gabel (Fig. 280) vertreten, die nach Einlegung des Seiles etwas gedreht wird, bis die Klemmung in dem schräggestellten Gabelmaul eintritt (s. auch Fig. 276.) Bei diesen Gabeln fallen die Übelstände der Knoten fort, anderseits ergibt sich ein stärkerer Verschleiß der Gabeln selbst.

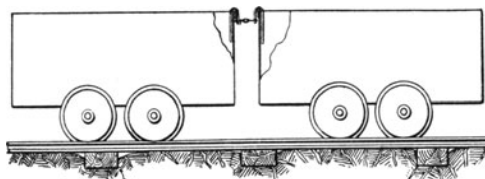


Fig. 281. Steckkuppelung zum Mitnehmen mehrerer Wagen.

Man kann mehrere Wagen durch einen Mitnehmer vom Seile ziehen lassen, indem man sie durch die gewöhnlichen Kuppelhaken oder (Fig. 281) durch besondere Steckkuppelungen verbindet, bei Gabelmitnehmern und gleichbleibendem Gefälle auch von einem Wagen schieben läßt.

Die Gabelmitnehmer haben den Vorteil, daß sie das Seil tragen helfen. Auch können sie durch selbsttätige Abstreichvorrichtungen vor dem Schachte vom Seile entfernt werden. Andererseits wird bei Verwendung von Seilschlössern das Seil besser geschont; auch gehen sie weniger leicht verloren als Gabelmitnehmer.

**324. Förderbetrieb.** An den Anschlagstellen ist das Seil durch Tragrollen genügend hoch zu halten, um die Bewegung der anzuschlagenden Wagen unter dem Seil zu ermöglichen. Zur Erleichterung des Aus- und Einwechsels der Wagen sind Wechsel oder Bühnen erforderlich. Für die Bewegung der leeren Wagen kommt man mit letzteren aus, da sie leichter geschwenkt werden können. Man legt die Anschläge nach Möglichkeit auf die Seite der Vollbahn wegen der schwierigeren Bewegung der vollen Wagen.

Die für den Förderbetrieb erforderlichen Signale werden am besten gemäß Fig. 282 durch Ziehen an einem Drahte  $z$ , der unter der Firste der Strecke angebracht ist, gegeben, indem in Abständen von 50–100 m Kontaktvorrichtungen  $k$  vorgesehen sind, die den von der Batterie  $b$  kommenden Strom zur Glocke  $g$  gehen lassen.

Die Leistungen der Seilförderung hängen nur von dem Wagenabstand und der Seilgeschwindigkeit, nicht von der Länge der Strecke ab. Die Kosten sind um so höher, je druckhafter die Strecken, je zahlreicher und schärfer die Kurven sind, je größer die erforderliche Bedienungsmannschaft ist und je mehr die Seile durch Rost infolge nasser Strecken leiden. Außerdem ist die Ausnutzung der Anlage maßgebend. Bei ungünstiger Ausnutzung und schwierigen Verhältnissen muß man mit 15–20 Pf je Tonnenkilometer rechnen, wogegen in Strecken mit guter Ausnutzung und günstigen Verhältnissen die Kosten auf 2 bis 5 Pf je Tonnenkilometer heruntergedrückt werden können.

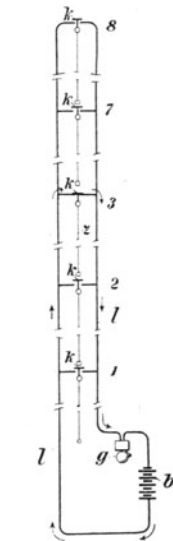


Fig. 282. Schema einer Signalanlage für die Streckenförderung.

**325. Förderung mit schwebender Kette ohne Ende. Besonderheiten.** Die Bewegung der Kette kann wie beim Seil durch Reibung erfolgen, indem man eine Scheibe mit Gegenscheibe verwendet. Jedoch kann man auch mit einer einzigen Scheibe auskommen, da die Kette auch durch besondere Greifer mitgenommen werden kann. Eine solche Greiferscheibe zeigt Fig. 283. Wichtig ist dabei eine sehr genaue Herstellung der Kette und eine gleichmäßige Längung der einzelnen Kettenglieder, damit bei der Bewegung keine Stöße in die Kette kommen. Da mit der Längung der Kette sich die Abstände der Greifer vergrößern müssen, so müssen die



Greiferscheiben so eingerichtet werden, daß die Greifer verstellbar werden können, und zwar alle um ein genau gleiches Maß.

Für das Mitnehmen der Wagen genügt bei größeren Abständen zwischen den einzelnen Wagen schon ein einfaches Auflegen der Kette auf den Wagenrand. Andernfalls verwendet man einfache Gabeln oder angelegte Flügelbleche (*b* in Fig. 284).

Trag- und Kurvenrollen, Umkehr- und Spannscheiben werden meist mit einer der Gestalt der Kette entsprechenden, profilierten Oberfläche versehen.

In Kurven muß die Kette hochgeführt und vom Wagen getrennt um die Kurvenrollen geführt werden. Daher sind die Wagen vor einer Kurve eine schiefe Ebene heraufzuziehen, damit sie mit Gefälle durch die Kurve laufen können.

Die Kette ist schwerer und teurer als das Seil und benötigt eine stärkere Antriebsmaschine, sie ist außerdem empfindlich gegen einen ungleichen Wagenabstand und erschwert und verteuert das Durchfahren von Kurven wegen der hier nötigen Aufsicht. Andererseits ist das Anschlagen der Wagen bei der Kettenförderung außerordentlich einfach, sofern es sich nicht um Zwischenanschlüge handelt, an denen die Bedienung bei Seilförderung sicherer ist. Die Kette ermöglicht ferner größere Geschwindigkeiten und gestattet daher mit einem kleinen Wagenpark auszukommen.

**326. Unterlaufende Ketten** sind besonders für Tagesförderzwecke geeignet, da sie einen freien Verkehr über die Förderwege hinweg ermöglichen. Sie werden aber auch für die Wagen-

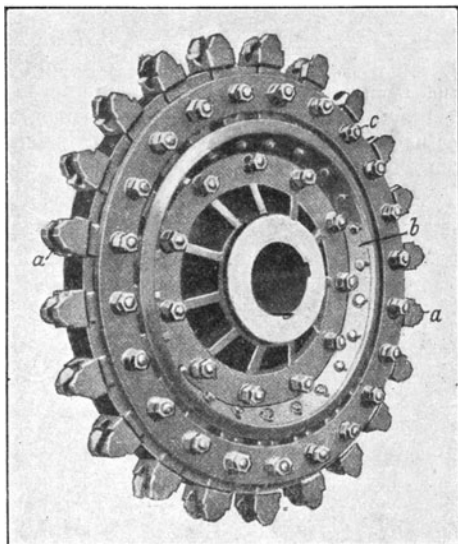


Fig. 283. Ketten-Greiferscheibe von Heckel.

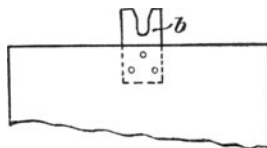


Fig. 284. Einfache Blechscheibe als Mitnehmer bei der Kettenförderung.

bewegung an größeren Schachtfüllörtern mehr und mehr benutzt. Bei solchen Ketten erfolgt die Mitnahme der Wagen durch Haken (Fig. 285), die in bestimmten Abständen, an den Kettengliedern befestigt sind und in die Ringe oder auch hinter die Achsen der Wagen fassen.

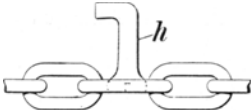


Fig. 285. Hakenglied einer unterlaufenden Kette.

### 327. Lokomotivförderung. Arten von Grubenlokomotiven.

Die für die Grubenförderung bestimmten Lokomotiven können durch Benzin, Benzol, Spiritus und andere Brennstoffe, durch den elektrischen Strom oder durch Preßluft betrieben werden.

Die mit flüssigen Brennstoffen betriebenen Lokomotiven arbeiten nach Art der Gasmotoren. Sie erfordern besondere Vorsichts-

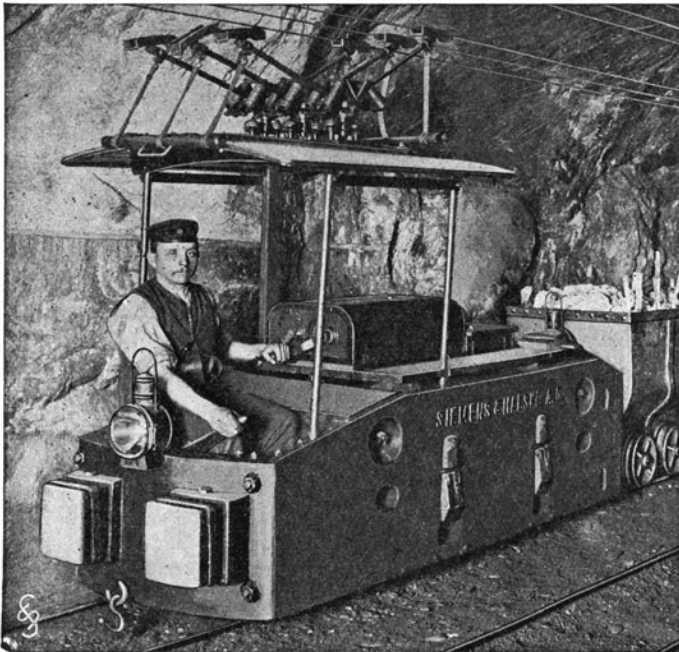


Fig. 286. Drehstrom-Lokomotive der Siemens-Schuckert-Werke.

maßregeln wegen der Feuergefährlichkeit der Brennstoffe, indem bei der Überfüllung des Brennstoffvorrates Verluste verhütet werden müssen und der Motor mit Sicherungsvorrichtungen ausgerüstet werden muß, die das Austreten von schlagwettergefährlichen Stich-

flammen durch die Ansaug- und Auspufföffnungen verhüten. Für die Umsteuerung sind besondere Zwischengetriebe erforderlich, da der Motor selbst nicht umgesteuert werden kann.

Die elektrisch angetriebenen Lokomotiven können ihren Strom durch eine Zuführungsleitung oder aus einem Akkumulator erhalten.

Die Fahrdrathlokomotiven werden in der Regel durch 2 Motoren getrieben, die von einer Oberleitung mit Hilfe von Bügeln, Schleifschuhen, Rollen oder Walzen Gleichstrom, Drehstrom, oder einphasigen Wechselstrom abnehmen. Wegen der Berührungsgefahr muß die Oberleitung bei Niederspannung (unter 250 Volt) mindestens 1,80 m, bei Hochspannung mindestens 2,30 m über Schienenoberkante liegen, wenn nicht ein besonderer Fahrweg für die Leute ausgespart ist. Eine Drehstromlokomotive mit Schleifschuh-Stromabnehmer zeigt Fig. 286.

Bei den Akkumulatorlokomotiven liefert den Strom eine mitgeführte Akkumulator-Batterie, die nach Erschöpfung durch eine Stromquelle neu aufgeladen werden muß. Das wird ohne längere Fahrtunterbrechung dadurch ermöglicht, daß die Batterie lösbar auf der Lokomotive befestigt ist und nach Entladung von ihr abgerollt werden kann, um gegen eine frisch geladene vertauscht zu werden.

Preßluftlokomotiven (Fig. 287) erhalten einen Energievorrat von hochgespannter Preßluft, die mit einem Drucke von 100 bis 120 Atm. in den Behältern  $B_1$ — $B_3$  untergebracht wird. Aus diesen wird die Luft durch ein Druckminderungsventil in einen Zwischenbehälter, die „Arbeitsflasche“, übergeführt, die in Fig. 287 unter den Vorratsbehältern, hinter dem Zwischenwärmer  $z$  liegt. Aus der Arbeitsflasche erhalten die Zylinder mittels eines weiteren Druckminderungsventils Luft von 9—10 Atm. Druck. Die Motoren sind als Verbundmaschinen gebaut; die aus dem Hochdruckzylinder tretende Luft wird in dem Zwischenwärmer  $z$  durch Grubenluft angewärmt und gelangt dann in den Niederdruckzylinder.

Unter Tage ist mindestens eine Füllstelle erforderlich, bei der die Lokomotive nach je 1—2 Fahrten ihren Luftvorrat erneuert.

Die Fahrdrathlokomotiven sind für die größten Leistungen (bis zu 100 PS. und darüber) geeignet, während Brennstoff- und Akkumulatorlokomotiven nur in Größen von etwa 10—20 PS. ausgeführt werden.

**328. Allgemeines über Lokomotivförderung.** Der Verschiebetrieb auf den Bahnhöfen am Füllort und im Felde kann durch die Lokomotiven selbst mit Hilfe von Verschiebegleisen erfolgen. Jedoch nimmt man größeren Lokomotiven, um sie besser ausnutzen zu können, zweckmäßig den Verschiebetrieb ab, indem man eine

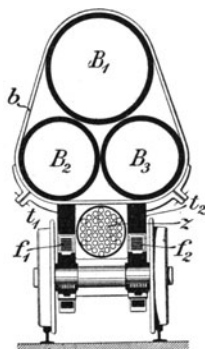


Fig. 287. Schwartzkopff-Lokomotive.

kleine Seil- oder Kettenbahn (mit unterlaufender Kette) am Füllort einrichtet, die die Wagen übernimmt und wieder abliefern, oder eine Gefällestrecke herstellt, von der man die durch die Lokomotive heraufgeschobenen Wagen zum Schachte ablaufen läßt.

Eine Lokomotive leistet 3—5 Nutz-Tonnenkilometer je PS.-Std. In der Schicht werden mit einer Lokomotive unter gewöhnlichen Verhältnissen Leistungen von etwa 170—400 Nutz-Tonnenkilometer erzielt. Die Kosten der Lokomotivförderung betragen meist etwa 7—12 Pf je Tonnenkilometer.

Die Lokomotiven werden mit Vorteil auch zur Beförderung der Leute benutzt. Diese werden dann entweder in gewöhnlichen Förderwagen, in die Sitzbretter gelegt werden, oder in besonders dazu gebauten Mannschaftswagen von größerer Länge und mit zwei Drehgestellen untergebracht. Bei Fahrdraktlokomotiven sind die Fahrenden durch ein Holzdach gegen den Draht zu schützen.

## II. Die abwärts- und aufwärtsgehende Förderung in der Grube.

### A. Bremsberg- und Bremsschachtförderung.

#### 329. Wesen und Möglichkeiten der Bremsbergförderung.

In einem Bremsberge läuft der volle Wagen auf einer geneigten Ebene abwärts. Die dabei entwickelte Zugkraft wird zum Hochziehen des leeren Wagens, manchmal auch noch zur Hochförderung von Versatzbergen ausgenutzt. Die Geschwindigkeit der Bewegung wird durch ein Bremswerk geregelt, das die überschüssige Kraft vernichtet.

Man unterscheidet Wagen- und Gestellbremsberge, je nachdem die Wagen unmittelbar an das Seil angeschlagen oder auf besondere Fördergestelle aufgeschoben werden. Letztere finden insbesondere bei steilerem Einfallen (von etwa 25° an aufwärts) Anwendung.

Nach der Art der Förderung sind eintrümmige und zweitrümmige Bremsberge zu unterscheiden. Bei den ersteren zieht der volle Wagen zunächst ein Gegengewicht hoch, worauf dieses den leeren Wagen hochfördert, wogegen bei zweitrümmigen Bremsbergen immer auf der einen Seite ein voller, auf der andern Seite gleichzeitig ein leerer Wagen gefördert wird. Als Wagenbremsberge werden eintrümmige Bremsberge mit nebenlaufendem Gegengewicht betrieben; bei den Gestellbremsbergen dagegen läuft das Gegengewicht unterhalb des Gestells und sein Gestänge liegt zwischen den Schienen für das Gestell. Bei gutem Zustande der ganzen Förderanlage können eintrümmige Gestellbremsberge für Fallwinkel von 90° bis herab zu 12°, eintrümmige Wagenbremsberge für solche zwischen 25° und 9° betrieben werden.

Zweitrümmige Bremsberge können solche mit offenem oder solche mit geschlossenem Seile sein. Bei ersteren hängt an

jedem Ende des Seiles ein Wagen. Sie eignen sich zunächst nur als Transportbremsberge zur Förderung zwischen zwei Punkten (Sohle und Teilsohle). Für die Bedienung von Zwischenanschlagen müssen besondere Kunstgriffe angewandt werden, indem man das Seil zeitweilig verlängert oder Zusatzgewichte an die heruntergehenden Wagen hängt oder natürliche Gefälleunterschiede zwischen dem oberen und unteren Teile des Bremsbergs ausnutzt.

Bei Förderung mit endlosem Seile können zwei-trümmige Bremsberge zur Bedienung von Zwischenanschlagen benutzt werden. Doch ist das Anschlagen dann immerhin wegen der Notwendigkeit, ein Gestänge zu überfahren, schwierig.

Zweitrümmige Bremsberge mit offenem Seile können bei gutem Zustande der Fördereinrichtungen noch bei Fallwinkeln von  $4^{\circ}$ — $5^{\circ}$  benutzt werden. Durch den Betrieb mit endlosem Seile kann man wegen der größeren Anzahl der beiderseitig laufenden Wagen und wegen der Ausgleichung des Seilgewichtes noch bei einem Gefälle von  $2^{\circ}$ — $3^{\circ}$  fördern.

Außer durch die Erhöhung der Wagenzahl und die Ausgleichung des Seilgewichtes kann man die Förderung bei geringem Gefälle auch dadurch ermöglichen, daß man die Schienen am Kopfe des Bremsbergs aufhört und am Fuße ein Stück söglich legt, um die Einleitung der Bewegung zu erleichtern.

Kettenbremsberge mit Kette ohne Ende können zur Verwendung der überschüssigen Kraft des Bremsbergs benutzt werden, indem man gemäß Fig. 288 auf die Achse der Endscheibe  $a$  des Bremsbergs das Treibseil für die Streckenförderung mit der Umkehrscheibe  $e_2$  legt.  $g_1$  und  $g_2$  sind Gegenscheiben.

**330. Einrichtungen in Bremsbergen.** Wagenbremsberge können mit einer geringeren Höhe auskommen als Gestellbremsberge. Bei ersteren kann die Breite durch Zusammenziehen

des Gestänges außerhalb der Begegnungstellen von vollen und leeren Wagen bezw. von Wagen und Gegengewicht verringert werden, falls diese Begegnungstellen dauernd an derselben Stelle bleiben.

An den Zwischenanschlagen kann man das Anschlagen durch Herstellung söhlicher Flächen erleichtern. Fig. 289 zeigt drei Möglichkeiten; im Falle  $c$  sind die Verbindungsstücke  $b$  eingelegt, die während des Anschlages vorübergehend herausgenommen werden.

