

Kurzer Leitfaden
der
Bergbaukunde

von

Dr.-Ing. eh. F. Heise und **Dr.-Ing. eh. F. Herbst**
Professor u. Bergschuldirektor a. D. Professor u. Direktor d. Bergschule
zu Bochum

Dritte, verbesserte Auflage

Mit 386 Abbildungen im Text



Berlin
Verlag von **Julius Springer**
1932

ISBN-13: 978-3-642-89325-4 e-ISBN-13: 978-3-642-91181-1
DOI: 10.1007/978-3-642-91181-1

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

Copyright 1932 by Julius Springer in Berlin.
Softcover reprint of the hardcover 4th edition 1932

Vorwort zur ersten Auflage.

Mit einem gewissen inneren Widerstreben sind wir an die Bearbeitung dieses „Leitfadens“ gegangen. Wir verhehlten uns nicht, daß eine so stark zusammengedrückte 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 Lehrbuches 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.

Vorwort zur dritten Auflage.

Der Erfolg der beiden ersten Auflagen dieses Büchleins hat uns gezeigt, daß wir mit der Herausgabe der verkürzten Ausgabe unseres Lehrbuchs einem Bedürfnis entgegengekommen sind. Inzwischen dürfte sich der für den „Leitfaden“ in Betracht kommende Leserkreis noch vergrößert haben, da im letzten Jahrzehnt der Wert einer planmäßigen Berufsausbildung auch für den bergmännischen Nachwuchs erkannt ist und diese Erkenntnis zur Einrichtung von bergmännischen Berufsschulen und von Hauer-Lehrgängen geführt hat, in denen u. a. die Grundzüge der Bergbautechnik gelehrt werden. Trotzdem haben wir geglaubt, mit der Herausgabe der dritten Auflage warten zu sollen, bis eine gewisse Beruhigung in der stürmischen Entwicklung eingetreten sei, wie sie in der Bergbautechnik der letzten Jahre sich geltend machte und uns auch zu einer gewissen Hinausschiebung der Bearbeitung der beiden Bände unseres Lehrbuchs veranlaßt hat. Dieser Zeitpunkt scheint uns jetzt gekommen zu sein.

Unser Bestreben, den Fortschritten der Technik im Bergbau seit dem Erscheinen der zweiten Auflage Rechnung zu tragen, ist zunächst bei den „Gewinnungsarbeiten“ in Gestalt einer eingehenden Berücksichtigung der maschinenmäßigen Hilfsmittel und der Fortschritte der Sprengtechnik zum Ausdruck gekommen. Der Abschnitt „Grubenbaue“ hatte der vom Betrieb angenommenen Neugliederung dieser Baue und der Entwicklung neuer Abbauverfahren mit Versatz Rechnung zu tragen. Im Abschnitt „Wetterlehre“ wurden insbesondere die naturwissenschaftlichen Grundlagen für die Abkühlung warmer Gruben und die Grubenbeleuchtung neu bearbeitet. Der Abschnitt „Grubenausbau“ hatte die verbesserten Verfahren des nachgiebigen Ausbaues sowie des Ausbaues in Profileisen und in Formsteinen zu berücksichtigen. Einer besonderen Umgestaltung bedurfte der Abschnitt „Förderung“: hier mußten die Förderung mit Bändern, mit Schlepperhaspeln und Abbaulokomotiven und die Verfahren zum maschinenmäßigen Einbringen des Bergeversatzes eingefügt werden.

Andererseits haben wir durch Streichung des Veralteten und Überholten Platz gewinnen können, so daß der Umfang des Büchleins nur um ein geringes vermehrt zu werden brauchte.

Berlin und Bochum, im August 1932.

F. Heise. Fr. Herbst.

Inhaltsverzeichnis.

Erster Abschnitt.

Gebirgs- und Lagerstättenlehre.

	Seite
I. Gebirgslehre	1
1. Der Erdball.	
A. Die Kräfte des Erdinnern	1
2. Gebirgsbildung. — 3. Erdbeben und Vulkanismus.	
B. Die Einwirkung der Atmosphäre	2
4. Verwitterung. — 5. Talfurchung und Einebnung. — 6. Neubildungen. — 7. Der Wind.	
C. Die Zusammensetzung der Erdrinde (Gesteinslehre)	3
8. Gesteinsarten. — 9. Schichtenfolge.	
D. Die Lageveränderungen der geschichteten Gesteine	4
10. Arten der Veränderungen. — 11. Streichen und Fallen. — 12. Faltenbildung. — 13. Hauptarten der Gebirgstörungen. — 14. Verwerfungen oder Sprünge. — 15. Ausrichtung von Sprüngen. — 16. Überschiebungen. — 17. Verschiebungen.	
II. Lagerstättenlehre	10
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.

I. Schürfen	13
25. Schürfarbeiten.	
II. Tiefbohrung	13
26. Anwendungsgebiet.	
A. Die Tiefbohrung in milden Gebirgschichten und geringen Teufen	14
27. Bohreinrichtungen.	
B. Die Tiefbohrung in größeren Teufen und vorwiegend festem Gebirge	15
a) Stoßendes Bohren	15
1. Das Gestängebohren	15
α) Ältere Bohrverfahren (englisches und deutsches Stoßbohren)	15
28. Wesen und Ausführung. — 29. Rutschschere und Freifallvorrichtung. — 30. Das Bohren mit Wasserspülung. — 31. Hilfsvorrichtungen.	

	Seite
β) Neuere Bohrverfahren	19
32. Die Schnellschlagbohrung.	
2. Das Seilbohren	21
33. Ausführung und Anwendung.	
b) Drehendes Bohren	22
1. Das Kernbohren	22
34. Überblick. — 35. Die Bohrkronen und die Kerngewinnung. — 36. Die Antriebs- und Nachlaßvorrichtung. — 37. Beurteilung.	
2. Vollbohrung	24
38. Das Rotaryverfahren.	
C. Besondere Einrichtungen und Arbeiten bei der Tiefbohrung. Leistungen.	25
39. Die Verrohrung. — 40. Überwachung des Bohrbetriebes. — 41. Die Bohrleistungen.	
D. Die Söhlig- und Schrägbohrung	27
42. Überblick. — 43. Ausführung der Bohrvorrichtungen. — 44. Überhau- und Aufbruchbohrmaschinen.	
Dritter Abschnitt.	
Gewinnungsarbeiten.	
I. Einleitende Bemerkungen	29
45. Gedinge, Schichtlohn. — 46. Tarifverträge. — 47. Grade der Gewinnbarkeit.	
II. Vorwiegend mit der Hand ausgeführte Gewinnungsarbeiten .	30
48. Die Wegfüllarbeit. — 49. Die Keilhauenarbeit. — 50. Die Hereintreibarbeit.	
III. Maschinenmäßige Gewinnungsarbeiten	32
A. Die Arbeit mit Abbauhämmern	32
51. Bauart der Abbauhämmer. — 52. Arbeitsweise.	
B. Die Arbeit mit Schrämmaschinen	34
53. Allgemeines. Einteilung. — 54. Stoßend wirkende Schrämmaschinen. — 55. Schneidend wirkende Schrämmaschinen. — 56. Leistungen und Kosten. — 57. Bohrend wirkende Schrämmaschinen.	
IV. Sprengarbeit	38
A. Herstellung der Bohrlöcher	38
58. Drehendes Bohren. Bohren mit Hand. — 59. Handbohrmaschinen. — 60. Die mechanisch angetriebenen Drehbohrmaschinen für mildes Gestein. — 61. Stoßendes Bohren. Bohren mit Hand. — 62. Bohrarbeit mit Maschinen. Preßluft-Stoßbohrmaschinen. — 63. Die elektrischen Stoßbohrmaschinen. — 64. Verlagerung der Bohrmaschinen. — 65. Schlagendes Bohren. Bohren mit Hand. — 66. Schlagbohrmaschinen. Allgemeines. — 67. Die Steuerung. — 68. Die Umsetzvorrichtung. — 69. Vorschubeinrichtung. — 70. Bohrmehl- und Staubbeseitigung. — 71. Leistungen. Luftverbrauch.	
B. Die Sprengstoffe	44
a) Allgemeines	44
72. Die Explosion. — 73. Auskochen der Sprengschüsse. — 74. Sprengkraft. — 75. Einteilung. — 76. Lagerung der Sprengstoffe.	
b) Einzelbesprechung	46
77. Sprengpulver. — 78. Gesteinsprengstoffe. Dynamite. — 79. Ammonsalpetersprengstoffe. — 80. Die Kaliumchlorat- und Kaliumperchloratsprengstoffe. —	

	Seite
81. Gelatit. — 82. Wettersprengstoffe. — 83. Die Sprengkapseln. — 84. Vernichtung von Sprengstoffen.	
C. Zündung der Sprengschüsse	49
a) Zündschnurzündung	49
85. Die Zündschnur. — 86. Das Anzünden der Zündschnur.	
b) Elektrische Zündung	49
87. Allgemeines. — 88. Die magnetelektrischen Maschinen. — 89. Die dynamoelektrischen Maschinen. — 90. Elemente. — 91. Starkstromleitungen. — 92. Die elektrischen Zünder. — 93. Die Zeitzünder. — 94. Leitungen. — 95. Prüfung. — 96. Schaltung.	
D. Das Luft-Sprengverfahren	53
97. Allgemeines. — 98. Das Fertigmachen und Abtun der Schüsse. — 99. Ausichten des Verfahrens.	
E. Der Betrieb der Sprengarbeit.	54
100. Ladung und Besatz. — 101. Die Vorgabe und das Ansetzen der Schüsse. — 102. Unglücksfälle bei der Schießarbeit.	
Vierter Abschnitt.	
Die Grubenbaue.	
103. Überblick.	
I. Ausrichtung	57
A. Ausrichtung von der Tagesoberfläche aus	57
104. Stollen. — 105. Bedeutung, Arten und Lage der Schächte. — 106. Der Schachtquerschnitt.	
B. Ausrichtung vom Schachte aus	58
107. Sohlenbildung. — 108. Wettersohle. — 109. Ausrichtungsbaue.	
II. Vorrichtung	61
110. Vorrichtungsbaue. — 111. Bauabteilungen. —	
III. Das Auffahren der Aus- und Vorrichtungsbetriebe	62
112. Querschläge. — 113. Richtstrecken. — 114. Blinde Schächte. — 115. Grundstrecken. — 116. Teilsohlenstrecken. — 117. Überhauen und Abhauen. — 118. Die Bremsberge. — 119. Rolllöcher.	
IV. Abbau	65
120. Allgemeine Erfordernisse. — 121. Unterschiede. — 122. Verhieb.	
A. Abbauverfahren ohne Unterstützung des Hangenden	66
123. Pfeilerbau. — 124. Der streichende Pfeilerbau. — 125. Der schwebende und diagonale Pfeilerbau. — 126. Beurteilung. — 127. Der Pfeilerbau in einzelnen Abschnitten (Pfeilerbruchbau oder Bruchbau).	
B. Abbauverfahren mit Unterstützung des Hangenden	69
a) Allgemeines über den Abbau mit Bergeversatz	69
128. Vor- und Nachteile. — 129. Arten und Wirksamkeit des Versatzes. — 130. Wirkung des Versatzes beim Abbau. — 131. Beschaffung der Versatzberge.	
b) Der Strebbaue	70
132. Wesen des Strebbaues. — 133. Der streichende Strebbaue. — 134. Strebbaue mit wandernden Bremsbergen. — 135. Der schwebende Strebbaue.	

	Seite
c) Der Firsten- und Strossenbau auf Erzgängen . . .	72
136. Firstenbau. — 137. Strossenbau.	
d) Der Rutschenbau	73
138. Kennzeichnung. — 139. Abbau bei flacher Lagerung. — 140. Abbau bei steiler Lagerung.	
e) Abbau in einzelnen Streifen (Stoßbau)	76
141. Der streichende Stoßbau. — 142. Der schwebende Stoßbau.	
f) Besondere Ausbildung einzelner Abbauverfahren für mächtige Lagerstätten	77
143. Vorbemerkung. — 144. Der Scheibenbau. — 145. Plattenbau.	
g) Der Abbau mit Spülversatz	79
146. Bedeutung des Spülversatzes. — 147. Versatzgut. — 148. Wasserzusatz. — 149. Mischanlagen. — 150. Rohrleitungen. — 151. Abbauverfahren mit Spülversatz. — 152. Besondere Arten des Spülversatzes. — 153. Der Spülversatz im deutschen Kalisalzbergbau. — 154. Wasserklä rung und -hebung. — 155. Die Kosten des Spülversatzes.	
h) Der Abbau mit Bergfesten	82
156. Erläuterung. — 157. Stärke und Abstand der Pfeiler. — 158. Der Abbau.	
V. Gebirgsbewegungen im Gefolge des Abbaues	84
159. Allgemeiner Verlauf der Bodenbewegungen. — 160. Fortpflanzung der Senkungsvorgänge nach der Erdoberfläche hin. — 161. Sicherheitspfeiler.	

Fünfter Abschnitt.

Grubenbewetterung.

I. Die Grubenwetter	86
162. Allgemeines. — 163. Der Wetterbedarf einer Grube. — 164. Die atmosphärische Luft. — 165. Der Sauerstoff. — 166. Der Stickstoff. — 167. Der Wasserdampf. — 168. Die Kohlensäure. — 169. Das Kohlenoxyd. — 170. Der Schwefelwasserstoff. — 171. Das Wasserstoffgas. — 172. Das Stickoxyd. — 173. Das Grubengas. — 174. Gasausbrüche. — 175. Bläscr. — 176. Der Übertritt des Grubengases aus dem alten Mann. — 177. Die Schlagwetterexplosion. — 178. Erkennen der Schlagwetter. — 179. Die physikalischen Verhältnisse der Grubenwetter. — 180. Die Grubentemperaturen.	
II. Der Kohlenstaub	92
181. Die Kohlenstaubgefahr. — 182. Die Bekämpfung der Kohlenstaubgefahr. — 183. Verwendung des Gesteinstaubes.	
III. Die Bewegung der Wetter	95
A. Der Wetterstrom und seine Überwachung	95
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.	
B. Die Mittel zur Erzeugung der Wetterbewegung	98
189. Überblick. — 190. Natürliche Wetterführung. — 191. Die Wetteröfen. — 192. Die Wettermaschinen. — 193. Beispiele. — 194. Der mechanische Wirkungsgrad. — 195. Durchgangsöffnung. — 196. Die theoretische Depression. — 197. Das Zusammenarbeiten zweier Schleuderräder. — 198. Die Strahlgebläse. —	

199. Zusammenwirken der natürlichen und künstlichen Wetterführung. —
200. Wetterumstellvorrichtungen.

C. Die Führung und die Verteilung der Wetter im allgemeinen . . . 104

201. Wetterschächte. — 202. Schachtverschlüsse. — 203. Schachtdeckel. —
204. Hängebank-Schleusen. — 205. Schachtwetterscheider. — 206. Lage des
Wetterschachtes. — 207. Teilströme. — 208. Wettertüren. — 209. Wetterdämme
und Wetterkreuze. — 210. Wetterriß und Wetterstammbaum.

D. Die Bewetterung der Streckenbetriebe 109

211. Einteilung. — 212. Der Begleitstreckenbetrieb. — 213. Betrieb mit Wetter-
scheidern. — 214. Die Bewetterung von Strecken mittels Breitauffahrens und
Wetterröschchen. — 215. Die Luttenbewetterung mit Selbstzug. — 216. Die Sonder-
bewetterung.

IV. Das Geleuchte des Bergmanns 112

217. Offene Lampen. — 218. Die Sicherheitslampe. — 219. Die innere Zündung. —
220. Der Wolfsche Magnetverschluß. — 221. Mantellampen. — 222. Schlag-
wettersicherheit der Sicherheitslampen. — 223. Tragbare elektrische Lampen.
Allgemeines. — 224. Die Akkumulatoren. — 225. Glühbirne und Schutzglas. —
226. Ausführungsformen. — 227. Ortsfeste elektrische Beleuchtung.

Sechster Abschnitt.

Grubenausbau.

I. Der Grubenausbau in Abbaubetrieben und Strecken aller Art . 117

A. Allgemeine Erörterungen 117

228. Aufgaben des Grubenausbauens. — 229. Gesteinsarten und Gebirgsdruck. —
230. Ausbaustoffe. — 231. Arten des Grubenausbauens.

B. Die Ausführung des Ausbaues 120

a) Der Ausbau in Holz 120

1. Allgemeines 120

232. Holzarten. — 233. Fäulniserscheinungen und ihre Bekämpfung. — 234. Die
Tränkflüssigkeiten. — 235. Tränkverfahren.

2. Einfacher Holzausbau (Stempelausbau) 122

236. Anwendung und allgemeine Ausführung. — 237. Nachgiebiger Stempel-
ausbau. — 238. Stempelausbau mit Biegungsbeanspruchung.

3. Zusammengesetzter Holzausbau 123

239. Holzpfeiler. — 240. Türstockzimmerung. — 241. Verbindung zwischen den
einzelnen Türstöcken. — 242. Nachgiebige Türstockzimmerung. — 243. Vieleck-
ausbau. — 244. Schalholzzimmerung. — 245. Verbindungen zwischen Türstock-
und Schalholzzimmerung. — 246. Der Ausbau mit Firstenbänken. — 247. Die
Schwalbenschwanzzimmerung.

4. Voreilender Ausbau (Getriebe- und Abtreibezimmerung) 128

248. Die Getriebezimmerung. — 249. Vortriebezimmerung im Abbau.

b) Der Ausbau in Eisen 130

250. Stempelausbau. — 251. Türstockausbau. — 252. Sonstige Ausführungsformen.

c) Der Ausbau in Stein 132

1. Mauerung 132

253. Steine. — 254. Mörtel. — 255. Ausführung der Mauerung. — 256. Formen
der Mauerung. — 257. Herstellung der Mauerung. — 258. Zusammengesetzter
Ausbau. — 259. Nachgiebige Mauerung.

	Seite
2. Betonausbau	135
260. Einfacher Betonausbau. — 261. Eisenbetonausbau. — 262. Nachgiebigkeit.	
II. Der Schachtausbau	138
263. Vorbemerkung.	
A. Der Geviert- und Ringausbau mit Verzug	138
264. Der Geviertausbau in Holz. — 265. Der Profileisenausbau. — 266. Ausbau runder Schächte.	
B. Geschlossener Ausbau von Schächten	140
267. Die Mauerung. — 268. Der Beton- und Eisenbetonausbau. — 269. Ausführungen. — 270. Gußringausbau (Küvelage). Allgemeines. — 271. Englischer und deutscher Gußringausbau. — 272. Keilkränze. — 273. Verstärkungsringe. — 274. Der Einbau der Ringteile. — 275. Doppelte Gußringsäulen. — 276. Vergleich des englischen und des deutschen Gußringausbaues.	

Siebenter Abschnitt.

Schachtabteufen.

I. Das gewöhnliche Abteufverfahren	146
277. Das Abteufen in standhaftem (nicht schwimmendem) Gebirge. Allgemeines. — 278. Einrichtungen. — 279. Abteufarbeit und Leistungen. — 280. Das Weiterabteufen von Schächten unterhalb einer in Betrieb befindlichen Sohle. — 281. Abteufen im schwimmenden Gebirge. Grundgedanke. — 282. Das gewöhnliche Anstecken. — 283. Eiserner Spundwände.	
II. Das Senkschachtverfahren	151
284. Allgemeines. — 285. Die Senkkörper. — 286. Die Abteufarbeit. — 287. Mittel zur Beförderung des Niedersinkens der Senkkörper. — 288. Anschluß an das Gebirge. — 289. Die Leistungen und Kosten.	
III. Das Abteufen unter Anwendung von Preßluft	154
290. Allgemeines. Beschreibung. Kosten.	
IV. Das Schachtbohren bei unverkleideten Stößen	155
A. Das Schachtbohrverfahren in festem Gebirge nach Kind-Chaudron	155
291. Allgemeines. — 292. Die Bohreinrichtung und die Bohrarbeit. — 293. Die Auskleidung des Schachtes. — 294. Schlußbemerkung.	
B. Das Schachtbohren im lockeren Gebirge	158
295. Allgemeine Beschreibung.	
V. Das Gefrierverfahren	159
296. Wesen des Verfahrens. — 297. Vorbereitende Arbeiten. — 298. Die Kälteerzeugung. — 299. Der Frostkörper. — 300. Das Abteufen selbst. — 301. Der endgültige Ausbau. — 302. Leistungen. Kosten.	
VI. Die Versteingung des Gebirges	163
303. Überblick. — 304. Vorbemerkungen über das Zementieren. — 305. Die Zementdichtung von undichten Schachtwandungen. — 306. Die Abdichtung von Schachtwandungen durch chemische Niederschläge. — 307. Zementtränkung von der Tagesoberfläche her beim Schachtabteufen. — 308. Absatzweise Zementtränkung von der Schachtsohle aus. — 309. Das Zementierverfahren von François. — 310. Schlußbemerkung.	

Achter Abschnitt.

Förderung.

I. Die Abbauförderung	167
A. Einfache Förderverfahren	167
311. Ältere Verfahren. — 312. Wagenförderung. — 313. Die Rutschenförderung.	

	Seite
B. Maschinenmäßige Abbauförderung	168
314. Überblick. — 315. Förderung mit Schüttelrutschen. Erläuterung. — 316. Bewegungsvorgänge. — 317. Ausführung der Rutschen. — 318. Antrieb. — 319. Aufstellung des Motors. — 320. Zusammenarbeit mehrerer Rutschen. — 321. Bergeförderung. — 322. Förderung mit Bändern. — 323. Kratzbandförderung.	
C. Versatzfördereinrichtungen	175
324. Die Schrapperförderung. — 325. Die Versatzschleudern. — 326. Der Blasversatz. — 327. Streb-Blasversetzer.	
II. Streckenförderung	177
A. Förderwagen	177
328. Wagenkasten. — 329. Radsatz. — 330. Achsen und Räder. — 331. Entleerung von Bergewagen. — 332. Wagenpark. Kosten.	
B. Gestänge	180
333. Schienen. — 334. Wechselseitige Gestängeverbindungen.	
C. Die Betätigung der Wagenförderung	183
335. Leistungseinheit. — 336. Förderung durch Menschen und Tiere. — 337. Förderverfahren mit feststehenden Maschinen. Überblick. — 338. Förderung mit offenem Seil. Schlepperhaspelförderung. — 339. Förderung mit schwebendem Seil ohne Ende. Antrieb. — 340. Seilführung. — 341. Mitnehmer. — 342. Förderbetrieb. — 343. Förderung mit schwebender Kette. Besonderheiten. — 344. Unterlaufende Ketten. — 345. Lokomotivförderung. Arten von Grubenlokomotiven. — 346. Allgemeines über Lokomotivförderung. — 347. Abbaulokomotiven.	
III. Die abwärts- und aufwärtsgehende Zwischenförderung . .	194
A. Bremsberg- und Bremschachtförderung	194
348. Wesen und Möglichkeiten der Bremsbergförderung. — 349. Gestänge und Anschläge. — 350. Das Bremswerk. — 351. Bremsgestelle und Gegengewichte. — 352. Bremschachtförderung.	
B. Rollochförderung	197
353. Bedeutung und Ausführung.	
C. Aufwärtsförderung	197
354. Allgemeines. — 355. Förderhaspel. — 356. Aufstellung der Haspel. — 357. Einrichtungen an den Anschlägen.	
D. Sicherheitseinrichtungen bei der Brems- und Haspelförderung	200
358. Fangvorrichtungen. — 359. Sicherheitsverschlüsse. Allgemeines. — 360. Selbstwirkende Verschlusseinrichtungen.	
IV. Die Schachtförderung	201
A. Gefäß- oder Kübelförderung	201
361. Ausführung und Anwendung.	
B. Gestellförderung	202
a) Förderseile	202
362. Vorbemerkung. — 363. Die Drahtseile. — 364. Flechtarten. — 365. Tragfähigkeit, Leistungen und Kosten.	
b) Die Fördergestelle und das Zwischengeschirr	204
366. Größe und Bauart der Fördergestelle. — 367. Seileinband. — 368. Die eigentlichen Zwischengeschirrtteile.	
c) Schachtleitungen	206
369. Allgemeine Anordnung der Schachtleitungen. — 370. Ausführung.	
d) Füllort und Hängebank	207
371. Allgemeines. — 372. Aufsetzvorrichtungen (Schachtfallen, Keps). — 373. Schwingbühnen. — 374. Die Bedienung der Gestelle.	

	Seite
e) Die Betätigung der Schachtförderung	211
375. Die Trommelförderung. — 376. Ausgleichung des Seilgewichtes. — 377. Die Treibscheibenförderung.	
f) Sicherheitsvorrichtungen bei der Schachtförderung . .	213
1. Fangvorrichtungen	213
378. Bedeutung und allgemeine Erfordernisse der Fangvorrichtungen. — 379. Ausführungsbeispiele.	
2. Vorrichtungen gegen das Übertreiben und zu harte Aufsetzen der Fördergestelle	214
380. Einwirkung auf die Fördergestelle. — 381. Überwachung der Fördermaschine. — 382. Die Beeinflussung der Fördermaschine.	
g) Signalvorrichtungen	215
383. Überblick. — 384. Die elektrische Signalgebung.	
h) Fördergerüste und Seilscheiben	216
385. Die Fördergerüste. — 386. Die Seilscheiben.	

Neunter Abschnitt.

Wasserhaltung.

I. Hilfsmaßnahmen der Wasserhaltung	218
387. Maßnahmen und Vorrichtungen zur Fernhaltung der Wasser von den Grubenbauen. — 388. Sumpfanlagen. — 389. Das Gefälle der Strecken.	
II. Wasserhebevorrichtungen	219
A. Kolbenpumpen	219
390. Einteilung. — 391. Pumpenarten. — 392. Gestängewasserhaltungen. — 393. Die unterirdischen Wasserhaltungen. — 394. Die Dampfwaterhaltung. — 395. Elektrisch angetriebene Kolbenpumpen.	
B. Kreiselpumpen	222
396. Wirkungsweise, Bauart, Eigentümlichkeiten.	
C. Sonstige Wasserhebevorrichtungen	224
397. Wasserzieheinrichtungen. — 398. Strahlpumpen. — 399. Mammutpumpen. — 400. Pulsometer. — 401. Die Kosten der Wasserhaltung.	

Zehnter Abschnitt.

Grubenbrände, Atmungs- und Rettungsgeräte.

I. Grubenbrände	226
402. Wesen, Entstehung und Verhütung von Grubenbränden. — 403. Bekämpfung ausgebrochener Brände. — 404. Brandgase.	
II. Atmungs- und Rettungsgeräte	228
405. Überblick. — 406. Filtergeräte. — 407. Schlauchgeräte. — 408. Sauerstoffgeräte ohne Wiederbenutzung der Ausatemungsluft. Aerolith. — 409. Sauerstoffgeräte mit Wiederbenutzung der Ausatemungsluft. Allgemeines. — 410. Ausführungsbeispiel. — 411. Rückblick. — 412. Zentralstellen. — 413. Unterirdische Rettungskammern. — 414. Sicherheitskammern.	
Sach- und Namenverzeichnis	233

Erster Abschnitt.

Gebirgs- und Lagerstättenlehre.

I. Gebirgslehre.

1. Der Erdball. Unsere Erde ist mit großer Wahrscheinlichkeit als ein früher glühend gewesener, jetzt im Erkalten begriffener Weltkörper aufzufassen, 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 andererseits 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 Schicht darstellt, die der 2 mm starken Wandung eines Gummiballs von etwa 80 mm Durch-

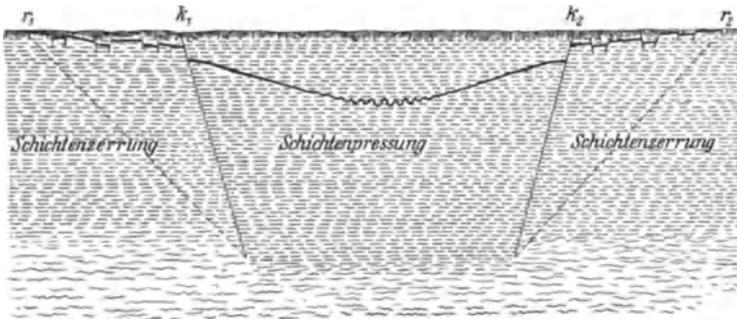


Abb. 1. Gebirgsfaltung und Schollenbildung.

messer zu vergleichen ist, so hat sie den Kräften des Erdinnern nur einen verhältnismäßig geringen Widerstand entgegenzusetzen.

Die Veränderungen, die die Gesteinsschichten seit ihrer Ablagerung erlitten haben, sind einerseits auf Zusammenstauung und damit verbundene Faltung (Abb. 1, Mitte) und andererseits auf Zerreißung und Schollenbildung

durch gegenseitige Verschiebung der durch Spalten getrennten Stücke (Abb. 1, Seiten) zurückzuführen. Durch Faltung und Schollenbildung ist der größte Teil der Gebirge der Erde geschaffen worden.

Durch allmähliche Abtragung der Faltengebirge entstanden die flach-kuppigen „Rumpfgebirge“, für die das Rheinische Schiefergebirge ein gutes Beispiel gibt.

3. Erdbeben und Vulkanismus. Die starken Bewegungen innerhalb der Erdrinde lösen infolge des Aufreißens von Spalten schwere Erschütterungserscheinungen aus, die als „tektonische Erdbeben“ bezeichnet werden. 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 der Schollenbildung 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. Von den Wasserniederschlägen — Tau, Reif, Regen, Schnee, Eis und Hagel — 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.

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) zu einer Zersetzung der anstehenden Gesteine.