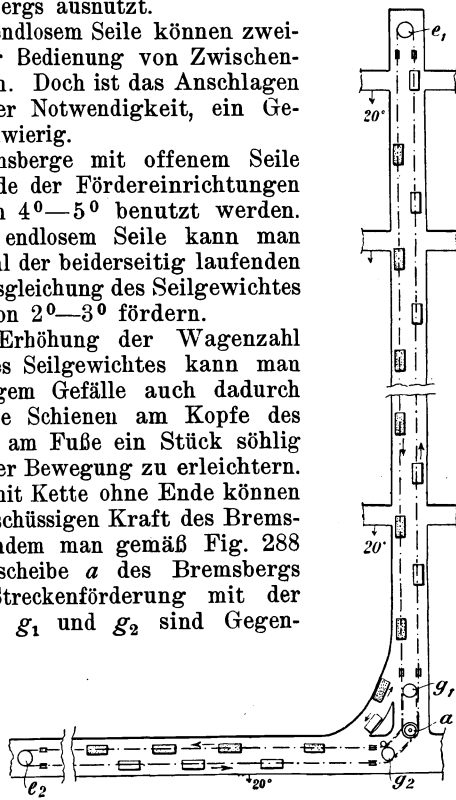


Fig. 288. Antrieb einer Strecken-Seilförderung durch einen Kettenbremsberg.

Andere Einrichtungen sind bewegliche Schwenkbühnen, die durch Drehen oder Kippen in die horizontale bzw. schräge Lage gebracht werden.

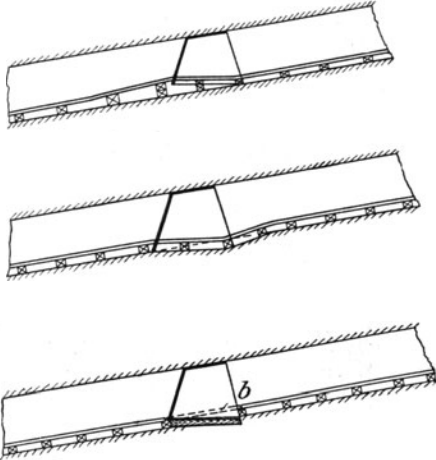


Fig. 289. Gefälle-Ausgleich an Zwischenanschlagen.

Am Fuße der Bremsberge muß eine möglichst bequeme und gefahrlose Überleitung der Wagen aus der Strecke in den Bremsberg und umgekehrt ohne Störung der Förderung ermöglicht werden. Bei Abholung der Wagen durch Pferde oder Lokomotiven müssen in der Strecke Wechsel ausgesprochen werden, die genügend groß sind, um einen vollen bzw. leeren Zug aufzunehmen. Es ist zur Erleichterung des Anschlagens zweckmäßig, einen solchen Wechsel mit einer Gefälle-

strecke auszurüsten. Wird die Streckenförderung mit Seil oder Kette ohne Ende betrieben, so ist nur ein ganz kleiner Wechsel erforderlich.

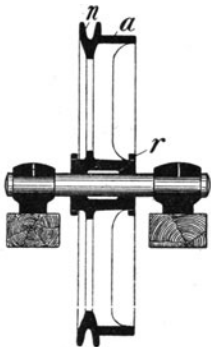


Fig. 290. Stahl-Bremsscheibe.

Wagenbremsberge werden in der Regel durch eine söhliche, mit Platten belegte Bühne und eine kurze Anschlußdiagonale, in welche die Wettertür gestellt wird, mit der Grundstrecke verbunden.

Das Bremswerk besteht aus der Trommel oder Scheibe für das Seil und aus der Bremsvorrichtung. Wegen ihres geringen Raumbedarfs und Gewichts werden Scheibenbremsen bevorzugt. Eine solche zeigt Fig. 290; in dieser bedeutet *n* die Seilrille, *a* den Bremskranz. Die Scheiben werden bei steilem Einfallen senkrecht zur Flözebene aufgestellt, bei flachem Einfallen parallel zu dieser gelegt. Für flache Lagerung und kurze Längen (Abbauförderung, Aufhauen) werden die sog. „fliegenden Bremsen“ viel benutzt, von denen Fig. 291 ein Beispiel zeigt. Die Bremse hängt mit Schäckel und Kette an einem Stempel und kann mit Hilfe der Zugstange *c* durch den Bremshebel *d* angehoben werden, so daß der letztere nur zum Lüften der Bremse dient und diese stets selbsttätig geschlossen ist.

Die Bremsvorrichtung selbst wirkt in der Regel auf die Trommel oder Scheibe vermittelt eines angegossenen Bremskranzes. Sie ist durchweg eine Bandbremse, d.h. der Bremskranz wird (Fig. 292), von einem eisernen Bande  $e_1 e_2$  umgeben, das mit Hilfe der Winkelübertragung  $k i h f_1 f_2$  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 gesichert ist. Zur

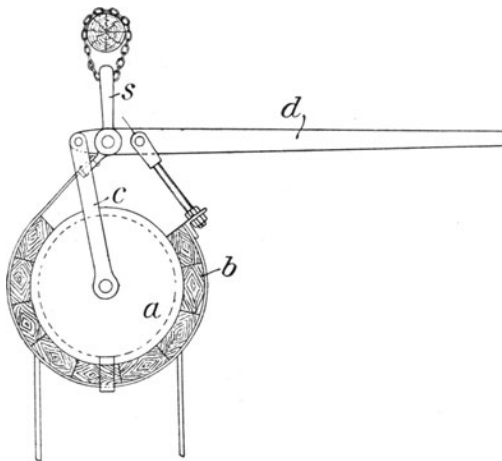


Fig. 291. Fliegende Scheibenbremse von Gebr. Eichhoff.

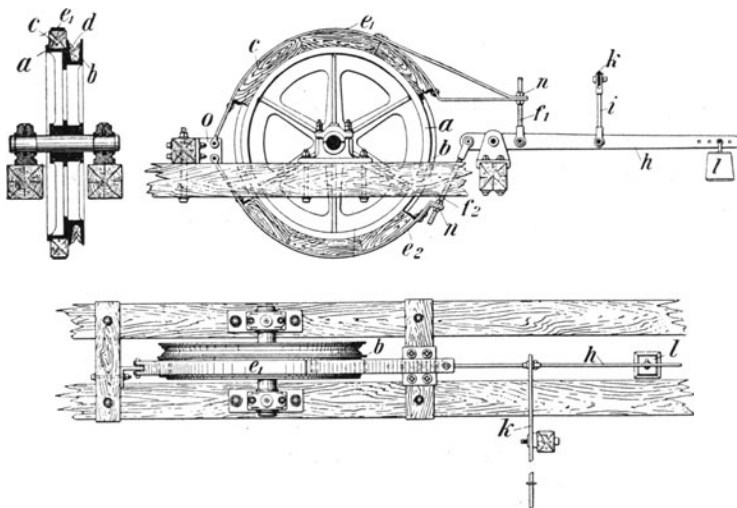


Fig. 292. Scheiben-Bandbremse.

Erhöhung der Reibung und Verringerung der Abnutzung wird das Bremsband mit Holzklötzen  $c$  ausgefütert, die nach Verschleiß erneuert werden. Das Gegengewicht  $l$  muß so angebracht sein, daß

es die Bremse schließt, so daß sie nur vermittelt einer besonderen Anstrengung des Bremsers geöffnet werden kann.

**331. Bremsgestelle.** Die für die Bremsförderung benutzten Gestelle oder Bremsböcke werden aus Holz oder Profileisen nach Fig. 293 zusammengebaut. Sie erhalten eine Bühne  $b$ , die in horizontaler Lage auf dem Rahmen  $r$  einerseits und der Stütze  $s$  anderseits ruht. Ein Bremsgestell für flache Lagerung zeigt Fig. 294.

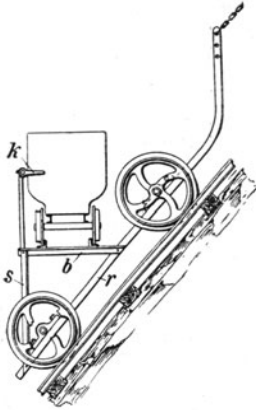


Fig. 293. Eisernes Bremsgestell für steiles Einfallen.

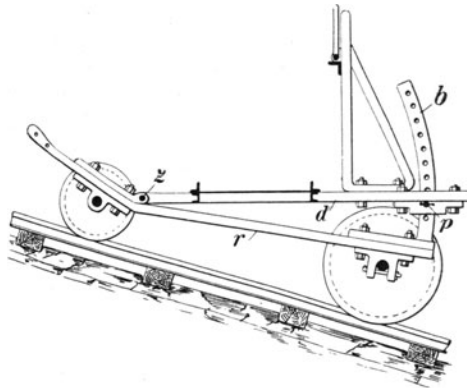


Fig. 294. Bremsgestell mit verstellbarer Bühne für flache Lagerung.

Hier ist die Bühne  $d$  um den Zapfen  $z$  drehbar, so daß sie mittels des Bolzens  $p$  in dem Bogenstück  $b$  verstellbar und ihre Neigung dadurch wechselnden Fallwinkeln angepaßt werden kann. Für die Begegnung des Gestells mit dem unterlaufenden Gegengewicht muß für eine genügende Höhenlage der Achsen (z. B. gemäß Fig. 293 durch Befestigung der Lager oberhalb statt unterhalb der Seiten-

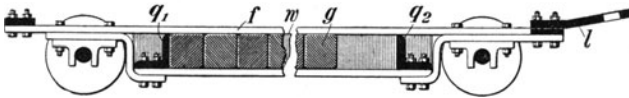


Fig. 295. Gegengewicht für Gestellbremsberge.

holme) gesorgt oder durch Hochführung der Gestellschienen oder entsprechende Senkung der Schienen für das Gegengewicht Raum geschaffen werden.

Ein Gegengewicht für Gestellbremsberge veranschaulicht Fig. 295. Dasselbe besteht aus zwei Winkelleisen  $w$ , die durch Querverbindungen  $q_1$   $q_2$  zu einem Rahmen vereinigt sind und zwischen die eine Anzahl von Gußstücken  $g$  gelegt werden kann, die gegen das Herausfallen durch aufgeschraubte Laschen  $f$  gesichert werden.



**332. Bremsschachtförderung.** Seigere Bremsschächte werden meist für flotte Förderung eingerichtet und müssen daher kräftige Bremsvorrichtungen erhalten, zumal das Fördergewicht hier mit seinem vollen Betrage die Bremsscheibe belastet. Daher sind große Bremsflächen und Vorsichtsmaßregeln gegen die Brandgefahr durch Heißlaufen des Bremsbandes und Bremskranzes erforderlich (eiserne statt hölzerner Klötze, Berieselung oder innere Wasserkühlung).

## B. Rollochförderung.

### 333. Bedeutung und Ausführung.

Die Förderung mit Rollöchern hat ihre Hauptbedeutung für den Erzbergbau und für die Zuführung von Versatzbergen beim Steinkohlenbergbau. Die Füllung der Rollen erfolgt auf Steinkohlengruben mit Hilfe von Kopf- und Kreiselwippen oder mittels besonderer Wagen (Ziff. 315), auf Braunkohlen- und Erzgruben durch Karren oder Tröge.

Ein Rollochbetrieb mit Lutten nach Fig. 296 gestattet die Beschickung der Rolle von Zwischenpunkten aus.

Bei Erz- und Bergerollen wird meist oben ein Gitterrost angebracht, um große Stücke zunächst zerkleinern zu können und Verstopfungen der Rollen zu verhüten.

Man unterscheidet offene und geschlossene Rollen. Die ersteren müssen seitlich von der Förderstrecke münden. Bei letzteren kann die Entleerung durch einen Schieber oder (bei starker Belastung besser) durch eine Drehklappe erfolgen.

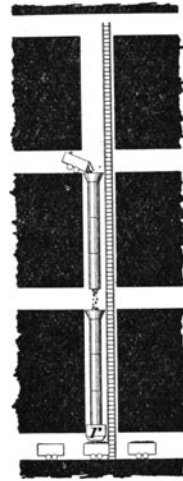


Fig. 296. Rolloch mit Lutten des Kuntze-Werks in Bochum

## C. Haspelförderung.

**334. Förderhaspel.** Die Haspel können mit Preßluft, Druckwasser und elektrischem Strome getrieben werden. Die Preßluft-Haspel spielen im Steinkohlenbergbau heute immer noch die Hauptrolle. Jedoch haben sich neuerdings vielfach auch elektrisch betriebene Förderhaspel eingebürgert.

Nach der Bauart unterscheidet man einfache und Zwillingshaspel (Fig. 297), ferner Haspel mit feststehenden Zylindern und solche mit oszillierenden Zylindern, sowie Trommelhaspel (Fig. 297) einerseits, Scheibehaspel andererseits. Letztere haben sich wegen ihres geringen Raumbedarfs vielfach eingeführt, sie erhalten für die seigere Förderung vertikal gestellte Scheiben, wogegen Haspel, die für die Förderung aus Abhauen bestimmt sind, vorteilhafter mit einer in der Flözebene liegenden Scheibe gebaut werden.

Die Haspel werden meist am oberen Ende des Bremsschachtes oder Abhauens aufgestellt, doch bevorzugt man für die Förderung in seigeren Schächten vielfach auch die Aufstellung am unteren Ende, um die Brandgefahr und die Gefahr der Schlagwetterzündung

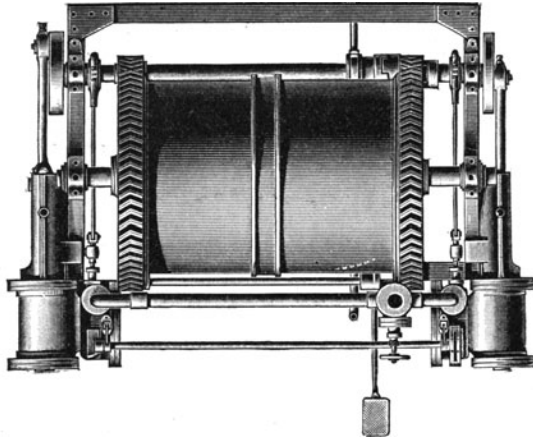


Fig. 297. Zwilling's-Trommelhaspel mit doppeltem Getriebe.

durch Funken zu verringern und den Anschläger am Fuße des Schachtes gleichzeitig als Haspelführer benutzen zu können.

#### D. Sicherheitseinrichtungen bei der Brems- und Haspelförderung.

**335. Fangvorrichtungen.** In Bremsbergen und Abhauen können bei Förderung mit offenem Seile abgehende Wagen durch Fanghaken am Wagen aufgehoben werden, die durch den Seilzug angehoben werden, im Falle eines Seilbruchs aber hinter die nächste Schwelle fassen. Bei Förderung mit Seil oder Kette ohne Ende werden Sperrhebel in die Gestänge eingebaut, die beim Förderbetriebe durch die Wagen niedergedrückt werden, sich aber gleich wieder aufrichten, so daß sie durchgehende Wagen festhalten können.

**336. Sicherheitsverschlüsse. Allgemeines.** Die Sicherheitsverschlüsse sollen den Absturz von Anschlägern und anderen Personen verhüten. Am Fuße und Kopfe von Bremsschächten genügen einfache Schiebetüren, die durch das Fördergestell am oberen Anschlag unmittelbar, am unteren gemäß Fig. 298 durch Vermittelung eines Seiles geöffnet und geschlossen werden können.

Für Zwischenansläge finden vielfach Drehschranken mit einer etwas über Wagenhöhe eingelegten Eisenstange Verwendung, welche letztere für den Fall des versehentlichen Offenlassens der Schranken den Wagen aufhält.

**337. Selbstwirkende Verschlusseinrichtungen** sollen eine größere Sicherheit bieten, indem sie gegen Unachtsamkeiten der Anschläger schützen. Eine einfache Vorrichtung ist eine Schutzweiche (Fig. 299) mit nur je einem Wechselbaum  $w_1$  bzw.  $w_2$  am vorderen

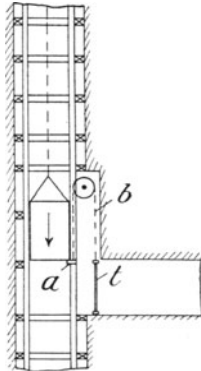


Fig. 298. Selbsttätiger Gittertüerverschluß am unteren Anschlag eines Bremschachtes.

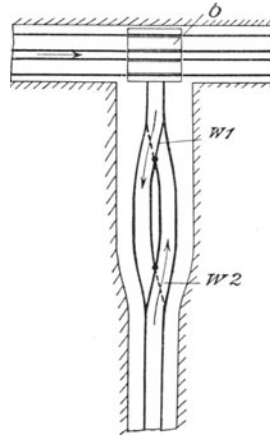


Fig. 299. Schutzweiche als Bremsbergverschluß.

und hinteren Ende. Diese bewirkt die selbsttätige Sperrung der Zufahrt zum Bremsberge durch die Förderung selbst, indem immer einer der beiden Wechselbäume in Verschußstellung sich befindet. Außerdem kann man Hemmschuhe verwenden nach Fig. 300. Der Hemmschuh  $h$  wird durch Niederdrücken der Klaue  $n$  aufgerichtet

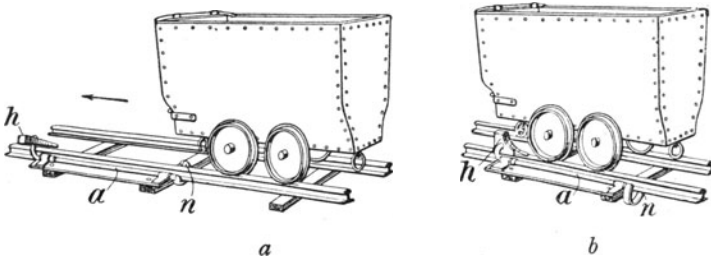


Fig. 300. Hemmschuh-Verschluß nach Hirtz und Peisen.

und hält dadurch den Wagen fest. Das Umlegen des Hemmschuhes zum Zwecke der Freigabe der Durchfahrt bringt die Klaue wieder in ihre ursprüngliche Lage, so daß der vom Bremsberge zurückgeschleppte leere Wagen sie wieder herunter klappt und der nächste volle Wagen den Hemmschuh wieder in der Verschußstellung trifft.

Andere Verschlüsse beruhen auf einer Mitwirkung des Gestells, indem sie bewirken, daß dieses den Anschlag nicht eher verlassen

kann, als bis der Verschuß der Strecke hergestellt ist. Ein solcher Verschuß ist der Bestsche Schubriegel ( $r$  in Fig. 301), 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  $g$ .

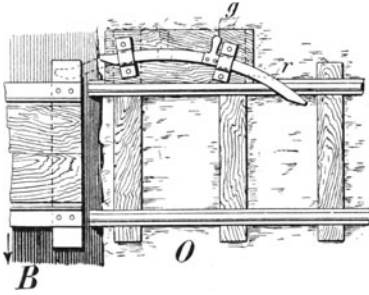


Fig. 301. Bestscher Schubriegel.

einrichtung betätigt, so daß der Bremshebel gesperrt ist, bis sämtliche Verschlüsse hergestellt sind. Derartige Verschlüsse sind diejenigen von Morsbach und Giese.

Noch weiter gehen andere Verschußvorrichtungen, die eine Förderung überhaupt unmöglich machen, so lange nicht alle Verschlüsse auf den einzelnen Anschlägen gesperrt sind. Man erreicht diesen Zweck durch Verbindung der Verschußvorrichtung mit dem Bremshebel, indem von diesem ein Seil oder eine Stange ausgeht und an den einzelnen Anschlägen die Verschuß-

### III. Die Schachtförderung.

#### A. Gefäßförderung (Skip-Förderung).

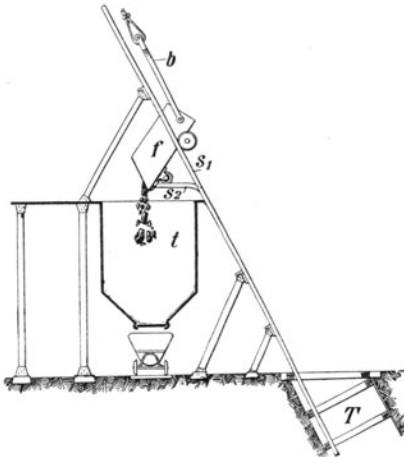


Fig. 302. Entleerung der Fördergefäße bei tonn-lägiger Skip-Förderung.

**338. Ausführung und Anwendung.** Die Gefäßförderung läßt sich am einfachsten in tonn-lägigen Schächten durchführen. Ihr Wesen besteht darin, daß das Fördergut am Füllort in ein Gefäß gekippt und dieses über Tage durch Umstürzen entleert wird. Bei der Ausführung nach Fig. 302 hängt das Fördergefäß  $f$  mittels eines Bügels  $b$  am Seile und läuft mit seinen Rädern auf den Schienen  $s_1$   $s_2$ . Über Tage angekommen, laufen die vorderen Räder auf den zurückgebogenen Schienen  $s_2$  nach außen

und ermöglichen so das Kippen des Gefäßes. In ähnlicher Weise läßt sich auch bei der Förderung in seigeren Schächten die Entleerung bewerkstelligen.

Die Gefäßförderung hat vor der bei uns üblichen Gestellförderung eine erhebliche Verringerung der toten Förderlast voraus, da die Streckenförderwagen nicht mitgefördert werden. Das Verhältnis der toten Last zur Nutzlast beträgt daher hier nur etwa 0,7—0,9 gegenüber 1,5—1,8 bei der Gestellförderung. Wegen der rauhen Behandlung des Fördergutes eignet sich dieses Förderverfahren in erster Linie für den Erzbergbau, besonders dort, wo es sich um große Tiefen und Förderleistungen handelt.

## B. Gestellförderung.

### a) Förderseile.

**339. Überblick.** Man unterscheidet nach dem Stoffe Pflanzenfaser- und Drahtseile, nach der Zusammensetzung Band- und Rundseile, Litzenseile, Kabelleile usw. Die aus Pflanzenfasern hergestellten Seile sind durchweg sog. „Aloëseile“. Derartige Seile werden durch Tränkung mit Teer vor Fäulnis geschützt. Sie eignen sich vorzüglich als Band- oder Flachseile, so daß sich mit ihnen alle diejenigen Vorteile, die mit der Verwendung von Bandseilen verknüpft sind, erzielen lassen. Ihre Tragfähigkeit ist aber verhältnismäßig gering (650—900 kg je Quadratcentimeter Querschnitt gegen 14000 bis 22000 kg bei Stahldraht). Größere Teufen erfordern daher die Verwendung von verjüngten Seilen, d. h. Seilen, die nach dem Förderkorbe hin in dem Maße abnehmen, wie das zu tragende Seilgewicht sich verringert.

Die Drahtseile sind durch den Clausthaler Oberbergrat Albert im Jahre 1835 erfunden worden. Sie werden heute durchweg aus Stahl und zwar aus bestem Siemens-Martin-Stahl hergestellt. Zum Schutze gegen Rost werden Drahtseile mit säurefreier Schmiere eingefettet oder auch verzinkt.

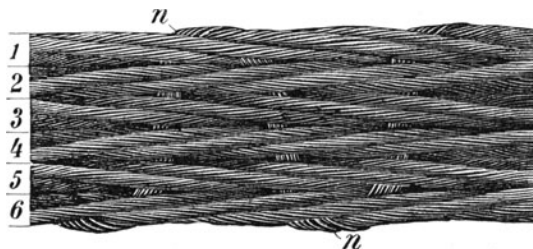


Fig. 303. Sechslitziges Bandseil.

**340. Flechtarten.** Bandseile werden in der Weise hergestellt, daß (Fig. 303) eine Anzahl kleiner Seile (1—6), in der Regel aus je 4 Litzten bestehend, nebeneinander gelegt und durch Nählitzen

oder Nähdrähte  $n$  zu einem breiten Seile verbunden werden. Zur Vermeidung eines einseitigen Dralles im Seile verlaufen die Windungen der Drähte bezw. Fasern je zweier benachbarten Litzen im entgegengesetzten Sinne.

Bandseile ermöglichen leichte und schmale Seilkörbe, da sie sich übereinander aufwickeln lassen, und einen einfachen Ausgleich des Seilgewichts infolge verschiedener Seilkorbdurchmesser (s. Ziff. 353).

Rundseile sind meist gleichfalls aus einzelnen Litzen hergestellt. Man kann die Drähte (Fig. 304) in den Litzen nach derselben Richtung verlaufen lassen wie die Litzen im Seile oder diese beiderseitigen Windungen entgegengesetzt richten. Die erstere Flechtart heißt „Längsschlag“ oder „Albertschlag“, die letztere „Kreuzschlag.“

Der Albertschlag bewirkt einen starken Drall, weil keine Ausgleichung der Windungen vorhanden ist, dafür ist andererseits wegen der glatteren Oberfläche der Verschleiß geringer.

Die Litzen-  
drähte werden um  
Hanfseelen oder um  
Kerndrähte (Fig.  
304 *a* und *b*) ge-  
wickelt; ihre Ver-  
bindung zum Seile  
erfolgt unter Zwi-  
schenlagerung einer  
Seelenlitze, die in  
der Regel (Fig. 304)  
aus Jute besteht,

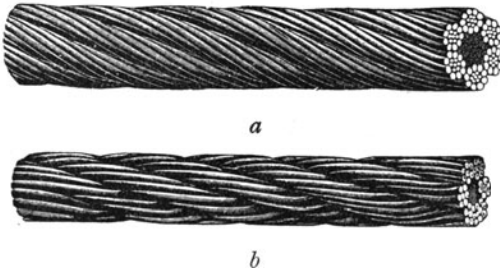


Fig. 304. Längsschlag (*a*) und Kreuzschlag (*b*) bei Drahtseilen.

um die gegenseitige Reibung der Litzen im Seile möglichst zu verringern. Die Zahl der Litzen beträgt durchweg 6—7, die Drahtdurchmesser schwanken im großen und ganzen zwischen 1,7 und 2,8 mm.

Durch eine besonders große Auflagefläche und einen dementsprechend geringen Verschleiß sind die flachlitzigen und die dreikantlitzigen Seile ausgezeichnet, bei denen an Stelle der Kerndrähte in den Litzen flach-ovale oder dreikantige Drähte benutzt werden.

**341. Tragfähigkeit, Leistungen und Kosten.** Die Tiefe, bei der ein nicht verjüngtes Seil noch sein Eigengewicht mit 8facher Sicherheit tragen kann, berechnet sich für:

Aloëseile (Zugfestigkeit 7 kg je qmm) zu 810—820 m,

Eisendrahtseile (Zugfestigkeit 60 kg je qmm) zu 830—850 m,

Stahldrahtseile (Zugfestigkeit 160 kg je qmm) zu rd. 2100 m.

Die Leistungen von Förderseilen erreichen in tieferen Schächten 400 000—500 000 Nutztonnenkilometer und darüber.

Die Seilkosten betragen etwa 2—3 Pf je Tonnenkilometer bei Stahlrundseilen und 5—6 Pf bei Aloë- und Stahlbandseilen;

sie werden besonders hoch in nassen Schächten wegen der Rostbeschädigung, zumal wenn die Schachtwasser sauer oder salzig sind.

### b) Die Fördergestelle.

**342. Größe und Bauart.** Die Fördergestelle (Förderkörbe, Förderschalen, Fördergerippe) können für einen oder mehrere Wagen gebaut werden. Im letzteren Falle sind noch ein- und mehrbödiges Gestelle zu unterscheiden. Für alle Förderungen, die größere Massen bewältigen oder aus größeren Tiefen heben müssen, ist die Unterbringung einer größeren Anzahl von Wagen auf dem Gestelle notwendig. Diese kann durch Hintereinander- oder Nebeneinanderstellung der Wagen auf den einzelnen Gestellböden ermöglicht werden. Im ersteren Falle wird das Gestell im Grundriß lang und schmal, im letzteren kurz und breit. Mehr als zwei Wagen werden im deutschen Bergbau nur vereinzelt auf je einem Boden untergebracht. In engen Schächten muß man sich mit nur einem Wagen auf jedem Boden begnügen; für größere Leistungen ergeben sich dann unvorteilhaft hohe und schwerfällige Förderkörbe.

Die Fördergestelle werden aus Profilleisenrahmen mit Längsverbindungen und Diagonalversteifungen zusammengesetzt. Besonders stark muß der Kopffrahmen ausgeführt werden, da an diesem das Seil angreift und die etwaige Fangvorrichtung angebracht wird. Für die Führung an den Schachtleitungen dienen die Gleitschuhe.

Das Festhalten der Förderwagen kann durch Klinken in mittlerer Wagenhöhe oder auf dem Schienenbelag der einzelnen Korbböden oder durch Erhöhungen oder Vertiefungen auf den letzteren erreicht werden. Während der Seilfahrt ist für einen Verschluß der offenen Seiten des Fördergestells zu sorgen. Man benutzt dazu leichte Türen, die nach innen aufgehen, oder Jalousieverschlüsse, die zur Seite geschoben oder hochgezogen werden.

### c) Die Verbindungsstücke zwischen Seil und Fördergestell. (Das Zwischengeschirr.)

**343. Seileinband** heißt das oberste Stück des Zwischengeschirrs. Die Befestigung des Seiles in diesem Stücke kann mittels einer sog. „Kausche“ oder mittels eines Seilschlusses oder einer Seilklemme erfolgen. Eine Kausche zeigt Fig. 305. Das Seil wird hier über eine halbkreisförmige Blechrinne um einen Holzkern *s* geführt und zwischen zwei Blechplatten *b* durch die Schrauben *s* eingeklemmt. Sodann wird das umgebogene Stück durch eine Anzahl von Klemmbändern, die je nach der Belastung des Seiles mehr oder weniger groß ist, mit dem tragenden Seile verbunden. Ein Seilschloß veranschaulicht Fig. 306. Die Um-

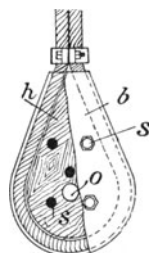


Fig. 305. Kausche mit Holzkern.

Biegung des Seiles fällt hier fort; die Förderlast greift an Ketten, die in den Augen  $ll$  hängen, an und drückt dadurch die Winkelhebel  $b_1b_2$  herum, welche mit Daumen die außen abgeschrägten Klemmhülsen  $a_1a_2$  fassen und zwischen das Seil und die entsprechend gestalteten Innenflächen  $dd$  der eigentlichen Seilbüchse pressen. Das Seil wird also um so kräftiger eingeklemmt, je größer die Förderlast ist. Zum Lösen der Klemme dienen die Muttern  $k$  auf den Schraubenspindeln  $f$ .

**344. Die eigentlichen Zwischengeschrirteile.** Der Förderkorb kann durch Ketten oder durch eine Königstange am Seil aufgehängt werden. Im ersten Falle finden in der Regel vier Ketten („Zwieselketten“) Verwendung; außerdem pflegt man vier Notketten anzubringen, die für den Fall des Bruches einer Hauptkette zur Wirkung kommen und im Vergleich mit den Hauptketten länger, unter sich aber von gleicher Länge sein müssen. Sind Fangvorrichtungen vorhanden, so werden diese fast stets von der Königstange aus betätigt, diese ist dann also auch in dem Falle erforderlich, wenn der Korb in Zwieselketten aufgehängt ist.

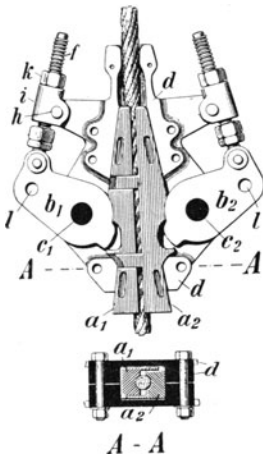


Fig. 306.  
Seilklemme der Deutschen  
Maschinenfabrik A.-G.

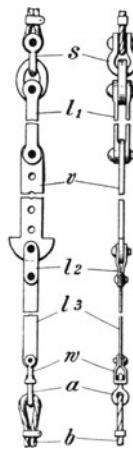


Fig. 307. Unterseilgehänge mit Ausgleichvorrichtung für Seillängungen.

Wegen der Längung der Seile müssen Zwischenstücke vorgesehen werden, die ein Längen durch eine entsprechende Verkürzung auszugleichen gestatten. Für die gröbere Einstellung dienen Laschenketten, deren Laschen einzeln entfernt oder durch Einstecken der Verbindungsbolzen in verschiedene Löcher (Fig. 307) in verschiedenen Längenverhältnissen untereinander verbunden werden können.

Die feinere Einstellung erfolgt durch Schraubenspindeln.

Außerdem kommen noch verschiedene Schäckel zur Herstellung der erforderlichen Verbindungen zwischen Seileinband, Ketten, Königstange und Förderkorb sowie auch Wirbel zur Ausgleichung des Seildalles in Betracht.

#### d) Schachtleitungen.

**345. Allgemeine Anordnung der Schachtleitungen.** Man unterscheidet Kopf-, Seiten- und Eckführungen. Erstere führen die



Fördergestelle an den offenen Seiten. Sie bilden bei schmalen Fördergestellen die Regel, werden aber auch für Fördergestelle mit je zwei Wagen nebeneinander verwandt.

Seitenführungen führen die Körbe an den geschlossenen Längsseiten. Sie finden in erster Linie bei breiten Gestellen Verwendung, werden aber auch für lange und schmale Gestelle benutzt und dann, um an Mitteleinstrichen zu sparen, so eingerichtet, daß die Gestelle nur auf einer Seite, hier aber mit zwei Leitungen geführt werden (Briartsche Führung, Fig. 309).

Eckführungen werden vielfach für niedrige, im Schachte durch Kopfleitungen geführte Gestelle an den Anschlagpunkten vorgesehen, da solche Gestelle wegen der Unterbrechung der Führung an den Anschlägen nicht sicher durch die Hauptführungen gehalten werden.

**346. Ausführung.** Die Führungen können aus Holz, Profileisen oder Drahtseilen bestehen.

Für Holzführungen wird in der Regel das Holz der amerikanischen Pechkiefer (pitchpine)

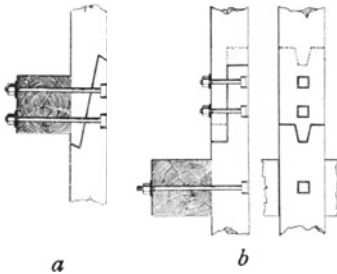


Fig. 308. Befestigungen und Verbindungen von Spurlatten.

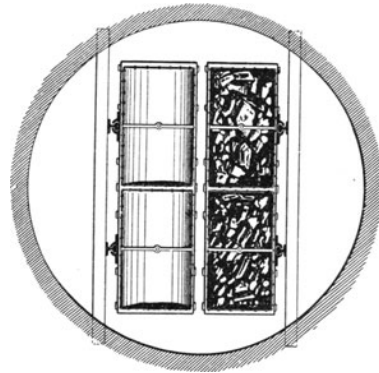


Fig. 309. Briartsche Führung mit zwei Einstrichen.

verwendet, außerdem findet Eichenholz Anwendung. Beispiele für Verbindungen der einzelnen Leitbäume untereinander und mit den Einstrichen liefern die Figuren 308 *a* und *b*. Die einzelnen Leitbäume erhalten Längen von je etwa 6—9 m.

Eiserne Schachtleitungen beanspruchen verhältnismäßig wenig Raum und sind gegen ausziehende Wetter widerstandsfähiger als Holzleitungen, sofern sie gut unter Schmiere gehalten werden. In der Regel werden Eisenbahnschienen verwendet, die in Längen von 10—12 m eingebaut und vom Förderkorb mit Klauen gefaßt werden (Fig. 309). Vielfach findet die Briartsche Führung (Fig. 309) Anwendung, insbesondere für Schächte mit Doppelförderung wegen der bei dieser Führung zu erzielenden Raumersparnis.

Seilführungen werden durch Drahtseile gebildet, die im Schachte aufgehängt und unten mit Gewichten belastet und dadurch straff gespannt werden. Die Förderkörbe führen sich an den Seilen mit

Hilfe von zylindrischen Führungsbüchsen, die gleichzeitig als Schmierbüchsen dienen können. Seilführungen sind bequem einzubringen und zu erneuern und wenig dem Verschleiß ausgesetzt, auch ermöglichen sie einen stoßfreien Gang der Förderkörbe.

### e) Die an Hängebank und Füllörtern notwendigen Vorrichtungen.

**347. Aufsetzvorrichtungen (Schachtfallen, Keps)** sollen das Fördergestell an der Hängebank und am Füllort halten, um einen sicheren Wagenwechsel zu ermöglichen. Heute werden namentlich bei der Seilfahrt am Füllort die Aufsetzvorrichtungen fortgelassen, um ein hartes Aufsetzen der Förderkörbe zu verhüten. Auch an der Hängebank wird neuerdings häufig ohne Aufsetzvorrichtungen gefördert. Man vermeidet dann die Bildung von Hängeseil und die wechselnde Beanspruchung der Fördergestelle auf Zug und Druck.

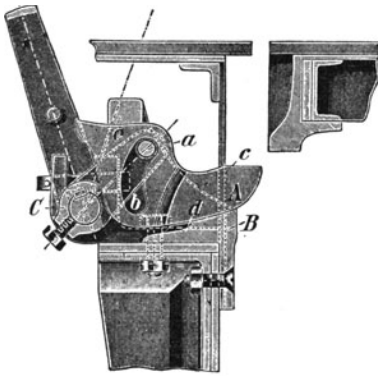


Fig. 310. Beiensche Aufsetzvorrichtung.