5. Talfurchung und Einebnung. Die unzähligen Wasserläufe schneiden sich allmählich tiefer in die Erdoberfläche ein (Talfurchung, Erosion), und zwar sowohl infolge der Wirkung des Wassers selbst als auch infolge der abhobelnden Wirkung der mitgerissenen Gesteinstrümmer. Ein anderer Teil des aus den Niederschlägen stammenden Wassers wäscht unterirdisch große Hohlräume aus, besonders im Kalkgebirge, das leicht durch kohlen-säurehaltiges Wasser aufgelöst wird. Das Meer wirkt gemäß Abb. 2 durch die allmähliche Zerstörung der Küsten infolge des Wellenschlages der Brandung. Findet gleichzeitig durch anderweitige Ursachen ein langsames Senken des Festlandes statt, so dringt die Meeresbrandung immer von neuem vor, kann also schließlich ganze Gebirgszüge zerstören („Einebnung“ oder „marine Abrasion“).

Eine bedeutsame Rolle spielt auch das Eis mit seinen Fließbewegungen (Gletscherströmen) in der Erdgeschichte. Folgen der Vergletscherung sind Bildungen von Schuttmassen (Moränen) und Abschleiß oder Stauchung des Untergrundes.

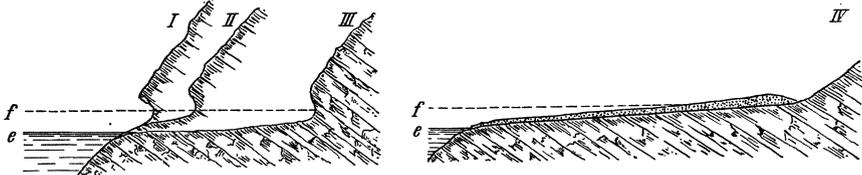


Abb. 2. Angriff einer Steilküste durch die Meeresbrandung (e = Ebbspiegel, f = Flutspiegel).

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

6. Neubildungen. Neubildend wirkt das Wasser dadurch, daß es die von ihm mitgeführten Gesteinsmassen an Stellen mit entsprechend schwächerer Strömung wieder abgelagert. Auch unterirdisch sind solche Neubildungen, und zwar besonders für den Bergmann, 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 zurückgelangenden 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 als Sand zu Dünenlandschaften aufbaut, als „Löß“ an windgeschützten Stellen zu großen Anhäufungen zusammenträgt.

C. Die Zusammensetzung der Erdrinde (Gesteinslehre).

8. Gesteinsarten. Wir unterscheiden nach der Entstehung:

a) „Erstarrungs-“ („Eruptiv-“ oder „vulkanische“) Gesteine, die aus dem schmelzflüssigen Zustande erstarrt sind. Hierhin gehören z. B.: der Basalt, der Granit, der Diabas (Grünstein), der Melaphyr und die verschiedenen Porphyrrarten.

b) „Sedimentgesteine“ (= „geschichtete“ oder „abgelagerte Gesteine“). Sie sind in der Hauptsache aus dem Wasser abgesetzt worden. Die größte Rolle unter diesen spielen die mechanischen Ablagerungen (auch „Trümmergesteine“ genannt), die durch einfache Wirkung der Schwerkraft im Wasser niedergeschlagen werden. Sie bilden zunächst lockere Massen (Sand, Kies, Ton u. dgl.), werden aber nach und nach durch Druck, Wärme und mineralische Lösungen zu Sandsteinen, Grauwacken, Sand- und Ton-schiefern, Mergeln, Konglomeraten usw. verfestigt.

Chemische Ablagerungen bilden sich, wenn mineralhaltige Wasser durch Verdunstung, Abkühlung oder chemische Umsetzungen einen Teil

ihres Mineralgehalts absetzen. Auf diesem Wege sind z. B. Salz- und Gips-lagerstätten und zahlreiche Erzablagerungen entstanden.

Eine dritte Gruppe bilden die organischen Ablagerungen, 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 kieselige oder kalkige Abscheidungen von Wasserpflanzen (Kieselgur) und Wassertieren (Schreibkreide, Korallenkalk) entstanden sind.

9. Schichtenfolge. Die Schichtenfolgen von Ablagerungen in der Erdkrinde werden ihrem Alter nach in „Formationen“ unterschieden. Eine Zusammenstellung dieser Alterstufen nebst ihren wichtigeren Mineralvor-

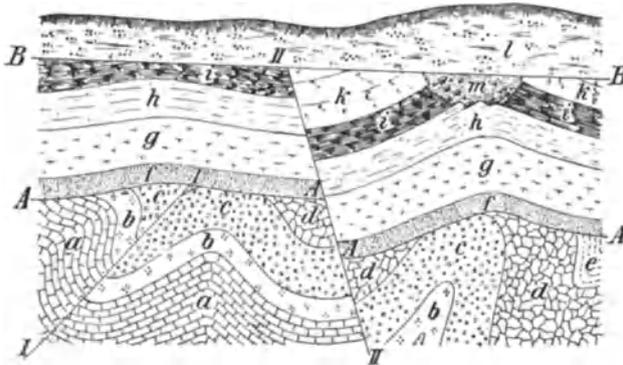


Abb. 3. Schichtenfolge mit 2 diskordanten Auflagerungen
A—A und B—B.

kommen gibt die Übersichtstafel auf S. 6. Die Formationen werden wiederum in geologische „Perioden“ zusammengefaßt und im einzelnen noch in „Stufen“ zerlegt.

Sind die Schichtenfolgen verschiedener Alterstufen ununterbrochen aufeinanderfolgend abgelagert worden (Schichten *a—e* und *f—k* in Abb. 3), so besteht zwischen ihnen „Konkordanz“. Ist dagegen zwischen der Ablagerung zweier Schichtfolgen (*e* und *f* sowie *k* und *l* in Abb. 3) eine längere Zeit verstrichen, so daß vor Ablagerung der jüngeren Schichten beträchtliche Veränderungen (Faltung, Verwerfungen, Talfurchung, Abtragung) 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 in größtem Maßstabe der Fall ist.

D. Die Lageveränderungen der geschichteten Gesteine.

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 (Abb. 4) verstehen wir eine in der Ebene dieser Schicht shlig gezogene Linie oder, anders ausgedrückt, die Schnittlinie zwischen der Schicht und einer Horizontalebene.

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

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 Falllinie mit ihrer shlig gezogenen Auftragung (Projektion) bildet, heißt „Fallen“ oder „Einfallen“ und wird in Graden mit Hinzufügung der Fallrichtung angegeben, so daß z. B. das liegendste Flöz in Abb. 5 auf dem Sdsattel-Nordflügel mit 36° nach Norden einfällt.

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

12. Faltenbildung. Bei stärkerer Einwirkung hat der seitlich wirkende Gebirgsdruck die Schichten zu mehr oder weniger tiefen und scharfen „Falten“ zusammengesoben.

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 Abb. 5) oder in einem Sattel (*d*) besondere kleine Sättel oder Mulden auf, so bezeichnet man die ersteren als „Hauptmulden“ bzw. als „Hauptsttel“, die letzteren als „Spezialsättel“ bzw. „Spezialmulden“. Sind zwei früher zusammenhängende Flzflgel durch Abtragen der hangenden Gebirgsschichten getrennt worden, so liegt ein „Luftsattel“ vor (*b* und *d* in Abb. 5). Der tiefste Punkt einer Mulde wird „Muldentiefstes“, der höchste Punkt eines Sattels „Satteltuppe“ genannt. Die Linie, die in einer und derselben Schicht die sämtlichen tiefsten Punkte einer Mulde bzw. die höchsten Punkte eines Sattels miteinander verbindet, heißt „Mulden-“ bzw. „Sattellinie“ (vgl. Abb. 9 u. 11). Die



Abb. 4. Veranschaulichung der Begriffe „Streichen“ und „Fallen“.

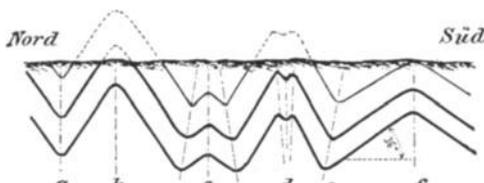


Abb 5. Profil durch einen gefalteten Gebirgssteil.
- - - - - Mulden- oder Sattellachsen.

Die geologischen Formationen.

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

Verbindungslinien der tiefsten Punkte mehrerer übereinanderliegenden Mulden bzw. der höchsten Punkte mehrerer übereinanderliegenden Sättel werden als Mulden- bzw. Sattel-, „Achsen“ bezeichnet (Abb. 5).

Im Querprofil (Abb. 5) 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 bei einem Sattel nach dieser Seite, bei einer Mulde nach der entgegengesetzten Seite hin die Streichlinien beider Flügel und bilden die „Sattel- bzw. Muldenwendung“ (Abb. 9). 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.

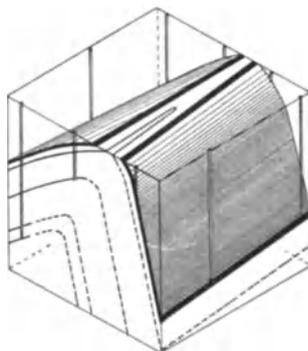


Abb. 6. Darstellung eines Sattels im Würfelbild.

Die perspektivische Würfelprojektion mit Hilfe eines mit einer Neigung von 45° gegen die Zeichenebene stehenden Würfels (Abb. 6) oder das Blockbild (Abb. 8) sind besonders geeignet, eine durch Faltung oder Gebirgstörung verwickelte Lagerung zu veranschaulichen.

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

1. Verwerfungen (Sprünge): Der im Hangenden der Zerreißungskluft liegende Gebirgstheil ist an ihr entlang nach unten abgesunken.
2. Überschiebungen: Der im Hangenden der Zerreißungskluft (des „Wechsels“) liegende Gebirgstheil ist über den andern herübergeschoben.
3. Verschiebungen: Der bewegte Gebirgstheil ist in söhlicher Richtung gegen den andern verschoben.

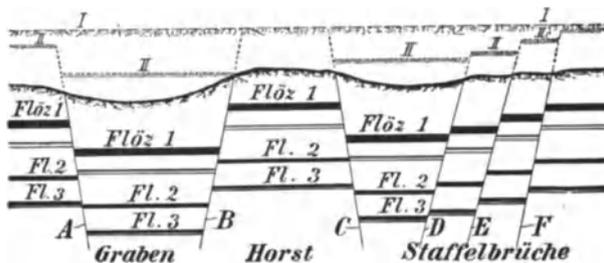


Abb. 7. Sprünge und ihre verschiedenen Wirkungen.

14. Verwerfungen oder Sprünge (Abb. 7) haben infolge des schrägen Absinkens der einzelnen Schollen zu einer größeren Raumbeanspruchung

durch diese geführt, sind also auf Zerrungsvorgänge in der Erdrinde zurückzuführen. Die gesunkene Scholle hat sich in der Regel mehr oder weniger in der Kluftebene gedreht, die Höhe des Verwurfs kann also an den verschiedenen Stellen ganz verschieden sein.

Haben mehrere benachbarte Sprünge im gleichen Sinne gewirkt, so entstehen Treppen- oder Terrassen-Verwerfungen, auch „Staffelbrüche“ (Abb. 7, rechts) genannt. Ist eine Scholle zwischen zwei abgesunkenen stehen geblieben, so bildet sie einen „Horst“ (vgl. Abb. 7, Mitte), ist sie dagegen zwischen zwei stehengebliebenen Schollen abgesunken, so liegt ein „Graben“ (Abb. 7, links) vor.

15. Ausrichtung von Sprüngen. Das Aufsuchen des verworfenen Stückes einer Lagerstätte hinter dem Sprunge wird als Ausrichtung des Sprunges bezeichnet.

Die meisten Verwerfungen verlaufen aus Gründen, die mit der Entstehung durch Zerrung zusammenhängen, spießwinklig oder querschlägig zum Streichen.

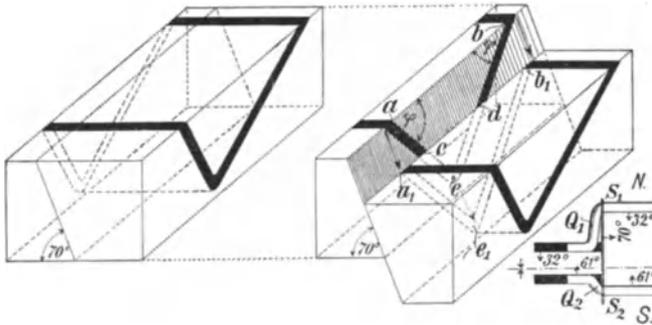


Abb. 8. Verwerfung einer Mulde durch einen Sprung.

Bei solchen Sprüngen kommt man (vgl. Abb. 8) in den weitaus meisten Fällen mit der alten Regel von v. Carnall aus: Führt man in der Lagerstätte das Hangende der Sprungkluft an, so hat man hinter dieser ins Hangende der Gebirgsschichten aufzufahren; fährt man das Liegende der Sprungkluft an, so hat man hinter ihr ins Liegende der Schichten aufzufahren.

Die Schnittlinie zwischen Sprungkluft und Lagerstätte ($a c e$ bzw. $b d e$ in Abb. 8) wird Kreuzlinie genannt.

Sind Sättel und Mulden von jüngeren Querverwerfungen zerrissen worden, so ist in einer und derselben Höhe das gesunkene Stück durch größere Breite (bei Mulden, Abb. 8) oder geringere Breite (bei Sätteln) von dem stehen gebliebenen zu unterscheiden (vgl. auch Abb. 9).

Bei geneigter Lage der Faltenachse, d. h. ungleichem Einfallen beider Flügel, kommt durch den Verwurf eine scheinbare sölilige Verschiebung der Faltenachse zustande, die sich im Grundriß der Abb. 9 durch ein Verspringen der ersten Muldenlinie und der zweiten Sattellinie (von Norden gezählt) äußert.

16. Überschiebungen sind dadurch gekennzeichnet, daß (Abb. 10) der im Hangenden der Kluft (des Wechsels) gelegene Gebirgstheil höher liegt als der im Liegenden der Kluft befindliche.

Überschiebungen haben nach der Abbildung stets ein „Doppelliegen“ der verworfenen Schichten zur Folge. Die Ausrichtung des verworfenen Gebirgstelles bietet daher keine Schwierigkeiten.

Der Entstehung nach stehen die Überschiebungen zu dem die Faltung bewirkenden Seitendruck in unmittelbarer Beziehung. Die stärksten Überschiebungen treten dort auf, wo der Seitenschub sehr stark gewesen ist und infolgedessen auch eine besonders kräftige Faltung stattgefunden hat.

Überschiebungen verlaufen wegen ihrer Entstehung durch den Faltungsdruck annähernd im Streichen der Schichten und fallen flach ein. An die Stelle der offenen Klüfte bei den Verwerfungen tritt hier ein mehr oder weniger stark zerriebenes Gebirgsmittel; demgemäß fehlt auch die Wasser- und Gasführung, wie sie für Sprungklüfte bezeichnend ist.

17. Verschiebungen sind Gebirgsstörungen, an denen entlang eine söhliche oder nahezu söhliche Bewegung eines Gebirgstelles stattgefunden hat. Die Kluft kann mit dem Streichen der Schichten gleichlaufen und sehr flach einfallen oder bei steilerem Einfallen einen mehr oder weniger querschlägigen Verlauf nehmen. Die letzteren Verschiebungen, die man auch wohl als „Blätter“ bezeichnet, sind die wichtigsten. Ein Beispiel zeigt Abb. 11. Ein Sprung 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. In manchen Fällen lassen auch Rutschstreifen einen Schluß auf die Bewegungsrichtung zu.

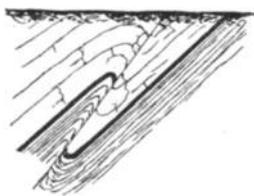


Abb. 10. Profil einer (recht-sinnigen) Überschiebung.



Abb. 11. Grundriß der Verschiebung von Zeche Schleswig bei Dortmund.

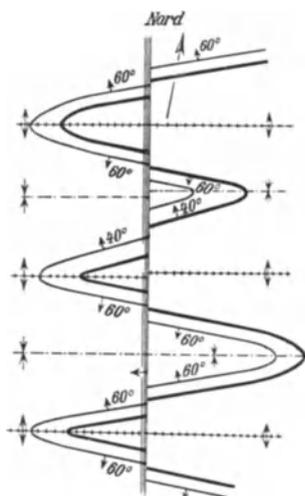


Abb. 9. Verwerfung einer Faltengruppe (Grundriß).

Verschiebungen sind dadurch entstanden, daß die einzelnen Gebirgstelle einem söhlichen 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. Diese verschiedenen Gesichtspunkte finden in der nachstehenden Übersichtstafel Berücksichtigung.

Überblick über die wichtigsten Arten der Lagerstätten.

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

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 (gleichalterige oder syngenetische Lagerstätten), und in solche, die später als das Nebengestein entstanden sind (spätergebildete oder epigenetische Lagerstätten).

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, Asbest, 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 gleichlaufende Begrenzungsflächen auszeichnet.

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



Abb. 12. Schematischer Schnitt durch einen Teil der Minette-Ablagerungen.
Nach van Wervecke.

20. Lager. Lager haben ihrer Entstehung und ihrem Verhalten nach 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 Kalisalzvorkommen, manche Braunkohlenablagerungen, die lothringischen Minettelagerstätten (Abb. 12), die reichen schwedisch - norwegischen Eisensteinvorkommen u. a. zu bezeichnen.

21. Gänge sind durch Ausfüllung von Zerungspalten, wie sie durch gebirgsbildende Vorgänge aufgerissen wurden, entstanden. 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.



Abb. 13. Idealprofil eines Erzganges.

Verlauf und Begrenzung der Gänge sind vollkommen unregelmäßig. Einige derartige Unregelmäßigkeiten veranschaulicht Abb. 13, 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 Nachbargange herstellen.

Das Einfallen der Gänge ist in der Regel steil, ihr Alter im Vergleich zum Nebengestein gering.

22. Stöcke und andere unregelmäßige Lagerstätten. Stöcke (Abb. 14) sind mehr oder weniger große, unregelmäßige, meist undeutlich begrenzte Gebirgskörper, die nutzbare Mineralien enthalten. Sie können sowohl zu den gleichalterigen, als auch zu den spätergebildeten Lagerstätten gehören.



Abb. 14. Später gebildete Eisenerz-Lager-, -Stöcke und -Nester auf Elba. Nach Fabri.
e Erz, dk dolomitischer Kalkstein, gl Glimmerschiefer, kes Kalk-Eisen-Silikatgestein.

Als Butzen, Linsen und Nester werden Stöcke von geringem Umfange bezeichnet (Abb. 14).

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

23. Seifen sind durch die zerstörende und später wieder abgelagernde 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 als Kies oder Sand 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, und genügende Widerstandsfähigkeit gegen chemische Zersetzung besaßen.

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 (Abb. 15) und Verdrückungen („Auskeilen“, Abb. 16) sowie als mehr oder weniger große Schwankungen in der ursprünglichen Mächtigkeit der Lagerstätten oder der eingelagerten Zwischenmittel,

b) der Mineralführung nach als örtliche „Versteinungen“ oder „Ver-taubungen“, Einlagerungen von Geröllen oder Konkretionen (z. B. Torf-dolomiten in der Kohle) oder von Gesteinskeilen (sog. „Mauern“) u. dgl.

Auch kommen vereinzelt Verkokungs-erscheinungen durch frühere vulkanische Aus-brüche vor.

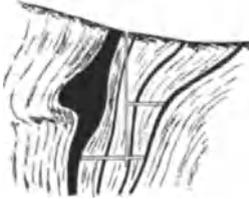


Abb. 15. Die „grande masse“ von Ricamarie bei St. Etienne. Nach Burat.



Abb. 16. Verdrückung.

Zweiter Abschnitt.

Schürf- und Bohrarbeiten.

I. Schürfen.

25. Schürfarbeiten. Dem Schürfen gehen zweckmäßig geologische Vor-untersuchungen voraus, die durch geophysikalische Feststellungen im Ge-lände ergänzt werden können. Zu den letzteren gehören insbesondere mag-netische Messungen, Schwerkraftmessungen, Prüfung der elektrischen Leit-fähigkeit oder des Verhaltens gegen Induktionströme und Messungen der Laufzeit von Erschütterungswellen (seismische Messungen).

Die eigentlichen Schürfarbeiten haben das Aufsuchen der nutzbaren Lagerstätten zum Ziel. Das einfachste Mittel für die Schürfarbeit selbst sind Schürfräben, die im Flözgebirge querschlägig zum Streichen geführt werden. Bei größerer Mächtigkeit des Deckgebirges treten Schürfschächte, im gebirgigen Gelände vielfach querschlägige Schürfstollen von Berg-abhängen aus an die Stelle der Schürfräben.

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

II. Tiefbohrung.

26. Anwendungsgebiet. Außer für Schürfzwecke findet die Tief-bohrung noch Verwendung für die Untersuchung der Lagerungsverhältnisse eines verliehenen Grubenfeldes (Aufschlußbohrungen), für die Erforschung der Deckgebirgsverhältnisse als Vorbereitung für das Schachtabteufen, für die Gewinnung nutzbarer Mineralien in flüssigem oder gasförmigem Zu-stande (Petroleum, Sole, Erdgas u. dgl.), sowie zu Hilfsbohrungen bei bergmännischen Arbeiten, namentlich bei der Ausführung des Gefrier-verfahrens.

A. Die Tiefbohrung in milden Gebirgsschichten und geringen Teufen.

27. Bohreinrichtungen. Für das Bohren in mildem Gebirge finden vorzugsweise drehend bewegte Bohrgezähe Verwendung. Das wichtigste, auch für größere Teufen brauchbare Drehbohrgezähe ist die Schappe (Abb. 17), 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 im Kopf des Bohrgezähes oder (bei tieferen Bohrungen) des Gestänges gesteckt werden.

In wasserführendem, sandigem Gebirge bevorzugt man das stoßende Bohren mit geschlossenen zylinderförmigen Behältern wie dem Ventilbohrer (Abb. 18), der mit einer Bodenklappe *a* oder einer Kugel unten verschlossen ist, durch Aufstauchen gefüllt und nach Füllung hochgezogen wird.

Als Hilfsvorrichtung genügt für solche Bohrungen in geringen Teufen (bis zu etwa 100 m) ein einfacher, dreibeiniger Bock nach Abb. 19, der mit



Abb. 17.
Schappe.



Abb. 18.
Ventilbohrer.

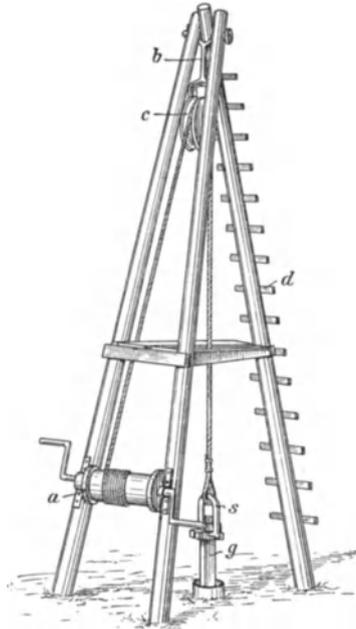


Abb. 19. Dreibein für kleine Drehbohrungen.

einer Rolle *c* für das Nachlaßseil, mit einer Trommel *a* für das Ab- und Aufwickeln des Seiles und mit Fahrsprossen *d* ausgerüstet ist.

Neuerdings macht man aber von dem zunächst nur für feste Gebirgsarten bestimmten Verfahren der Schnellschlag-Meißelbohrung (vgl. Ziffer 32) mit gleichem Erfolge auch für mildes Gebirge Gebrauch, sofern man auf die Gewinnung von Proben verzichten kann. Man bohrt dann mit Dickspülung (vgl. Ziff. 30).

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

a) Stoßendes Bohren.

1. Das Gestängebohren.

α. 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 schützen.

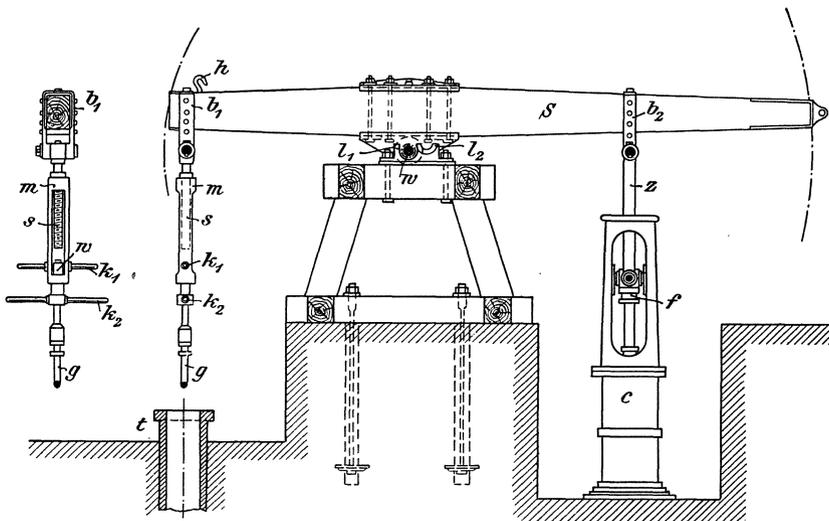


Abb. 20 Bohrschwengel mit Schlagzylinder

Über Tage ist ein Bohrturm für das Fördern und Aufhängen der Gestängestücke nebst den für Schmiede, Magazin, Schreibstube u. dgl. dienenden Anbauten erforderlich.

Die stoßende Auf- und Abbewegung des Gestänges kann bei geringen Teufen durch Menschenkraft erfolgen. Die Leute greifen am hinteren Ende eines meist aus zähem Holz bestehenden Bohrschwengels an, dessen Kopf das Gestänge trägt, oder ziehen an einem über eine Rolle geführten und das Gestänge tragenden Seil. Tiefere Bohrlöcher werden maschinell hergestellt.

Ein Beispiel für einen mit Dampf arbeitenden Schlagzylinder gibt Abb. 20. 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. für die 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. Abb. 31 auf S. 20 und Abb. 36 auf S. 24.)

Das Gestänge wird durch Vermittlung einer Nachlaß- oder Stellschraube, bestehend aus Spindel *s* und Mutter *m*, an dem Schwengelkopf aufgehängt. Für das Umsetzen nach jedem Schlage dient der Krückel *k*₂, für das Abdrehen der Stellschraube entsprechend dem Fortschreiten der Bohrung der Krückel *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 Vollgestänge sind. Die einzelnen Gestängestücke werden durch Verschraubung miteinander verbunden. Bei tieferen Bohrungen

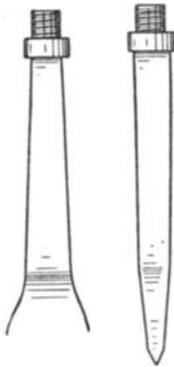


Abb. 21. Einfacher Bohrmeißel.

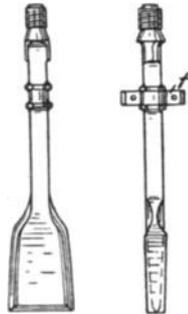


Abb. 22. Meißel mit Nachschneiden.



Abb. 23. Rutschschere nach Fauek mit Schwerstange u. Meißel.

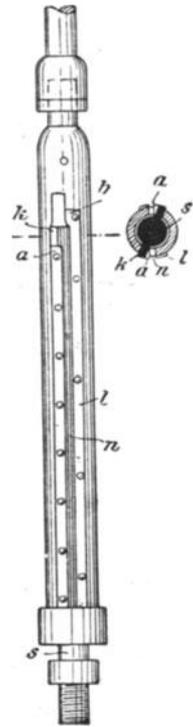


Abb. 24. Fabiansches Freifallgerät.

nimmt man sie möglichst lang, bis zu etwa 8—10 m, um mit möglichst wenig Verbindungsstellen auszukommen.

Das Bohrgestänge trägt unten den Meißel. Er hat in der Regel eine geradlinige, seitlich zugeschärfte Schneide (Abb. 21) und sollte immer aus bestem Tiegelgußstahl hergestellt werden. In klüftigem oder steil einfallendem Gebirge benutzt man auch Meißel mit Nachschneiden, von denen Abb. 22 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 Abb. 23), einer Eisenstange mit etwa 300—2000 kg Gewicht.

29. Rutschschere und Freifallvorrichtung. Zwischen Meißel bzw. Schwertstange und Bohrgestänge wird beim deutschen Bohren das untere Zwischenstück (Rutschschere oder Freifallvorrichtung) eingeschaltet. Die Rutschschere (Abb. 23) besteht aus zwei gegeneinander verschiebbaren Stücken, von denen das untere Stück unten die Schwertstange und den Meißel trägt und sich mit dem Kopfe *b* in dem Schlitze 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 das Gerät nach Fabian (Abb. 24). Das Freifallstück *s* trägt oben zwei Flügel *k*, die sich in den Schlitz *n* führen und durch den Ruck im Gestänge von ihren Sitzen *aa* 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 leichterer, bei Verwendung der Freifallvorrichtungen mit einer geringeren Anzahl kräftigerer Schläge.

30. 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 das Erhöhen von Gebirgskernen im laufenden Betrieb.

Eine besondere Art der Spülbohrung ist die sog. Dickspülung, bei der man 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 bildet und so ein Zubruchgehen der Bohrlochstöße auch ohne sofortiges Nachsenken der Verrohrung verhütet.

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

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. In festem, kluffreiem Gebirge bietet bei größerer Weite der Bohrlöcher die umgekehrte Spülung („Verkehrtspülung“) gewisse Vorteile.

Das Gestänge besteht in der Regel aus Mannesmann-Stahlrohren. Für die Verbindung, die stets durch Verschraubung erfolgt, gibt Abb. 25 Beispiele. Die verdickten Köpfe der beiden Rohre (Ausführung *f*) bzw. des

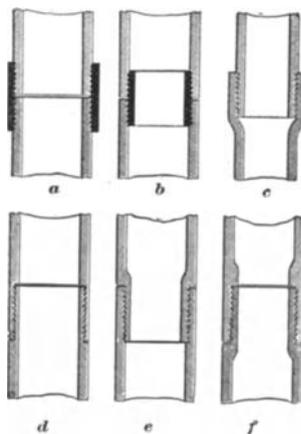


Abb. 25. Gestänge- und Bohrrohrverbindungen.

oberen Rohres (*e*) sowie die muffenartige Erweiterung (*e*) werden durch Anstauchen der Rohre hergestellt.