Aufsetzvorrichtung zeigt Fig. 310. Die drehbare Aufsetzknagge *A* ist hier in zurückgezogener Stellung gezeichnet. Das Verschieben erfolgt durch den Handhebel mit Hilfe des in dem Schlitze *b* gleitenden Bolzens *a*. Dabei führt sich die Knagge sowohl an dem Fußstück *B* als auch an dem hinteren oberen Anschlag mittels gekrümmter Flächen. Der Anschlag *e* nimmt auch den Gegendruck des aufruhenden Fördergestelles auf und erleichtert so durch Entlastung des Bolzens *a* das Zurückziehen des Handhebels. 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.

**348 Schwenkbühnen** werden vorteilhaft dort verwendet, wo man ohne Aufsetzvorrichtungen auskommen will. Sie eignen sich besonders für Füllörter in tiefen Schächten, wo sich die Längenänderungen der Seile stark bemerklich machen. Eine solche Bühne zeigt Fig. 311. Die Plattform *a* ist durch das Gegengewicht *d*

Bei den einfachen Aufsetzvorrichtungen ist ein Anheben des Förderkorbes erforderlich, um die Aufsetzvorrichtung zurückziehen zu können. Neuerdings werden aber Vorrichtungen bevorzugt, die unter der Last des aufruhenden Förderkorbes zurückgezogen werden können. Man vermeidet dadurch die Bildung von Hängeseil, was namentlich für mehrbödige, also mehrmals umzusetzende Förderkörbe wichtig ist. Eine solche

ausgeglichen. Sie wird durch Druck auf den Handhebel auf den zu bedienenden Boden des Fördergestells gelegt. Der vorderste Teil *b* ist drehbar angeordnet, so daß er nötigenfalls von dem niedergehenden Fördergestell heruntergeklappt werden kann, während

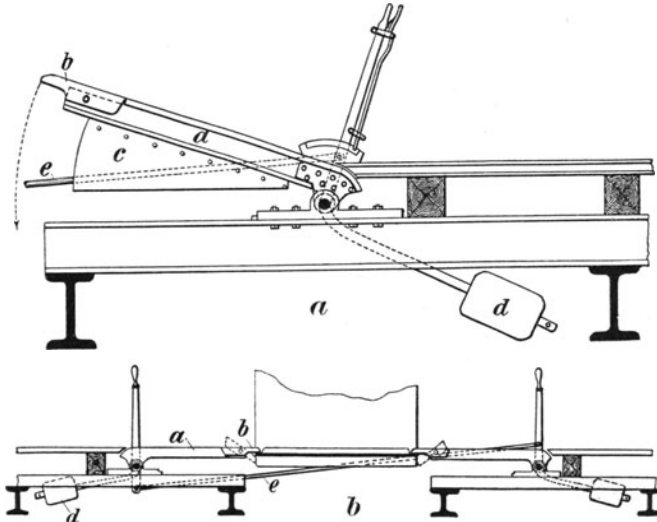


Fig. 311. Anschlußbühne nach Eickelberg.

das hochgehende Gestell die Bühne so weit anzuheben vermag, daß es vorbei kann.

### C. Der Betrieb der Gestellförderung.

#### a) Die Bedienung der Fördergestelle an den Anschlägen.

**349. Allgemeines.** Bei lebhafter Förderung wird der Wagenwechselbetrieb in der Regel zum Durchschieben eingerichtet, besonders für Fördergestelle mit hintereinander stehenden Wagen. Mehrbödige Gestelle müssen während der Bedienung umgesetzt werden, was neuerdings bei hohen und schweren Förderkörben vorzugsweise in der Weise erfolgt, daß an der Hängebank die oberste, am Füllort die unterste Bühne zuerst bedient wird. Man erzielt dadurch den Vorteil, daß nicht nur die Gefahr des Übertreibens, sondern auch die durch das Aufsetzen der Förderkörbe auf die Aufsetzvorrichtung erzeugte Stauchwirkung verringert wird, weil die schweren gefüllten Wagen unterhalb des Stützpunktes sich befinden.

**350. Beschleunigung und Verbilligung der Bedienung.** Da die Zahl der auf einem Fördergestell zu hebenden Wagen eine gewisse

Grenze nicht überschreiten und ebenso die Fördergeschwindigkeit nicht beliebig gesteigert werden kann, so sucht man heute den Aufenthalt der Gestelle an den Anschlägen möglichst zu verkürzen.

Für mehrbödige Gestelle, die für größere Förderleistungen erforderlich sind, ist die Verwendung mehrerer fester Abzugbühnen das wichtigste Hilfsmittel. Es wird dann für jeden Boden des Fördergestells an Hängebank und Füllort eine besondere feste Abzugbühne vorgesehen; diese verschiedenen Bühnen werden durch kleine Bremsen untereinander verbunden. Allerdings ist das Verfahren wegen der Vermehrung der Anschlägermannschaft teuer und infolge der Bremsen umständlich. Eine Verringerung der Übelstände ist möglich, wenn nur jeder zweite Förderkorbboden eine Abzugbühne erhält (Fig. 312); außerdem kann man den Anschlag

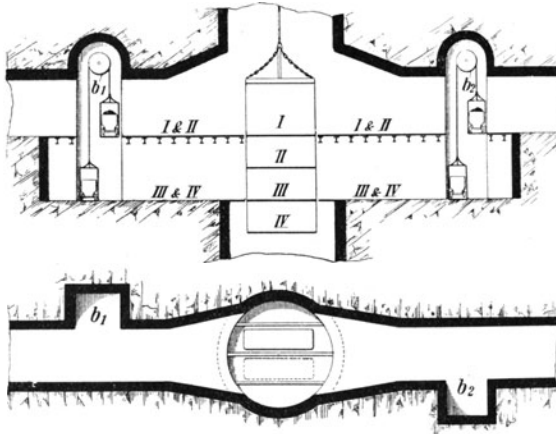


Fig. 312. Bedienung vierbödiger Fördergestelle von zwei festen Bühnen aus mit einmaligem Umsetzen.

auf der einen Seite um eine Bühnenhöhe tiefer legen als auf der anderen Seite und dadurch bei einmaligem Umsetzen eines vierbödigen Fördergestells ganz ohne Bremsen auskommen.

Um an Anschlägermannschaft zu sparen und doch eine rasche Beschickung und Entleerung der Förderkörbe zu erzielen, werden neuerdings mehr und mehr mechanische Beschickvorrichtungen angewandt. Bei diesen wird das Auflaufen der vollen Wagen auf den Förderkorb und das Ablaufen der leeren Wagen vom Förderkorbe durch Schwinghebel, die hinter die Wagen fassen, oder durch unterlaufende Ketten, die mit Mitnehmern die Wagen bewegen, oder durch Vermittelung schiefer Ebenen ermöglicht. Einrichtungen der letzteren Art erfordern eine geneigte Sohle der einzelnen Förderkorbböden oder eine Schrägstellung derselben an den Anschlägen und außerdem Sperrhebel u. dgl., die die auf den Förderkorb auflaufenden und die dem Anschlage zulaufenden Wagen rechtzeitig festhalten.

**351. Erleichterung des Wagenumlaufs an Füllort und Hängebank.** Um Leute zu sparen, empfiehlt sich an den Anschlägen die Herstellung von Gefällestrecken gemäß Fig. 313. Hier laufen die von den Gestellen kommenden Wagen durch 4 unter sich verbundene Gleise den Kreiselwippen *I* bis *IV* zu, auf die sie nach Bedarf verteilt werden. *A* und *B* sind unterlaufende Ketten, welche die entleerten bzw. auch die für die Wipper *V* und *VI* (zur Füllung des Förderkohlenturmes) bestimmten vollen Wagen bis zu den Knickpunkten  $k_1$   $k_2$  heben und sie von dort mit Gefälle hinter den

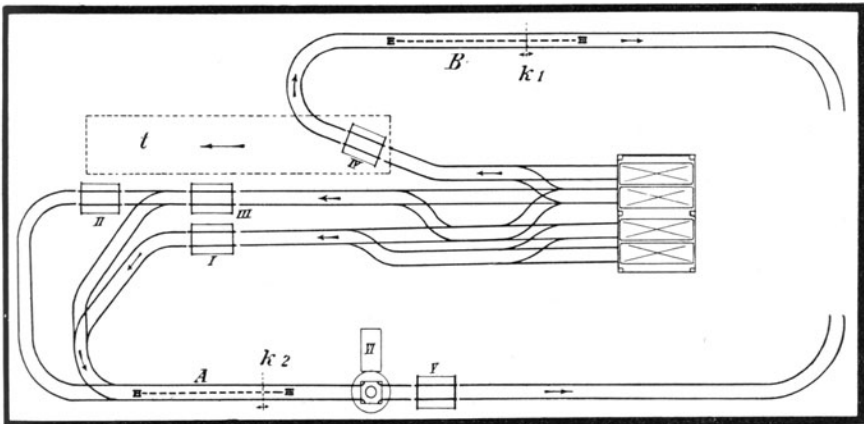


Fig. 313. Fördereinrichtung an der Hängebank der Schachanlage Neumühl II.

Schacht laufen lassen. Ähnliche Einrichtungen können am Füllort getroffen werden.

#### b) Die Betätigung der Schachtförderung.

**352. Die Trommelförderung** besteht darin, daß die Seile mit einem Ende auf einer Trommel befestigt sind und also für jedes Fördertrumm ein Seil erforderlich ist.

**353. Ausgleichung des Seilgewichts.** Bei der Trommelförderung ist für größere Fördertiefen das Seilgewicht von großer Bedeutung. Dazu kommt, dass wegen des Auf- und Abgehens der Förderkörbe das Seilgewicht fortwährend auf beiden Seiten wechselt.

Das einfachste und für Rundseile bei uns fast allein benutzte Mittel zur vollkommenen Ausgleichung des Seilgewichts ist das Unterseil, das mit seinen beiden Enden unter beiden Fördergestellen befestigt wird und dessen Schleife bis zum Schachttiefsten reicht. Dort kann das Unterseil über eine Scheibe mit Gewichtsbelastung und Schlittenführung gelegt werden, doch kommt man auch mit einer Anzahl von Einstrichen gemäß Fig. 314 aus. Um die Förderkörbe von dem großen Gewicht des Unterseiles zu entlasten, hat man

dieses öfter auch mit Hilfe eines Umführungsgestänges unmittelbar am Oberseil aufgehängt.

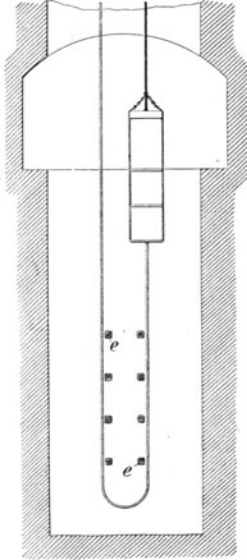


Fig. 314. Führung des Unterseils im Schachttiefsten.

Andere Seilausgleichungen gründen sich auf die Verschiedenheit der Aufwickelungsdurchmesser der Seilkörbe, indem nach Fig. 315 das größte Seilgewicht am kleinsten, das kleinste Seilgewicht am größten Hebelarm wirkt. Eine derartige Ausgleichung ermöglichen die für die Bandseilförderung bestimmten

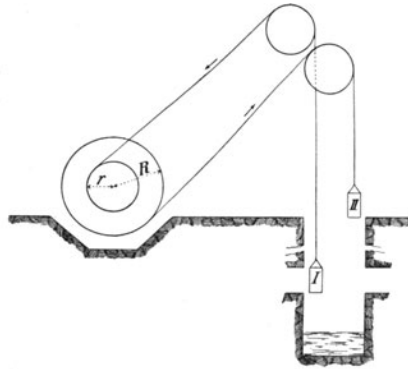


Fig. 315. Schema der Seilausgleichung durch ungleiche Hebelarme.

sog. „Bobinen“, indem bei diesen sich das Seil übereinander aufwickelt und infolgedessen selbsttätig die in der Figur dargestellte

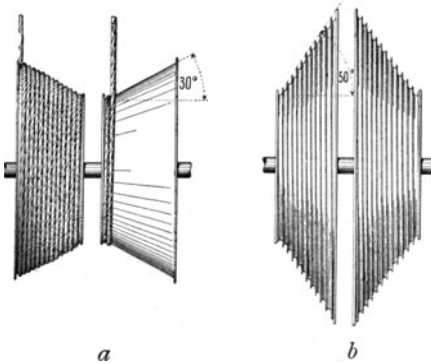


Fig. 316. Konische und Spiral-Seilkörbe.

Wirkung erzielt wird. Bei Verwendung von Rundseilen kann man eine ähnliche Ausgleichung dadurch herbeiführen, daß man Seilkörbe mit mehr oder weniger konischer Form verwendet. Solche Seilkörbe sind die konischen und die Spiralkörbe (Fig. 316), von denen die ersteren einen Böschungswinkel der Trommeloberfläche gegen die Horizontale bis zu etwa  $30^{\circ}$ , die letzteren einen solchen bis zu etwa  $60^{\circ}$

erhalten. Im letzteren Falle muß das Seil durch spiralig verlaufende Rillen geführt werden. Eine einigermaßen befriedigende

Ausgleichung läßt sich für größere Teufen und Lasten nur mit Spiralkörben erreichen; bei den konischen Seilkörben ist der Unterschied zwischen den beiden Hebelarmen zu gering.

**354. Die Treibscheibenförderung**, nach ihrem Erfinder, dem Bergwerksdirektor Koepe, auch als „Koepe-Förderung“ bezeichnet, beruht auf der Bewegung des Seiles durch die Reibung. Infolgedessen ist nur ein Seil erforderlich, an dem beide Fördergestelle hängen. Die Seilnut der Treibscheibe wird zur Erhöhung der Reibung meist mit Holz ausgefüllt.

Die Treibscheibenförderung wird zur Erzielung einer genügenden Reibungswirkung fast stets mit Unterseilausgleichung betrieben.

Der Trommelförderung gegenüber hat die Treibscheibenförderung vor allem (namentlich für tiefe Schächte) den Vorteil, daß sie eine leichtere und billigere Maschine ermöglicht. Dazu kommt die Möglichkeit, die Treibscheibe mit den Seilscheiben in eine Ebene zu bringen, indem letztere übereinander, statt nebeneinander eingebaut werden. Dadurch fällt die schädliche Seilablenkung fort. Nachteilig ist allerdings bei der gewöhnlichen, einfachsten Ausbildung der Treibscheibenförderung das nicht gänzlich zu vermeidende Rutschen des Seiles, die Abhängigkeit beider Förderkörbe vom gleichen Seile, die Unmöglichkeit einer Prüfung des Seiles durch Abhauen des untersten Endes und die Unmöglichkeit, von verschiedenen Sohlen zu fördern.

### c) Sicherheitsvorrichtungen bei der Schachtförderung.

#### 1. Fangvorrichtungen.

**355. Bedeutung der Fangvorrichtungen.** Die Fangvorrichtungen sollen fahrende Personen für den Fall eines Bruches des Förderseiles oder eines Zwischengeschirrtails sichern. Dagegen ist ihr Nutzen bei der Förderung gering, weil hier die Massen sowohl wie auch die Geschwindigkeiten der Förderkörbe größer als bei der Seilfahrt sind. Es kann daher leicht durch Fangvorrichtungen bei der Förderung mehr Schaden angerichtet, als Nutzen geschaffen werden. Daher hilft man sich wohl auch dadurch, daß man die Fangvorrichtung während der Förderung durch Sperrvorrichtungen außer Wirksamkeit setzt.

**356. Allgemeine Erfordernisse.** Fangvorrichtungen sollen auch im ungünstigsten Falle (Seilbruch bei niedergehendem Gestell mit voller Belastung, höchster Geschwindigkeit und anhängendem Seilchwanz) sicher fangen. Die Fangwirkung darf aber nicht zu plötzlich eintreten, daher soll die Betätigung der Fangvorrichtungen möglichst sofort nach dem Seilbruch beginnen, der Korb aber erst nach einem gewissen Bremsweg zum Stillstand kommen. Außerdem ist einfacher und kräftiger Bau, möglichst geringes Gewicht und möglichst geringe Abhängigkeit von dem jeweiligen Zustande der Schachtleitungen erforderlich.

Ein Beispiel für eine gut durchgebildete Fangvorrichtung ist die in Fig. 317 dargestellte von Undeutsch. Bei dieser dient die

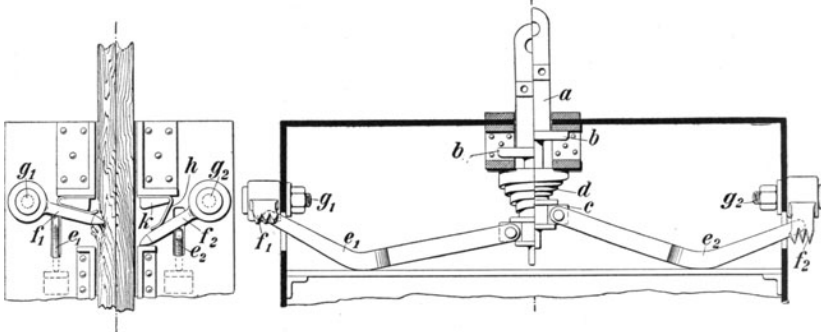


Fig. 317. Wirkungsweise der Fangvorrichtung von Undeutsch (rechts: Zustand während der Förderung, links: Zustand nach erfolgtem Seilbruch).

bei allen Fangvorrichtungen vorhandene Feder  $d$  nur dazu, im entspannten Zustande mittels des Querstückes  $c$  die Stützhebel  $e_1 e_2$ , die auf einem schmalen Stege aufliegen, mit ihren inneren Enden zu senken und infolgedessen ihre äußeren Enden an den Außenseiten des Fördergestells anzuheben. Dadurch werden die gezahnten Fänger  $f_1 f_2$ , unter welche diese Stützhebel fassen, zum Einschneiden in die Spurlatten gebracht, können also auch bei etwaiger Wiederanspannung der Feder durch einen Seilschwanz nicht mehr zurückfallen. Durch das Gewicht des Förderkorbes, der von den Drehachsen der Fänger getragen wird, werden diese dann immer tiefer eingedrückt, bis sie schließlich an den Keilflächen  $k$  ihre Hubbegrenzung nach oben hin finden. Durch dieses allmähliche Anwachsen des Widerstandes wird eine sanfte, bremsende Wirkung erzielt.

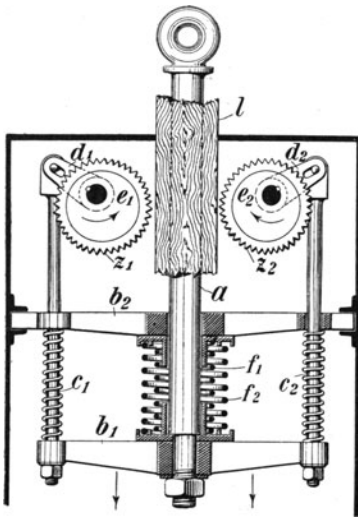


Fig. 318. Fangvorrichtung von Gerlach & Bömcke.

Eine durch Exzenter wirkende Fangvorrichtung (Fig. 318) ist die von Gerlach & Bömcke in Dortmund. Die gezahnten Scheiben  $z_1 z_2$  sind 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 mit Bremswirkung immer mehr in die Leitbäume hineingedrückt werden.

Andere Fangvorrichtungen arbeiten mit Keilen oder Klemmbacken, die glatt oder gezahnt sind. Die durch Exzenter, Keile oder Klemmbacken wirkenden Fangvorrichtungen können auch für eiserne Schachtleitungen benutzt werden.

## 2. Vorrichtungen gegen das Übertreiben und zu harte Aufsetzen der Fördergestelle.

**357. Vorbemerkung.** Man kann die hierher gehörigen Vorrichtungen unterscheiden in Einrichtungen, die auf das Fördergestell selbst einwirken und solche, die den Gang der Fördermaschine beeinflussen sollen.

**358. Einwirkung auf die Fördergestelle.** Das einfachste Mittel zum Anhalten eines zu hoch gezogenen Fördergestells besteht in einer Annäherung oder Verdickung der Spurlatten oberhalb der Hängebank und unterhalb des Füllorts.

Andere Vorrichtungen sind die Seilauflöser, die im Falle des Übertreibens die Verbindung zwischen Korb und Seil lösen. Sie bestehen aus scherenartigen Vorrichtungen, deren Scherenarme während der gewöhnlichen Förderung durch Kupferbolzen in Verschußstellung gehalten werden und so das Seil festhalten; im Falle des Übertreibens wird durch Einpressen der Schere in einen über der Hängebank im Schachte verlagerten „Auslösetrichter“ der Kupferstift durchgeschnitten und das Seil freigegeben. Der dann fallende Förderkorb wird entweder von den Rändern des Auslösetrichters selbst festgehalten oder fällt auf selbsttätig in den Schacht sich einschiebende Notkeps.

**359. Überwachung der Fördermaschine.** Für die Fördermaschine sind zunächst als Überwachungsvorrichtungen der Teufenzeiger und der Geschwindigkeitsmesser erforderlich. Der Teufenzeiger ist entweder ein drehend bewegter Zeiger, der auf einer bogenförmigen Teilung spielt, oder ein senkrechtes Gestell, an dem sich 2 kleine Schlitten bewegen, die den jeweiligen Stand der Förderkörbe im Schachte in verkleinertem Maßstab erkennen lassen. Mit dem Teufenzeiger ist in der Regel eine Warnglocke verbunden, deren Klöppel gewöhnlich vor Beginn der zweitletzten Umdrehung der Maschine betätigt wird.

Die Geschwindigkeitsmesser sind jetzt in der Regel solche nach der Bauart von Karlik, bei der ein auf Quecksilber ruhender Schwimmer mittels der Zentrifugalkraft bewegt wird und seine Bewegung sowohl auf einen Zeiger, der über einer Teilung spielt, als auch auf einen Schreibstift überträgt, der die Geschwindigkeit fortlaufend auf eine langsam gedrehte Papiertrommel aufzeichnet.

**360. Die Beeinflussung der Fördermaschine** kann in der Weise erfolgen, daß ein Geschwindigkeitsregulator mit dem Teufenzeiger zusammenwirkt und veranlaßt, daß die Maschine auch dann, wenn die Förderkörbe noch eine Strecke von den Anschlägen entfernt sind, zum Stillstande gebracht wird, sofern sie eine Geschwindigkeit annimmt, die über die vorgesehene hinausgeht. Entweder wird dann die Stillsetzung der Maschine durch Auslösung einer Vorrichtung, die die Dampfbremse aufwirft (vielfach außerdem auch noch den Drosselschieber schließt) bewirkt, oder es wird von der Regelungseinrichtung auf die Steuerung der Maschine eingewirkt, so daß diese durch Zurückschieben des Steuerhebels in die Mittellage allmählich und selbsttätig stillgesetzt wird.

#### d) Signalvorrichtungen.

**361. Überblick.** Die für die Verständigung zwischen Füllort und Hängebank einerseits und zwischen Hängebank und Fördermaschine andererseits erforderlichen Signalvorrichtungen können sich an das Ohr oder an das Auge wenden (akustische bzw. optische Signalvorrichtungen) und auf mechanischem oder elektrischem Wege betätigt werden. Die optischen Signale haben den Vorteil, daß sie von dem Lärme am Schachte unabhängig sind und außerdem beliebig lange sichtbar bleiben können.

Die einfachste Signalgebung ist die für das Ohr bestimmte mechanische mittels eines Hammers, der durch einen Drahtzug gegen eine Blechplatte geschlagen wird. Sie wird aber für tiefe Schächte wegen der Schwierigkeit der Aufhängung und Bewegung langer Drähte besser durch elektrische Signalvorrichtungen ersetzt.

#### e) Fördergerüste und Seilscheiben.

**362. Die Fördergerüste** dienen in den meisten Fällen zur Aufnahme der Seilscheiben und müssen dann so gebaut sein, daß sie den von der Fördermaschine ausgeübten Zugkräften gewachsen sind. Ihre Höhe muß groß genug sein, um im Falle des Übertreibens eine ausreichende Sicherheit zu bieten. Bei uns werden neuerdings nur noch eiserne Gerüste gebaut. Ihr wichtigster Teil ist die Strebe, die gemäß Fig. 319 den von der Maschine ausgehenden Seilzug aufnimmt. Je nachdem, ob sie sich aus 2 oder 3 Einzelstützen zusammensetzt, spricht man von einem „zweibeinigen“ oder „dreibeinigen“ Bock (Fig. 320).

Bei der Treibscheibenförderung kann man die Seilscheiben auch ganz wegfällen lassen und die Fördermaschine auf das Schachtgerüst selbst setzen, was am besten bei elektrischem Förderbetrieb ausgeführt werden kann. Das Gerüst wird dann zum „Förder-turm“.

**363. Die Seilscheiben** werden bei der Trommelförderung am besten nebeneinander, bei der Treibscheibenförderung am besten übereinander eingebaut, um die seitliche Seilablenkung zwischen

Fördermaschine und Seilscheiben möglichst zu verringern. Sie werden meist in der Weise hergestellt, daß eine Nabe aus Gußeisen oder Gußstahl mit einem Kranz aus dem gleichen Stoffe durch

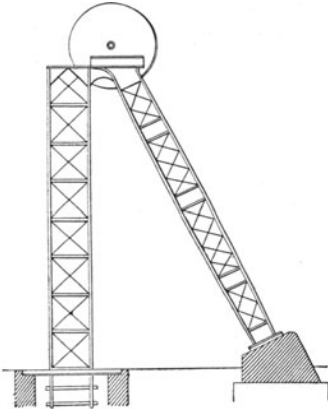
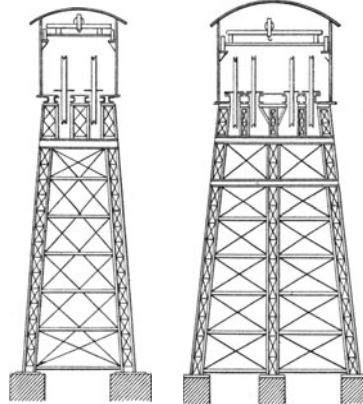


Fig. 319. Seitenansicht eines eisernen Fördergerüsts.



a) Zweibeiniger b) Dreibeiniger Bock.  
Fig. 320. Vorderansicht von eisernen Fördergerüsten.

schmiedeeiserne Speichen verbunden wird, und müssen für stärkere Seile Durchmesser von 4—6 m erhalten, um zu scharfe Seilbiegungen zu vermeiden.

---

## Neunter Abschnitt.

# Wasserhaltung.

---

## I. Einleitender Teil.

**364. Maßnahmen und Vorrichtungen zur Fernhaltung der Wasser von den Grubenbauen.** Vor allen Dingen ist über Tage Vorsorge zu treffen, daß die Tagesöffnungen des Grubengebäudes hochwasserfrei bleiben. Flußläufe, die über Grubenbauen liegen, sind, falls sie Wasser den Bauen zufallen lassen, gerade zu legen; auch hat man mehrfach ihre Sohle mit Ton ausgestampft oder ausbetoniert. Bei Vorhandensein von Seen und Teichen über dem Grubenfelde kann es notwendig werden, sie trocken zu legen.

Unter Tage wird man, wo wasserführende Schichten den Bauen nahe kommen, einen unverritzten Sicherheitspfeiler von genügender Stärke zwischen jenen und diesen stehen lassen, der auch durch Aus- und Vorrichtungstrecken nicht durchörtert werden darf. Abdämmungen innerhalb der Grubenbaue werden vorgenommen, wenn eine wasserreiche Bauabteilung abgebaut ist oder das Grubengebäude zu ersaufen droht und man einzelne Teile dem Wasserandrang preisgeben will. Man baut dann einen geschlossenen Wasserdamm nach Fig. 321 ein. Die Mauerung stellt einen Ausschnitt aus einer Kugelschale dar (Kugeldamm); die Widerlager liegen radial. Das Gebirge, in das der Damm zu stehen kommt, muß fest, gesund und geschlossen und vor allen Dingen wasserundurchlässig sein. In den Damm mauert man zweckmäßig ein: 1. nahe der Sohle ein Wasserabflußrohr *a*, das während der Herstellung des Dammes und auch später zur

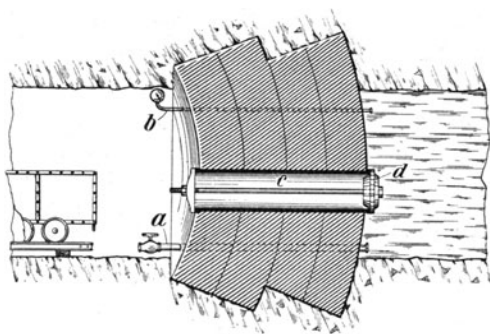


Fig. 321. Wasserdamm.

Abführung der Wasser dienen kann, 2. nahe unter der Firste ein Röhrchen *b* zur Ableitung der hinter dem Damme stehenden Luft und zwecks Anbringung eines Manometers, 3. ein befahrbares Mannlochrohr *c*, das ermöglicht, bis zur völligen Fertigstellung einen Maurer hinter dem Damme zu lassen.

Wo unvorhergesehene Wasserdurchbrüche zu be-

fürchten sind, baut man Dammtore ein, die zunächst geöffnet bleiben und nur im Falle der Not geschlossen werden. Dammtore bestehen (Fig. 322) aus dem den Türrahmen umfassenden Mauerwerk, dem Türrahmen und der Tür oder, falls es sich um ein Doppeltor handelt, den Türen. Im unteren Teile des Rahmens ist ein Rohr vorgesehen, das für gewöhnlich offen ist und als Wasserseige dem Grubenwasser den Durchfluß gestattet. Es wird nötigenfalls durch einen Deckel verschlossen. Etwa in halber Höhe des Rahmens ist ein anderes Rohr eingegossen, das zur Abzapfung der Wasser bei geschlossener Tür dient und durch ein vorgeschraubtes Ventil abgesperrt werden kann. Ein oberes Rohr ist ähnlich wie beim Kugeldamm zur Luftabführung und Anbringung eines Manometers vorgesehen.

**365. Sumpfanlagen.** Bei Stollenbetrieb sind besondere Vorkehrungen für die Wasserhaltung naturgemäß nicht zu treffen. In Tiefbaugruben muß zur vorläufigen Aufnahme und Ansammlung der Wasser bis zur Hebung durch die Wasserhebevorrichtungen

ein „Sumpf“ geschaffen werden. Bei geringen Wasserzugängen kann es genügen, den Schacht 10—15 m weiter abzuteufen, als es für die Zwecke der Förderung notwendig wäre, und lediglich das Schacht-tiefste als Sumpf zu benutzen. Bei stärkeren Zuflüssen werden besondere

Sumpfstrecken (streichende Strecken auf Flözen, auch Querschläge) aufgeföhren, die so tief unter der Förder-  
sohle liegen, daß sie sich vollständig mit Wasser anfüllen können, ehe dieses die Sohlen der Förderstrecken erreicht.

**366. Das Gefälle der Strecken.** Die Steigung, die man den Ausrichtungstrecken mit Rücksicht auf ein gutes Abfließen der Wasser geben muß, beträgt etwa 1 zu 1000. Bei sehr gutem Liegenden oder ausgemauerten Sohle kann man auch auf 1:2000 herabgehen. Bei unruhigem, quellendem Liegenden wählt man stärkere Steigungen, z. B. 1:500 und darunter.

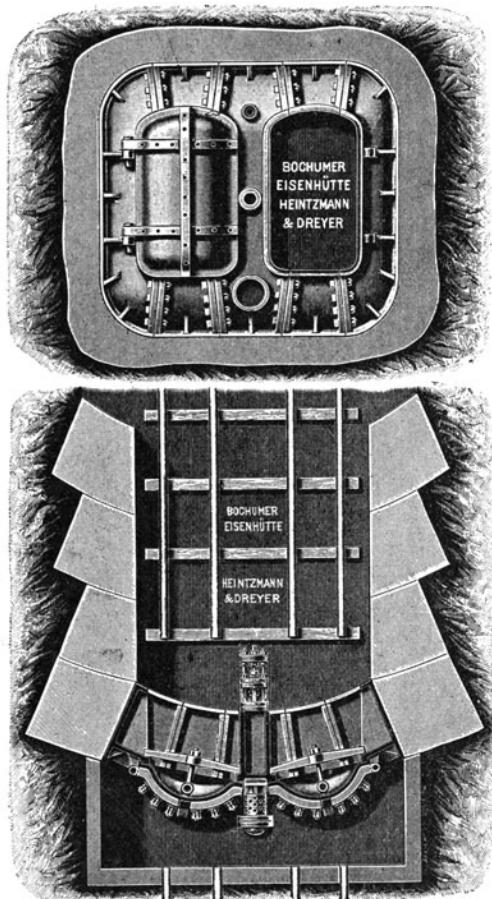


Fig. 322. Dammtor mit 2 Türen in der Ausführung der Bochumer Eisenhütte.

## II. Wasserhebevorrichtungen.

Die hauptsächlichsten Wasserhebevorrichtungen sind Kolbenpumpen und Zentrifugalpumpen; von geringerer Bedeutung

sind Wasserzieheinrichtungen, Strahlapparate, Mammutpumpen und Pulsometer.

### A. Kolbenpumpen.

**367. Einteilung.** Man unterscheidet Kolbenpumpen mit Antriebsmaschine über Tage (Gestängewasserhaltungen, oberirdische Wasserhaltungen) und Kolbenpumpen mit Antriebsmaschine unter Tage (unterirdische Wasserhaltungen). Bei den ersteren wieder unterscheidet man drei verschiedene Pumpengattungen und zwar:

- a) Hubpumpen,
- b) Druckpumpen,
- c) Pumpen, die ein Mittelglied zwischen Hub- und Druckpumpen darstellen (z. B. Rittingersätze).

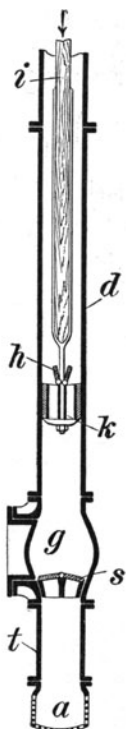


Fig. 323.  
Hubpumpe.

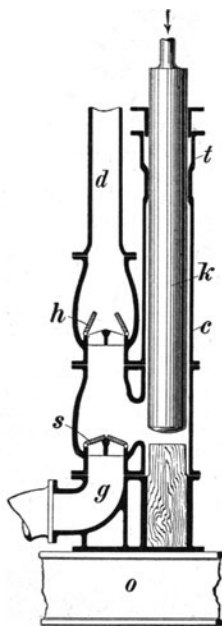


Fig. 324.  
Druckpumpe.

**368. Pumpenarten.** Bei einer Hubpumpe bildet nach Fig. 323 der untere Teil der Steigleitung *d* selbst den Pumpenzylinder, in dem sich der Pumpenkolben *k* auf und nieder bewegt. Dieser ist 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. Da die Dichtung zwischen Kolbenumfang und Zylinderwand nicht nachstellbar und deshalb unzuverlässig ist, sind Hubpumpen bei höheren Drücken als 6—8 Atm. nicht zu empfehlen.

Bei einer Druckpumpe (Fig. 324) bewegt sich der geschlossene Tauchkolben (Plunger) *k* 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. Da die Stopfbüchse *t* während des Betriebes nachstellbar ist, kann man mit höheren Drücken, als sie bei der Hubpumpe anwendbar sind, arbeiten.

Rittingersätze haben die Eigentümlichkeit, daß die Pumpe beim Hoch- und Niedergehen des Gestänges in ununterbrochenem Strome Wasser ausgießt.

**369. Gestängewasserhaltungen** haben den Vorzug, daß wegen der Aufstellung der Antriebsmaschine über Tage diese beim Ersaufen der Grube nicht mit unter Wasser kommt und daß deshalb, da die Pumpe selbst unter Wasser eine gewisse Zeit lang fortarbeiten kann, der Weiterbetrieb der Wasserhebung auch in solchen Fällen möglich bleibt. 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. Diesen Vorteilen stehen aber schwerwiegende Nachteile gegenüber, insbesondere: große Platzbeanspruchung im Schachte, Betriebsstörungen durch Gestängebrüche, hohe Anlagekosten und geringe Leistung, da die Hubzahl wegen der schweren, auf- und niedergehenden Massen des Gestänges nur gering sein kann und 8—10 in der Minute kaum übersteigt. Wegen dieser Nachteile der Gestängewasserhaltungen bevorzugt man jetzt fast allgemein die unterirdischen Wasserhaltungen.

**370. Die unterirdischen Wasserhaltungen.** Die hier benutzten Pumpen sind stets Druckpumpen (s. Fig. 324). Anordnung und Ausführung weisen allerdings einige Abweichungen auf, insbesondere werden die Pumpenzylinder gewöhnlich liegend angeordnet und dann mindestens 2, aber auch 3 und häufig 4 Pumpen von einer gemeinsamen Maschine mit abwechselndem Spiel angetrieben. Die Antriebskraft ist Dampf, Druckwasser und Elektrizität, während die teure Preßluft nur ausnahmsweise benutzt wird.

**371. Die Dampfwasserhaltung** ist die häufigste. Die für größere unterirdische Wasserhaltungen gebrauchten Dampfmaschinen arbeiten mit Schwungrad, wobei Verbundmaschinen in Zwillingsanordnung und Tandemmaschinen bevorzugt werden. Die Steuerungen sind dieselben, wie sie auch für die gleichen Maschinen über Tage gebraucht werden. Kondensation ist stets vorhanden. Die Umdrehungszahl der Maschinen ist 40—80 in der Minute. Der Dampfverbrauch solcher Maschinen ist verhältnismäßig günstig und beträgt nicht mehr als 8—12 kg je Pferdekraftstunde.