Der Spülstrom wird bei Abwärtsspülung durch einen Drehkopf („Holländer“, Abb. 26) in das Gestänge geführt. Die Druckwasserleitung mündet mittels eines seitlichen Stützens *l* in das Mantelstück *a*, das oben und unten mit Stopfbüchsen *b*₁ *b*₂ an das Kopfstück *k* des im Kugellager *r* drehbar aufgehängten Hohlgestänges angeschlossen ist und das Umsetzen ohne Unterbrechen der Wasserzuführung ermöglicht.

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.

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

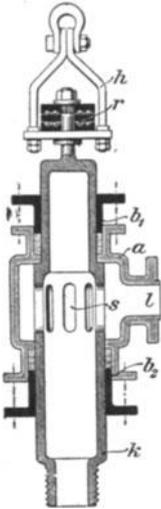


Abb. 26. Drehkopf.

1. Die Geräte, die beim Einlassen und Aufholen der Gestängestücke Verwendung finden, nämlich:
 - a) Der Förderstuhl (Krückelstuhl). Er dient zum Anschlagen des Gestänges an das Förderseil. Der in Abb. 27 dargestellte Förderstuhl

greift mit seiner Gabel unter den oberen Bund des Gestängestückes und hält dieses dann durch eine Klinke fest.

- 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) Das Bohrbündel (Bohrkluppe), ein Klemmstück, das fest an das Gestänge geklemmt werden kann, um daran Ketten, Seile u.dgl. anschlagen zu können.
 - d) Die Gestängeschlüssel (Abb. 28), die in ein- und zweimännischer Ausführung zum Halten, Drehen, An- und Abschrauben des Gestänges usw. fortwährend gebraucht werden.
2. Der Schlammlöffel, eine zylindrische Büchse nach Art des in Abb. 18 dargestellten Ventilbohrers. Er bringt den Bohrschlamm zutage, indem er nach einem Fortschritt von je 0,5—1,0 m mehrere Male eingelassen und durch Auf- und Abbewegen gefüllt wird.
 3. Die bei Betriebsstörungen und Unfällen zur Verwendung kommenden Geräte:
 - a) Der Glückshaken (Abb. 29). 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 Fangrichter 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 (Abb. 30), eine Fräterspindel aus gehärtetem Stahl, die sich in das Gestängerohr hineinschneidet und dann mit diesem hochgezogen wird.

Im äußersten Notfalle muß man, falls alle anderen Mittel versagen, um das durch schief gefallene und in die Stöße eingebohrte Gestängestücke usw. versperrte Bohrloch wieder frei zu machen, das Gestänge zerschneiden. Dazu dient

- d) der Fräser, ein dem Fangdorn ähnliches stählernes Gestängestück.

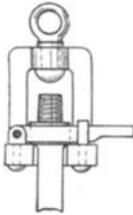


Abb. 27. Förderstuhl.



Abb. 28. Gestängeschlüssel.



Abb. 29. Glückshaken.



Abb. 30. Fangdorn.

β) Neuere Bohrverfahren.

32. Die Schnellschlagbohrung hat in den letzten Jahrzehnten 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 nach unten und oben geschleuderten Gestängemasse, welche die Federn abwechselnd stark ausdehnt und wieder zusammendrückt, 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 mit Schwengel und Seil arbeitenden Schnellschlag-Bohrkrans nach Wirth-Fauck wird durch Abb. 31 veranschaulicht. Der Bohrschwengel *a* schwingt um die Welle *b*, wobei sein Gewicht durch das Wälzlager *c* aufgenommen wird. Der

Antrieb erfolgt durch die hinten angreifende Zugstange d mittels des Exzenters e . Über die Welle f am Schwingenkopf läuft das Bandseil g , das durch die am Schwinghebel r mit Federung s verlagerte Leit- und Spannrolle q geführt wird und sich von der Nachlaßtrommel h abwickelt, welche letztere mittels des Schneckenradvorgeleges i und k je nach dem Fortschreiten der Bohr-

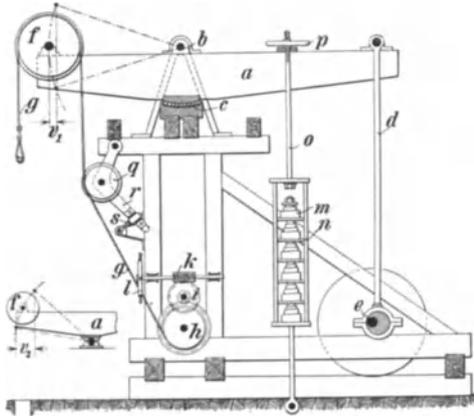


Abb. 31. Schnellschlag-Bohrkran Wirth-Fauck.
(Vereinfachte Darstellung.)

arbeit durch das Handrad l gedreht wird. Am Seile hängt durch Vermittlung des Spülkopfes das Bohrgestänge. Abgefedert wird der Schwingel durch die mit starken Pufferfedern m besetzte Federhaube n , deren Spannung mittels der Stange o durch das Handrad p geregelt werden kann. Die Einrichtung gestattet also das vollständige Abfedern des Gestänges und das genaue Einstellen der Höhenlage der Aufhängung.

Eine Ausführung der Schnellschlagbohrung mit Seil stellt der in Abb. 32 ver-

anschaulichte Bohrkrane von Haniel & Lueg dar. Der Schwingel a bewegt durch Vermittlung der an einem der Bolzen b_1 — b_4 angreifenden Zugstange c und der oben im Bohrturm verlagerten Schwinde d das Seil e , in dem das Gestänge mittels der Flaschenzugrolle f aufgehängt ist. Das Seil läuft dann weiter über die Rolle g zur Seiltrommel h . Der Schwingel seinerseits wird bewegt durch die Pleuelstange i , die ihren Antrieb von der Kurbel k aus erhält, deren Welle mit Hilfe eines Stirnradgetriebes von der Hauptantriebswelle m aus bewegt wird. Der Antrieb wird durch eine vom Antriebsmotor aus mittels des Riemens n gedrehte Riemenscheibe geliefert. Von der Hauptwelle m aus wird mittels eines Vorgeleges und einer Federbandkuppelung auch die Bewegung der Nachlaß- und Fördertrommel h abgeleitet, und zwar durch zwei je für sich auf der ersten Vorgelegewelle verschiebbare Stirnräder, die mit den entsprechenden Stirnrädern auf der zweiten Vorgelegewelle kämmen. Es kann also je nach Bedarf mit zwei verschiedenen Geschwindigkeiten gefördert werden. Auch für das Nachlassen des Gestänges sind zwei verschiedene Geschwindigkeiten vorgesehen. Das Spülwasser wird von der Pumpe w geliefert und mittels der festen Rohrleitung x und des Schlauches y dem Spülkopf z zugeführt.

Die Schnellschlagbohrung hat mit dem deutschen Bohren mit Zwischenstücken das Fernhalten 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 auch bei größeren Teufen mit hohen Schlagzahlen (60—100 in der Minute gegen etwa 60 mit Rutschschere und 30 mit Freifall) gearbeitet werden, weil die Antriebsmaschine nur sehr kurze Hübe (je nach der Tiefe 5—30 cm) zu machen braucht.

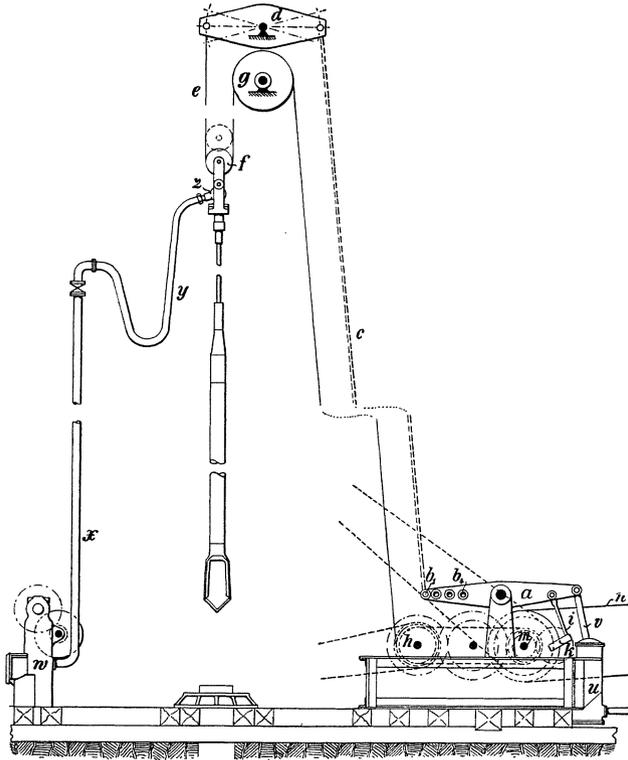


Abb. 32. Universal-Bohrkran von Haniel & Lueg in der Einstellung auf Seil-Schnellschlagbohrung. (Vereinfachte Darstellung.)

2. Das Seilbohren.

33. Ausführung und Anwendung. Beim Seilbohren hängt der Meißel an einem Seile aus bestem Manilahanf oder aus Aloëfaser. Der Antrieb erfolgt durch einen Bohrschwengel, das Nachlassen mittels einer Stellschraube, nach deren Abbohren 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 Hohlzylindern in größerem Umfange angewendet wird. Neuerdings wird bei dem Verfahren gleichfalls mit Rutschschere gebohrt, die Verklümmungen 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 das langwierige Zusammen- und Auseinanderschrauben des Gestänges beim Verlängern des letzteren und beim Aufholen und Einlassen des Meißels fortfällt. Mängel sind andererseits die unzulängliche Fühlung mit der Bohrlochsohle, das unvollkommene Umsetzen und die auf der Seildehnung beruhende Unsicherheit der Kraftübertragung vom Antrieb auf den Meißel. Wasserspülung ist nicht durchführbar, das Erbohren von Kernen schwierig und umständlich.

b) Drehendes Bohren.

1. Das Kernbohren.

34. Überblick. Beim Kernbohren wird mittels der sog. „Bohrkrone“ ein ringförmiger Raum im Gebirge ausgebohrt, in dessen Innerem ein Gebirgskern stehen bleibt, der von Zeit zu Zeit abgebrochen und gezogen werden muß. Die Bohrarbeit erfolgt stets mit Spülung. Man benutzt Diamant-, Schrot-, Stahl- und Hartmetallkronen.

35. Die Bohrkronen und die Kerngewinnung. Beim Diamantbohren ist die stählerne Bohrkrone (Abb. 33) mit einer Anzahl roher Diamanten besetzt, die bei der Drehung der Krone die Bohrlochsohle schabend und mahlend bearbeiten.

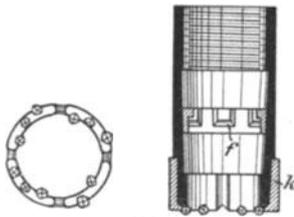


Abb. 33.

Diamantbohrkrone mit Kernfänger.

Von den Bohrdiamanten wird in erster Linie Zähigkeit (d. h. schwach ausgebildete Kristallisation) verlangt, die sie gegen Absplittern schützt. Die Steine werden so verteilt, daß die von ihnen bestrichenen Ringflächen sich gegenseitig ergänzen (Abb. 33); 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.

Die Schrotkrone ist eine glatte, mit schrägen Schlitzen versehene Krone, in die Stahlschrot eingefüllt wird, der durch einen besonderen Spülschlauch fortgesetzt in das Gestänge eingespült wird. Der Verbrauch an Schrot ist erheblich und beträgt 1—1,5 kg je lfd. m. Auch die Bohrkrone selbst wird stark abgenutzt, weshalb man zwecks Erneuerung öfter das Gestänge ziehen muß.

Die Stahlkronen sind mit herausgefrästen oder auch mit eingesetzten Stahlzähnen ausgerüstet und haben außen wie die Diamantkronen senkrecht oder schräg verlaufende Kanäle für das Spülwasser.

Bei den Hartmetallkronen werden Prismen aus Hartmetallen (Stellit, Volomit) als Zähne eingesetzt (Abb. 34). Diese Kronen bewähren sich auch in sehr festen und harten Gesteinen, so daß sie in den weitaus meisten Fällen die teuren Diamantkronen ersetzen können.

An die Bohrkrone schließt sich nach oben zunächst das Kernrohr *d* (Abb. 35) an. Es hat einen größeren Durchmesser als die Gestängerohre und

ist in der Regel bis 15 m lang. Mit dem Hohlgestänge *g* 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, auch die wieder zurücksinkenden Gesteinstücke auffangen soll.

Das Abbrechen des zu fördernden Kernes erfolgt meist mittels des Kernbrechers *f* in Abb. 33 (*c* in Abb. 35), eines innen mit scharfen Vorsprüngen versehenen, offenen und daher federnden Stahlringes.

Doppelkernrohre schützen den Kern durch ein Innenrohr gegen die Wasserspülung und ermöglichen so die Kerngewinnung auch in weichen Schichten (z. B. Steinkohle).

36. Die Antriebs- und Nachlaßvorrichtung ist je nach der zu erwartenden Bohrtiefe verschieden. In allen Fällen ist eine sachgemäße Belastung der Krone erforderlich. Diamantkronen dürfen z. B. nicht mit mehr als 300 bis 500 kg belastet werden. Bei großen Tiefen muß daher das Gestänge teilweise durch Gegengewichte oder durch gebremste Aufhängung ausgeglichen werden.

Bei den deutschen Diamantbohr-einrichtungen 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 Abb. 36. In der gezeichneten Stellung ist der zur Kurbelscheibe unter dem Schwengel *S* führende Treibriemen abgeworfen und an seine Stelle ein Riemen- oder Seil-antrieb *t* für die auf der zweiten Turmbühne über das Bohrloch gefahrere 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 Vermittelung des sog. Arbeitsrohres *a* mitgenommen. Dieses ist seinerseits mit einer Nut versehen, durch die eine Rippe im Antriebskegelrad hindurchgeht, und mit dem Gestänge durch Klemmkuppelungen k_2 gekuppelt. Ist das Arbeitsrohr abgebohrt, so wird es vom Gestänge abgekuppelt, hochgezogen und wieder mit dem inzwischen verlängerten Gestänge verbunden. Das Spülwasser wird von der Pumpe *P* angesaugt und durch die Rohrleitung *w*, den Schlauch *s* und den Drehkopf *d* in das Hohlgestänge *g* gedrückt. Soll zum Meißelbohren übergegangen werden, so wird nur das

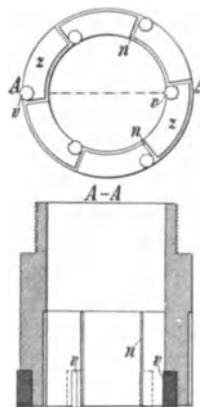


Abb. 34. Bohrkronen mit Volomitprismen.

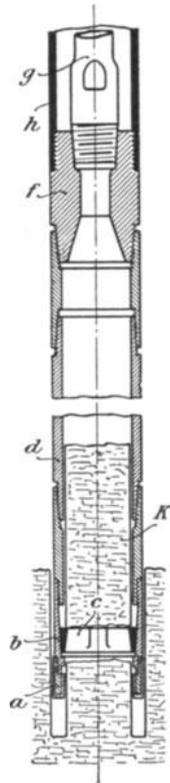


Abb. 35. Diamantbohrkronen mit Kernrohr und Hohlgestänge.

Treibseil t abgeworfen und dafür die Kurbelscheibe unterhalb des Schwengels mit der Antriebscheibe durch einen Riemen verbunden.

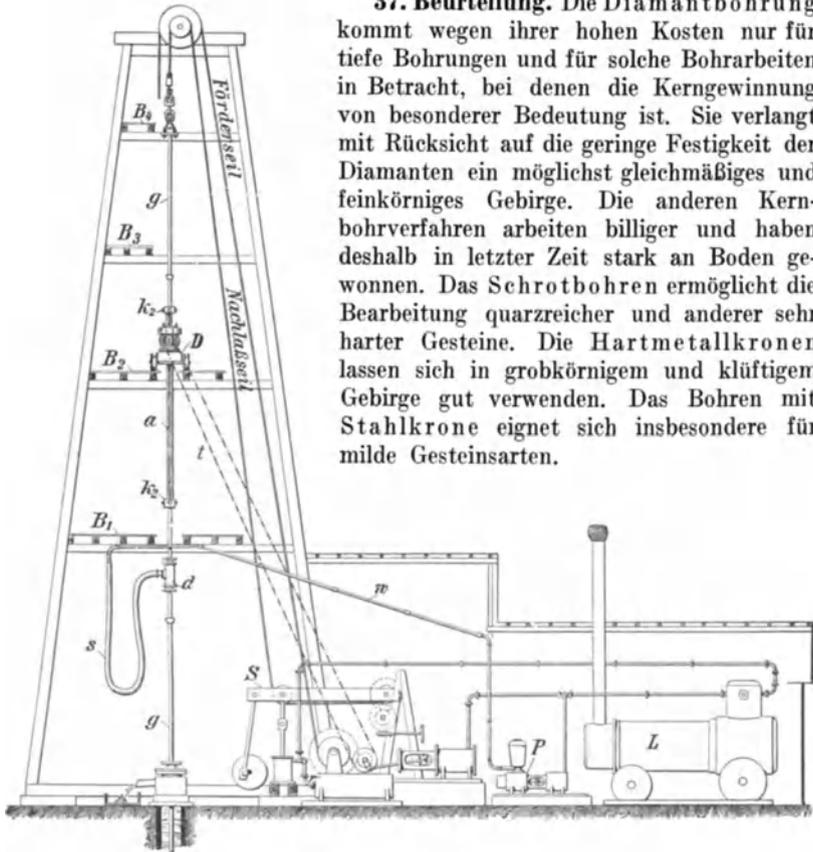


Abb. 36. Bohranlage für abwechselnde Meißel- und Diamantbohrung.

Allen Kernbohrungen haftet der den Drehbohrungen überhaupt eigentümliche Nachteil an, daß sie leicht aus dem Lot kommen.

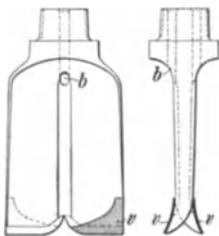


Abb. 37. Fischechwanzbohrer.

Das Gestänge mit dem Bohrer hängt (Abb. 38) am Seile d in einem starken

37. Beurteilung. Die Diamantbohrung kommt wegen ihrer hohen Kosten nur für tiefe Bohrungen und für solche Bohrarbeiten in Betracht, bei denen die Kerngewinnung von besonderer Bedeutung ist. Sie verlangt mit Rücksicht auf die geringe Festigkeit der Diamanten ein möglichst gleichmäßiges und feinkörniges Gebirge. Die anderen Kernbohrverfahren arbeiten billiger und haben deshalb in letzter Zeit stark an Boden gewonnen. Das Schrotbohren ermöglicht die Bearbeitung quarzreicher und anderer sehr harter Gesteine. Die Hartmetallkronen lassen sich in grobkörnigem und klüftigem Gebirge gut verwenden. Das Bohren mit Stahlkrone eignet sich insbesondere für milde Gesteinsarten.

2. Vollbohrung.

38. Das Rotaryverfahren, ein in Nordamerika zuerst angewandtes Drehbohrverfahren, arbeitet mit Dickspülung und hat sich, obwohl zunächst nur für milde Gebirgsarten berechnet, auch für festere Schichten bewährt. Zum Bohren dient ein „Fischechwanzbohrer“ (Abb. 37), dessen Schneiden geschweift ausgebildet und im Drehsinne leicht nach vorn gebogen sind.

Flaschenzug, dessen Tragrollen oben im Bohrturm verlagert sind, und ist am Fuße des Bohrturms in einen Drehtisch eingespannt, dessen Drehungen es mitmacht. Dieser erhält seinen Antrieb mittels der Ketten $k_1 k_2$, die von einer zweiten Vorgelegewelle des Bohrkranes aus angetrieben werden. Es wird mit etwa 60—100 Umdrehungen in der Minute gebohrt. Für härtere Schichten werden die Bohrer mit Stelliteschneiden versehen; auch werden Bohrer mit Schneidrollen verwendet.

Bei dauernder Erhaltung der Dickspülung kann man große Teufen erreichen, ohne eine Verrohrung nachsenken zu müssen.

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

39. Die Verrohrung von Bohrlöchern soll in erster Linie Störungen der Bohrarbeit durch Nachfall verhüten. Soll das Bohrloch für die Förderung von Erdöl, Sole u. dgl. nutzbar gemacht werden, so dient die Verrohrung auch dazu, eine Verdünnung dieser Flüssigkeiten durch Wasser aus anderen Gebirgschichten zu verhindern.

In der Regel werden für die Verrohrung schmiedeeiserne und Stahlrohre verwendet. Sie werden meist durch Verschraubung verbunden. Außen glatte Rohrverbindungen nach Abb. 25 *b* und *d—f* haben den Vorzug, daß 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 örtlicher 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 Abb. 39 dargestellten Ziehvorrichtung angesehen werden kann.

Kann eine Verrohrung nicht tiefer gebracht werden, so muß eine zweite, nach Bedarf auch eine dritte, vierte usw. von jedesmal entsprechend geringerem Durchmesser eingebracht werden. Doch kann man unter Um-

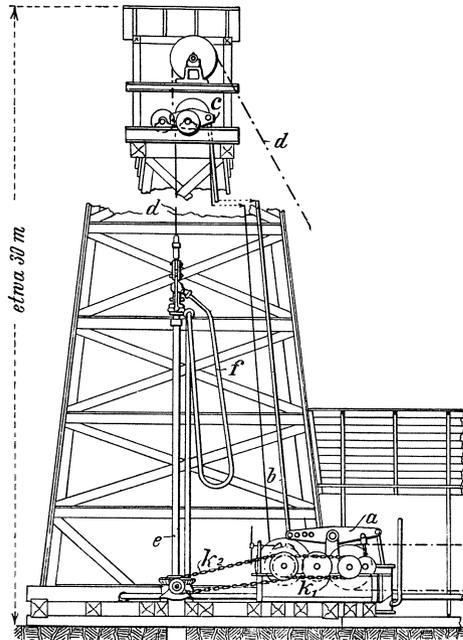


Abb. 38. Universal-Bohrkran von Haniel & Lueg mit Einstellung auf Rotary-Bohrung.

ständen durch Unterschneiden eines Rohrsatzes mit Hilfe von Erweiterungsbohrern eine steckengebliebene Verrohrung noch tiefer bringen. Als Beispiel eines Erweiterungsbohrers sei der Exzentermeißel nach Abb. 40 erwähnt, der in schräger Lage durch die Verrohrung hindurchgeht, unten aber infolge der seitlichen Lage seines Schwerpunktes sich in die gezeichnete Lage stellt.

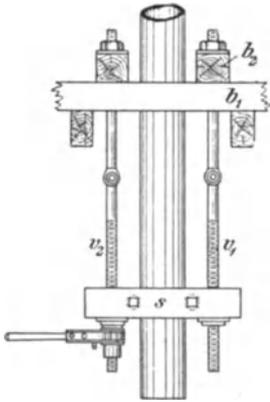


Abb. 39. Rohr-Ziehvorrichtung.



Abb. 40.
Exzenter-
meißel.

Sollen Rohrsätze, die sich in einem Bohrloch festgeklemmt haben, gezogen werden, so sind besondere Hilfsmittel erforderlich. Ein solches ist beispielsweise die in Abb. 39 abgebildete Ziehvorrichtung, bestehend aus einem Röhrenbündel s , das über Tage fest an den zu hebenden Rohrsatz angeklemt und durch Andrehen der Muttern der Schraubenspindeln v_1, v_2, v_3 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 Herstellen von waagerechten

Schlitzen mit verschieden gestalteten Rohrschneidern oder -sägen geschieht.

40. 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 aber auch die Feststellung der Lagerungsverhältnisse der Schichten wichtig. Diese erfolgt mittels der sog. „Stratameter“, die darauf beruhen, daß Kerne erbohrt und entweder diese 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. Heute werden aber wegen der Beeinflussung der Stellung der Magnetnadel durch die Eisenmassen der Verrohrung andere Hilfsmittel bevorzugt, bei denen die Verwendung von Magnetnadeln vermieden wird.

Das Gefrierverfahren beim Schachtabteufen hat ferner die Feststellung der Abweichungen der Bohrlöcher von der Lotlinie besonders wichtig gemacht. Hier sei insbesondere das mit dem Bohrloch-Neigungsmesser von Dr. Anschütz arbeitende Lotverfahren der Gesellschaft für nautische Instrumente m. b. H. in Kiel erwähnt, bei dem durch einen Kreisellkompaß zwei in einer Drehbüchse laufende, zueinander senkrecht gelagerte Papiertrommeln mit ihren Achsen dauernd in der Nord-Süd- bzw. Ost-West-Richtung gehalten und so die alle 2 m durch elektrische Fernsteuerung bewirkten Einschläge von zwei Pendelspitzen nach Richtung und Größe festgelegt werden.

41. Die Bohrleistungen je Tag oder Stunde sind außer von der Härte des Gesteins auch von den durch Ein- und Ausfordern des Meißels oder Schlammloffels, durch Verklemmungen, Gestängebrüche, Fangarbeiten, Stratomermessungen u. dgl. verursachten Zeitverlusten abhängig. Man rechnet im allgemeinen für die Schnellschlagbohrung 8—20 m durchschnittliche Tagesleistung, mittelfestes Gebirge vorausgesetzt. Für die Kernbohrung belaufen sich die durchschnittlichen Tagesleistungen, da das Kernziehen viel Zeit erfordert, auf etwa 3—8 m. Die besten Stundenleistungen können für die Schnellschlagbohrungen mit 7—15 m, für die Kernbohrung mit 3—4 m angenommen werden.

Der Kraftbedarf beträgt je nach der Bohrtiefe für die Stoßbohrung 5—40 PS, für die Kernbohrung 15—100 PS und für die Rotarybohrung 50—150 PS.

D. Die Söhlig- und Schrägbohrung.

42. Überblick. Die Söhlig- und Schrägbohrung wird besonders für unterirdische Schürfarbeiten verwendet. Sie kann wesentlich billiger und schneller ausgeführt werden als das Auffahren von Untersuchungsquerschlägen. Der Erz- und Kalisalzbergbau mit ihren unregelmäßigen Lagerstätten machen daher vielfach von diesem Verfahren Gebrauch. Die Möglichkeit der Kerngewinnung sichert hier dem Kernbohrverfahren die Herrschaft.

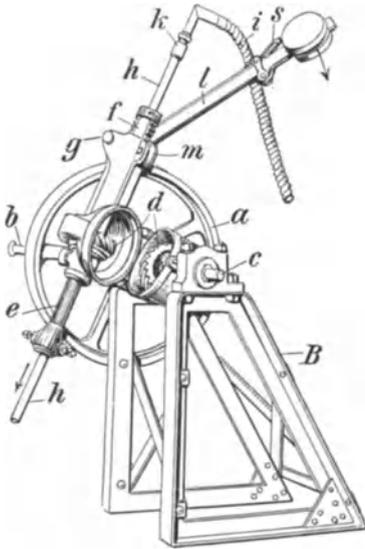


Abb. 41. Schürfbohrvorrichtung von Lange, Lorecke & Co.

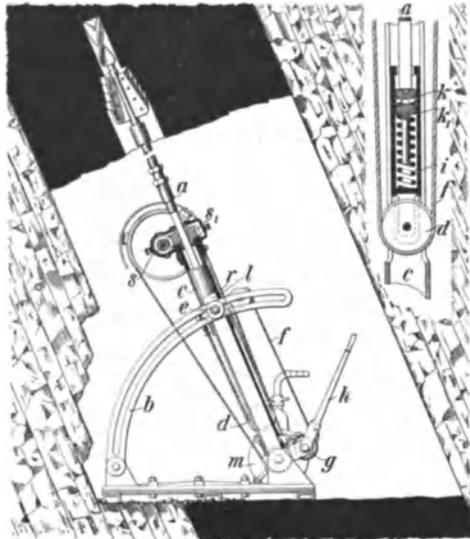


Abb. 42. Drehend arbeitende Überhau-Bohrmaschine.

Bei der nur geringen Gestängelast genügt ein einfaches Bock- oder Rahmengestell als Verlagerung für die ganze Bohreinrichtung. Eine Verrohrung ist nicht erforderlich, würde sich auch wegen der räumlichen Benennung der Arbeit und wegen des bogenförmigen Verlaufs der Bohrlöcher

infolge der Durchbiegung des Gestänges nur sehr schwierig einbringen lassen.

Um in allen 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.

43. Ausführung der Bohrvorrichtungen. Als Beispiel für ein solches Bohrverfahren sei dasjenige der Firma Lange, Lorcke & Co. in Dresden angeführt, die die Bauart des schwedischen Ingenieurs Craelius weiter ausgebildet hat. Die in Abb. 41 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 das 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 die Abbildung veranschaulicht, das Bohrloch freigegeben werden.

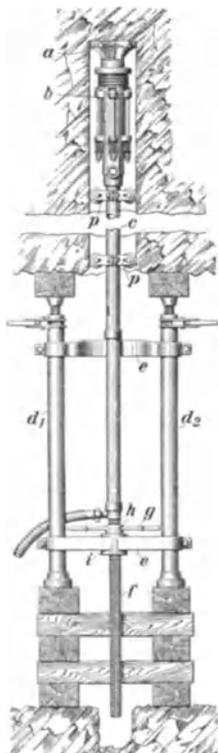


Abb. 43. Schlagend arbeitende Aufbruchbohrmaschine der Aufbruchbohrergesellschaft m. b. H. in Bochum.