Für kleinere Wasserhaltungen wählt man statt dieser Antriebsmaschinen gern einfachere, schwungradlose Maschinen, die zwar den Nachteil eines höheren Dampfverbrauchs 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. Es sind dies die sog. Duplexpumpen.

In jedem Falle aber ist die Benutzung des Dampfes für den Antrieb der Wasserhaltungen unter Tage für die Grube mit Unbequemlichkeiten und unter Umständen mit Gefahren verknüpft. Außerdem ist um so mehr Dampf zur Hebung eines Kubikmeters Wasser erforderlich und um so mehr Kühlwasser für die Kon-

densation nötig, je tiefer die Grube ist. Man kommt schließlich an eine Grenze, wo das zu hebende Wasser zur Kondensation des

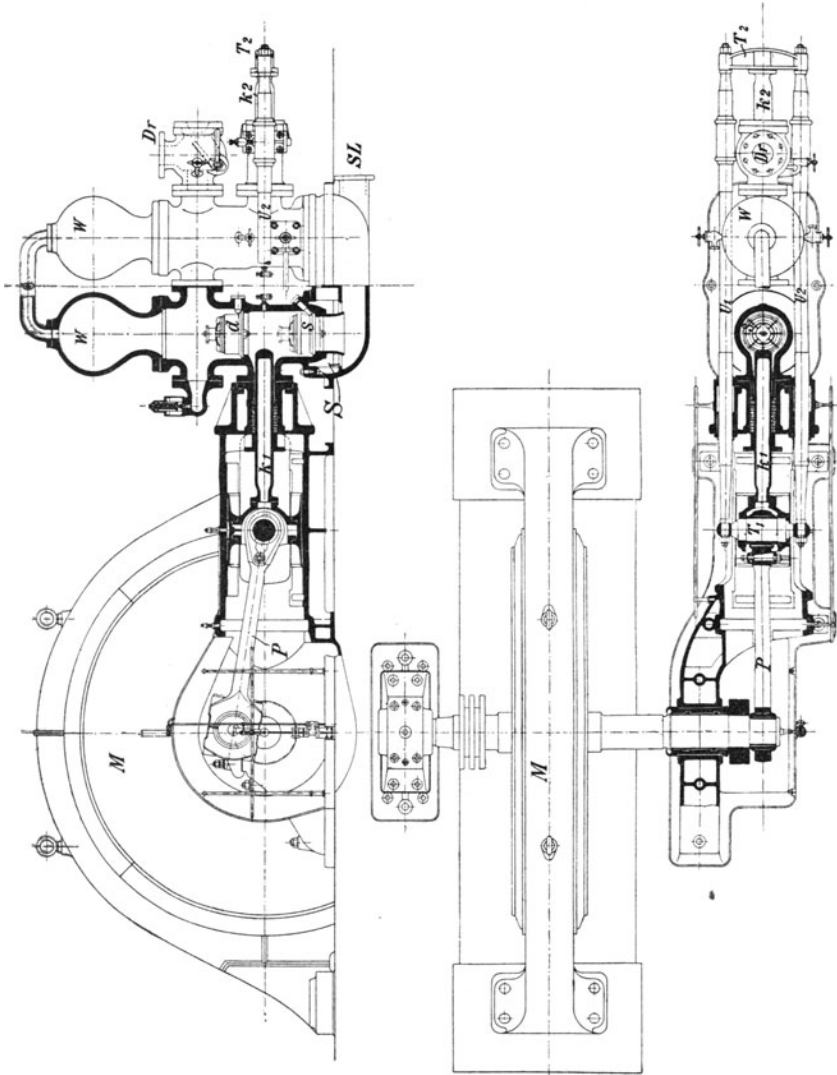


Fig. 325. Elektrische Wasserhaltung für 1,5 cbm minutlich und 495 m Druckhöhe, gebaut von Erhardt & Sehm er zu Schleifmühle.

Dampfes nicht mehr ausreicht. Als Ersatz der Dampfwaterhaltung kommt für tiefe Schächte nur die hydraulische und die elektrische Kraftübertragung in Frage.



**372. Die hydraulische Wasserhaltung** erfordert umständliche und teure Einrichtungen. Eine über Tage aufgestellte Dampfmaschine betreibt eine Preßpumpe, in der das Kraftwasser auf den Betriebsdruck (200—300 Atm.) gepreßt wird. Ein Akkumulator nimmt das Wasser zunächst auf und dient zum Ausgleich der auftretenden Wasserstöße. Von hier wird es durch die in dem Schachte eingebaute Fallrohrleitung dem unterirdischen Teile der Wasserhaltung zugeführt. Dieser Teil besteht aus der treibenden Wassersäulenmaschine und der Pumpe.

Der hydraulischen Wasserhaltung haften erhebliche Nachteile an: die Anlagekosten sind hoch; der Betrieb gestaltet sich schwierig, weil das Dichthalten der Stopfbüchsen bei den hohen Betriebsdrücken ganz besondere Sorgfalt erfordert; auch der Frost kann dem Betriebe lästig werden. Man baut hydraulische Wasserhaltungen jetzt nur noch ausnahmsweise.

**373. Elektrisch angetriebene Kolbenpumpen.** Bei den elektrischen Wasserhaltungen wird die Pumpe durch einen Elektromotor angetrieben, dem der Strom von über Tage her zugeführt wird. Fig. 325 zeigt die jetzt am meisten übliche Bauart. Der Motor  $M$  ist durch eine Kurbel und die Pleuelstange  $P$  unmittelbar mit der doppelt wirkenden 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.

Für kleinere, namentlich für fahrbare Pumpen verzichtet man meist auf die unmittelbare Kuppelung des Motors mit der Pumpe und schaltet, um für den Motor kleinere Abmessungen zu erhalten, eine Kraftübertragung ins Langsame (gewöhnlich eine Zahnradübersetzung) ein.

Der Betrieb der elektrischen Wasserhaltungen ist einfach und sicher, der Raumbedarf im Schachte und unter Tage ist gering, die Kosten sind freilich wegen des geringen Gesamtwirkungsgrades von nur 65—70 % in der Regel etwas höher als die einer Dampf-  
wasserhaltung.

## B. Zentrifugalpumpen.

**374. Wirkungsweise, Bauart, Eigentümlichkeiten.** Die Wirkungsweise der Zentrifugal-, Kreisel- oder Turbinenpumpen beruht darauf, daß ein in schneller Umdrehung befindliches Schaufelrad das Wasser achsial ansaugt und annähernd tangential fort-schleudert. Die jetzt übliche Bauart für die im Bergwerksbetriebe gebrauchten Kreiselpumpen zeigt schematisch Fig. 326. Die Saug-  
öffnung ist mit  $S$ , das Schaufelrad mit  $r$  bezeichnet. Um dieses ist des besseren Wirkungsgrades wegen ein feststehender Kranz von Leitschaufeln  $l$  angeordnet, die das Wasser mit ermäßigter Ge-  
schwindigkeit und in einer bestimmten Bewegungsrichtung in den

spiralgigen oder kreisförmigen Auslauf  $a$  treten lassen. Mit einem Schaufelrade kann man das Wasser etwa 60—70 m hoch drücken. Handelt es sich um größere Druckhöhen, so bedient man sich zu deren Überwindung der Hintereinanderschaltung mehrerer Räder. Im Ruhrbezirke werden z. B. Zentrifugalpumpen mit bis zu 14 Schaufelrädern für Druckhöhen bis zu 850 m benutzt.

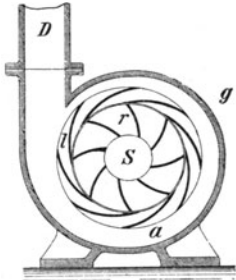


Fig. 326. Zentrifugalpumpe.

Der Nachteil der Zentrifugalpumpen ist, daß ihr Wirkungsgrad demjenigen der Kolbenpumpen nachsteht, so daß die Betriebskosten höher werden. Als Vorteil steht gegenüber, daß die Anschaffungskosten und der Raumbedarf, der ja 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.

Für das Schachtabteufen haben die Zentrifugalpumpen eine Reihe besonderer Vorteile: der Querschnitt der Pumpe ist gering, so daß die Schachtscheibe wenig in Anspruch genommen wird und trotzdem große Leistungen zur Wirkung kommen; eine feste Verlagerung ist nicht nötig; die Druckhöhe ist nahezu beliebig; die Pumpen können auch schmutziges und schlammiges Wasser fördern.

### C. Sonstige Wasserhebevorrichtungen.

**375. Wasserzieheinrichtungen.** Die einfachste Wasserhaltung ist diejenige mittels Kübel, Kasten und Wasserwagen. Sie ist zumeist nur anwendbar bei geringen Zuflüssen. Tomson hat die Wasserhebung in Kübeln mit der Fördermaschine für das Schachtabteufen zu einem besonderen Verfahren ausgebildet, das zu hohen Leistungen befähigt ist und sich öfter für Schachtabteufen 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 am Seile 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 Leistungen, die man mit einer solchen Wasserzieheinrichtung erzielen kann, sind beträchtlich und können bis zu 4 cbm minutlich bei einer Schachttiefe von 600 m gebracht werden. Der Dampf-

verbrauch ist freilich sehr hoch, so daß als dauernde Einrichtung das Verfahren nicht in Frage kommen kann.

**376. 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 andererseits im Steigrohr hochdrückt. In Fig. 327 ist *a* die Zuleitung für das Druckwasser, *c* ist die Düse mit dem Verschußkegel *b*, *K* ist die Ansaugkammer und *d* das unterste Stück der Steigleitung. 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.

**377. Mammutpumpen.** 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 der schematischen Fig. 328 hervor. Die Preßluft wird durch eine besondere, enge Rohrleitung *d* bis an das

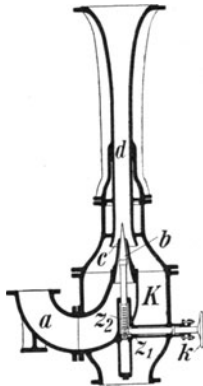


Fig. 327. Strahlpumpe im Schnitt.

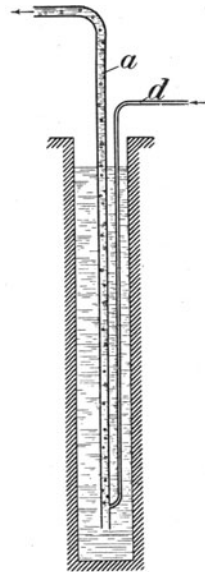


Fig. 328. Mammutpumpe.

untere Ende der Steigleitung *a* geführt, wo sie in diese übertritt. Ein eigentliches Ansaugen findet bei Mammutpumpen nicht statt, vielmehr muß die Pumpe verhältnismäßig tief in die zu hebende Flüssigkeit eintauchen. Der Wirkungsgrad ist sehr gering. Dagegen sind Mammutpumpen für schlammiges und sandiges Wasser vorzüglich geeignet.

**378. Pulsometer.** Ein Pulsometer (Fig. 329) besteht 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 Röhren  $r_1$  und  $r_2$  mit Spritzeinrichtung eine Verbindung zwischen dem Druckraum und der Nachbarkammer. Der Dampf drückt je nach der Ventil-

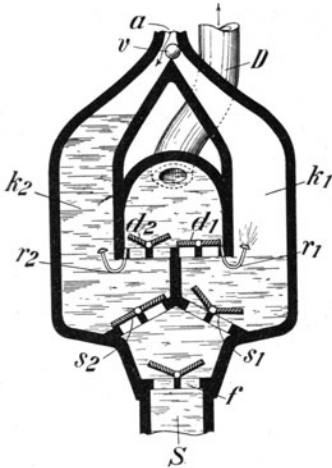


Fig. 329. Schema eines Pulsometers.

stellung auf die Wasseroberfläche in der einen oder anderen Kammer und befördert das Wasser unter Öffnung des betreffenden Druckventils in die Steigleitung. Sobald der Dampf die Kammer bis zur Höhe des Druckventils erfüllt und durch dieses zu treten beginnt, fällt Wasser unter Aufspritzen zurück. Da auch die Röhren  $r_1$  oder  $r_2$  Wasser ausspritzen lassen, tritt eine so lebhaft Kondensation des Dampfes ein, daß ein Unterdruck in der Kammer entsteht. Das Kugelventil wird infolge des höheren Druckes in der Nachbarkammer herübergeschleudert, und das Spiel wiederholt sich von neuem. Die Saughöhe eines Pulsometers sollte man nicht über 3 m nehmen; die erzielbare Druckhöhe hängt vom Dampfdrucke ab, jedoch bleibt die Wasserdruckhöhe  $1\frac{1}{2}$ —3 Atm. unter der Dampfspannung. Der Dampfverbrauch ist hoch und beträgt 30—50 kg je Pferdekraftstunde. Daher beschränkt man die Anwendung der Pulsometer auf vorübergehende Arbeiten, insbesondere auf Schachtabteufen.

## Zehnter Abschnitt.

# Grubenbrände, Atmungs- und Rettungsgeräte.

## I. Grubenbrände.

### 379. Wesen, Entstehung und Verhütung von Grubenbränden.

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. Das sicherste Mittel dagegen ist eine völlig brandsichere Einrichtung und Ausstattung der in Frage kommenden Baulichkeiten. Ferner müssen alle einziehenden Schächte an den Hängebänken mit eisernen Klappen, Deckeln oder dgl. versehen werden, die beim Ausbruche eines Brandes über Tage leicht geschlossen werden können.

Die Brände unter Tage kann man einteilen in Flözbrände und sonstige Brände. Flözbrände beschränken sich naturgemäß auf den Stein- und Braunkohlenbergbau. Die häufigste Entstehungsursache des Brandes ist Selbstentzündung der Kohle. Die Selbstentzündung beruht auf der Eigenschaft frisch entblößter Kohle, den Sauerstoff bis zu einem gewissen Grade aufzusaugen und in sich zu verdichten. Die hierbei entstehende Temperatursteigerung kann bis zur Selbstentzündung gehen. Am leichtesten geschieht dies, wenn mürbe, poröse Kohle in größeren Mengen einer eben genügenden, aber nicht reichlichen Bewetterung ausgesetzt ist, z. B. im alten Mann von mächtigen Flözen, in denen reiner Abbau schwierig ist, oder in der Firste von Flözstrecken, wenn der Verzug mit hereingebrochener loser Kohle bedeckt ist.

Sonstige Ursachen von Flözbränden sind: Gebrauch offenen Lichtes (namentlich Dochtlampen sind wegen abspringender, glimmender Dochtteilchen gefährlich), Anschließen von Bläsern bei der Sprengarbeit, auskochende Schüsse, Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen.

Die vorbeugenden Maßnahmen richten sich naturgemäß in erster Linie gegen die Selbstentzündung der Kohle. In dieser Beziehung sind die wichtigsten Mittel rascher und reiner Abbau und Luftabschluß durch guten Versatz.

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 Futtervorräten in unterirdischen Pferdeställen in Brand geraten. Besonders gefährlich sind Schachtbrände, da ja die Schächte gleichsam die Lebensadern der Grube sind. Der beste Schutz dagegen ist ein völlig brandsicherer Ein- und Ausbau oder bei Holzausbau dauernde Befeuchtung der Zimmerung durch herabfallendes Wasser. Von besonderer Wichtigkeit sind auch sog. Wetterumstellvorrichtungen, die eine Umkehrung der Wetterführung gestatten und so verhüten, daß im Falle von Bränden die Gase den belegten Grubenbauen zuströmen.

Eine besondere Brandgefahr besteht in den seigeren Bremschächten, den sog. Stapeln, falls sie nicht von Natur feucht sind. Durch die andauernde Reibung der Bremse wird viel Wärme erzeugt, die die Temperatur in der Bremskammer steigert und eine starke Austrocknung der Zimmerung im Gefolge hat. Zweckmäßig ver-

meidet man hier jede Verwendung von Holz, oder aber man baut Wasserbrausen zur regelmäßigen Befuchtung ein.

**380. Bekämpfung ausgebrochener Brände.** Voraussetzung einer wirksamen Bekämpfung ist die sofortige Meldung der ersten Brandzeichen an die Betriebsleitung. Die Löschung kann unter Umständen durch Spritzen erfolgen. Eine andere Anwendung des Wassers ist das sog. Ersäufen des Brandes, das vorzüglich bei Unterwerksbauten mit durchgreifendem Erfolge benutzt werden kann. Eine dritte Anwendungsart des Wassers ist die Verschlammung des Brandes mittels des Spülverfahrens. Das gebräuchlichste Mittel aber ist eine schnelle und enge Abdämmung des Brandherdes, um dem Brande jede Luftzufuhr zu unterbinden und ihn durch die Brandgase selbst zu ersticken.

Man unterscheidet hierbei zwischen Hilfsdämmen und Dämmen für den endgültigen Abschluß. Bei den Hilfsdämmen kommt es auf tunlichst schnelle Herstellung, weniger auf Haltbarkeit und völlige Wetterdichtigkeit an. Durch Schlagen der

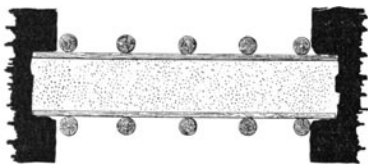


Fig. 330. Hilfsdämm.

Hilfsdämme will man den Brand nur vorläufig einengen. Man pflegt sie meist aus Holz in der Art herzustellen, daß man einen Bretterverschlag annagelt und diesen sodann berappt. Besser sind jedoch Hilfsdämme mit einer Zwischenfüllung aus Letten zwischen 2 Bretterverschlägen (Fig. 330).

Dämme für den endgültigen Abschluß pflegt man in einer Stärke von 0,5—3 m zu mauern. Dabei 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. Statt der Mauerdämme kann man auch Dämme aus übereinander geschichteten, in der Streckenrichtung längs gelegten Hölzern von etwa 1 m Länge ausführen (Klötzeldämme), deren Fugen mit Kalk, Asche oder Letten ausgefüllt werden. Solche Dämme haben den Vorzug, bei Druck im Gebirge immer dichter zu werden.

## II. Atmungs- und Rettungsgeräte.

**381. Überblick.** Um Arbeiten in unatembaren Gasen vornehmen zu können, wobei es sich um Abdämmungen von Grubenbränden oder auch um Rettung von Menschenleben nach Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen handeln kann, bedient man sich der Atmungsgeräte. Man teilt sie ein in 1. Schlauchgeräte, 2. Behältergeräte ohne Wiederbenutzung der Ausatemluft, 3. Behältergeräte mit Wiederbenutzung der Ausatemluft; letztere werden meist Sauerstoffgeräte genannt, da sie in ihren Behältern nicht gewöhnliche Luft, sondern Sauerstoff zu enthalten pflegen.