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. Der Druck auf die Bohrkronen wird einfach durch Verschieben des Gewichtes auf dem Hebel *l* geregelt. Das Spülwasser tritt durch den Schlauch *i* und durch Vermittelung eines Drehkopfes *k* ein.

Die Bohrfortschritte bei diesem und ähnlichen Verfahren 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 Bohrlochdurchmessern (60–70 mm) und Tiefen (120–160 m). Die Kosten betragen etwa 12–30 *M* je Meter.

44. Überhau- und Aufbruchbohrmaschinen sollen Löcher zum Zwecke der Wetterlösung entweder in der Flözebene oder quer durch das Nebengestein herstellen. Der Lochdurchmesser muß deshalb verhältnismäßig groß sein und beträgt in der Regel 250–300 mm. Die Herstellung 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 Gesteins Härte und bei größeren Lochlängen, nehmen die Schwierig-

keiten schnell zu; bei Bohrlochlängen von mehr als 30 m werden die Bohrlochabweichungen vielfach so erheblich, daß das Loch seinen Zweck verfehlt.

In der Kohle arbeitet man gewöhnlich drehend. Abb. 42 zeigt eine der am meisten gebrauchten Überhau-Bohrmaschinen, wie sie von der Maschinenfabrik H. Korfmann in Witten geliefert wird.

Auf der Grundplatte der Vorrichtung ist ein kleiner Drehkolbenmotor m von etwa 5 PS angeordnet, der mittels des Riemens r , der Schnecke s und des Schneckenrades s_1 das Gestänge a und damit das Bohrwerkzeug dreht. Der Vorschub des Gestänges und die Druckregelung während der Bohrarbeit geschieht durch Hochwinden einer in Schlitzen des Rohres c geführten Rolle d mittels des Seiles f , des Windwerks g und der Ratsche h . Die Rolle d trägt das Rohr i (vgl. Nebenzeichnung), in dem auf einer starken Spiralfeder das Kugellager kk_1 ruht, das seinerseits das Widerlager für den Gestängefuß bildet. — Man kann mit solchen Maschinen je nach der Härte der Kohle und der Weite des Loches Leistungen von etwa 3—4 m stündlich erzielen. Die Leistung je Schicht beträgt etwa 20—25 m.

Für härteres Gestein benutzt man schlagend wirkende Maschinen (s. Abb. 43). Der Bohrmeißel a der Hammerbohrmaschine (s. S. 42 u. f.) 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 als Preßluftzuleitung dient. Der Vorschub wird mittels einer die untere Verlängerung des Gestänges bildenden Schraubenspindel f durch Drehen der mit Handhebeln g versehenen Schraubennutter h bewirkt, die unter Zwischenschaltung eines Kugellagers auf dem Mittelteil i des Querarmes e verlagert ist. In der achtstündigen Schicht erzielt man Leistungen von 0,8—2,0 m.

Dritter Abschnitt.

Gewinnungsarbeiten.

I. Einleitende Bemerkungen.

45. 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 Bergmann 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 Erreichen einer gewissen Leistung.

46. 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 entsprechend erhöht oder gesenkt werden. Auch im Bergbau sind neuerdings überall Tarifverträge eingeführt, wobei man aber das Einzelgedinge nicht ganz fallen ließ. Die Tarifverträge sehen deshalb neben einem festen Grundlohn, der in jedem Falle voll gezahlt wird, Mindestlohnsätze vor, die mittels des Gedinges erreicht werden müssen.

47. Grade der Gewinnbarkeit. Je nach der mehr oder minder schwierigen 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, Quarzkonglomerat).

II. Vorwiegend mit der Hand ausgeführte Gewinnungsarbeiten.

48. Die Wegfüllarbeit geschieht mittels der Schaufel, des Spatens oder der Kratze mit Trog. Schaufel und Spaten (Abb. 44), die aus Blatt und



Stiel bestehen, dienen einerseits zum Abstechen milden Gebirges und anderseits zum Aufnehmen des Haufwerks. Die Arbeit mit Kratze und Trog (Abb. 45) wird bei grobstückigen Massen, die sich schlecht schaufeln lassen, vorgezogen.

49. Die Keilhauenarbeit wird zur Hereingewinnung milden Gebirges benutzt. Das Gezähe ist die einfache Keilhaue (Abb. 46 a und b), bestehend aus Blatt und Stiel oder Helm, die doppelte Keilhaue oder Kreuzhacke (Abb. 46e), die Keilhaue mit auswechselbaren Einsatz-

spitzen (Abb. 46 c und d) oder mit auswechselbarem Blatt (Abb. 46 g). Die Auswechselbarkeit der Spitze oder des Blattes gestattet ein leichtes Schärfen, da nicht die ganze Keilhaue zur Schmiede gebracht zu werden braucht. Die Schrämeisen (Abb. 47) 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 Schrampacken. Für Arbeiten über Tage in milden Gebirgsarten gebraucht man die Breit- oder Rodehaue (Abb. 46 f).

50. Die Hereintreibearbeit 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,

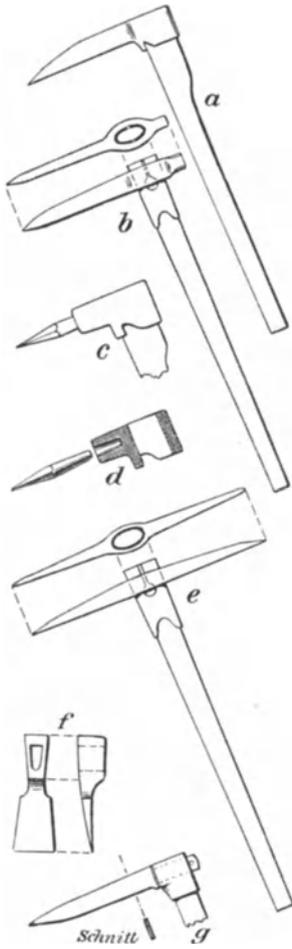


Abb. 46. Keilhauen.



Abb. 47. Schrämeisen.



Abb. 48. Fäustel.

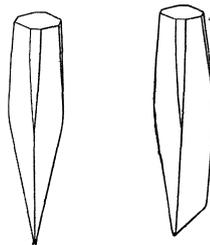


Abb. 49. Spitz- und Breitkeil.

mit Schlägel und Eisen. Das Fäustel (Abb. 48) gebraucht man auch bei der Bohrarbeit. Der Keil ist entweder ein Spitzkeil oder ein Breitkeil (Abb. 49). Obwohl heute die Hereintreibearbeit 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 Sprengarbeit

vermieden werden soll (Abdämmungsarbeiten, Schachtabteufen) oder wo Schlagwettergefahr besteht, noch eine nicht unerhebliche Bedeutung.

Die Wirkung der Hereintreibarbeit hat man durch Anwendung wirksamerer Keilvorrichtungen (Rammkeile, Schraubenkeile, Druckwasser-Abtreibvorrichtungen) zu verbessern gesucht, ohne daß man aber mit solchen Geräten auf die Dauer gute Erfolge hätte erzielen können.

III. Maschinenmäßige Gewinnungsarbeiten.

A. Die Arbeit mit Abbauhämmern.

51. Bauart der Abbauhämmer. Der Abbauhämmer ist eine Preßluftmaschine und besteht (Abb. 50) aus Griff, Zylinder und Werkzeug. Der Griff dient zum Halten der Maschine; an ihm ist der Luftanschluß ange-

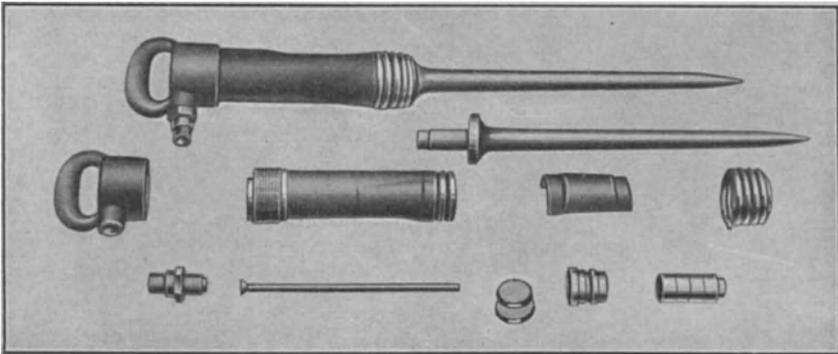


Abb. 50. Hauhino-Hammer. Oben: Gesamtansicht im zusammengebauten und zerlegten Zustande; dazwischen das Werkzeug; darunter von links nach rechts: Anschlußnippel, Anlaßnadel, Begrenzungsscheiben, Rohrschieber, Arbeitskolben.

bracht. Zwischen Griff und Arbeitszylinder befindet sich die Umsteuerung. Im Zylinder wird durch die wechselseitig eintretende Preßluft der Schlagkolben 750—1200 mal in der Minute hin- und hergetrieben, wobei der in den Zylinder ragende Kopf des Werkzeugs ebensoviel Schläge empfängt. Dieses ist ein Spitzeisen, das vorn fimmel- oder lanzenartig ausläuft.

Die hauptsächlichsten Unterschiede in der Bauart liegen in der Anordnung der Steuerung und der damit verbundenen Teile. Steuerungen allein durch Luftkanäle, die durch den Arbeitskolben je nach seiner Stellung geöffnet und geschlossen werden, haben sich trotz ihrer Einfachheit nicht einbürgern können. Es sind also stets Steuerungskörper vorhanden, die durch Preßluft bewegt werden. Man unterscheidet hierbei Ventilsteuerungen, bei denen das Öffnen und Schließen der Steuerkanäle durch Abheben und Wiederauflegen eines Verschlussstückes von der und auf die Kanalöffnung geschieht, und Schiebersteuerungen, bei denen durch Verschieben des in einer zylindrischen Bohrung gleitend angeordneten Steuerkörpers die Kanäle geöffnet und geschlossen werden. Schiebersteuerungen sind für langhüblig

Werkzeuge besser geeignet; insbesondere werden Rohrschieber bevorzugt. Abb. 51 zeigt eine entsprechende Steuerung der Hauhineo G. m. b. H. zu Essen. Es ist der Arbeitszylinder mit *a*, der Schlagkolben mit *b*, das Werkzeug mit *c* und der Steuerungs-Rohrschieber mit *d* bezeichnet. Durch das Andrücken des Werkzeugs *c* gegen die Kohle wird die Anlaßnadel *e* zurückgedrückt und das Einlaßventil geöffnet, und der Hammer springt an. In der Stellung des oberen Bildes tritt Frischluft durch Kanal *g* hinter den Arbeitskolben und treibt diesen nach links, während der Rohrschieber *d* durch den Druck der Frischluft auf seine große Endfläche in seiner Stellung gehalten wird.

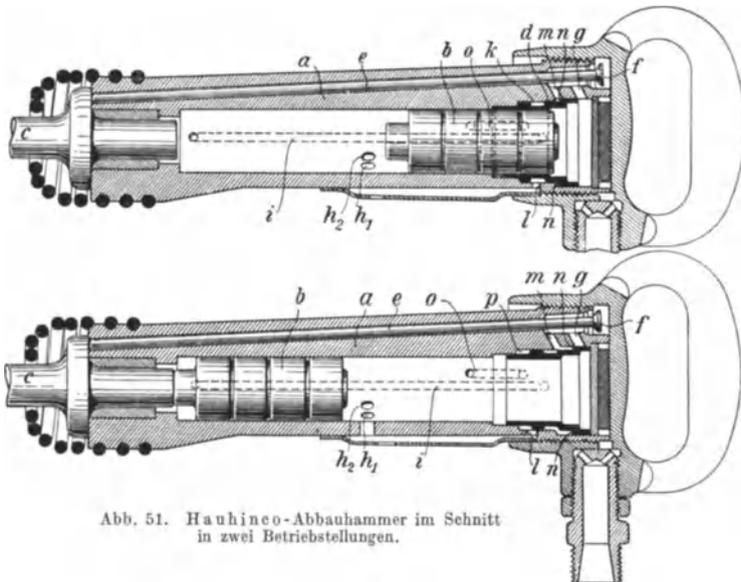


Abb. 51. Hauhineo-Abbauhammer im Schnitt in zwei Betriebsstellungen.

Die Abluft vor dem Arbeitskolben pufft zunächst durch die Kanäle $h_1 h_2$ und, sobald diese vom Kolben überdeckt sind, über den Kanal *i*, den Steuerungs-Ringraum *k* und die Öffnung *l* aus. Sobald der Kolben die Auspufflöcher $h_1 h_2$ überlaufen und freigelegt hat, tritt eine Entlastung des Raumes hinter ihm ein. Die über den Kanal *m* auf die Stufe *n* des Rohrschiebers wirkende Druckluft wirft ihn in die rechte Endlage (s. unteres Bild). Jetzt tritt Frischluft über *m*, Ringraum *k* und Kanal *i* vor den Arbeitskolben und treibt diesen zurück. Die Abluft kann nach Überschleifen des Hauptauspuffs $h_1 h_2$ noch über den Kanal *o* und den Ringraum *p* nach *l* auspuffen. Sobald auch Kanal *o* überschleift ist, wird im hinteren Zylinderende die Luft zusammengedrückt bis zu dem Grade, daß der Rohrschieber *g* entgegen der Kolbenbewegung in die Stellung des oberen Bildes gedrückt wird. Das Spiel beginnt von neuem.

Das Gewicht der in Abbaubetrieben benutzten Hämmer schwankt zwischen 5 und 14 kg. Die schweren Hämmer werden, soweit es die Lagerungsverhältnisse gestatten, bevorzugt. Der Luftverbrauch beträgt etwa 30 bis 40 m³/h. Für besondere Zwecke, z. B. beim Abteufen von Schächten und

Nachreißen der Strecken, verwendet man mit gutem Erfolge sehr schwere Hämmer mit einem Gewicht bis zu 33 kg.

52. Arbeitsweise. Die Abbauhämmer werden bei der Arbeit in der Kohle entweder zum Schrämen und zu der darauf folgenden Hereingewinnung oder unmittelbar lediglich für den letzteren Zweck benutzt. Beim Schrämen bewähren sich die Abbauhämmer namentlich in dünnen Flözen mit Bergemitteln oder Nachfallpacken im Hangenden, in denen die Schießarbeit die Kohle stark verunreinigen würde. Bei der unmittelbaren Hereingewinnung der Kohle hat man die besten Erfolge in einer von Schlechten und Ablösungen durchsetzten Kohle. Man arbeitet mit den Abbauhämmern so, daß man das Werkzeug auf der Ablösung ansetzt und die Kohle nach der freien Seite hin gleichsam abschält. Wo es zugänglich ist, arbeitet man von oben nach unten, da dann das Gewicht des Hammers unmittelbar auf das Werkzeug drückt und der Hauer weniger angestrengt wird.

Außer zur Kohlegewinnung braucht man die Abbauhämmer zu verschiedenen Nebenarbeiten, wie z. B. zum Nachreißen des Nebengesteins, Herstellen der Bühlöcher u. dgl.

Die Jahresleistung eines Hammers bei der Kohlegewinnung beträgt jährlich etwa 1400 t, die tägliche Leistung steigt auf 10 t und darüber.

B. Die Arbeit mit Schrämmaschinen.

53. Allgemeines. Einteilung. Die maschinenmäßige Schrämarbeit wird hauptsächlich in nicht besonders mächtigen Flözen angewandt. Erreicht die Flözmächtigkeit etwa 2—2,5 m, so werden in der Regel genügend freie, die Gewinnung begünstigende Flächen vorhanden sein, so daß die Herstellung eines Schrams sich nicht sehr lohnt. Steile Lagerung behindert die Anwendung der schweren Maschinen. Man bedient sich der Schrämarbeit im Abbau und beim Streckenvortrieb.

Die Maschinen arbeiten stoßend oder schneidend oder bohrend. Der Antrieb geschieht durch Druckluft oder elektrischen Strom.

54. Stoßend wirkende Schrämmaschinen, die auch als Säulenschrämmaschinen bezeichnet werden, sind Stoßbohrmaschinen bekannter Bauart, die aber mit einer Schrämkrone statt des Meißels ausgerüstet und mittels eines Führungsektors mit Drehstück an einer Spannsäule schwenkbar befestigt sind.

Nachdem die Spannsäule aufgestellt ist, wird der Führungsektor parallel zu dem herzustellenden Schram oder Schlitz in der an der Säule verschiebbaren Kluppe befestigt (Abb. 52). In dem Auge des Sektors sitzt das Drehstück, in dessen Auge die Bohrmaschine angebracht wird. Geschwenkt wird die Maschine mittels einer Kurbel, deren mit Schneckengewinde versehene Achse im Drehstück verlagert ist und in die Zähne des Führungsektors eingreift. Die Kolbenstange trägt die Schrämstange mit der Schrämkrone. Der Vorschub der Maschine erfolgt in der bei der Bohrarbeit üblichen Weise mit der zweiten in der Abbildung sichtbaren Kurbel. Ist die ganze Vorschubspindel ausgenutzt, so wird die Maschine zurückgezogen, die Stange herausgenommen und durch eine längere ersetzt usw., bis der Schram die genügende Tiefe hat.

Von einem Aufstellungspunkte aus kann man mit einer Säulenschrämmaschine einen Schram von 4—5 m Breite und 2—3 m Tiefe herstellen.



Abb. 52. Säulenschrämmaschine, Ausführungsform der Demag.

Ein geübter Hauer unterschrämt in der Stunde bequem 2—3 m². Beim Streckenauffahren leisten diese Maschinen Vorzügliches. Für den Abbau sind ihre Leistungen im allgemeinen zu gering. Hier sind besser am Platze die Strebschrämmaschinen.

55. Schneidend wirkende Schrämmaschinen. Die Arbeitsweise dieser Maschinenart im Abbau als „Strebschrämmaschinen“ erhellt aus der Abb. 53. Die durch Preßluft oder elektrischen Strom angetriebene Maschine *a* fährt 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 Abbildung) oder eine Hobelkette sein kann, schneidet dabei den Schram auf etwa 1—1,5 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 m²

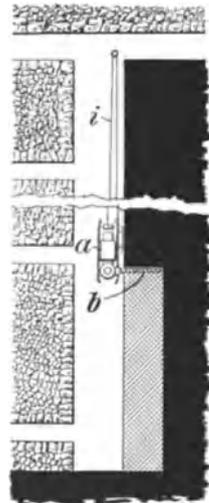


Abb. 53. Arbeitsweise der Strebschrämmaschinen.

Als Beispiel sei zunächst die Stangenschrämmaschine genannt, die mit einer mit „Picken“ besetzten Schrämwelle arbeitet (Abb. 54). Die Schrämstange ist mittels eines drehbaren Übertragungswerkes um über 180° schwenkbar, so daß sie rechts oder links von der Maschine 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

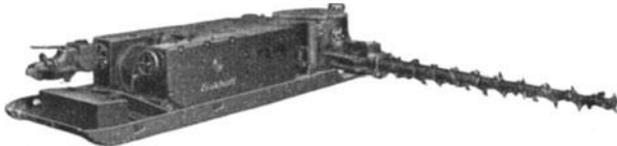


Abb. 54. Ansicht der Stangenschrämmaschine.

selbst den Einbruch herstellt. Die Schrämstange macht außer ihren Umdrehungen bei der Arbeit noch in ihrer Längsrichtung eine hin- und hergehende Bewegung mit einem doppelt so weiten Ausschlag, wie die Entfernung zwischen zwei Picken beträgt. Hierdurch wird erreicht, daß in dem Schram keine Rippen stehen bleiben und daß bei Bruch einer Picke deren Arbeit von den Nachbarpicken mitgeleistet werden kann.

Abb. 55 zeigt sodann eine Kettenschrämmaschine. Bei dieser sind die Schneidwerkzeuge auf einer um einen schwenkbaren Ausleger laufenden Kette angeordnet. Gegenüber der Stangenschrämmaschine besteht der Nach-

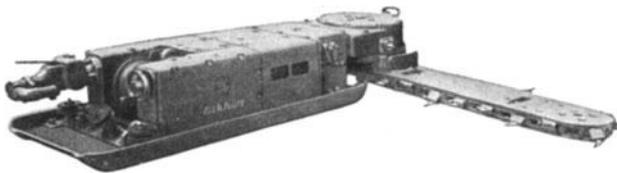


Abb. 55. Kettenschrämmaschine.

teil, daß der Ausleger in druckhafter Kohle leicht festgeklemmt wird, jedoch der Vorteil, daß ein gröberes Schramklein fällt, dieses schneller aus dem Schram befördert wird und die Leistung namentlich in harter Kohle besser ist.

Beim Gebrauch solcher Maschinen für den Streckenvortrieb gibt man der Schrämstange oder dem Ausleger der Schneidkette eine etwas größere Länge, um eine größere Streckenbreite von einem Aufstellungspunkte aus abschrämen zu können; auch richtet man die Maschine wohl so ein, daß man mit ihr kerben kann. Abb. 56 zeigt eine solche Ausführung. Hier ist zwischen Motor *m* und Schwenkkopf *s* ein in senkrechter Ebene stehendes Zahnradgetriebe *a* geschaltet, mittels dessen man den Schrämkopf um volle 360° herumschwenken kann. Auf diese Weise kann man bei waagerechter Lage des Schwenkkopfes unmittelbar am Liegenden der Streckensohle oder auf der Mitte zwischen Firste und Sohle schrämen und bei senkrechter Stellung einen Kerb oder Schlitz unmittelbar am Streckenstoße herstellen.

56. Leistungen und Kosten. In einer Stunde reiner Schrämszeit läßt sich je nach der Härte der Kohle im Abbau ein Schrämfortschritt von 10—40 m erzielen, was bei 1,5 m Schramtiefe einer unterschramten Fläche von 15 bis 60 m² entspricht. Die tatsächlich erzielten höchsten Tagesleistungen liegen zwischen 200 und 300 m² Schramfläche. Geringer sind die Leistungen der Streckenvortriebsmaschinen, da hier die reine Schrämszeit in der Regel nur kurz zu sein pflegt.

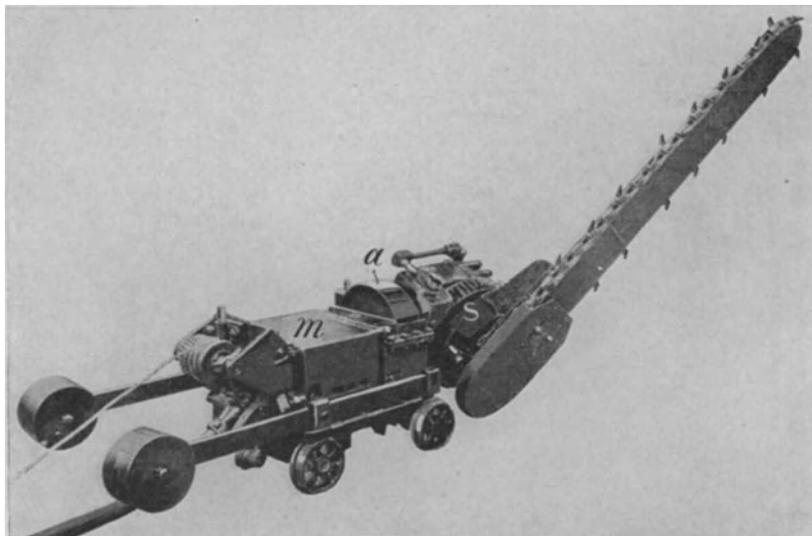


Abb. 56. Streckenvortriebsmaschine für Schrämen und Kerben von K n a p p.

Bei der Verwendung der Maschinen im Abbau kann man rechnen, daß die Tonne Kohle mit etwa 26—40 $\frac{1}{2}$ belastet wird. Für den wirtschaftlichen Erfolg ist Vorbedingung die strenge Regelung und Ordnung des Gesamtbetriebes, wobei es auf das reibungslose Ineinandergreifen der eigentlichen Schrämarbeit mit dem Ausbau, der Kohlegewinnung, der Förderung, dem Bergeversatz, dem Umlegen der Schüttelrutschen und sonstigen Nebenarbeiten ankommt.

57. Bohrend wirkende Schrämmaschinen. Diese Maschinenart ist bisher nur in einer Ausführung (von A. Beien, Herne) vertreten. Drei nebeneinander angeordnete und von einem Pfeilradmotor gleichzeitig angetriebene Schlangenbohrer werden auf einem Schlitten vorwärts geschoben und dringen auf ihre ganze Länge von 2 m in die Kohle vor. Bei 7 cm Schneidenbreite erzielt man in einem Arbeitsgange einen rd. 20 cm breiten, 7 cm hohen und 2 m tiefen Schram. Zu seiner Verbreiterung wird die Arbeit wiederholt. Die Maschine hat sich im Streckenvortrieb gut bewährt.

IV. Sprengarbeit.

A. Herstellung der Bohrlöcher.

Die Herstellung der Bohrlöcher erfolgt drehend, stoßend oder schlagend.

58. 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 (\square) oder rhombischem (\diamond) Querschnitt spiralingewunden sind (Abb. 57). Das Bohren mit Hand erfolgt mittels des am hinteren Ende der Stange angebrachten Holzgriffs.

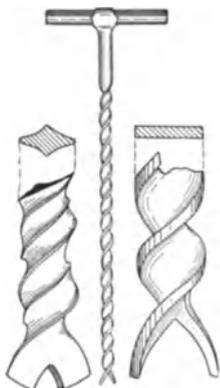


Abb. 57. Schlangenbohrer.

59. Handbohrmaschinen. Bei den ebenfalls durch den Arbeiter selbst angetriebenen Handbohrmaschinen werden einfache Kraftübertragungen (Schrauben, Hebel u. dgl.) zwischen Hand und Bohrer eingeschaltet, wobei die Maschine zwischen Gebirgstoß und einem festen Widerlager eingespannt wird.

Die einfachste Handbohrmaschine (Abb. 58) besteht aus einer den Schlangenbohrer tragenden Schraubenspindel, der Schraubenmutter und dem Gestell. Die Mutter ist mit zwei Zapfen versehen und wird mit diesen in das als Widerlager dienende Gestell eingehängt. Der Antrieb erfolgt mit Kurbel oder einer Bohrratsche. Der Vorschub des Bohrers entspricht der auf jede Umdrehung entfallenden Gewindesteigung. Bei anderen Maschinen ist der Vorschub regelbar. Dies wird z. B. dadurch erzielt, daß man die Mutter drehbar anordnet, unter Bremswirkung setzt und bis zu einem gewissen Grade an der Drehung der Schraubenspindel teilnehmen läßt.

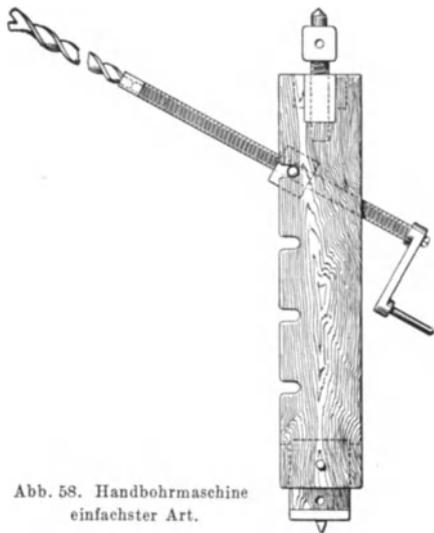


Abb. 58. Handbohrmaschine einfachster Art.

60. Die mechanisch angetriebenen Drehbohrmaschinen für mildes Gestein arbeiten in der Regel mit Preßluft oder Elektrizität. Früher ordnete man mehrfach den Motor auf einem besonderen Wagen an und ließ ihn von hier aus mittels Gelenk- oder biegsamer Welle den Bohrer bzw. die eigentliche Bohr-

maschine antreiben. Jetzt pflegt man fast nur noch Maschinen mit angebautem Motor anzuwenden. Die leichtesten dieser Maschinen werden

während der Bohrarbeit vom Arbeiter selbst an 2 Griffen gehalten und mittels eines Brustbleches nachgedrückt. Abb. 59 stellt eine elektrisch betriebene Handbohrmaschine dar. Die etwa 1500 minutlichen Umdrehungen des Motors *m* werden durch ein Differentialrädernetzwerk d_1-d_4 auf 250 der Bohrspindel *b* herabgesetzt. Abb. 60 zeigt eine mittels eines Preßluft-Zahnradmotors angetriebene Drehbohrmaschine dieser Art. Für härtere oder ungleichmäßige Gebirgsarten werden die Maschinen schwerer gebaut und an Gestellen befestigt.

61. 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-, Doppelmeißel-, Kreuz-, Z- oder Kronenschneide ausgeschmiedet wird, wie dies die Abbildungen 61 a–g zeigen. Bei der Meißelschneide sind die beiden Schneidflächen unter einem Winkel von etwa 90° zugeschärft (Abb. 62). Je härter das Gestein ist, um so stumpfer muß

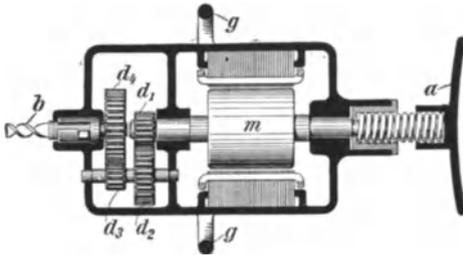


Abb. 59. Elektrisch angetriebene Handbohrmaschine der Siemens-Schuckertwerke.

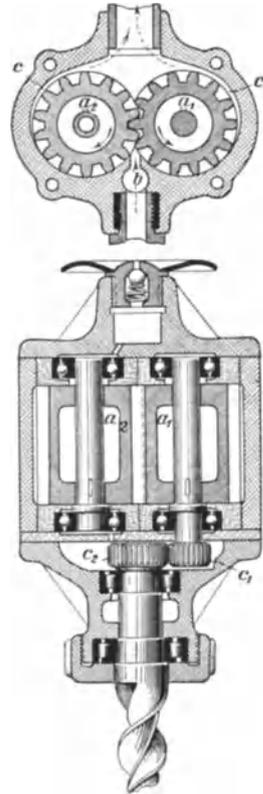


Abb. 60. Freihand-Drehbohrmaschine mit Preßluftantrieb.

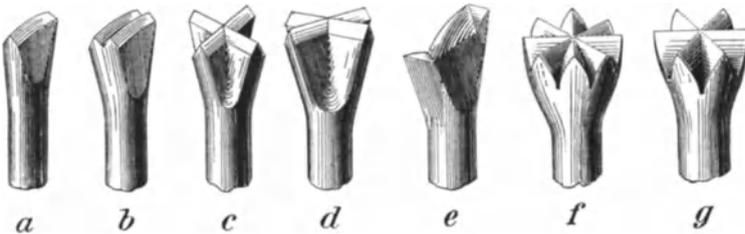


Abb. 61 a–g. Meißelformen für stoßendes und schlagendes Bohren.

man den Schneidwinkel wählen. Beim Bohren mit Hand wird der als Bohrstange (Abb. 63) ausgebildete Bohrer mit beiden Händen gefaßt und unter fortwährendem Umsetzen gegen die Bohrlochsohle gestoßen. Die

Bohrstange 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.

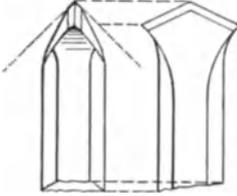


Abb. 62. Zuschärfung eines Meißelbohrers.



Abb. 63. Stoßbohrer.

62. 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 an dem einen und dem anderen Ende eintretenden Preßluft schnell hin- und hergeschleudert. Der Bohrer muß nach jedem Stoße regelmäßig umgesetzt werden. Außerdem muß der Arbeitszylinder entsprechend dem Tieferwerden des Loches vorgeschoben werden.

Bezüglich der Steuerungen wird auf Ziff. 51 verwiesen. Für die Stoßbohrmaschinen kommen in erster Linie die Kolbensteuerungen in Betracht.

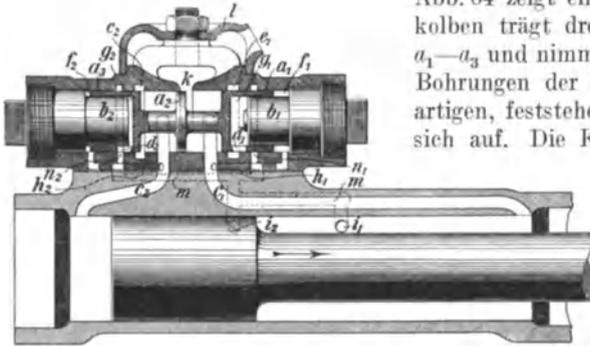


Abb. 64. Bohrmaschinensteuerung der Demag.

Abb. 64 zeigt eine solche. Der Steuerkolben trägt drei gleich große Bunde a_1 — a_3 und nimmt in den zylindrischen Bohrungen der Endbunde die kolbenartigen, feststehenden Stopfen b_1 b_2 in sich auf. Die Kanäle h_1 h_2 setzen die

Ein- und Ausströmungskanäle e_1 e_2 mit den Ringräumen f_1 f_2 in Verbindung; hier wie dort herrschen also wechselseitig gleiche Drücke. Die Kanäle

e_1 e_2 stehen dauernd

unter Frischluftdruck, so daß die Frischluft einerseits von e_2 über c_2 in den Arbeitszylinder strömt, um den Kolben nach rechts zu treiben, und andererseits über den Schlitz d_1 in den zylindrischen Stellerraum g_1 tritt. Die Ringfläche f_1 ist über den Kanal h_1 zum Auspuff hin entlastet. Die Abluft aus dem Arbeitszylinder bläst über e_1 und k durch den drehbaren Auspuff l ins Freie ab. Hat der vorwärtsfliegende Arbeitskolben den Kanal i_2 überschiffen, so gelangt Frischluft aus dem Arbeitszylinder über i_2 , m , Ringkanal n_2 und Schlitz d_2 in den Raum g_2 , so daß jetzt der in den Räumen f_2 und g_2 vorhandene Druck den Steuerkolben gegen den Frischluftdruck in g_1 umsteuert.

Die Umsetzvorrichtung besteht aus einer von hinten her in den Kolben eintauchenden Drallspindel in Verbindung mit einem Sperrrad. Bei der Vorwärtsbewegung des Kolbens und des Bohrer 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 Drehen einer Kurbel von Hand. Der Arbeitszylinder ist unten mit einer Vorschubmutter fest verbunden, so daß er beim Drehen der im Schlitten verlagerten Vorschubspindel voranrücken muß.

Abb. 65 stellt die Ansicht der Demag-Maschine dar. Der untere Teil ist der Vorschubschlitten mit Schraube zur Befestigung der Maschine in einer Kluppe der Spannsäule und mit der Vorschubkurbel (rechts). Der obere Teil ist der Arbeitszylinder mit Luftanschluß und Steuergehäuse (oben) nebst Kolbenstange mit Befestigungsmuffe für den Bohrer (links).

Der Preßluftbedarf einer Stoßbohrmaschine, ausgedrückt in angesaugter Luft, ist etwa 120 bis 180 m³/h. Die Bohrleistung der größeren Maschinen beträgt in festem Granit 10—15 cm minutlich.

63. Die elektrischen Stoßbohrmaschinen, besonders die Kurbelstoßbohrmaschinen von den Siemens-Schuckert-Werken 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.

64. Verlagerung der Bohrmaschinen. Als Träger der Stoßbohrmaschinen bei der Arbeit verwendet man gewöhnlich Bohrsäulen (Spannsäulen, Bohrspreizen oder Bohrgestelle). Die einfachste Bohrsäule besteht aus einem Stahlrohr, aus dessen einem Ende eine Streckschraube herausgeschraubt wird. Ein sehr festes Einspannen ist bei den Druckwassersäulen möglich, bei denen zwei fernrohrartig ineinander steckende Rohre durch Wasserdruck mittels eines kleinen, am Fuße angebrachten Preßpümpchens auseinandergetrieben werden. Freilich sind solche Säulen schwerer, teurer und ausbesserungsbedürftiger als die Schraubensäulen.

65. Schlagendes Bohren. Bohren mit Hand. Beim schlagenden Bohren wird die Meißelschneide durch Schläge gegen den Bohrerkopf mittels Fäustels oder Kolbens in das Gestein eingetrieben. Das Gezähe für das schlagende Bohren mit Hand ist das Fäustel (s. Abb. 48, S. 31) und der Bohrer. Außerdem benutzt man für abwärts gerichtete Bohrlöcher

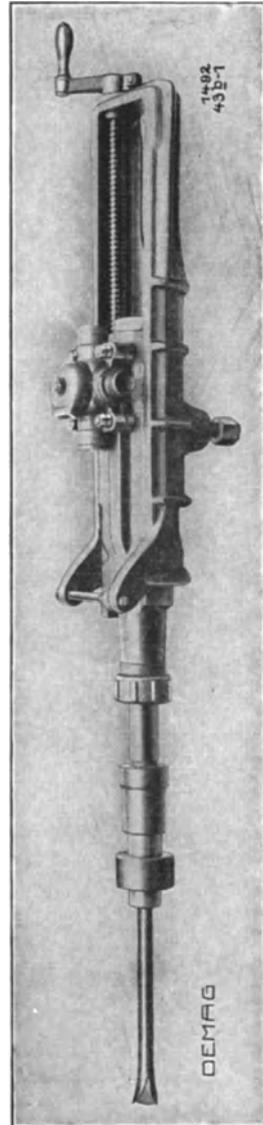


Abb. 65. Ansicht der Demag-Stoßbohrmaschine.

den Krätzer und einen Wassereimer mit Schöpfgefäß. Der Bohrer besteht aus einer runden, sechs- oder achtkantigen Stahlstange von 18—20 mm Dicke.

66. Schlagbohrmaschinen. Allgemeines. Bei den Schlagbohrmaschinen 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 (1000—2000 minutlich) erhält. Man unterscheidet Bohrhämmer und Hammerbohrmaschinen. Erstere sind mit einem Griff versehen und werden demgemäß bei der Arbeit frei mit der Hand gehalten und entsprechend dem Tieferwerden des Loches nachgedrückt. Letztere besitzen keinen Handgriff, sondern werden in dauernder Verbindung mit einer Vorschubvorrichtung gebraucht. In beiden Fällen besteht die Schlagvorrichtung aus dem Arbeitszylinder mit Steuerung, Schlagkolben und Umsetzvorrichtung und der Einsteckhülse zur Aufnahme des Bohrendes.

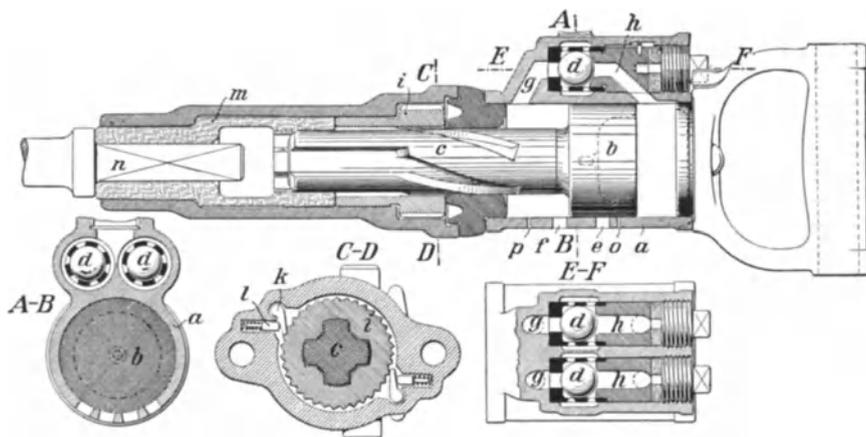


Abb. 66. Flottmann'scher Bohrhämmer.

67. Die Steuerung ist derjenigen der Abbauhämmer (s. Ziff. 51) ähnlich. Abb. 66 zeigt die Einrichtung und Steuerung der Flottmann'schen Maschine: In dem Zylinder *a* bewegt sich der Kolben *b* hin und her, dessen vordere Kolbenstange *c* als Schlagkopf ausgebildet ist, *d* ist die Steuerkugel, und *g* und *h* sind die Einströmungskanäle für die frische Luft. Kugel und Kanäle sind in Parallelschaltung doppelt angeordnet (s. Schnitt *E—F*), damit die Einzelkugel klein und leicht beweglich bleibt und trotzdem in den beiden Kanälen ein reichlich großer Querschnitt für den Durchfluß der Luft zur Verfügung steht. Beide Kugeln *d* rollen also gleichzeitig zwischen den nahe beieinander befindlichen, kreisförmigen Öffnungen der Kanäle *g* und *h* hin und her und verschließen abwechselnd die eine und die andere dadurch daß sie sich auf die Ringsitze auflegen. Der Auspuff erfolgt durch die Löcher *e* und *f*. In der gezeichneten Stellung 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, werden die Steuerkugeln 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 od. dgl.

68. Die Umsetzvorrichtung pflegt bei den für sehr festes Gestein gebrauchten Bohrhämmern ganz zu fehlen, und das Umsetzen findet mittels einiger an der Maschine angebrachten Griffe mit Hand statt. Häufiger sind allerdings die selbsttätigen Umsetzvorrichtungen, die ähnlich denen bei Stoßbohrmaschinen eingerichtet sind. Jedoch ist meist eine besondere Drallspindel nicht vorhanden; vielmehr sind die Drallzüge auf die Kolbenstange selbst geschnitten, und das Sperrrad i (Abb. 66) liegt vor dem Kolben. Die Übertragung der dem Kolben bei seinem Rückgange erteilten Drehbewegung auf das Einsteckende n der Bohrstange 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.

69. 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 Hämmern ist diese Arbeitsweise bei senkrecht oder schräg nach unten gerichteten Löchern durchaus angebracht. Wo dieses 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 wird der Preßluftvorschub. Ein Zylinder und ein Kolben stecken fernrohrartig ineinander. Dadurch, daß man Preßluft in den Zylinder führt, treibt man den Kolben heraus; der Bohrhammer

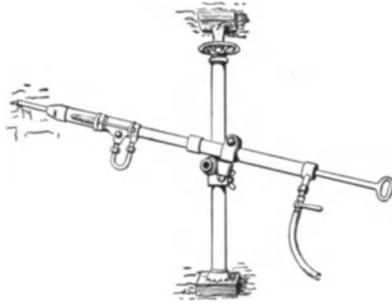


Abb. 67. Ansicht der Hoffmannschen Hammerbohrmaschine.

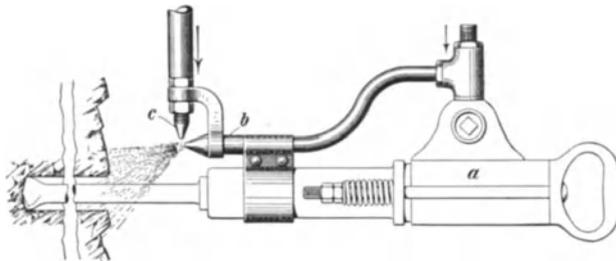


Abb. 68. Niederschlagen des Bohrstaubes.

mit dem Bohrer wird gegen das Gestein gedrückt und folgt dem Tieferwerden des Loches. Durch Abdrosseln des Luftdruckes oder durch Anbringen von Bremsen kann man den Vorschubdruck regeln. Die Anwendung einer solchen

Preßluft-Vorschubvorrichtung zeigt Abb. 67; die hinten eintretende Preßluft wirkt zunächst gegen den Vorschubkolben und tritt dann durch die vordere Verbindung in den Bohrer über.

70. Bohrmehl- und Staubbeseitigung. Das Bohrmehl, das weniger als beim stoßenden Bohren durch den Bohrer selbst in Bewegung gebracht wird, fällt bei aufwärts gerichteten Löchern von selbst heraus. Bei waagerechten und schwach geneigten Löchern gebraucht man mit großem Vorteil Schlangenbohrer, die das Bohrmehl herausschrauben. Bei steil geneigten Löchern hält man diese mit Wasser gefüllt oder wendet unter Benutzung von Hohlbohrern Wasser- oder 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 das Niederschlagen des Staubes durch einen mittels der Preßluft selbst fein zerstäubten Wasserstrahl, der seinen Sprühregen gegen die Bohrlochmündung richtet (Abb. 68).

71. Leistungen. Luftverbrauch. Die Leistungen der Bohrhämmer sind in mildem Gebirge außerordentlich hoch und erreichen vielfach 40, 60, ja 80 cm in der Minute. In festem Gestein sinken die Leistungen unverhältnismäßig schnell, erreichen aber immer noch 4—8 cm in der Minute. Am schlechtesten sind die Ergebnisse in sehr hartem, quarzigem Gestein, besonders dann, wenn es eine wechselnde Härte besitzt. In solchem Falle sind Stoßbohrmaschinen leistungsfähiger.

Der Preßluftverbrauch ist erheblich geringer als bei den Stoßbohrmaschinen und beträgt 40—60 m³/h bei den Bohrhämmern und 60—90 m³/h bei den Hammerbohrmaschinen. Dieser geringe Luftverbrauch und die leichte, bequeme Handhabung, die das sofortige Weiterbohren nach dem Schießen während der Abförderung des Haufwerks ermöglicht, machen es erklärlich, daß die Bohrhämmer so schnell die Stoßbohrmaschinen verdrängt haben.

B. Die Sprengstoffe.

a) Allgemeines.

72. 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 — wenn auch im wissenschaftlichen Sinne nicht völlig zutreffend — die Explosion als plötzliche Verbrennung auf. In den meisten Sprengstoffen sind nämlich einerseits brennbare und andererseits solche Bestandteile vereinigt, die Sauerstoff abgeben. Die Spannkraft der entstehenden, stark erhitzten, im Bohrloch zusammengedrängten Gase bewirkt die Sprengung. Als solche Gase (Explosionsschwaden) 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

Sprengpulver und die damit verwandten Sprengstoffe. Zu den brisanten Sprengstoffen gehören die Dynamite und die Wettersprengstoffe. Die Explosion pflanzt sich bei deflagrierenden Sprengstoffen nur mit höchstens einigen hundert Metern in der Sekunde, bei den detonierenden dagegen mit mehreren tausend Metern (z. B. bei Dynamit mit 6000 m) fort.

73. Auskochen der Sprengschüsse. Manche Sprengstoffe können im Bohrloche unter unvollkommener Zersetzung 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 NO_2), die als unterscheidendes Kennzeichen auftreten. Diese Gase brodeln als gelbroter Qualm aus dem Bohrloche hervor. Von den Ursachen für das Auskochen von Sprengladungen sind die häufigsten: zu schwache oder feuchte Sprengkapseln, Zündung ohne Sprengkapseln allein mit der Zündschnur, Verwendung von gefrorenen oder feucht gewordenen Sprengstoffen, Bohrmehlansammlungen zwischen den einzelnen Patronen der Sprengladung. Die Gase der auskochenden Schüsse sind wegen ihres Stickoxyd- und Kohlenoxydgehaltes giftig und deshalb zu meiden.

74. Sprengkraft. Die Arbeitsfähigkeit der Sprengstoffe läßt sich durch die bei der Explosion entwickelte Wärmemenge ausdrücken. Für die nutzbare Sprengwirkung fällt aber sehr wesentlich die Explosionsgeschwindigkeit 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 (Brisanzmessung) an. Sie wird in Bleizylindern, deren Maße sich aus der Abb. 69 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 Auftreibung des Hohlraums dient als Maß für die Sprengwirkung. In Mengen von je 10 g ergeben als Ausbauchung: Sprenggelatine 480 cm^3 , Dynamit 1410 cm^3 , die Wettersprengstoffe $160\text{--}230 \text{ cm}^3$.

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

- A. Pulversprengstoffe (Sprengpulver und Sprengsalpeter).
- B. Brisante Sprengstoffe:
 - I. Gesteinsprengstoffe:
 - a) Dynamite,
 - b) Ammonsalpetersprengstoffe,
 - c) Chlorat- und Perchloratsprengstoffe,
 - d) Gelatite.
 - II. Wettersprengstoffe:
 - a) Ammonsalpetersprengstoffe,
 - b) halbgelatinöse Sprengstoffe.
 - c) gelatinöse Sprengstoffe.

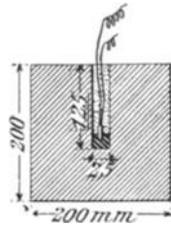


Abb. 69.
Trauzlscher
Bleimörser.

Einer besonderen Besprechung bedarf noch das Flüssige-Luft-Sprengverfahren.

In Preußen werden vom Minister für Handel und Gewerbe für den Vertrieb an den Bergbau die einzelnen Sprengstoffe besonders zugelassen und in die Liste der Bergbausprengstoffe aufgenommen.

76. Lagerung der Sprengstoffe. Die Gruben pflegen über oder unter Tage Lager zu unterhalten, deren Bestand den Bedarf für einige Wochen oder länger zu decken imstande ist. Die Lagerung unter Tage herrscht vor. Sie besitzt den Vorteil einer gegen Einbrüche sowohl als auch gegen Naturereignisse, insbesondere Blitzschläge, gesicherten Lage. Die Bewachung ist leichter und wirksamer. Die Verausgabung und Wiedervereinnahmung der Sprengstoffe erfolgt unter Tage in größerer Nähe der Arbeitspunkte, so daß die ausgegebenen Einzelmengen nur auf kurze Entfernungen befördert zu werden brauchen. Schließlich ist unter Tage in der Regel eine gleichmäßige Temperatur vorhanden, die für die Erhaltung der Sprengstoffe günstig ist, das Gefrieren der sprengöhlaltigen Sprengstoffe (s. Ziff. 78) verhindert und gefrorene Sprengstoffe allmählich zum Auftauen bringt.

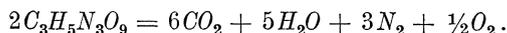
b) Einzelbesprechung.

77. Sprengpulver 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 10 bis 20% und derjenige an Schwefel von 8—19%. Man stellt Kornpulver und komprimiertes Pulver her. Die Sprengladungen aus komprimiertem Pulver sind handlich und bequem beim Laden und Besetzen.

Sprengsalpeter ist ein Pulver, bei dem der Kalisalpeter durch Natronsalpeter ersetzt ist. Es ist billiger als das gewöhnliche Sprengpulver, leidet aber mehr durch Feuchtigkeitsaufnahme.

78. Gesteinsprengstoffe. Dynamite. Die Gesteinsprengstoffe dürfen nur in rotem Patronenpapier an den Bergbau abgegeben werden.

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 Sprengöl wird durch Beimengungen in eine feste Form übergeführt und dabei seine Sprengkraft noch erhöht. Das kräftigste Dynamit ist die Sprenggelatine, die aus 92—94% Nitroglyzerin und 8—6% Kollodiumwolle (nitrierter Baumwolle) besteht. Sie ist eine gummiartige, zähe, gelatinöse Masse.

Dynamit 1 oder Gelatinedynamit (65% gelatiniertes Sprengöl, 35% Zumpulver, 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 Sprengelatine. Im übrigen gibt es sehr viele verschiedene dynamitartige Sprengstoff-Zusammensetzungen.

Die sonst noch gebrauchten Dynamitsorten (Dynamit 2—4) enthalten weniger Sprengöl, sind deshalb schwächer und äußern eine mehr schiebende Wirkung.

Alle Dynamite leiden an dem Übelstande der leichten Gefrierbarkeit, da schon bei $+11^{\circ}\text{C}$ 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.

79. Ammonsalpetersprengstoffe werden als Gestein- und als Wettersprengstoff 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.

Die als Gesteinsprengstoffe benutzten Sprengstoffe dieser Gruppe heißen Ammonit 1—7.

80. 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. Die zugelassenen Sprengstoffe führen die Namen Chloratit 1—3 und Perchloratit 1—3.

81. Gelatit (zusammengesetzt aus etwa 30% Sprengöl, 36% Ammonsalpeter, 32% Alkalichloriden und einem geringen Mehl- und Dinitrotoluolzusatz) dient als Ersatz für Dynamit in solchen Gesteinsbetrieben, in denen Kohlenstaubgefahr besteht.

82. Wettersprengstoffe. Durch Sprengpulver und die Gesteinsprengstoffe, insbesondere Dynamit, werden Schlagwettergemische und Kohlenstaub-Aufwirbelungen überaus leicht zur Entzündung gebracht. Der übliche Besatz über der Schlußladung erhöht zwar die Sicherheit beträchtlich, macht aber erfahrungsgemäß diese Sprengstoffe doch noch nicht schlagwetter- und kohlenstaubsicher. Unter „Wettersprengstoffen“ versteht man solche Sprengmittel, die im Verhältnis zu Sprengpulver 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 Wettersprengstoffe gegen Schlagwetter mit mindestens 450 g Ladung und gegen Kohlenstaub mit mindestens 600 g noch sicher sein müssen. Die Schlagwettersicherheit 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. Den Namen aller Wettersprengstoffe ist das Wort „Wetter-“ vorangesetzt, z. B. Wetter-Detonit, Wetter-Westfalit usw. Verpackt werden die Wettersprengstoffe in gelblichweißem Papier.

Die Zusammensetzung der Ammonsalpetersprengstoffe dieser Gruppe ist etwa 61—84% Ammonsalpeter, 4% Sprengöl, 10—23% Alkalichloride, 0,5—9% Mehl und Nitrokörper.

Bei den halbgelatinösen und gelatinösen Wettersprengstoffen ist das Sprengöl gelatinisiert, so daß die Sprengstoffe zum Teil oder ganz gelatinöse Beschaffenheit annehmen. Die halbgelatinösen Wettersprengstoffe enthalten als Hauptbestandteile 12% gelatinisiertes Sprengöl, 50—57% Ammonsalpeter und 27—35% Alkalichloride, die gelatinösen dagegen 25—30% gelatinisiertes Sprengöl, 24—36% Ammonsalpeter und 35—40% Alkalichloride.

83. Die Sprengkapseln sollen die Explosion der Sprengstoffpatronen auslösen. Es 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. Abb. 70 zeigt Sprengkapsel Nr. 3 mit 0,54 g und Nr. 8 mit 2 g Füllung. Jetzt gibt man den Kapseln vielfach zwei verschiedene Füllungen (Abb. 71). Die Hauptladung *b* besteht aus Tetryl (Tetranitromethylanilin) oder aus Trotyl (Trinitrotoluol) oder aus einem Gemisch beider Stoffe. Die zum Einleiten der Zündung dienende Aufladung *a* besteht aus Knallquecksilber oder aus Bleiazid oder aus



Abb. 70. Sprengkapseln Nr. 3 u. 8 in natürlicher Größe.

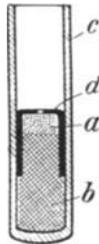


Abb. 71. Sprengkapsel mit 2 verschiedenen Füllungen.

einem Gemisch von Bleiazid und Bleitritroresorzinat. Ein gelochtes Innenhütchen *d* hält die beiden Füllungen zusammen und schützt die Kapsel gegen das Eindringen von Feuchtigkeit. Bleiazidhaltige Kapseln werden mit Aluminiumhülsen geliefert, da Bleiazid durch Einwirkung auf Kupfer das gefährliche Kupferazid bildet.

84. Vernichtung von Sprengstoffen. Sprengpulver wird am besten in fließendes Wasser geworfen, wenn Schädigungen von Menschen und Tieren infolge Lösens 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 un-

möglich 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.

Gelatinöse Wettersprengstoffe und Chloratsprengstoffe sind wie Dynamit zu behandeln.

C. Zündung der Sprengschüsse.

a) Zündschnurzündung.

85. 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 Guttapercha, Bandwickelungen u. dgl. umkleidet. Die Brenndauer einer guten Zündschnur beträgt 100—120 s/m.

Sprengpulver 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.

86. Das Anzünden der Zündschnur erfolgt in schlagwetterfreien Gruben mit der offenen Lampe. In Schlagwettergruben vermeidet man möglichst die offene Flamme sowohl wie das gefährliche Ausprühen von Funken aus dem Vorderende der Zündschnur durch sog. Anzündler, bei denen die Entzündung der Schnur in einer geschlossenen Hülse vor sich geht. Der Norresse Reißzünder z. B. besteht aus der Papierhülse *a* (Abb. 72), deren Ende zusammengewürgt und durch die Papierwicklung *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.



Abb. 72.
Reißzünder.

b) Elektrische Zündung.

87. Allgemeines. Für die Zwecke der elektrischen Zündung wird in einer Stromquelle Elektrizität erzeugt. Diese wird durch Leitungen zum Sprengorte bis in die Sprengladung geführt. Hier selbst 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 elek-

trischen Zündung gesondert zu behandeln: Stromquelle, Leitung und Zünder. Im übrigen unterscheidet man nach den Strom- und Spannungsverhältnissen: Spaltfunken- oder Spaltglühzündung mit hohen Widerständen, Spaltglühzündung mit niedrigen Widerständen und Brückenglühzündung. Die Verschiedenheiten erhellen aus folgender Tafel:

Art der Zündung	Widerstand des einzelnen Zünder etwa Ohm	Ein Zünder erfordert	
		einen Strom von etwa Ampere	eine Spannung von etwa Volt
Spaltfunkenzünder oder Spaltglühzünder mit hohen Widerständen	5000—50 000	$\frac{1}{500}$ — $\frac{1}{5000}$	10—20
Spaltglühzünder mit niedrigen Widerständen	100—3000	$\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{100}$	3—4
Brückenglühzünder	1—2	0,3—0,6	0,5—2

Als Stromquellen sind hauptsächlich magnetelektrische und dynamoelektrische Maschinen und Trockenelemente eingeführt, während Starkstromleitungen nur ausnahmsweise benutzt werden.

88. 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 Maschinen so gebaut, daß zwischen den Polen eines oder mehrerer Magnete ein mit isolierten Drahtwickelungen versehener Γ -Anker (Abb. 73) in schnelle Umdrehung versetzt wird, wodurch in den Wickelungen Wechselströme induziert werden. Der so erzeugte Strom wird an den beiden Enden der Wickelung abgenommen, fließt unmittelbar durch die Zündanlage und bringt die Zünder zur Explosion. Abb. 74 zeigt das äußere Aussehen einer solchen Maschine, die für 1—3 Schuß bestimmt ist.



Abb. 73. Magnetelektrische Zündmaschine ohne Gehäuse.

89. Die dynamoelektrischen Maschinen. Ein mit Drahtwickelungen versehener Γ -förmiger Anker T (Abb. 75) wird zwischen den

Polen eines Elektromagneten M (in der dargestellten Ausführung durch Niederstoßen einer Zahnstange S) in Umdrehung versetzt. Infolge des in den Magnetsehlen vorhandenen sog. remanenten Magnetismus werden in den Ankerwickelungen Wechselströme induziert, die auf einem Kollektor C gleichgerichtet werden. Im Augenblick der höchsten Erregung wird der innere Stromkreis (z. B. durch Niederdrücken eines Unterbrechers U , wie in der Abbildung angedeutet) geöffnet, und der ganze verfügbare Strom geht durch

den äußeren Stromkreis LL_1 . Abb. 76 zeigt eine solche dynamoelektrische Maschine mit Zahnstangenantrieb in der Ansicht.



Abb. 74.
Ansicht einer magnetoelektrischen Zündmaschine mit Drehschlüsselantrieb.

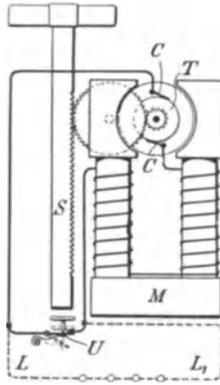


Abb. 75.
Schema einer dynamoelektrischen Zahnstangen-Zündmaschine.

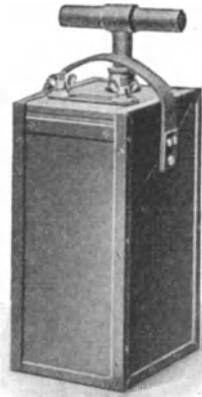


Abb. 76.
Ansicht einer dynamoelektrischen Zahnstangen-Zündmaschine.