**382. Schlauchgeräte.** Sog. „Saugschlauchgeräte“, bei denen der Träger durch eigene Lungenkraft frische Luft aus einem mit atembaren Gasen erfüllten Raum ansaugt, haben eine größere Verbreitung nicht gefunden, weil die anwendbare Länge des Schlauches wegen der Atmungswiderstände allzu beschränkt ist.

Die Druckschlauchgeräte bestehen aus Blasebalg, Schlauch und Gesichtsmaske oder Helm. Der Blasebalg muß in guten Wettern aufgestellt werden. Mit seiner Hilfe drückt der Bedienungsmann dem Träger der Atmungsvorrichtung frische Luft nach, so daß dessen Atmungstätigkeit von der Arbeit des Ansaugens entlastet ist. Die Gesichtsmaske besteht aus Blech; die Augenöffnungen sind mit einem Drahtgewebe überspannt; am Rande der Maske befindet sich als Abdichtung ein aufblasbarer Gummischlauch. Statt der Maske wird auch ein Helm aus Leder mit Fenstern (Rauchkappe) benutzt. Auf besonders gute Abdichtung braucht weder bei der Maske noch bei der Rauchkappe Bedacht genommen zu werden, weil die in reichlichem Überschuß nachgedrückte Frischluft zusammen mit der Ausatemungsluft in ununterbrochenem Strome durch die Undichtigkeiten entweicht und den Eintritt schädlicher Gase verhindert.

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. Wenn somit 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.

**383. Behältergeräte ohne Wiederbenutzung der Ausatemungsluft. Aërolith.** Der Grundgedanke dieser Geräte ist der, daß ein Vorrat von Atmungsluft oder Sauerstoff in einem Behälter mitgeführt und vom Träger allmählich verbraucht wird. Bei dem Aërolith (Fig. 331) wird die Mitführung großer Luftmengen in kleinen Behältern durch Verwendung flüssiger Luft ermöglicht. Diese wird in einen durch Leder und Filz gut gegen Wärmeaufnahme geschützten Behälter gefüllt und hier durch Asbestwolle aufgesaugt. Die ununterbrochen infolge von Wärmeaufnahme vergasende Luft wird durch eine Schlauchleitung der Gesichtsmaske des Trägers zugeführt. Die Ausatemungsluft fließt 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 Luftbedarf des Mannes eine Wechselwirkung hergestellt werden. Als dann fließt die Ausatemungsluft durch einen Atmungsack über ein Rückschlagventil ins Freie.

Der Aërolith zeichnet sich durch Einfachheit aus, hat sich aber wegen der in der Natur der flüssigen Luft liegenden Schwierigkeiten (umständliche Aufbewahrung, schwierige Beschaffung, niedrige

Temperatur der Flüssigkeit) nicht in größerem Umfange einführen können.

**384. Behältergeräte mit Wiederbenutzung der Ausatemungs-  
luft. Sauerstoffgeräte.** Diese Vorrichtungen beruhen auf dem Gedanken, daß der Sauerstoffgehalt der Einatemungsluft durch die Tätigkeit der Lunge bei weitem nicht gänzlich zur Bildung von

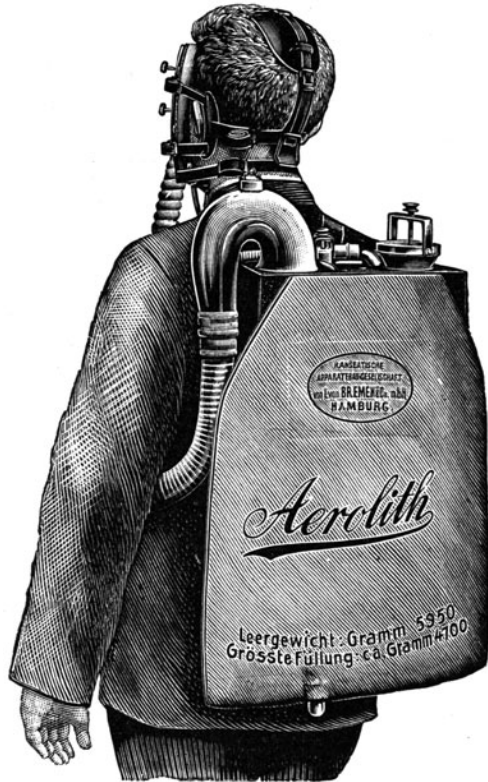


Fig. 331. Aërolith.

Kohlensäure verbraucht 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 noch besser aus reinem Sauerstoff besteht. Man kann so den verfügbaren Sauerstoff gut ausnutzen und erzielt den Vorteil, daß man mit einer kleinen Menge verhältnismäßig lange auskommt. Geräte dieser Art gliedern sich in solche mit gasförmigem und solche mit chemisch gebundenem Sauerstoffvorrat.



Ein Gerät der ersteren Art setzt sich aus den folgenden Hauptteilen zusammen: dem Sauerstoffbehälter, der Patrone für die Bindung der Kohlensäure, der Strahldüse nebst Druckverminderungsventil (dem sog. „Automaten“), Atmungssack, Manometer, Schläuchen und den Einrichtungen für Mund- oder Nasenatmung.

Die Sauerstoffbehälter sind Stahlflaschen von etwa 2,2 l Inhalt, die mit Sauerstoff unter einem Drucke von 120 Atm. gefüllt werden, so daß sie rund 260 l enthalten. Minutlich strömen über das Druckverminderungsventil und die Strahldüse 2 l aus; der Vorrat reicht also 2 Stunden lang. In den Patronen sind Körner von Ätzalkalien

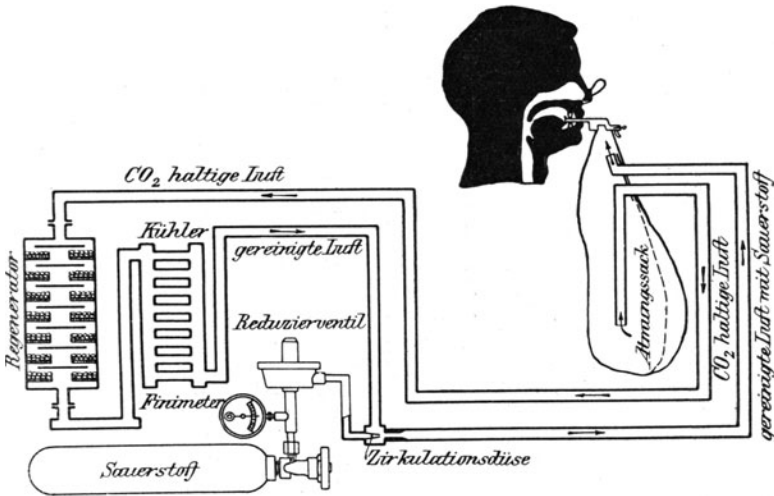


Fig. 332. Wirkungsweise des Dräger-Atmungsgerätes.

schichtweise angeordnet, die die darüber geführte Ausatemluft durch Bildung kohlenaurer Alkaliverbindungen von der Kohlensäure befreien. In dem Automaten dient das Druckverminderungsventil dazu, den Druck des ausströmenden Gases auf 7—8 Atm. unmittelbar vor der Strahldüse herabzusetzen. Letztere setzt die Luft in dem Geräte in Bewegung und bringt einen Kreislauf zustande, der die gereinigte und frische Luft zum Munde, die ausgeatmete Luft dagegen zur Patrone und darauf wieder zum Automaten führt (Fig. 332). Die Atmungssäcke dienen als Vorratsbehälter, das Manometer zur Überwachung des in den Sauerstoffflaschen allmählich abnehmenden Druckes.

Bei der Nasen- oder Helmatmung atmet der Mann in gewöhnlicher Weise durch die Nase. Zu diesem Zwecke trägt er einen mit Fenstern versehenen Lederhelm, an dem die Zu- und Ab-

leitungen befestigt werden (Fig. 333). 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 (Fig. 332). Die Nase wird dabei



Fig. 333. Westfalia-Atmungsgerät.

durch eine Klemmvorrichtung geschlossen. Von geübten Leuten wird die Mundatmung wegen des Gefühls der Freiheit, das sie gewährt, vorgezogen, während der Helm dadurch, daß er dem Manne die gewohnte Atmung gestattet, ihm ein Gefühl der Sicherheit gibt. Derartige Geräte wiegen 16—18 kg. Sie haben sich vielfach bewährt und haben große Verbreitung gefunden.

385. Geräte mit chemisch gebundenem Sauerstoffvorrat (Pneumatogene). 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 entwickelt.

Die Bauart eines solchen Gerätes wird durch Fig. 334 veranschaulicht. Das Kalium-Natrium-Superoxyd ist in den Patronen  $P_1$  und  $P_2$  untergebracht. Die Patronen sind einerseits an die Atmungschläuche  $At_1$  und  $At_2$  und andererseits an den Atmungsack  $A$  angeschlossen. Die ausgeatmete Luft geht z. B. durch den Schlauch  $At_1$  zur Patrone  $P_1$  und muß hier eine der beiden Superoxydschichten durchbrechen, um durch den zweiten Patronenanschluß in den Atmungsack  $A$  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 Bauart eines solchen Gerätes wird durch Fig. 334 veranschaulicht. Das Kalium-Natrium-Superoxyd ist in den Patronen  $P_1$  und  $P_2$  untergebracht. Die Patronen sind einerseits an die Atmungschläuche  $At_1$  und  $At_2$  und andererseits an den Atmungsack  $A$  angeschlossen. Die ausgeatmete Luft geht z. B. durch den Schlauch  $At_1$  zur Patrone  $P_1$  und muß hier eine der beiden Superoxydschichten durchbrechen, um durch den zweiten Patronenanschluß in den Atmungsack  $A$  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.

Der Pneumatogen ist leichter als die Sauerstoffflaschengeräte und wiegt nur 11,3 kg. Der Anschaffungspreis ist niedriger, die Patronenkosten für die Übungen aber sind höher als bei den Geräten mit gasförmigem Sauerstoff. Die Atmung selbst ist schwieriger, weil die Hin- und Herbewegung der Luft allein durch die Arbeit der Lunge herbeigeführt werden muß.

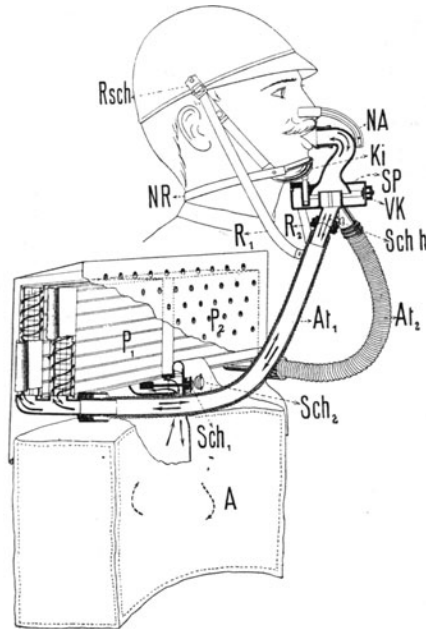


Fig. 334. Pneumatogen-Atmungsgerät.

**386. Rückblick.** Bei allen Sauerstoffgeräten ist im Vergleich zu den Schlauchgeräten der Träger nicht an eine bestimmte Entfernung vom Ausgangspunkte gebunden, dagegen ist die Benutzungsdauer beschränkt. Andererseits stellen die Sauerstoffgeräte an die geistige Befähigung und Schulung des Trägers erheblich höhere Anforderungen als die Schlauchgeräte.

**387. 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 mehrfach für größere Bergwerksbezirke Stellen eingerichtet worden, an denen eine reichliche Anzahl von Geräten nebst der zugehörigen Übungsmannschaft in Bereitschaft gehalten wird (Zentralstellen).

**388. Unterirdische Rettungs- und Sicherheitskammern.**

Man hat mehrfach vorgeschlagen, für den Fall von Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen unterirdische Zufuchträume, sog. Rettungskammern, anzuordnen, die einer größeren Anzahl von Leuten Zuflucht gewähren können.

Eine im Zweck 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 Augenblickes, z. B. während des Wegtuns der Schüsse, als sicherer Aufenthalt. Von dem Mittel macht man insbesondere auf solchen Steinkohlen- und Kalisalzgruben Gebrauch, die unter plötzlichen Kohlensäureentwickelungen leiden.

---

# Namen- und Sachregister.

(Die Eigennamen sind gesperrt gedruckt.)

- Abbau 70 u. f.  
Abbauförderung 182 u. f.  
Abbauhammer 36.  
Abbau mit Bergeversatz 75 u. f.  
— — Bergfesten 89 u. f.  
Abbauverfahren b. Spülversatz 88.  
Abbau, Verhieb 71.  
— Wirkungen 91 u. f.  
Abrasion 3.  
Abteufen von Schächten 156 u. f.  
Ärolith 237, 238.  
Äquivalente Grubenöffnung 105.  
Akkumulator-Lokomotiven 201.  
Aloëseile 211, 212  
Ammonsalpetersprengstoffe 51.  
Anschläge in Bremsbergen 204.  
Anschlußbühnen 217.  
Ansteckarbeit beim Abteufen 160.  
Atmungsgeräte 236 u. f.  
Aufbruchbohrmaschinen 32, 33.  
Aufbrüche 66, 67.  
Aufsetzvorrichtungen 216, 217.  
Auskochen der Sprengschüsse 48.  
Ausrichtung 61 u. f.  
Azetylenlampen 120, 124.
- Begleitstreckenbetrieb 117.**  
**Bergeförderwagen 189.**  
**Bergeversatz, Allgemeines 75.**  
— geschlossener 79 u. f.  
**Berieselung 100.**  
**Betonausbau 144, 145.**  
— in Schächten 150 u. f.  
**Bickfordsche Zündschnur 53.**  
**Bläser 96.**  
**Blinde Schächte 66, 67.**  
**Bochumer Eisenhütte 227.**  
**Bodenbewegungen 92.**  
**Bohrhämmer 45 u. f.**
- Bohrsäulen 44.**  
**Bolzenschrotzimmerung 146, 147.**  
**Brände unter Tage 235.**  
**Branddämme 236.**  
**Brandtsche Bohrmaschine 42.**  
**Breithaue 35.**  
**Bremsberge, Herstellung 69.**  
**Bremsbergförderung 202 u. f.**  
— Sicherheitsvorrichtungen 208 u.  
**Bremsgestelle 206.**  
**Bremsschachtförderung 207.**  
**Bruchbau 73 u. f.**  
**Brückenglühzünder 56.**
- Capell-Ventilator 107, 108.**  
**Casella-Anemometer 102.**  
**Ceag-Lampe 125.**  
**Cerfunkenzündung 123.**
- Dammtor 226.**  
**Depression 109.**  
**Depressionsmesser 102.**  
**Deutsches Bohren 17, 19.**  
**Diagonale Wetterführung 114.**  
**Diamantbohrung 26 u. f.**  
**Dickspülung 21, 22.**  
**Diskordanz 4.**  
**Drägersches Atmungsgerät 239.**  
**Drahtseile 211, 212.**  
**Drehendes Bohren 40.**  
**Drehkopf 22.**  
**Druckpumpe 228.**  
**Duplexpumpe 229.**  
**Durchgangsöffnung 109.**  
**Dynamit 50.**
- Eimerbagger 164.**  
**Einbruchschießen 59.**

- Einfallen 6.  
 Eisenausbau 139 u. f.  
 Eisenbeißsche Schrämmaschine 37.  
 Eisenbetonausbau 144, 145.  
 — in Schächten 150 u. f.  
 Elektrische Lampen 124 u. f.  
 — Wasserhaltung 231.  
 — Zündung 54 u. f.  
 Englischs Bohren 17, 18.  
 Erdbeben 2.  
 Erhardt & Sehmer 230.  
 Erosion 3.  
 Erstarrungsgesteine 3.
- Fabrik elektrischer Zünder** 55, 56.  
 Fahrdraktlokomotiven 201.  
 Faltenbildung 1, 6, 7.  
 Fangvorrichtungen in Schächten 221 u. f.  
 Fimmel 39.  
 Firstenbänke 135.  
 Firstenbau auf Erzgängen 78, 79  
 — — Steinkohlenflözen 81.  
 Fliegende Bremse 182, 204.  
 Flöze 11.  
 Flottmannscher Bohrerhammer 46.  
 Förderbänder 183.  
 Fördergerüste 224.  
 Fördergestelle 213.  
 Förderseile 211 u. f.  
 Förderung 182 u. f.  
 Förderwagen 187 u. f.  
 Formationen 4, 5.  
 Freifallvorrichtungen 19.  
 Friemann & Wolf 124.
- Ganze Schrotzimmerung** 146, 147.  
 Gasausbrüche 96.  
 Gänge 13.  
 Gebirgsbildung 1, 2.  
 Gebirgslehre 1 u. f.  
 Gebirgstörungen 7 u. f.  
 Gedinge 34.  
 Gefälle des Wetterstromes 101 u. f.  
 Gefäßförderung 210, 211.  
 Gefrierrohre 173.  
 Gefrierverfahren 172 u. f.  
 Gelatinedynamit 50.  
 Geothermische Tiefenstufe 93.  
 Gestänge 189 u. f.  
 Gestängebohren 17 u. f.  
 Gestängewasserhaltung 229.
- Gesteinstaub gegen Kohlenstaub-  
 gefahr 100.  
 Gestellausbau 140, 141.  
 Gestellbrensberge 202.  
 Gestellförderung 211 u. f.  
 Getriebezimmerung 136 u. f.  
 Gewinnungsarbeiten 34 u. f.  
 Gewölbemauerung 142, 143.  
 Greifbagger 164.  
 Grenzläufige Wetterführung 114.  
 Grubenausbau 126 u. f.  
 — in Eisen 139 u. f.  
 — — Stein 141 u. f.  
 Grubenbewetterung 93 u. f.  
 Grubenbrände 234 u. f.  
 Grubengas 96.  
 Grubenholz, Arten 128.  
 Grubenholz, Tränkung 129, 130.  
 Grubenlampen 120 u. f.  
 Grubenlokomotiven 200 u. f.  
 Grubenmauerung 142.  
 Grubenweite 105.  
 Grundstrecken 68.  
 Gurtförderer 183.
- Haasesche Spundwand** 161.  
 Handbohrmaschinen 40.  
 Haspelförderung 207, 208.  
 Hereintreibearbeit 39.  
 Hinselmannsche Schleuse 113.  
 Hoffmannscher Vorschub 47.  
 Holzlaubau 128 u. f.  
 Holzpfeiler 132.  
 Honigmannsches Schachtabbohren  
 171.  
 Horizontalbohrung 31, 32.  
 Hubpumpe 228.  
 Hüpkesche Aufbruchbohrmaschine 33.  
 Hydraulische Wasserhaltung 231.
- Kaliumchloratsprengstoffe** 52.  
 Kammerbau 90.  
 Kappengewölbe 144.  
 Karbonite 51 u. f.  
 Keil 39.  
 Keilhaue 35, 36.  
 Keilkranz 153.  
 Keilvorrichtungen 39.  
 Keps 216, 217.  
 Kettenförderung 198, 199.  
 Ketten, unterlaufende 199, 200.  
 Kind-Chaudronsches Schachtbohr-  
 verfahren 167 u. f.