90. Elemente. Von Elementen haben sich für die Zwecke der elektrischen Zündung am besten bewährt die sog. Trockenelemente, da sie keiner Wartung bedürfen und ohne besondere Vorsicht befördert werden können. Am verbreitetsten sind die Hellessen-Elemente mit Zink- und Kohlenelektroden und einem teigigen Elektrolyt. Abb. 77 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. Einer erhöhten Sicherheit gegen mißbräuchliche oder unabsichtliche Betätigung der Zündvorrichtung dient ein Steckschlüssel, durch den erst der Kontakt hergestellt wird. Man kann mit der Batterie drei Schüsse gleichzeitig zünden.

91. Starkstromleitungen für die Schußzündung zu benutzen, ist unter Umständen bequem. Jedoch ist das Verfahren nur mit besonderer Vorsicht zu handhaben, damit nicht durch Zufall, wie Berührung zweier Leitungen oder mangelhafte Isolation, vorzeitig Strom in die Zündleitungen gelangt.

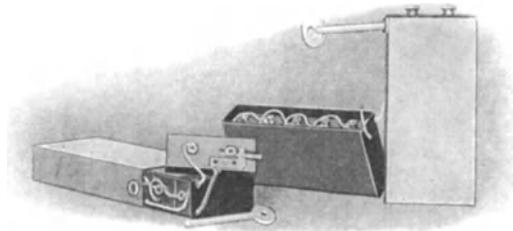


Abb. 77. Zündbatterie mit 5 Hellessen-Elementen.

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

Bei dem Brückenglühzünder der Fabrik elektrischer Zünder zu Köln (Abb. 78) sind auf eine Kartonpapierschicht *a* beiderseits Metallblättchen *bb* geklebt, die durch ein angelötetes, bügelförmig gebogenes Platindrähtchen *P* miteinander verbunden sind.

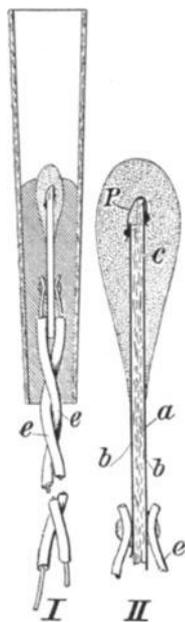


Abb. 78. Brückenglühzünder.

Damit das Drähtchen *P* genügend lang wird, ist die Kartonpapierschicht *a* treppenförmig abgestuft, und das Drähtchen überbrückt die so gebildete Stufe. Der Zündsatz *c* wird durch Eintauchen, ähnlich wie die Köpfehen der Streichhölzer, aufgebracht. Die Verbindung der Zuleitungsdrähte *ee* mit den Metallblättchen *bb* 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.

Für Schlagwettergruben müssen alle Teile der Zünder mit Ausnahme des Zündsatzes nicht brennbar sein.

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

94. 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 und bei hohen Spannungen wegen der Nebenschlußgefahr Isolation erforderlich. Sehr wichtig ist, daß die Verbindungen der Leitungen nicht durch einfaches Ineinanderhaken, sondern nach Abb. 79 durch sorgfältiges Verdrehen hergestellt werden.

95. Prüfung. Bei wichtigen Schüssen oder Schußreihen ist es zweckmäßig, 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. 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.

96. 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

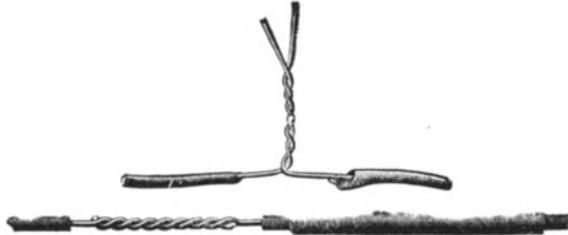


Abb. 79. Gute Leitungsverbindungen.

durchfließt gleichzeitig auf parallelen Zweigen die einzelnen Zünder. Meist pflegt man die Hintereinanderschaltung als die einfachere und sicherere zu bevorzugen.

D. Das Luft-Sprengverfahren.

97. Allgemeines. Der Gedanke, flüssige Luft als Sauerstoffträger für Sprengzwecke zu benutzen, stammt von Linde. Die Sprengpatronen werden dadurch hergestellt, daß man die mit einem Kohlenstoffträger (z. B. Ruß, Korksleifmehl oder Carben) gefüllten Patronen durch Eintauchen in flüssige Luft tränkt. Die Sprengwirkung ist annähernd so kräftig wie beim Dynamit. Durch Verdampfen der aufgenommenen, bei -191° siedenden Flüssigkeit geht aber das Arbeitsvermögen der Patrone schnell zurück. Nach 5–15 Minuten ist sie nicht mehr explosionsfähig. Es muß also die flüssige Luft vom Erzeugungsorte zum Arbeitspunkte selbst gebracht werden. Dies geschieht in doppelwandigen Tragflaschen (Abb. 80), aus denen die Flüssigkeit in die Tauchgefäße übergefüllt wird.

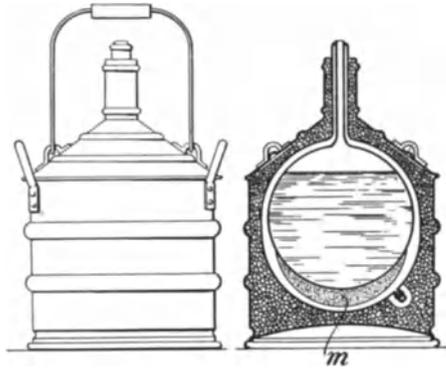


Abb. 80. Tragflasche für flüssige Luft.

98. Das Fertigmachen und Abtun der Schüsse. Der Besatz muß aus durchlässigem Stoff (z. B. Sand, bröckeligem Salzklein) bestehen, damit die auch im Bohrloche noch verdampfenden Gase entweichen können. Bei Verwendung von Letten muß ein Entgasungsröhrchen eingestampft werden.

Die Zündung der Patrone erfolgt am besten durch Vermittlung einer Sprengkapsel, die ihrerseits durch Zündschnur (Abb. 81) oder elektrische Zündung (Abb. 82) entzündet werden kann. Die Zündschnur muß zur Ver-

hütung des vorzeitigen Zündens infolge Durchbrennens innerhalb der Patrone durch eine Hülle *a* (Abb. 81) geschützt sein. Die elektrischen Zünder müssen einen Zündsatz haben, in den die flüssige Luft nicht eindringt.

Da bei der elektrischen Zündung einer größeren Anzahl von Schüssen die ordnungsmäßige Schaltung der Zünderdrähte viel Zeit erfordert,



Abb. 81. Zündung einer Luftpatrone mittels geschützter Zündschnur und Sprengkapsel.



Abb. 82. Patrone mit einer Luft-Sprengkapsel.

benutzt man nach dem Vorschlage von Dr. Hecker mit gutem Erfolge die Zündung aus dem Bohrlochtiefsten (Abb. 83), wobei man die Sprengkapsel *a* mit einer Hülle *b* vor dem Laden der Bohrlöcher in das Bohrlochtiefste bringt und darauf die Zünderdrähte $z_1 z_2$ sämtlicher Schüsse in Ruhe ordnungsmäßig miteinander verbindet und die Zündleitung prüft. Erst

danach werden die Schüsse geladen und besetzt, so daß die durch das vorherige Fertigstellen der Zündanlage gewonnene Zeit der Lebensdauer der Patronen zugute kommt.

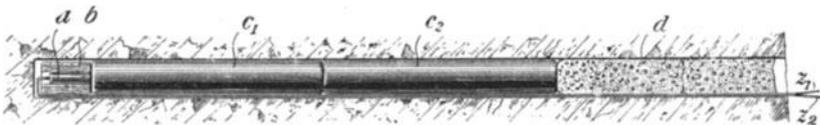


Abb. 83. Zündung aus dem Bohrlochtiefsten nach Dr. Hecker.

99. Aussichten des Verfahrens. Bei hohem Sprengstoffbedarf sind die Kosten niedriger als diejenigen beim Schießen mit festen Sprengstoffen. Voraussetzung für eine wirtschaftliche Durchführung des Verfahrens sind ferner große, weite Grubenräume, in denen der Umgang mit den Beförderungs- und Tauchgefäßen keine Schwierigkeiten macht. Für Schlagwettergruben ist das Verfahren nicht geeignet, da es bisher nicht schlagwettersicher hat ausgestaltet werden können.

E. Der Betrieb der Sprengarbeit.

100. Ladung und Besatz. Diejenige Patrone, die die Sprengkapsel in sich aufnimmt, heißt Schlagpatrone. Man bringt sie als letzte oder auch als vorletzte Patrone in das Bohrloch ein.

Als bester Besatz hat sich der Lettenbesatz bewährt. Bei abwärts gerichteten Löchern genügt auch lose eingefüllter Sand. Ein Nichtbesetzen des Schusses bedeutet stets, auch bei Dynamit, 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.

Das Hohlraumschießen besteht darin, daß man bei tiefen Löchern und freier, leicht zu werfender Vorgabe (s. Ziff. 101) Hohlräume zwischen den

einzelnen Patronen beläßt. Man spart so an Sprengstoff, vermeidet eine allzu starke Zertrümmerung der Vorgabe und verhindert die lästige Bildung von „Brillen“, d. h. das Stehenbleiben des vorderen Teiles des Bohrlochs.

Im Kalibergbau hat sich stellenweise das sog. kombinierte Schießen als vorteilhaft erwiesen, bei dem 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. Man erreicht so, daß die Vorgabe zunächst durch die allmählich sich ansammelnden Gase des Sprengsalpeters angerissen wird, während das tatsächliche Durchbrechen bei der kurz darauf einsetzenden Explosion der Dynamitladung erfolgt.

101. Die Vorgabe und das Ansetzen der Schüsse. Der durch den Schuß zu lösende Gebirgsteil heißt Vorgabe. Sind beim Ansetzen der Schüsse keine freien Flächen vorhanden, zu denen der Schuß annähernd parallel ar-



Abb. 84. Einbruch am Liegenden.

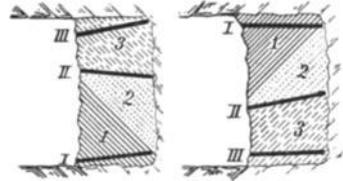


Abb. 85. Einbruch bei verschiedenem Einfallen der Schichten.

gesetzt werden kann, so sucht man entweder durch die Sprengarbeit selbst „Einbruch“ herzustellen, oder man schießt gänzlich „aus dem Vollen“. Beim Einbruchschießen setzt man einen Schuß oder mehrere so an, daß zunächst aus dem vollen Gebirge ein Kegel oder Keil herausgesprengt wird, nach dessen Lösung die weiteren Schüsse annähernd parallel zu den auf diese Weise bloßgelegten Flächen angesetzt werden können. Beim Schießen aus dem Vollen werden sämtliche Schüsse etwa senkrecht auf die zu sprengende Gesteinswand und parallel zueinander abgebohrt und gleichzeitig abgetan. Man sucht beim Einbruchschießen die Schichtung des Gebirges möglichst auszunutzen. Abb. 84 zeigt das Ansetzen der Schüsse in einer streichenden Strecke, wenn am Liegenden eine glatte Ablösung vorhanden ist. Befindet sich die Ablösung am Hangenden, so müssen die mit I bezeichneten Einbruchschüsse entsprechend nach oben verlaufen. Wenn bei Querschlägen die Schichten vom Orte wegfallen, so liegt der Einbruch zweckmäßig unten (Abb. 85, links), dagegen oben, wenn sie dem Orte zufallen (Abb. 85, rechts). Fehlen gute Ablösungen, so legt man den Einbruch etwa in die Mitte des Ortes und hebt ihn mit mehreren Schüssen kegelförmig (Abb. 86) oder keilartig (Abb. 87) heraus. Die weiteren Schüsse folgen als Kranz- oder Stoßschüsse.

Bei Einbruchschießen 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 Schießerarbeit, sondern hauptsächlich von einer guten Überwachung des Betriebes und strengen Innehaltung der Ordnung bei der Arbeit ab.

102. Unglücksfälle bei der Schießerarbeit können durch frühzeitige Explosion beim Besetzen infolge zu rauher Behandlung der Ladung eintreten.

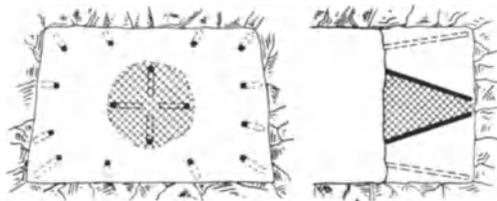


Abb. 86. Kegel-Einbruch.

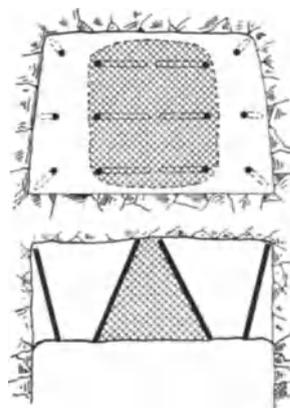


Abb. 87. Keil-Einbruch.

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 durch nachträglich fallendes Gestein 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. Wenn die Nachschwaden, wie z. B. bei ganz oder teilweise auskochenden Schüssen, Kohlenoxyd oder Stickoxydverbindungen enthalten, sind Vergiftungen möglich. Bei der elektrischen Zündung haben sich insbesondere Spätzündungen und Zündungen durch Streuströme als gefährlich erwiesen. Erstere können auf die Sprengladung selbst oder auf Fehler der Kapsel (z. B. Verbleiben von Sägemehlresten zwischen Zünd- und Knallsatz) zurückzuführen sein. Zündungen durch Streuströme können entstehen, wenn die Zündleitungen mit Starkstromleitungen oder mit Rohrleitungen oder Schienen, die mit Starkstromleitungen in Verbindung stehen, in leitende Berührung kommen, insbesondere also bei der Förderung mit Fahrdrahtlokomotiven.

Vierter Abschnitt.

Die Grubenbaue.

103. Überblick. Die Bezeichnung „Grubenbaue“ umfaßt die Begriffe „Ausrichtung“, „Vorrichtung“ und „Abbau“.

Unter Ausrichtung pflegt man die außerhalb der Lagerstätte zwecks deren Aufschließung herzustellenden Räume zusammenzufassen. Die Betriebe

innerhalb der Lagerstätte gliedern sich in die Vorrichtungsbetriebe, die das Baufeld zweckmäßig unterteilen und den Abbau vorbereiten sollen, und in den Abbau selbst.

I. Ausrichtung.

A. Ausrichtung von der Tagesoberfläche aus.

(*Stollen und Schächte.*)

104. Stollen sind söhlig oder nahezu söhlig in Gebirgsgegenden von den Bergabhängen aus aufgefahrene Grubenbaue, die entweder in der Lagerstätte selbst oder in querschlägiger Richtung hergestellt werden. Ein Beispiel gibt Abb. 88, die auch erkennen läßt, daß man das Vortreiben des

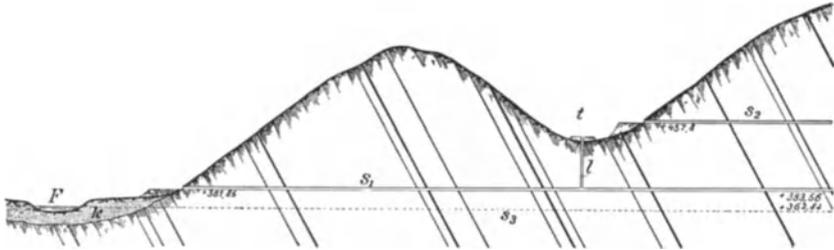


Abb. 88. Stollen mit Lichtloch.

Stollens s_1 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.

105. 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.

Werden die Schächte im Einfallen der Lagerstätten niedergebracht, so heißen sie „tonnläufig“, im Gegensatz zu den senkrecht hergestellten seigern oder „Richtsächten“.

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 anderseits 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.

106. Der Schachtquerschnitt (die „Schachtscheibe“) ist bei uns heute meist kreisrund, untergeordnet rechteckig; andere Formen treten ganz zurück. Die einzelnen Abteilungen der Schachtscheibe heißen „Trumme“ oder „Trümmer“.

Ein Beispiel für eine rechteckige Schachtscheibe bietet Abb. 89.

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

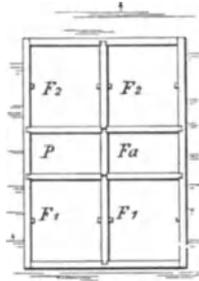


Abb. 89. Rechteckige Schachtscheibe für Doppelförderung.
 F_1 , F_2 = Fördertrumme
 F_a = Fahrtrumm
 P = Pumpentrumm

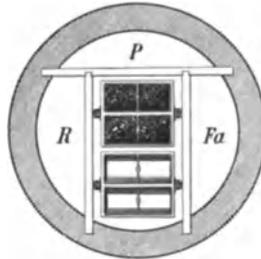


Abb. 90. Einfache Förderung, Schachtdurchmesser 5,0 m.

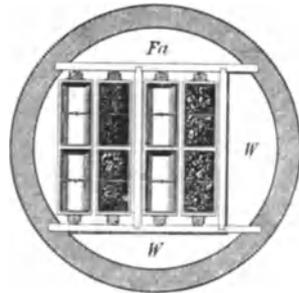


Abb. 91. Doppelförderung, Schachtdurchmesser 5,5 m.

Beispiele für kreisrunde Schachtscheiben.

und lassen sich in Mauerung, Beton, Schmiede- und Gußeisen ausbauen, während rechteckige Schächte auf den Ausbau in Holz oder Profileisen beschränkt sind. Auch können nur runde Schächte wasserdicht ausgebaut werden. Abb. 90 zeigt eine Schachtscheibe für die Förderung mit breiten Fördergestellen, Abb. 91 eine solche für die Förderung mit langen Förderkörben. Für die Einteilung der Schachtscheibe ist der Grundriß der auf der Grube in Verwendung stehenden Förderwagen maßgebend.

Der Durchmesser beträgt bei neuen Schächten für Doppelförderung vielfach 6—7 m. Für Nebenschächte, die für besondere Zwecke (Bewetterung einzelner Feldesteile, Förderung von Versatzmassen u. dgl.) dienen, kommt man unter Umständen schon mit Durchmessern von 1—1,5 m aus.

B. Ausrichtung vom Schachte aus.

107. 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 50 bis 70 m, bei steiler 130—150 m. Planmäßiger Unterwerksbau (siehe den nächsten Absatz) ermöglicht größere Sohlenabstände.

Gewöhnlich geht der Betrieb oberhalb der Fördersohle um. 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. Das letztere Verfahren ermöglicht größere Sohlenabstände und bietet in schlagwetterreichen Flözen den Vorteil, daß für die unter der Sohle liegenden Baue die Vorrichtungsbetriebe abfallend hergestellt werden können.

108. Wettersohle. In schlagwetterführenden Steinkohlenbergwerken mit Deckgebirge muß unter diesem für die erste Sohle eine Wettersohle (Abb. 92) 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. In Abb. 92 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.

109. Ausrichtungsbaue sind:

a) Hauptquerschläge, die, vom Schacht ausgehend, das ganze Baufeld quer zum Streichen durchhören und Hauptförder- und wetterwege sind (Abb. 93).

b) Richtstrecken, die tunlichst geradlinig im Streichen der Gebirgsschichten aufgefahren werden und ebenfalls als Hauptförder- und wetterwege dienen (Abb. 93, rechts).

c) Abteilungsquerschläge, die meist an Richtstrecken angeschlossen werden und gleichlaufend mit dem Hauptquerschläge verlaufen (Abb. 93,

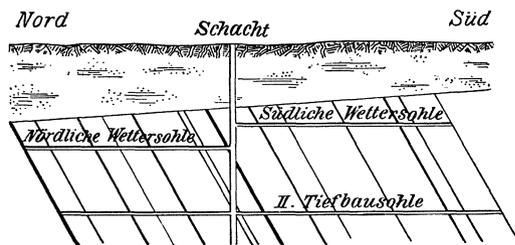


Abb. 92. Wettersohle unter dem Mergel in Westfalen.

rechts). Sie zerlegen das Baufeld in Bauabteilungen. Die Abstände der Abteilungsquerschläge schwanken entsprechend der Länge der Bauabteilungen im allgemeinen zwischen 300—600 m, doch kommen in besonders

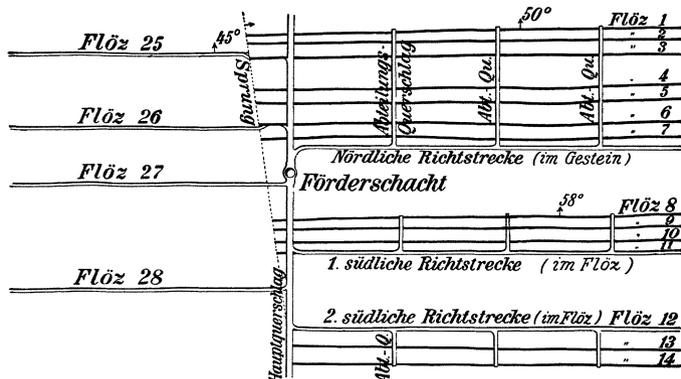


Abb. 93. Verschiedene Ausrichtung in einem festen, flözarmen (links) und einem druckhaften, flözreichen (rechts) Gebirgsmittel.

druckhaftem Gebirge, bei großer Flözmächtigkeit und bei starker Brandgefahr in den Flözen auch Abteilungen von nur 100—200 m Länge vor.

d) Blinde Schächte, d. h. seigere Schächte, die nicht zutage ausgehen. Während der Herstellung heißen sie „Aufbrüche“, wenn sie

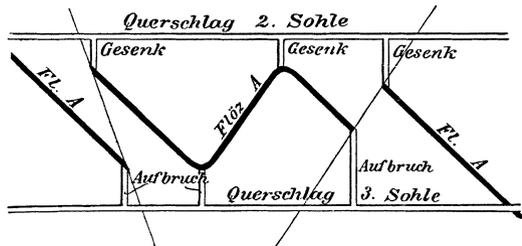


Abb. 94. Lösung von nicht bis zur Sohle reichenden Flözteilen durch blinde Schächte.

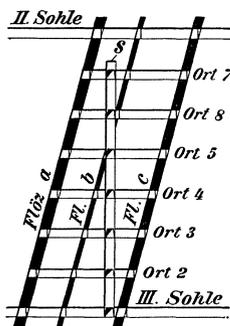


Abb. 95. Lösung einer kleinen Flözgruppe durch einen Stapelschacht.

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 zu lösen, die infolge einer Mulden- oder Sattel-

bildung oder infolge einer Gebirgstörung oder ihrer Lage zur Markscheide nicht bis zur oberen oder unteren Sohle durchsetzen (Abb. 94).

Beim Gruppenbau werden mehrere gruppenweise auftretende Flöze durch einen blinden Schacht, der hier „Stapel“ oder „Stapelschacht“ heißt, gelöst (Abb. 95) und von diesem aus durch Ortsquerschläge zusammengefaßt. Solche Stapelschächte sind bedeutend leistungsfähiger als Bremsberge (s. Ziff. 118), auch geraten sie weniger in Druck als diese. Bei stärkerer Belastung pflegt man sie durch Absetzen an einer Zwischensohle in zwei selbständige Stapel zu zerlegen, um ihre Leistungsfähigkeit zu erhöhen. Stapelschächte kommen hauptsächlich für mittleres und steiles Einfallen zur Anwendung. Der Abstand der Stapelschächte in der Streichrichtung entspricht demjenigen der Abteilungsquerschläge.

II. Vorrichtung.

110. Vorrichtungsbaue. Die Vorrichtung soll in den Lagerstätten die den Abbau vorbereitenden Baue schaffen. Diese sollen das Baufeld unterteilen und dienen im übrigen für die Förderung, Fahrung und Wetterführung. Sie können im Streichen und Einfallen und unter Umständen diagonal verlaufen. Wir unterscheiden als streichende Strecken Grund- oder Sohlenstrecken, Teilsohlenstrecken und Abbaustrecken und als Vorrichtungsbetriebe im Einfallen Überhauen, Abhauen, Durchhiebe, Bremsberge und Rolllöcher.

111. Bauabteilungen. Die Notwendigkeit, eine größere Zahl von Angriffspunkten zu erhalten und die Abförderung der gewonnenen Mineralien zu beschleunigen, führt zur Zerlegung des Baufeldes in Bauabteilungen, die besonders bei gruppenweisem Auftreten der Lagerstätten wichtig sind. Das wichtigste Hilfsmittel sind die Abteilungsquerschläge, die (vgl. Abb. 93, rechts) an streichende Hauptförderstrecken angeschlossen werden und denen das Fördergut durch Bremsberge oder Stapel zugeführt wird. Durch Bildung von Bauabteilungen vermeidet man ferner das lange Offenhalten von Förder- und Wetterstrecken 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.

Neuerdings hat man verschiedentlich die Entfernungen zwischen den Abteilungsquerschlägen größer gewählt und dafür etwa in Abständen von je 100 m jeweilig neue Ortsquerschläge für die gelöste Flözgruppe hergestellt, wobei dann mit dem Vorrücken des Abbaues die weiter zurückliegenden Querschläge nebst den zugehörigen Flözstrecken-Teilstücken abgeworfen wurden.

Die streichende Länge der vorzurichtenden Bauabschnitte wird bei der gewöhnlichen Bremsbergförderung in mächtigen Flözen geringer als in schmalen genommen wegen des starken Gebirgsdruckes und des langsameren Verhiebcs.

Ferner werden die Baulängen bei druckhaftem Nebengestein geringer gewählt, um die Abteilungen vor Einsetzen eines zu starken Druckes in den Förderstrecken wieder abwerfen zu können. Dagegen tritt die Rücksicht auf die Förderung zurück, da die Schlepperhaspel (Ziff. 338) und Abbau-

lokomotiven (Ziff. 347) diese von der früheren Schlepperförderung unabhängig machen.

Im allgemeinen kommen Längen von etwa 80—300 m in Betracht.

Beim Abbau mit wandernden Bremsbergen (Ziff. 134) sowie beim Rutschenbau (Ziff. 138 u.f.) tritt die Bedeutung der Einteilung des Baufeldes vor Eröffnung des Abbaues zurück.

Die flache Bauhöhe soll so groß sein, daß die Bremsberg- und Rutschenförderung genügend ausgenutzt wird, andererseits aber so niedrig bemessen werden, daß man die gewonnenen Massen rasch abfordern und die Verschlechterung und Erwärmung der Wetter bis zu den obersten Betrieben in mäßigen Grenzen halten kann.

Bei flacher Lagerung tritt deshalb zur Bildung der Abteilungen in streichender Richtung noch die Zerlegung im Einfallen durch die Bildung von Teilsohlen, die mit Hilfe von Blindschächten an die Abteilungsquerschläge angeschlossen werden. Im allgemeinen rechnet man mit flachen Bauhöhen von 80—150 m.

III. Das Auffahren der Aus- und Vorrichtungsbetriebe.

112. Querschläge. Die Querschläge werden heute durchweg unter Benutzung von Bohrhämmern aufgefahren. Der Ausbau richtet sich nach den Gebirgsverhältnissen.

Die Wasserseige wird in der Regel, um die Bahn für die vollen Förderwagen möglichst weit von ihr entfernt halten zu können, an einem Stoß nachgeführt.

Für das Ansteigen kommt außer der Rücksicht auf den Wasserabfluß diejenige auf einen möglichst geringen und gleichmäßigen Kraftaufwand in Betracht. Sind leere Wagen ins Feld zu fahren, so wählt man etwa ein Ansteigen von 1:200 bis 1:250. Müssen Versatzberge ins Feld gefördert werden, so wird das Ansteigen vielfach geringer (1:500 bis 1:1000) genommen; man findet sogar „totsöhlig“ aufgefahrene Querschläge, sofern die Rücksicht auf die Wasserabführung sie zuläßt. Durch die Verringerung des Gefälles erzielt man auch den Vorteil, daß die flache Bauhöhe vom Schacht zu den Feldegrenzen hin sich wenig ändert.

113. Richtstrecken, die ihre Hauptbedeutung für Steinkohlengruben mit zahlreichen Flözgruppen und großen streichenden Baulängen haben, sollen die Förderung der Abteilungsquerschläge sammeln und dem Hauptquerschlage zuführen (Abb. 93, 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 in besonders festem Nebengestein auf. Im letzteren Falle kann man sie völlig geradlinig treiben, was besonders bei flacher Lagerung vorteilhaft ist.

114. Blinde Schächte erhalten meist rechteckigen Querschnitt, werden aber neuerdings bei größeren Ansprüchen an die Leistungsfähigkeit und Standdauer auch mit Kreisquerschnitt hergestellt. Sie werden ein- und zweitrümmig ausgeführt. Eintrümmig baut man in der Regel Stapelschächte aus, weil bei diesen durchweg mehrere Anschlagpunkte vor-

handen sind. Solche Blindschächte brauchen (Abb. 96) außer dem Förder- und Fahrtrumm nur noch ein Trumm für das Gegengewicht, das hier der Raumsparnis halber lang und schmal gehalten wird. Zweitrümmige Bremschächte sind leistungsfähiger; sie werden bevorzugt, wenn jedesmal nur ein Anschlagpunkt vorhanden ist.

Die blinden Schächte werden meist durch Aufbrechen von unten hergestellt, wobei man wegen der einfachen Förderung und Wasserlösung große Leistungen erzielen kann. Die gewonnenen Berge bleiben, soweit sie in einem Trumm des Aufbruchs Platz finden, hier liegen, um die auf einer Bühne stehenden Hauer vor Absturz noch weiter zu sichern. Die einzelnen Abteilungen des Querschnitts (Bergetrumm, Fahrtrumm, Wetter- und Holzfördertrumm) verteilt man am besten entsprechend der endgültigen Einteilung, damit

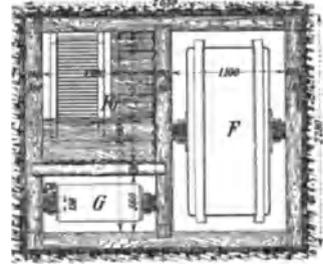


Abb. 96. Querschnitt eines einrümmigen Blindschachtes.

der endgültige Ausbau gleich beim Hochbrechen eingebracht werden kann. Die infolge der Auflockerung in dem Bergetrumm 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.

115. Grundstrecken. Die Grund- oder Sohlenstrecken dienen zur Erkundung des Verhaltens von Lagerstätte und Nebengestein sowie zur Vorrichtung weiter im Streichen liegender Bauabteilungen. 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 entweder mit Begleitort auf, indem man den Sohlenpfeiler anstehen läßt und in zweckmäßigen Abständen Wetterdurchhiebe in ihm herstellt, — oder man treibt sie durch „Breitauffahren“ zu Felde, d. h.

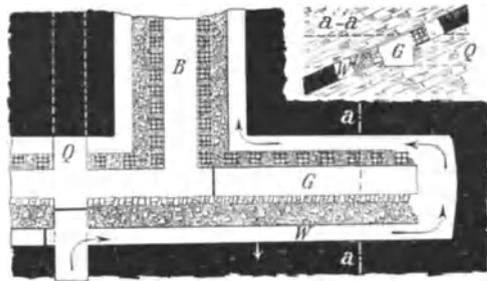


Abb. 97. Breitauffahren einer Grundstrecke.

man gewinnt die Kohle in solcher Breite, daß die Berge vom Bahnbruch untergebracht werden können, und spart im Versatz eine Wetterrösche aus. Letzterer Betrieb (Abb. 97) 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.

116. Teilsohlenstrecken (vergl. Ziff. 111) finden besonders bei flacher Lagerung wegen der wesentlich größeren Bauhöhe Verwendung, da hier ihre

Vorteile — Erhöhung der Zahl der Angriffspunkte und Verkürzung der Förder- und Wetterwege — voll zur Geltung kommen.

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

117. Überhauen und Abhauen. Überhauen werden teils als solche dauernd benutzt (Fahr- und Wetterüberhauen), teils später zu Bremsbergen oder Rollöchern ausgebaut.

Kleine Überhauen zwischen zwei Abbaustrecken nennt man „Durchhiebe“.

Abhauen haben die vorstehend genannten Aufgaben für den Unterwerksbau zu erfüllen. Sie haben gegenüber den Überhauen den Nachteil der Aufwärtsförderung der Mineralien. zeichnen sich aber vor den Überhauen durch Schlagwettersicherheit während der Herstellung aus.

118. Die Bremsberge (vgl. Ziff. 348 u. f.) sind die wichtigsten schwebenden Vorrichtungsbetriebe. Sie finden bei flacher sowohl wie bei steiler Lagerung Verwendung. „Örterbremsberge“ 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. Sie fassen meist die Förderung von mehreren Örterbremsbergen zusammen.

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 andern Seite verbinden, sofern nicht (bei flacher

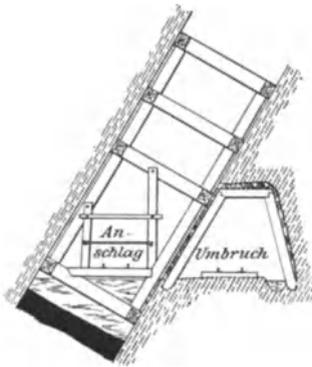


Abb. 98. Bremsberganschlag mit Umbruch im Liegenden bei steilerem Einfallen.

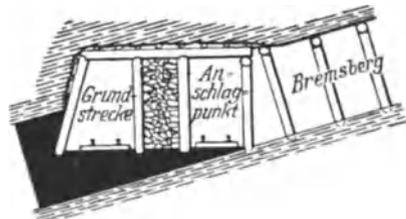


Abb. 99. Bremsberganschlag mit Bergemauer bei flacher Lagerung.

Lagerung) der Bremsberg selbst mit einer Fahrabteilung ausgerüstet werden kann.

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 mit Umbruch im Liegenden zeigt Abb. 98, einen solchen mit Umbruch im Hangenden und Abschluß durch Bergemauer Abb. 99.

119. Rolllöcher (Rollkasten, Rollen) bilden bei steilerer Lagerung einen billigen Ersatz für Bremsberge. Sie eignen sich in erster Linie für Fördergut, das einer rauen Behandlung ausgesetzt werden kann (Erze, Salze, Versatzberge, Braunkohle). Im Steinkohlenbergbau beschränkt ihre Verwendung sich für größere Förderhöhen fast ausschließlich auf die Bergförderung; für geringere Höhen werden sie neuerdings auch wieder zur Kohlenförderung benutzt. Sie müssen mit einer Schutzverkleidung ausgerüstet und mit einer Fahrabteilung versehen werden, damit Verstopfungen gefahrlos beseitigt werden können. Auch kann man sie durch Abkleiden eines Trummers in Blindschächten herstellen. Ein Beispiel gibt Abb. 100.

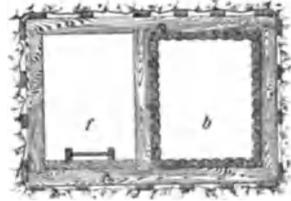


Abb. 100. Bergerloch mit Fahrtrumm.

IV. 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, ohne Rücksicht auf die Möglichkeit einer späteren Gewinnung der restlichen Teile, ist zu verwerfen.

Die Reihenfolge im Abbau der einzelnen Flöze ist so zu wählen, daß der spätere Abbau durch den vorhergegangenen möglichst wenig erschwert und gefährdet, vielmehr nach Möglichkeit erleichtert wird. Hiernach wird in der Regel, besonders bei flacher Lagerung und beim Abbau ohne Versatz, das hangende Flöz vor dem liegenden abgebaut. Doch erleidet diese Regel je nach der Flözmächtigkeit, der Kohlenbeschaffenheit, der Gasentwicklung, der Gesteinsbeschaffenheit und dem Abbaufahren manigfache Ausnahmen.

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 wandernden Bremsbergen (Ziff. 134) und der Rutschenbau (Ziff. 138 u. f.).

Man unterscheidet drei Hauptgruppen von Abbauarten, nämlich:

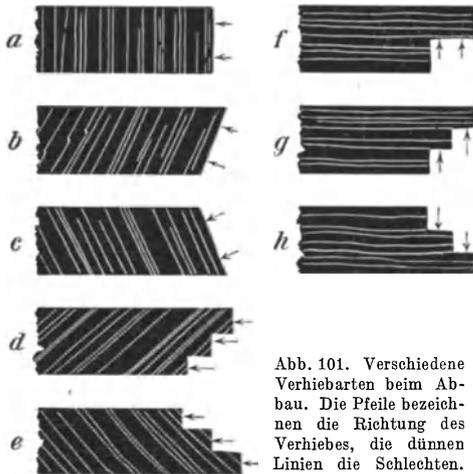


Abb. 101. Verschiedene Verhiebart beim Abbau. Die Pfeile bezeichnen die Richtung des Verhiebes, die dünnen Linien die Schlechten.

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

Grundsätzlich verdient der Abbau mit Bergeversatz den Vorzug, da er bei möglichster Wahrung des Zusammenhangs des Gebirges den vollständigsten Abbau gestattet.

122. Verhieb. Beim Abbau werden durch die Abbaustrecken einzelne Stöße abgegrenzt, die gemäß Abb. 101 in verschiedener Weise angegriffen werden. Maßgebend ist dabei einmal der Verlauf der Schlechten in der Kohle (Ablösungen, in der Abbildung durch weiße Linien angedeutet), da ein senkrecht gegen diese 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 Voranstellen des unteren Teiles, gegen den Kohlenfall durch Voranstellen des oberen Teiles des Stoßes. Der schwebende oder abfallende Verhieb eignet sich für stärkere Flözneigung.

A. 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 Stärke der Pfeiler, die im umgekehrten Verhältnis zur Zahl der Abbaustrecken steht, richtet sich nach der Beschaffenheit des Nebengesteins sowie nach dem Fallwinkel und der Flözmächtigkeit. Sie kann größer genommen werden bei festem Nebengestein, steilerem Fallwinkel und geringerer 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 Abb. 102 erkennen läßt, können die Strecken beim Auffahren durch Durchhiebe zwischen den einzelnen Strecken mit angeschlossenen Wetterscheidern oder -lütten bewettert werden (vgl. Ziff. 212, S. 109).

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 Schweben am oberen Rande eines jeden Pfeilers erfolgen kann. In dieser müssen (Abb. 102) etwa alle 5 m Durchbrüche für den Wetterzug hergestellt werden, der 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 Abbau-strecke 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, daher ihr Ersatz durch Bergeversatz stets anzustreben.

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.

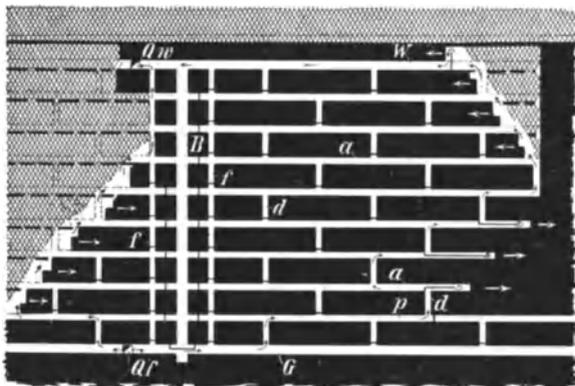


Abb. 102. Schema des Streckenbetriebes und Abbaues beim streichenden Pfeilerbau. *G* Grundstrecke, *p* Begleitort, *Qf* Förderquerschlag, *Qw* Wetterquerschlag, *B* Bremsberg, *f* Fahrüberhauen, *W* Wetterstrecke, *aa* Abbauabschnitte, *dd* Durchhiebe.

126. Beurteilung. Der Pfeilerbau hat den Vorzug der all-

gemeinen Anwendbarkeit in allen solchen Lagerstätten, in denen nicht reichlicher Bergefall oder die Notwendigkeit, die Hohlräume auszufüllen, ohne weiteres zum Abbau mit Versatz nötigen.

Dagegen ergeben sich beim Pfeilerbau Kohlenverluste von 20—30% 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.

Wirtschaftlich 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 (Pfeilerbruchbau oder 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 (Abb. 103) 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) angegriffen.

Bei größerer Flözmächtigkeit und geringer Festigkeit des Hangenden läßt man, wie die Abbildung zeigt, zunächst am Umfang des Abschnittes Kohlenbeine stehen. Nach beendigtem Verhieb werden die Beine noch so weit wie möglich hereingewonnen, worauf dann durch Rauben der Zimmerung der ausgekohlte Abschnitt

zu Bruch geworfen wird. Die vordere und untere Kante des Abschnittes wird nach der Abbildung durch dicht gestellte Stempel begrenzt, die sog. „Orgeln“ ($0_1 0_2$) bilden und später die Nachbarabschnitte gegen den alten Mann schützen.

Liegen die Gebirgsverhältnisse günstig, so kann ohne Bein gearbeitet werden, es muß dann aber die Zimmerung an der oberen und hinteren Grenze jedes Abschnittes gegen die hereinbrechenden Massen des alten Mannes besonders abgesteift werden.

Im Braunkohlenbergbau sind die aus lockeren Gebirgsmassen bestehenden Deckgebirgschichten vielfach von so geringer Mächtigkeit, daß die geworfenen Brüche sich gleich bis zur Erdoberfläche fortpflanzen. Liegt das Flöz flach und ist seine Mächtigkeit groß, so wird der Abbau in söhligem Bauabschnitten geführt. Geneigte Flöze von geringerer Mächtigkeit werden mit Bauabschnitten, die im Einfallen liegen, abgebaut. Ein Beispiel für den Abbau in söhligem Scheiben gibt Abb. 104. 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

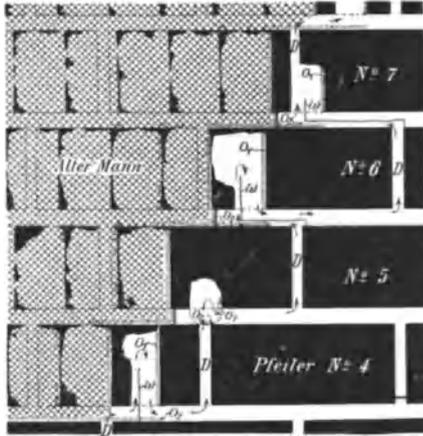


Abb. 103. Grundriß mehrerer Abbaubetriebe beim oberschlesischen Pfeilerbau.

und querschlägigen Strecken pp in eine Reihe von Bruchabschnitten geteilt werden. Der einzelne Bruch erhält etwa 12 bis 20 m² Fläche. Die Brüche werden durch die in der Abbildung teilweise gestrichelt dargestellten Hilfstrecken abgegrenzt. 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“).

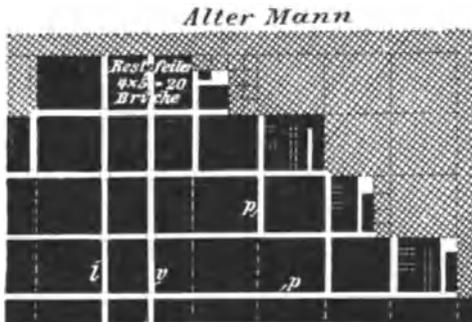


Abb. 104. Deutscher Braunkohlenbruchbau.

und querschlägigen Strecken pp in eine Reihe von Bruchabschnitten geteilt werden. Der einzelne Bruch erhält etwa 12 bis 20 m² Fläche. Die Brüche werden durch die in der Abbildung teilweise gestrichelt dargestellten Hilfstrecken abgegrenzt. 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“).

B. Abbaufverfahren mit Unterstützung des Hangenden.

a) Allgemeines über den Abbau mit Bergeversatz.

128. Vor- und Nachteile. 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 erheblich 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.

Diesen Vorteilen stehen freilich als Nachteile gegenüber die Schwierigkeiten der Bergebeschaffung und die nicht unerheblichen Kosten, die das Heranfördern und das Einbringen des Versatzes verursacht. Um diese Nachteile zu vermindern, sucht man neuerdings mit einem nur teilweisen Versatze (Streifen- oder Rippenversatz) auszukommen und das Versatzgut möglichst an Ort und Stelle zu gewinnen.

129. Arten und Wirksamkeit des Versatzes. Die Wirksamkeit des Versatzes hängt von der Art des Versatzgutes und seines Einbringens 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 dichter 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 Bergemittel 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.

Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte kann man im allgemeinen für die Zusammenpressung von Versatz folgende Zahlen annehmen:

Art des Versatzes	Endgültige Höhe im Verhältnis zur ursprünglichen Kohlenmächtigkeit
Guter Spülversatz ¹⁾	85—95%
Blasversatz ²⁾	50—70%
Handversatz bei steiler Lagerung {	
mit feinkörnigen Bergen	75—85%
mit grobkörnigen Bergen	60—75%
Handversatz bei flacher Lagerung {	
mit Zuführung fremder Berge	40—60%
mit Beschränkung auf eigene Berge	15—30%

¹⁾ S. unten, Ziff. 146 u. f. ²⁾ S. unten, Ziff. 326 u. f.

130. Wirkung des Versatzes beim Abbau. Hinter dem Abbaustoß setzt sich ein aus Schieferschichten gebildetes Hangendes auf den Versatz, und zwar

bei genügend raschem Vorrücken des Abbaues ohne Bruch; das Hangende folgt also in Gestalt einer „Welle“ dem Abbaustoß (Abb. 105). Es wirkt daher durch einen mäßigen Druck auf den Stoß im Sinne einer Erleichterung der Kohलगewinnung, wenn auf richtigen Fortschritt der Abbaustöße und richtigen Abstand zwischen Kohlenstoß und Versatz geachtet wird. Dagegen läßt sich Sandstein-Hangendes weniger leicht beeinflussen; es bricht meist von Zeit zu Zeit durch und setzt sich ruckweise auf den Versatz (Näheres s. Ziff. 229).

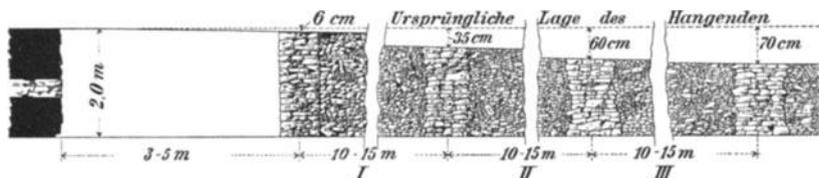


Abb. 105. Verlauf der Senkung des Hangenden beim Abbau mit Bergeversatz.

Auf Nachbarflöze wirkt der Abbau mit Bergeversatz in einem Flöze insofern ungünstig, als der Versatz, solange er noch nicht zusammengedrückt ist, nachgibt und so einen stärkeren Druck des Hangenden in den Nachbarflözen und seine Ausnutzung für die Gewinnung verhindert. Man soll also den Abbau im Nachbarflöz nicht unmittelbar nachfolgen lassen.

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 Bergemittels 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. Stehen solche Berge nicht zur Verfügung oder reichen sie nicht aus, so muß man zur Gewinnung von Versatz in Steinbrüchen und Sandgruben oder in besonderen unterirdischen Hohlräumen („Blindörter“ und „Bergemühlen“) schreiten.

b) Der Strebbau.

132. Wesen des Strebbaus. Beim Strebbau wird die ganze Höhe des Abbaustoßes 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“ (Abb. 106, links), andernfalls um denjenigen „mit abgesetzten Stößen“ (Abb. 106, rechts). Grundsätzlich verdient das Vorgehen mit breitem Blick den Vorzug wegen seiner günstigeren Wetterführung, der gleichmäßigen Nachsenkung des Hangenden und der Möglichkeit, maschinelle Schrämarbeit in großem Maßstabe anzuwenden. Doch läßt es sich nur bei flacherer Lagerung durchführen.

133. Der streichende StREBBAU ist der in Abb. 106 dargestellte. Die im Versatz nachgeführten Strecken liegen bei mittlerem und steilem Einfallen an der oberen Grenze des zugehörigen Strebs, bei flachem Einfallen in dessen Mitte, um in diesem Falle das Versetzen und die Abförderung der Kohlen vom Abbaustöß zu erleichtern. In steil geneigten Flözen muß der Versatz über den Strecken mittels eines besonderen Stempelschlages („Bergekastens“) abgefangen werden.

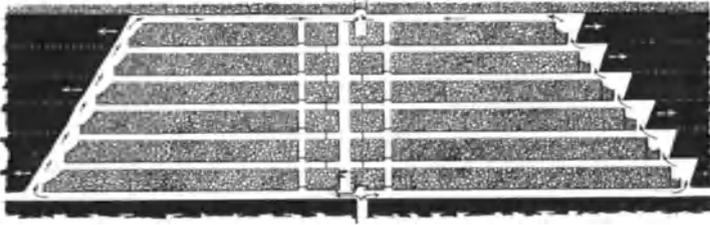


Abb. 106. StREBBAU mit breitem Blick und mit abgesetzten Stößen.

134. StREBBAU mit wandernden Bremsbergen. Bei dem als „Aufrollen der Bremsbergfelder“ bezeichneten Abbauverfahren (Abb. 107) 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 zusammenge-

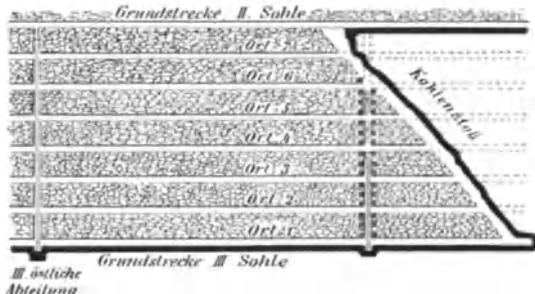


Abb. 107. StREBBAU mit wandernden Bremsbergen.

drückt 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 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 gefolgt an. Die Förderung erfolgt in den letzteren durch Abbremsen der Förderwagen (Abb. 108, rechts) oder durch Schüttelrutschen s_2 (Abb. 108, links). Im ersteren Falle kann man bei der gezeichneten Zusammenfassung je zweier Strecken für eine gemeinsame Bremsvorrichtung mit einspurigen Strecken aus-

kommen, im letzteren Falle den Rutschen s_2 die Förderung durch Rutschen s_1 zubringen lassen, um die Stöße breiter nehmen und die Rutschen s_2 besser ausnutzen zu können.

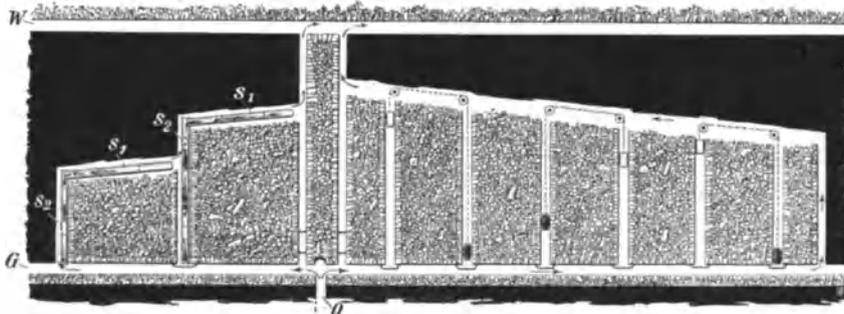


Abb. 108. Schwebender Strebbau mit breitem Blick (rechts) und mit abgesetzten Stößen (links).

c) 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 Stürzrollen ausgebaut. Der Abbau rückt von einem Überbrechen aus an dessen unterem Ende zu Felde (Abb. 109). Da jeder Stoß dem nächst unteren in etwa 8—10 m Abstand folgt, so bildet sich in dem entsprechend hochrückenden Versatz eine Treppe heraus.

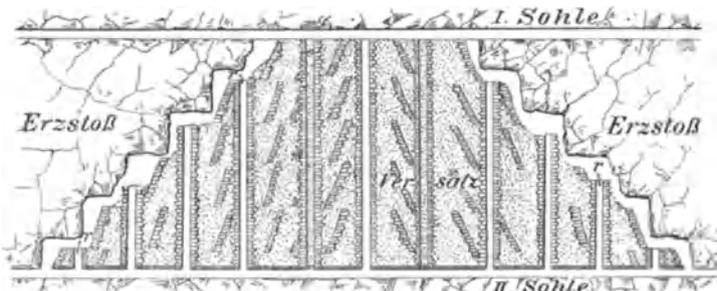


Abb. 109. Schema des Firstenbaues auf Erzgängen.

Die für die Förderung dienenden Rolllöcher (r in Abb. 109) werden von der Kameradschaft der untersten Firste in ihrem Versatz ausgespart und von den Hauern der oberen Firsten dem Vorrücken entsprechend stückweise höher geführt. Die Rollen werden bei geringer Gangmächtigkeit tonnläbig, in mächtigeren Gängen seiger hergestellt und mit Schrotzimmerung, Bruch- oder Ziegelsteinmauerung oder auch mit Eisenblechzylindern ausgebaut.

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 Strebabbau mit Voranstellen der oberen Stöße und hat heute kaum noch Bedeutung.

d) Der Rutschenbau.

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 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 Bandförderung vorzuziehen oder Schleppförderung im Abbau möglich ist. Als Zufluchtsörter für die Hauer und zur Gewinnung gewisser Mengen eigener Berge durch Nachreißen des Nebengesteins kann man sog. „blinde“ Strecken („Blindörter“) nachführen. Ein Beispiel für einen solchen Abbau liefert Abb. 110, die fünf Rutschenstöße mit Höhen von 185, 140, 120, 140 und 100 m darstellt. Die oberen Rutschen 4 und 5 münden auf eine Sohlen- und eine Teilstrecke, die das Fördergut einem Bremsberge zuführen, während die Teilsohle für Rutsche 2, wo das Flöz flacher einfällt, von dem

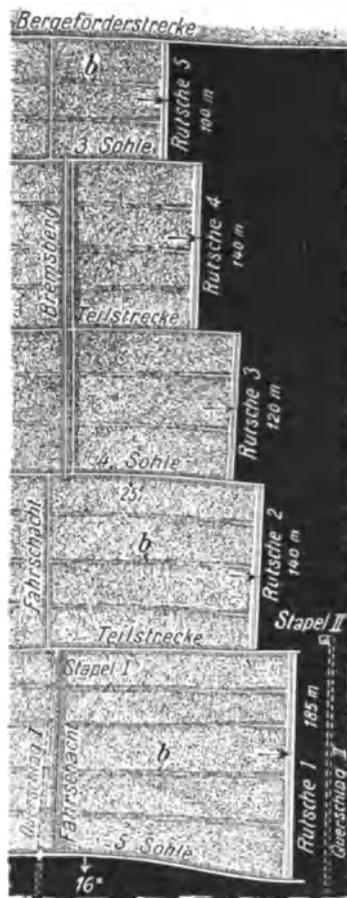


Abb. 110. Rutschenbau mit 4 abgesetzten Stößen.

Abb. 110, die fünf Rutschenstöße mit Höhen von 185, 140, 120, 140 und 100 m darstellt. Die oberen Rutschen 4 und 5 münden auf eine Sohlen- und eine Teilstrecke, die das Fördergut einem Bremsberge zuführen, während die Teilsohle für Rutsche 2, wo das Flöz flacher einfällt, von dem

Stapel I bedient wird und Rutsche 1 unmittelbar der Hauptsohle zufördert. Die Abbildung deutet an, wie nach entsprechendem Vorrücken des Abbaues ein weiter im Streichen hergestellter Stapel II in Betrieb genommen und dadurch die frühere Förderstrecke auf der Teilsohle entbehrlich sowie das ununterbrochene Fortschreiten des Abbaues in gleicher Richtung („Aufrollen“) möglich gemacht wird. Die Blindörter sind mit *b* bezeichnet; die noch fehlenden Berge werden durch die Rutschen zugeführt.

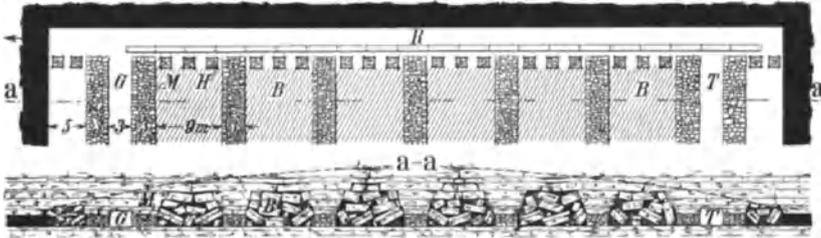


Abb. 111. Abbau mit Rippenversatz im Grundriß und Querprofil nach *a—a*.

Der Rippenversatz wird durch Abb. 111 veranschaulicht. Zwischen den Versatzmauern, die rechtwinklig zum Stoß nachgeführt werden, läßt man das Hangende in den Feldern *B* zu Bruch gehen, wobei nötigenfalls noch durch kleine Schüsse nachgeholfen wird. Die Bruchmassen bilden eine Auf-

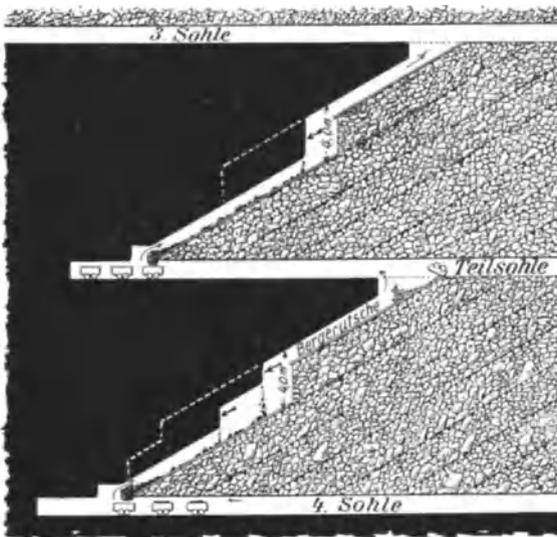


Abb. 112. Schrägbau.

lagefläche für die höheren Schichten des Hangenden und gleichzeitig eine seitliche Abstützung der Bergemauern. Ein Durchbrechen des Hangenden bis zum Stoß wird durch die in einigem Abstände dem Stoße folgenden Holzpfiler verhütet, die auf eine Lage von Feinkohlen gesetzt werden, so daß sie nach dem Ausräumen des Kohlenbettes leicht wiedergewonnen und weiter vorn von neuem gesetzt werden können.

140. Abbau bei steiler Lagerung.

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

unteren Ende voran, gestellt werden. Auch der Verhieb erfolgt in schräger Richtung (Schrägbau), und zwar nach Abb. 112 in Flözen mit Bergemittel in einem Stoß (Abbau oberhalb der Teilsohle), um die fallenden Berge auf besonderen Bühnen abfangen zu können; in bergemittelfreien Flözen kann (Abbau unterhalb der Teilsohle) mit zwei Stößen gleichzeitig vorgegangen werden. Ein rascherer Verhieb läßt sich durch Einbau von Schutz Bühnen b_1 — b_3 (Abb. 113) ermöglichen, die das Belegen mit einer größeren Zahl von Hauern gestatten; der Stoß zeigt hier einen sägezahnartigen Angriff.

Das unterste Stück (in 2—4 m Höhe) wird senkrecht angegriffen, um die Kohlensammeltrichter einbauen zu können. Auch oben wird der Stoß ins Einfallen gestellt, um den druckgefährlichen spitzen Winkel zu beseitigen und Platz für die Bergekippe zu schaffen.

Der Rutschenbau mit abgesetzten Stößen ist der Firstenbau in

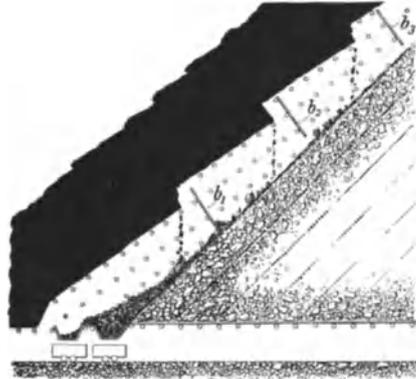


Abb. 113. Schrägbau mit Schutz Bühnen und Rutschfläche aus Waschbergen.