- Koepe-Förderung 221.  
 Kohlenoxyd 95.  
 Kohlensäure 95.  
 Kohlenstaub 99.  
 Kolbenpumpen 228 u. f.  
 Kombiniertes Schießen 60.  
 Kondensator (beim Gefrieren) 175.  
 Konkordanz 4.  
 Kranzplatten 190.  
 Kratze 35.  
 Kruskopfsche Kippgefäße 101.  
 Kuvelage 151 u. f.  
 Kugeldamm 226.  
 Kuppelungen von Förderwagen 193.  
 Kurvenrollen 196.  
  
 Lager 11, 12.  
 Lagerstätten 11 u. f.  
 Lampen 120 u. f.  
 Löß 3.  
 Lokomotivförderung 200 u. f.  
 Luftschleusenverschluß 113.  
  
 Mammutpumpen 233.  
 Manometrischer Wirkungsgrad 109.  
 Mauerfuß 149.  
 Mauerung 141 u. f.  
 — in Schächten 148.  
 Mechanischer Wirkungsgrad 107.  
 Meißnersches Kohlenränkverfahren 39.  
 Meyersche Stoßbohrmaschine 44.  
 Mitnehmer 196, 197.  
 Mitnehmerrutschen 183.  
 Mörtel 141, 142.  
  
 Natürliche Wetterführung 105.  
 Norresscher Anzünder 53.  
  
 Ochwadtscher Depressionsmesser 102.  
 Örterbau 90.  
  
 Pattbergscher Stoßbohrer 165, 166.  
 Pendelrutschen 184.  
 Petroklastit 50.  
 Pfändungsbau 138, 139.  
 Pfeilerbau 72 u. f.  
 — mit Bergeversatz 83, 84.  
 Pick-Quick-Schrämmaschine 38.  
 Pieler-Lampe 99.  
 Pneumatogen 240.  
 Pötsches Gefrierverfahren 172 u. f.  
 Preßluft-Lokomotiven 201.  
 Preßluftverfahren beim Schacht-  
 teufen 166.  
 Pulsometer 233.  
 Pumpen 228 u. f.  
  
 Querbau 86.  
 Querschläge 64 u. f.  
  
 Radsatz von Förderwagen 188, 189.  
 Rateau-Ventilator 107, 108.  
 Refrigerator 175.  
 Rettungsgeräte 236 u. f.  
 Rettungskammern 242.  
 Richtstrecken 69.  
 Rittingersatz 229.  
 Robinson-Schalenkreuz 103.  
 Rollenrutschen 184.  
 Rollochförderung 207.  
 Rolllöcher, Herstellung 70.  
 Rückläufige Wetterführung 114.  
 Rutschenförderung 182, 183.  
 Rutschschere 19.  
  
 Sackbohrer 164.  
 Sauerstoff 94.  
 Sauerstoffgeräte 238 u. f.  
 Schachtabbahren 167 u. f.  
 Schachtabteufen 156 u. f.  
 Schachtausbau 146 u. f.  
 Schachtbrände 235.  
 Schachtförderung 210 u. f.  
 Schachtleitungen 214 u. f.  
 Schachtringe 151, 155, 168.  
 Schachtscheibe 62.  
 Schachtverschlüsse 112.  
 Schächte 61, 62.  
 Schalholzzimmerung 134, 135.  
 Schaltung der elektr. Zündung 58.  
 Schappe 16.  
 Schaufel 34.  
 Scheibenbau 84, 85.  
 Scheibenmauern 142.  
 Schichtlohn 34.  
 Schienen 189, 190.  
 Schlägel und Eisen 39.  
 Schlagwetterexplosion 97.  
 Schlauchgeräte 237.  
 Schlepperförderung 192.  
 Schleppkettenförderung 183.  
 Schneid Schuh 161 u. f.  
 Schnellschlagbohrung 23 u. f.  
 Schrägbohrung 31, 32.  
 Schrämeisen 35, 36.

- Schrämmaschinen 37 u. f.  
 Schürfen 15.  
 Schüttelrutschen 183 u. f.  
 — im Abbau 80.  
 Schultzescher Geschwindigkeits-  
 messer 104.  
 Schwalbenschwanzzimmerung 136.  
 Schwarzpulver 49.  
 Schwefelwasserstoffgas 95.  
 Sedimentgesteine 3, 4.  
 Seifen 14.  
 Seilbohrer 25, 26.  
 Seilförderung 193 u. f.  
 Seilgewichtsausgleich 219, 220.  
 Seilknoten 197.  
 Seilscheiben 224, 225.  
 Seilschlagbohrung 24, 25.  
 Seilschlösser 196, 197.  
 — in Schächten 213, 214.  
 Seippelsche Lampe 121.  
 Selbstentzündung 235.  
 Senkkörper 161 u. f.  
 Senkschachtverfahren 161 u. f.  
 Senkungsvorgänge 91, 92.  
 Sicherheitskammern 242.  
 Sicherheitslampen 121 u. f.  
 Sicherheitspfeiler 92, 93.  
 Sicherheitssprengstoffe 50 u. f.  
 Sicherheitsverschlüsse in Bremsbergen  
 208 u. f.  
 Siemens-Schuckertwerke 41, 44.  
 Signalgebung in Förderstrecken 198.  
 — in Schächten 224.  
 Skip-Förderung 210, 211.  
 Sohlenbildung 63.  
 Sonderbewetterung 119.  
 Spansscheibe 194.  
 Spaten 34.  
 Sprengarbeit 40 u. f.  
 Sprengelatine 50.  
 Sprengkapseln 53.  
 Sprengsalpeter 50.  
 Sprengstoffe 48 u. f.  
 Sprünge 7 u. f.  
 Spülversatz 86 u. f.  
 Spurlatten 214 u. f.  
 Standrohre beim Zementieren 180.  
 Stapelschächte 66.  
 Stempelausbau 130, 131.  
 Stickoxyd 96.  
 Stickstoff 94.  
 Stockfisch-Schachtabbohren 171.  
 Stöcke 13.  
 Stollen 61.  
 Stoßbau 81 u. f.  
 — auf mächtigen Flözen 85, 86.  
 Stoßendes Bohren 42.  
 Strahlgebläse 110.  
 Strahlpumpen 233.  
 Stratameter 30.  
 Strebbau 76 u. f.  
 Streb- und Pfeilerbau, vereinigter 84.  
 Streckenförderung 187 u. f.  
 Streckengestelle 140, 141.  
 Streichen 4, 6.  
 Strossenbau 79.  
 Sumpfanlagen 227.  
 Tagebrüche 92.  
 Tarifverträge 34.  
 Teilsohlenstrecken 68.  
 Teilstrombildung 114.  
 „Temperament“ der Grube 105.  
 Tiefbohrung 15 u. f.  
 — Fanggeräte 21.  
 — Hilfsvorrichtungen 20.  
 — mit Wasserspülung 22, 23.  
 — Überwachung, Leistungen 30, 31.  
 Tomsonsche Wasserzieheinrichtung  
 232.  
 Tonnenkilometer 191.  
 Tränkung der Grubenhölzer 129, 130.  
 Tragerollen 196.  
 Trauzlsche Bleimörserprobe 49.  
 Treibscheibenförderung 221.  
 Triumphbohrmaschine 43.  
 Trog 35.  
 Trommelförderung 219.  
 Tübbings 151 u. f.  
 Türstockzimmerung 132 u. f.  
 Überhaubohrmaschinen 32, 33.  
 Überhauen 69.  
 Überschiebungen 9, 10.  
 Übertreiben in Schächten 223, 224.  
 Unterwerksbau 63.  
 Ventilatoren 107.  
 Ventilbohrer 16.  
 Versatzberge, Beschaffung 76.  
 Verschiebungen 10, 11.  
 Verschlussrichtungen in Brems-  
 bergen 208 u. f.  
 Versteinung des Gebirges 177 u. f.  
 Verwitterung 2.  
 Volumenmesser 103.



- Vorrichtung 67 u. f.  
Vortreibezimmerung 138.  
Vulkanismus 2.
- Wagenbremsberge 202.  
Wasserdamm 226.  
Wasserdampf 94.  
Wasserhaltung 225 u. f.  
Wasserstoffgas 95.  
Wechsel (Überschiebung) 9, 10.  
— (Gestänge) 191.  
Weichen 191.  
Wendeplätze 190.  
Westfalia-Atmungsgerät 240.  
— -Bohrhammer 46.  
— -Schrämmaschine 37.  
Wetter 93.  
Wetterdamm 116.
- Wetterführung 93 u. f.  
Wetterkreuz 116.  
Wetterlutton 118.  
Wetteröfen 106.  
Wetterscheider 113, 117.  
Wettersichere Gelatinedynamite 51 u. f.  
Wettersohle 63.  
Wetterfür 115.  
Windwirkung 3.  
Wolfsche Lampe 122, 124, 125.
- Zeitzünder 57.  
Zementierung des Gebirges 177 u. f.  
Zentrale Wetterführung 114.  
Zentrifugalpumpe 231, 232.  
Zündschnur 53.  
Zündung der Sprengschüsse 52 u. f.  
Zwischengeschirr 213, 214.
-

Verlag von Julius Springer in Berlin.

# Lehrbuch der Bergbaukunde

mit besonderer Berücksichtigung des Steinkohlenbergbaues.

Von  
und

**F. Heise,**

Professor und Direktor der Bergschule  
zu Bochum,

**F. Herbst,**

Professor an der Technischen Hoch-  
schule zu Aachen.

Dieses bereits im Vorwort des Leitfadens erwähnte „Lehrbuch der Bergbaukunde“ wird für alle diejenigen unentbehrlich bleiben, die sich ein vollständiges, lückenloses Bild von der Bergbautechnik verschaffen wollen und in die Bergbaukunde tiefer einzudringen beabsichtigen. Wie der Stoff des Lehrbuches auf die beiden Bände, von denen der erste bereits in dritter Auflage, der zweite in zweiter Auflage erschienen ist, verteilt ist, zeigt die nachstehende Inhaltsübersicht:

## Erster Band.

**Dritte, verbesserte und vermehrte Auflage.**

Mit 529 Textfiguren u. 2 farb. Tafeln. — In Leinwand geb. Preis M. 12,—.

### Inhaltsübersicht.

Einleitung.  
Erster Abschnitt: **Gebirgs- und Lagerstättenlehre.**  
I. Gebirgslehre (Geologie). — II. Lagerstättenlehre.  
Zweiter Abschnitt: **Das Aufsuchen der Lagerstätten. (Schürf- und Bohrarbeiten.)**  
I. Schürfen. — II. Tiefbohrung. — III. Die Horizontal- und Schrägbohrung. — Anhang: Die Herstellung von Bohrlöchern zur Wasser- und Wetterlösung.  
Dritter Abschnitt: **Gewinnungsarbeiten.**  
I. Einleitende Bemerkungen. — II. Ge-

winnungsarbeiten ohne Verwendung von Sprengstoffen. — III. Sprengarbeit.

Vierter Abschnitt: **Die Grubenbaue.**  
I. Ausrichtung. — II. Vorrichtung. — III. Abbau. — IV. Große unterirdische Räume und ihre Herstellung.

Fünfter Abschnitt: **Grubenbewetterung.**  
I. Einleitende Bemerkungen. — II. Die Grubenwetter. — III. Der Kohlenstaub. — IV. Die Bewegung der Wetter. — V. Führung und Verteilung der Wetter in der Grube. — VI. Das tragbare Geleuchte des Bergmanns.

## Zweiter Band.

**Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage.**

Mit 596 Textfiguren. — In Leinwand gebunden Preis M. 12,—.

### Inhaltsübersicht.

Sechster Abschnitt: **Grubenausbau.**  
I. Der Grubenausbau in Abbaubetrieben und Strecken aller Art. — II. Der Schachtausbau.

Siebenter Abschnitt: **Schachtabteufen.**  
I. Das gewöhnliche Abteufverfahren. — II. Das Senkschachtverfahren. — III. Das Abteufen unter Anwendung von Preßluft. — IV. Das Schachtabböhen bei unverkleideten Stößen. — V. Das Gefrierverfahren. — VI. Die Versteinerung (Zementierung) des Gebirges. — VII. Vergleichender Rückblick auf die Anwendbarkeit der verschiedenen, an Stelle des

gewöhnlichen Abteufens verwendbaren Verfahren.

Achter Abschnitt: **Förderung.**  
I. Die Förderung auf söhliger oder annähernd söhliger Bahn. — II. Die abwärts- und aufwärtsgehende Förderung in der Grube. — III. Schachtförderung.

Neunter Abschnitt: **Wasserhaltung.**  
I. Einleitender Teil. — II. Wasserhebevorrichtungen. — III. Besonderheiten der Wasserhaltung beim Schachtabteufen.

Zehnter Abschnitt: **Grubenbrände, Atmungs- und Rettungsgeräte.**

I. Grubenbrände. — II. Atmungsgeräte.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

---

## **Einführung in die Markscheidekunde** mit besonderer Berücksichtigung des Steinkohlenbergbaues.

Von

**Dr. L. Mintrop,**

Markscheider, 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**

**bezw. zur Berechnung der Katheten 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,—.

---

## **Der Grubenausbau.**

Von

Dipl.-Bergingenieur **Hans Bansen,**

ord. Lehrer an der Oberschlesischen Bergschule zu Tarnowitz.

Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage.

Mit 498 Textfiguren. — In Leinwand gebunden Preis M. 8,—.

---

## **Die Streckenförderung.**

Von

Dipl.-Bergingenieur **Hans Bansen,**

ord. Lehrer an der Oberschlesischen Bergschule zu Tarnowitz.

Mit 382 Textfiguren. — In Leinwand gebunden Preis M. 8,—.

---

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

---

# Die Bergwerksmaschinen.

Eine Sammlung von Handbüchern für Betriebsbeamte.

Unter Mitwirkung zahlreicher Fachgenossen  
herausgegeben von

Dipl.-Ing. **Hans Bansen**,

Berg-Ingenieur, ord. Lehrer an der Oberschlesischen Bergschule zu Tarnowitz.

## Erster Band.

### Das Tiefbohrwesen.

Unter Mitwirkung von

Dipl.-Berging. **Arthur Gerke** u. Dipl.-Berging. Dr.-Ing. **Leo Herwegen**  
bearbeitet von

Dipl.-Bergingenieur **Hans Bansen**.

Mit 688 Textfiguren. — In Leinwand gebunden Preis M. 16,—.

## Zweiter Band.

### Gewinnungsmaschinen.

Bearbeitet von

Dipl.-Bergingenieur **Arthur Gerke**, Dipl.-Bergingenieur Dr.-Ing. **Leo Herwegen**,  
Dipl.-Bergingenieur Dr.-Ing. **Otto Pütz**, Dipl.-Ing. **Karl Teiwes**.

Mit 393 Textfiguren. — In Leinwand gebunden Preis M. 16,—.

## Dritter Band.

### Schachtfördermaschinen.

Bearbeitet von

**Karl Teiwes**, und Prof. Dr.-Ing. **E. Förster**,

Diplom-Ingenieur in Tarnowitz, Direktor der Kgl. Maschinenbau- und  
Hüttenschule in Gleiwitz.

Mit 323 Textfiguren. — In Leinwand gebunden Preis M. 16,—.

## Vierter Band.

### Die Schachtförderung.

Bearbeitet von

Dipl.-Ing. **Hans Bansen**, und **Karl Teiwes**,

Berg-Ingenieur, ord. Lehrer an der Oberschlesischen Bergschule zu Tarnowitz,  
Diplom-Ingenieur in Tarnowitz.

Mit 402 Textfiguren. — In Leinwand gebunden Preis M. 14,—.

(Band III und IV der „Bergwerksmaschinen“ bilden zusammen eine  
vollständige und geschlossene Behandlung der dem normalen bergmännischen  
Förder- und Fahrbetriebe in Schächten dienenden Einrichtungen.)

## Fünfter Band.

### Die Wasserhaltungsmaschinen.

Bearbeitet von

Dipl.-Ingenieur **Karl Teiwes**.

ca. 20 Bogen mit zahlreichen Textfiguren. — In Leinw. geb. Preis ca. M. 12,—.

(Erscheint voraussichtlich im Herbst 1914.)

---

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

---

**Kompressoren-Anlagen** insbesondere in Grubenbetrieben.

Von Dipl.-Ing. **Karl Teiwes**. Mit 129 Textfiguren.

In Leinwand gebunden Preis M. 7,—.

---

**Entwicklung und gegenwärtiger Stand der  
Kokereiindustrie Niederschlesiens.**

Von **F. Schreiber**, Waldenburg. Mit 33 Textfiguren. Preis M. 2,20.

---

**Die Theorie der Bodensenkungen in Kohlen-  
gebieten** mit besonderer Berücksichtigung der Eisenbahn-

senkungen des Ostrau-Karwiner Steinkohlenrevieres. Von Ing. **A. H. Goldreich**. Mit 132 Textfiguren.

Preis M. 10,—; in Leinwand gebunden M. 11,—.

---

**Hilfsbuch für den Maschinenbau.**

Für Maschinentechniker, sowie für den Unterricht an technischen Lehranstalten. Von Professor **Fr. Freytag**, Lehrer an den Technischen Staatslehranstalten zu Chemnitz. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 1108 Textfiguren, 10 Tafeln und einer Beilage für Österreich.

In Leinwand gebunden Preis M. 10,—; in Leder gebunden M. 12,—.

---

**Taschenbuch für Bauingenieure.**

Unter Mitarbeit hervorragender Fachmänner herausgegeben von **Max Foerster**, ord. Professor an der Technischen Hochschule in Dresden. 1927 S. mit 2723 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 20,—.

---

**Die Technologie des Maschinentechnikers.**

Von Ingenieur **Karl Meyer**, Professor, Oberlehrer an den Kgl. Vereinigten Maschinenbauschulen zu Cöln. Dritte, verbesserte Auflage. Mit 405 Textfiguren.

In Leinwand gebunden Preis M. 8,—.

---

**Elektrische Starkstromanlagen.**

Maschinen, Apparate, Schaltungen, Betrieb. Kurzgefaßtes Hilfsbuch für Ingenieure und Techniker, sowie zum Gebrauch an technischen Lehranstalten. Von Dipl.-Ing. **Emil Kosack**, Oberlehrer an den Kgl. Vereinigten Maschinenbauschulen zu Magdeburg. Zweite, erweiterte Auflage. Mit 290 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 6,—.

---

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.