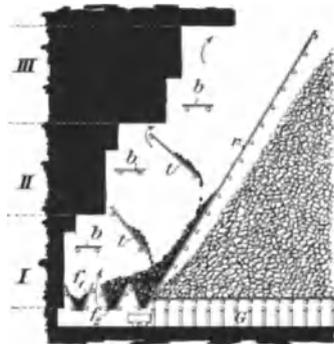


Abb. 114. Arbeits Bühnen und Kohlen trichter beim Firstenbau.

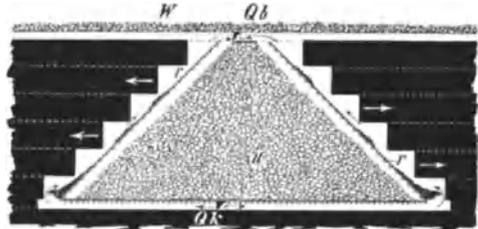


Abb. 115. Firstenbau mit Kohlen rutschen.

seiner Ausbildung für Steinkohlenflöze. Die beim Erzfirstenbau üblichen Rolllöcher sind hier unterdrückt, da sie sich wegen des größeren Druckes und der größeren Bauhöhe nur mit großen Kosten würden offen halten lassen. Je nach dem größeren oder geringeren Einfallen des Flözes wird die Böschung durch entsprechendes Abstufen des Verhältnisses zwischen Firstenstoßhöhe und -breite flacher oder steiler genommen. Während der Arbeit stehen die Hauer auf Bühnen, die nach Bedarf verlegt werden (b in Abb. 114, die auch die Hilfsrutschen t und die Kohlensammeltrichter f_1 f_2 veranschaulicht). Die Rutschfläche für Kohlen und Berge kann beim Schräg- und Firstenbau entweder durch die Böschung des Versatzes selbst (Abb. 113) oder durch eine besondere Holzrutsche, die immer wieder umgelegt wird (Abb. 114 und 115) gebildet werden. Im ersteren Falle muß auf die Versatzböschung eine feinkörnige Deckschicht aus Waschbergen gebracht werden, um Kohlenverluste

zu vermeiden; auch kann gemäß Abb. 112 die Böschung mit Holzbrettern (oder Blechrutschen mit \perp = Querschnitt) abgedeckt werden.

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.

e) Abbau in einzelnen Streifen (Stoßbau).

141. Der streichende Stoßbau. Beim streichenden Stoßbau werden gewöhnlich zwei Förderstrecken benutzt, von denen die obere, neu aufgefahrene für die Zuführung der Versatzberge, die untere, ältere für die Weg-

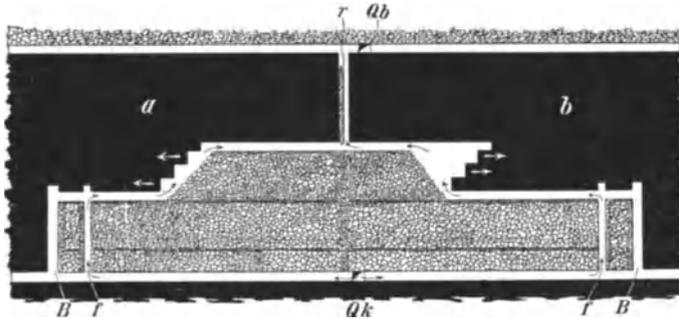


Abb. 116. Schema eines zweiflügeligen streichenden Stoßbaues. Kohlenbrennsberge an beiden Seiten.

förderung der Kohlen dient (Abb. 116). Die letztere wird jedesmal wieder versetzt. Die Berge werden bei dem dargestellten, zweiflügeligen Abbau durch ein Rolloch aus dem oberen Querschlage Qb zugeführt, die Kohlen durch zwei Brennsberge B an den Abbaugrenzen abgefördert. Wird der Stoßbau in größerem Maßstabe betrieben, so wechseln Kohlen- und Bergebrennsberge bzw. Rollöcher miteinander ab. Rollöcher und Brennsberge 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 und infolgedessen unter Umständen auch in flachgelagerten Flözen von geringer Mächtigkeit 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 Brennsberge.

Die Wetterführung ist beim streichenden Stoßbau nicht günstig. Durch die Trennung der einzelnen Betriebspunkte wird zwar eine Teilung des Wetterstromes, dafür aber eine ungünstige und unübersichtliche Verzettelung der Wetter bewirkt und ihrer Erwärmung Vorschub geleistet. Nur ausnahms-

weise (z. B. bei ganz flacher Lagerung) kann auf Schlagwettergruben eine Reihe von Stößen von dem gleichen Wetterstrome bestrichen werden, indem dieser abwechselnd aufwärts und abwärts geführt wird.

142. Der schwebende Stoßbau. Bei flacher Lagerung gehört zu jedem der schwebend vorrückenden Stöße (Abb. 117) 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, wie die Abbildung zeigt, durch Einlegen von Teilsohlen möglich; in letzterem Falle wird auch die Bewetterung günstiger, da mehrere Betriebspunkte vom gleichen Strome versorgt werden können.

In steil aufgerichteten 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 verstützt wird.

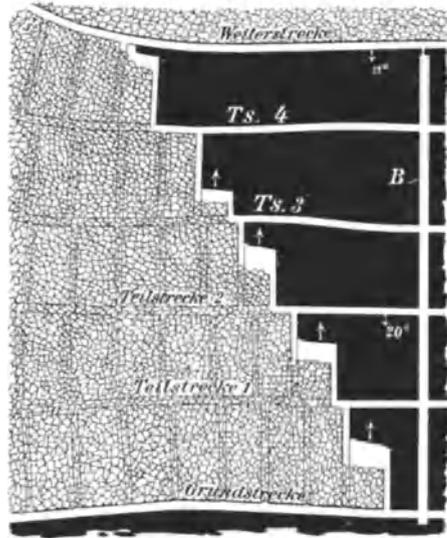


Abb. 117. Schwebender Stoßbau bei flacher Lagerung über mehreren Teilsohlen.

f) Besondere Ausbildung einzelner Abbaufverfahren für mächtige Lagerstätten.

143. 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 ein Zerlegen der Lagerstätte in Streifen („Scheiben“ oder „Platten“) von so geringer Stärke erforderlich, daß sie ohne besondere Schwierigkeit gewonnen werden können.

144. Der Scheibenbau. Der Scheibenbau wird durch Zerlegen 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 Bergemittel 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 Abb. 118. Hier wird zunächst die Unterbank mittels Strebbaues abgebaut und sodann die Oberbank durch Pfeilerückbau mit Bergeversatz gewonnen.

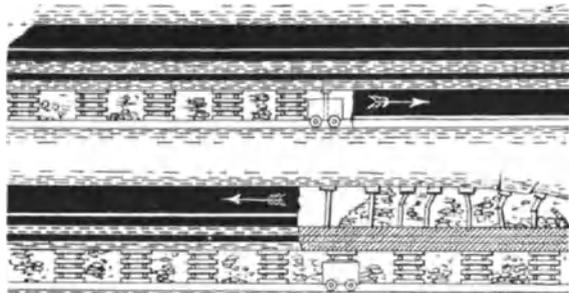


Abb. 118. Längsprofil durch einen Scheibenbau; Strebbau nach der Baugrenze hin in der Unterbank (oben), Pfeilerbau mit Versatz zum Bremsberge zurück in der Oberbank (unten).

bank durch Pfeilerückbau mit Bergeversatz gewonnen. Für den Versatz in der Oberbank dient das Bergemittel, das in der unteren Bank abgebaut wird.

Bei der Anwendung von Pfeilerückbau in den einzelnen Bänken wird zweckmäßig der Abbau in der einen Bank jedesmal nach Hereingewinnung eines

Abschnitts von einigen Metern unterbrochen, damit vor seinem weitem Fortschreiten erst ein entsprechender Abschnitt in der andern Bank gewonnen werden kann. Auf diese Weise können die Leute durch den alten Mann in den Nachbarscheiben nicht belästigt oder gefährdet werden.

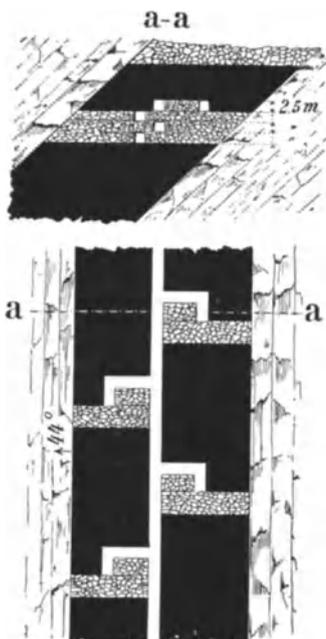


Abb. 119. Querbau von einer Mittelstrecke aus.

145. Plattenbau. Beim Plattenbau wird die Lagerstätte in söhliche Platten zerlegt. In diesen kann der Abbau streichend (als Stoßbau) oder querschlägig (als Querbau) geführt werden.

Beim Stoßbau muß man sich 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.

Der Querbau wird durch Abb. 119 veranschaulicht. Auch hier werden die Vorrückungstrecken in den einzelnen Scheiben etwas gegeneinander versetzt, damit jede eine feste Bergeversatzsohle erhält. Jede Platte wird etwa $2\frac{1}{2}$ —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.

g) Der Abbau mit Spülversatz.

146. 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 für den Abbau selbst kann der Spülversatz Vorteile bringen, da das Einbringen des Versatzes durch einen Wasserstrom sich bei flacher Lagerung und großer Flözmächtigkeit verhältnismäßig billig stellt und außerdem bei Tonschiefer-Hangendem dessen sicheres Tragen durch den Versatz die Steinfallgefahr verringert und eine erhebliche Holzersparnis in den Strecken ermöglicht. Bei Sandstein-Hangendem kann allerdings auch der Spülversatz Hohlraum-bildung unter dem Hangenden und entsprechende Gebirgsbewegungen durch ruckartiges Setzen des Hangenden nicht verhüten.

Größere Bedeutung hat der Spülversatz für den Abbau der mächtigen Sattelflöze Oberschlesiens — zumal hier große Sand- und Lehmablagerungen als Spülgut zur Verfügung stehen — und für den deutschen Kalisalzbergbau erlangt.

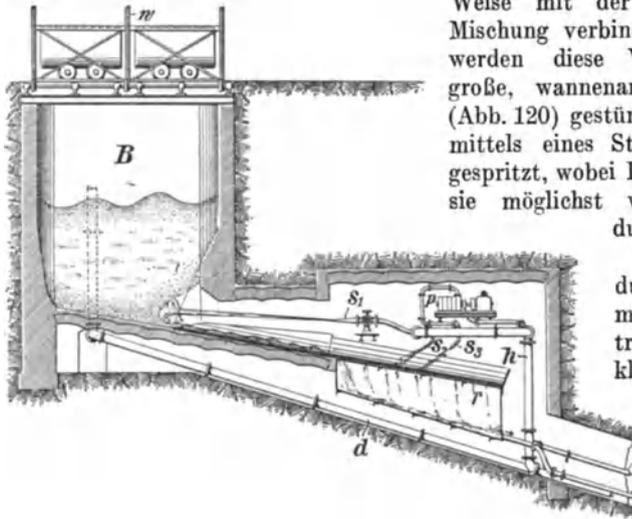
147. Versatzgut. Für den Spülversatz kommen in erster Linie feinkörnige Berge in Betracht. Wo man Sand billig und in genügenden Mengen haben kann, zieht man ihn seiner guten Eigenschaften, insbesondere seiner raschen Abtrocknung wegen vor. Jedoch ist man meist genötigt, sich ganz oder doch größtenteils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

148. 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 treibende Druckhöhe für den Schlammstrom erwünscht. Anzustreben ist die „Druckspülung“, bei der der Mischbehälter stets voll gehalten und so die Gesamtdruckhöhe der Falleitung ausgenutzt wird, wogegen bei Eintritt von Luft in die Falleitung nur die lebendige Kraft des Schlammstromes zur Geltung kommt („Stoßspülung“). Je weiter die Spültrübe geleitet werden muß, je stärker die Leitungen ansteigen und je größer die Korngröße des Spülgutes ist, um so größer wird der Wasserverbrauch. Als sehr günstig kann ein Wasserverbrauch von 1 m³ auf 1 m³ Versatzgut bezeichnet werden.

149. Misanlagen. 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 werden diese Versatzmassen in große, wannenartige Behälter *B* (Abb. 120) gestürzt und aus diesen mittels eines Strahlrohres s_1 abgespritzt, wobei Lehmklumpen, um sie möglichst wenig aufzulösen, durch Hochdruckstrahlrohre s_2, s_3 durch ein grobmaschiges Sieb r getrieben werden. Bei kleineren Anlagen

Abb. 120.
Wannen - Misanlage
mit Abspülvorrichtung.

genügt ein Trichter, 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 Erzeugen eines Sprühregens, durch den das Versatzgut hindurchfällt, ein gleichmäßiges Durchmischen mit möglichst wenig Wasserzusatz erfolgt.

Zur Abkürzung der Rohrleitungen kann man in der Nähe der Bauabteilung, die mit Spülversatz abgebaut werden soll, oder an der Gewinnungsstelle für das Spülgut (Sandablagerung u. dgl.) besondere Spülschächte niederbringen, 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.

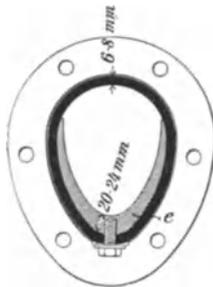


Abb. 121. Spülrohr mit eiförmigem Querschnitt und Walzeiseninlage.

150. Rohrleitungen. Der Verschleiß der Rohrleitungen ist in söhligen 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 Ausfüllen mit Holz- oder Porzellaninlagen verringert werden. Außerdem kann man

kreisrunde Rohre mehrfach drehen, da der Verschleiß sich auf den unteren Teil des Querschnitts beschränkt. Eine andere Lösung stellen eiförmige Rohre

(Abb. 121) aus Flußeisen mit Walzeiseneinlagen dar, bei denen zwar das Drehen fortfällt, dafür aber die Einlagen mehrmals erneuert werden können. Neuerdings werden auch Rohre aus Eisenbeton für den Teil des Rohrnetzes verwandt, der im Anschluß an die Schachtleitung längere Zeit liegen bleibt.

Die lichte Weite der Rohrleitungen beträgt etwa 150 mm für kleinere und 180—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.

151. Abbauverfahren mit Spülversatz. Im Abbau ist gemäß Abb. 122 der ausgekohlte Hohlraum durch Verschläge $v_1 v_2$ abzugrenzen, die aus Brettern, Versatzleinen mit daran entlang gespannten oder eingewebten Drähten u. dgl.

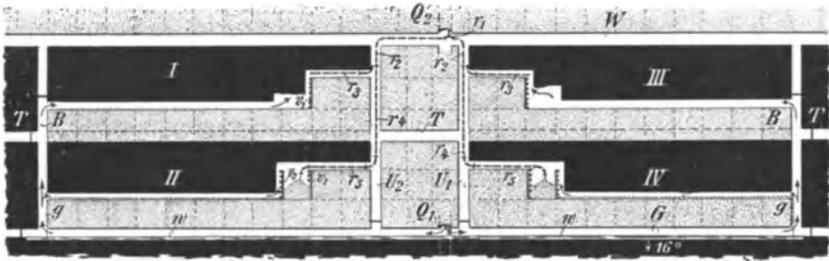


Abb. 122. Zweiflügeliger Stoßbau mit Spülversatz und eingelegerter Teilsohle.

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 (Abb. 122) und der Pfeilerbau mit Bergeversatz geeignet.

Die Verschläge verteuern den Abbau erheblich. Man sucht sie daher möglichst zu verbilligen und möglichst oft wieder zu benutzen und außerdem die Spülabschnitte möglichst groß zu machen. Bei festem Gebirge kann man je 200 m² und mehr auf einmalerspülen.

152. 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, Wascherge 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.

153. Der Spülversatz im deutschen Kalisalzbergbau. Für den Kalisalzbergbau hat der Spülversatz insofern besondere Bedeutung, als er eine vollständige Mineralgewinnung aus den mächtigen Lagerstätten bei mäßiger und gleichförmiger Senkung des Hangenden ermöglicht, auch ein bequemes und billiges Einfördern der als Versatzgut dienenden Fabrikrückstände gestattet. Er muß mit gesättigter Rohsalzlauge betrieben werden, damit die Lagerstätten nicht angegriffen werden, und kommt einstweilen nur für die Hart-

salz- und Sylvinitgruben in Betracht, da Carnallit zu leicht von der Lauge angegriffen wird. Die Verschlüge werden wegen der großen Mächtigkeit der Lagerstätten in die Strecken gesetzt.

154. Wasserklärung und -hebung. Das abfließende Wasser führt einen mehr oder weniger großen Teil der eingespülten Stoffe (bei tonigem Spülgut bis zu 20%) 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 längeren Wege langsam laufen läßt, damit sie sich hier abklärt (Laufklärung), oder als Filterklärung durch das Durchlaufen der Trübe durch Handversatz, der auf diese Weise gleich (Ziff. 152) verdichtet wird.

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

155. 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 Länge der Rohrleitungen, nach den wechselnden Kosten der Verschlüge 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.

h) Der Abbau mit Bergfesten.

156. 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. Wegen der starken Abbauverluste sucht man diesen Abbau immer mehr durch den Abbau mit Bergeversatz zu ersetzen.

157. 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

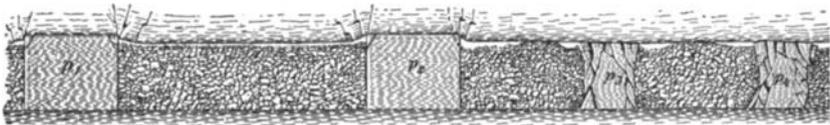


Abb. 123. Kammerbau mit lockerem Versatz und zu großem Abstände (links) oder zu geringer Stärke (rechts) der Pfeiler.

in Betracht zu ziehen. Durch Einbringen von Bergeversatz kann ein größerer Abstand der Pfeiler ermöglicht werden, indem der Versatz das Durchbiegen des Hangenden zwischen den Pfeilern und das seitliche Aus-

weichen der unter Druck stehenden Pfeiler verhindert oder abschwächt. Jedoch kann der Versatz diese Aufgabe nur erfüllen, wenn er entweder bei steilem Einfallen oder als Spülversatz eingebracht wird, also genügend dicht liegt. Sonst treten die durch Abb. 123 veranschaulichten Wirkungen ein.

158. Der Abbau selbst kann zunächst in der Weise erfolgen, daß die Abbauräume nach Art breiter Streckenbetriebe zu Felde rücken (Örter-

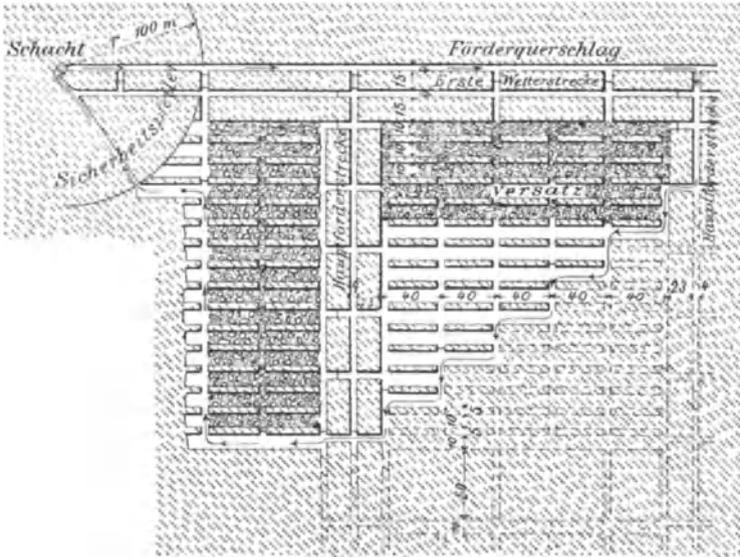


Abb. 124. Örtterbau auf einem Kalisalzbergwerk.

bau). Einen solchen Abbau auf einem mächtigen Steinsalzlager mit flachem Einfallen zeigt Abb. 124. Vom Förderquerschlage aus sind in Abständen von rd. 250 m Hauptförderstrecken aufgefahren, zu deren Schutz auf beiden Seiten Sicherheitspfeiler von 23 m Stärke belassen werden. Das zwischen zwei Hauptstrecken liegende Abbaufeld von 200×240 m wird in der ganzen Mächtigkeit des Lagers durch Abbauörter von je 10 m Breite durchörtert,

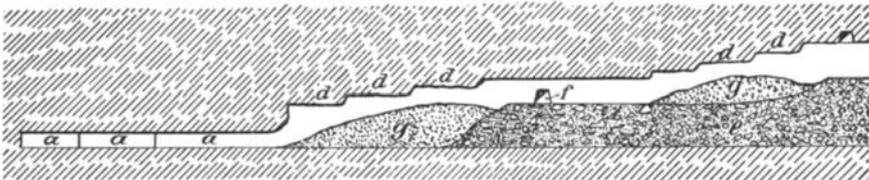


Abb. 125. Firstenvertrieb im deutschen Kalisalzbergbau. g Haufwerk, e Versatz.

zwischen denen 5 m starke Pfeiler stehen bleiben. Die letzteren werden zur Verringerung der Abbauverluste und zur Herstellung einer Wetterverbindung alle 40 m durchbrochen. Die Hohlräume werden durch Versatz ausgefüllt.

Der Kammerbau ist dadurch gekennzeichnet, daß jeder Hohlraum rings von Sicherheitspfeilern als Wänden eingefaßt ist. Er beschränkt sich auf Lagerstätten von großer Mächtigkeit.

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 (Abb. 125) mit einem Einbruch *a* von etwa Streckenhöhe die ganze Länge der Kammer auf ihrer Sohle durchörtert und dann den höheren Teil firstenbauartig in einzelnen Absätzen *d* angreift. Der Versatz *e* besteht aus Fabrikrückständen oder wird aus Bergemühlen durch Querschläge *f* zugeführt. Das Haufwerk *g* bleibt zunächst liegen und wird nach Abbau der Kammer herausgefördert.

V. Gebirgsbewegungen im Gefolge des Abbaues.

159. Allgemeiner Verlauf der Bodenbewegungen. Der Verlauf der an den Abbau anschließenden Gebirgsbewegungen hängt von dem Verhalten des Gebirges selbst, von dem angewandten Abbaufahren und von der Größe der Hohlräume ab.

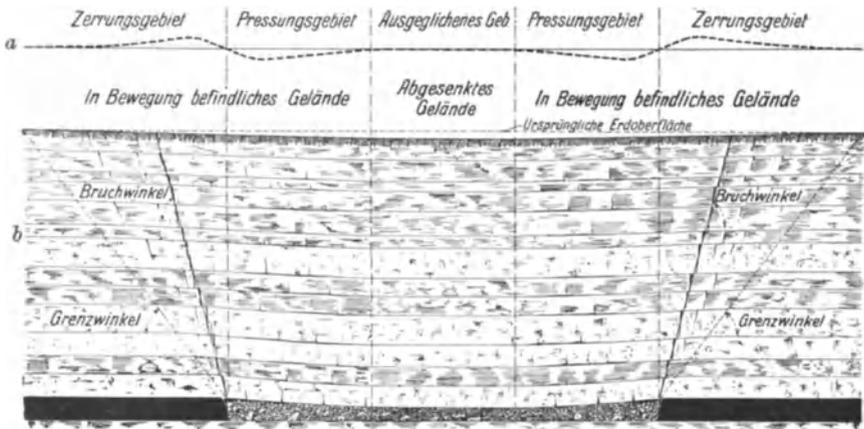


Abb. 126 a und b. Abbauwirkungen im Gebirge und an der Erdoberfläche.

Granit- und steinsalzartige Gesteine (vgl. unten, Ziff. 229) können so zäh und fest sein, daß in ihnen Hohlräume von mäßiger, ja selbst großer Ausdehnung jahrhundertlang offen stehenbleiben können (Glockenbildung). 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 Ablösen einzelner Schichten verfüllt werden, so daß unter Umständen eine Fortpflanzung der Senkungen bis zur Erdoberfläche nicht eintreten, d. h. der Bruch „sich totlaufen“ wird.

Schiefertonartiges 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 auf dem Nachgeben des letzteren gegenüber dem durch die Lagerstätte nach unten übertragenen Drucke des Hangenden beruht und durch die aufblähende und zersetzende Wirkung von Wasser und Luft auf den Tonschiefer verstärkt werden kann.

160. Fortpflanzung der Senkungsvorgänge nach der Erdoberfläche hin. Wechsellagen verschiedenartige Gebirgsschichten miteinander ab, so ergibt sich an der Oberfläche mit zunehmender Teufe immer deutlicher das Bild einer flachen, über die Ränder des Abbaubereiches hinaus ausgedehnten Senkungsmulde (Abb. 126 b). Die dabei auftretenden Spannungen führen an den Rändern der Senkungsmulde zu Zerrungserscheinungen (Erdrissen, Erweiterung der Stoßfugen bei Straßenbahnen, Auseinanderziehen von Rohrleitungen u. dgl.) und nach dem Innern der Mulde hin zu Pressungserscheinungen (Mauerstauchungen, Übereinanderverschieben von Treppenstufen, Torflügeln usw., Schienenpressungen u. a.).

Die Größe der zerrenden und pressenden Kräfte ist in Abb. 126 a schematisch dargestellt.

Eine besondere Erscheinung sind die Tagebrüche, d. s. 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 Abb. 127 bei steilem Einfallen Sicherheitspfeiler stehen geblieben sind und später durch den beim Abbau entstandenen Gebirgsdruck zerdrückt und zum Abrutschen gebracht werden.

161. 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 Wassereinträge sowie gegenseitige Störungen der Wetterführung verhüten sollen.
- c) Deckgebirgs-Sicherheitspfeiler, die zum Schutze gegen wasserführendes Deckgebirge anstehen bleiben.
- d) Sicherheitspfeiler für Grubenbaue aller Art wie Schächte, Aufbrüche, Bremsberge, Querschläge usw.

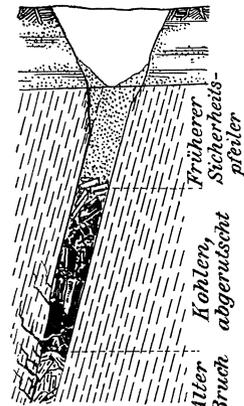


Abb. 127. Tagebruch bei steiler Lagerung.

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.

162. 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.

163. Der Wetterbedarf einer Grube. Die Erfahrung lehrt, daß man für Zweck 1. mindestens $\frac{3}{4}$ m³ frischer Wetter je Kopf der Belegschaft minutlich bedarf, aber besser 1—2 m³ vorsieht. Ein Pferd braucht etwa 5 mal soviel Luft wie ein Mensch. Wie groß die Wettermengen für die beiden anderen Zwecke sein müssen, läßt sich wegen der allzu großen Verschiedenheiten nicht zahlenmäßig angeben. Oft ist dieser Wetterbedarf mehrfach größer als derjenige für Zweck 1. Die insbesondere für Herabkühlung der Grubentemperatur erforderliche Wettermenge hängt in erster Linie von der Tiefe der Grube und außerdem von der geothermischen Tiefenstufe (Erdwärmen-Tiefenstufe) ab. Diese ist durchschnittlich 33 m, d. h. die Temperaturzunahme beträgt für je 33 m Tiefe 1° C. Näheres über die Bildung der Grubentemperaturen folgt in Ziff. 180.

Im Oberbergamtsbezirk Dortmund werden in der Regel 3 m³ Wetter minutlich je Kopf der Belegschaft gefordert. Wo aber die Schlagwettergefahr groß ist oder wo es sich um heiße Baue handelt, werden sogar bis zu 10 m³ Wetter auf den Kopf in die Grube geleitet.

164. Die atmosphärische Luft besteht im wesentlichen aus 21 Raumteilen Sauerstoff und 79 Raumteilen Stickstoff. Dazu kommt ein Kohlen säuregehalt von durchschnittlich 0,04 = $\frac{1}{25}$ %. Der Gehalt an Wasserdampf wechselt stark. 1 m³ trockene Luft wiegt bei 0° C und 760 mm Druck 1,293 kg.

165. Der Sauerstoff (spez. Gewicht 1,1) ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas, das sich leicht mit anderen Körpern unter Wärmeentwicklung (Oxydation, Verbrennung, Explosion) verbindet. Die ausgeatmete Luft besteht aus 17 % Sauerstoff, 4 % Kohlen säure und 79 % Stickstoff.

In solcher Luft kann der Mensch nicht mehr leben, auch Lampen erlöschen darin. Wetter mit einem auf 19—20% verminderten Sauerstoffgehalt werden bereits als recht matt empfunden. In der Grube findet ferner Sauerstoffverbrauch durch Oxydation des Holzes (Fäulnis) und der Kohle statt, der auf Steinkohlengruben den durch das Atmen von Menschen und Tieren verursachten wesentlich zu übersteigen pflegt.

166. Der Stickstoff (spez. Gewicht 0,97) ist ein farb-, geruch-, geschmackloses und in chemischer Beziehung träges Gas. Außer in der Luft findet er sich manchmal in Bläsegasen und in den Nachschwaden der Sprengstoffe.

167. Der Wasserdampf (H_2O), spez. Gewicht 0,62, ist stets mehr oder weniger in der Luft vorhanden. Wieviel Wasserdampf die Luft aufnehmen kann, hängt von deren Temperatur ab. Der Grad der Sättigung der Luft mit H_2O („relative Sättigung“) über Tage ist an verschiedenen Orten sehr verschieden und beträgt bei uns etwa 75%. Gemessen wird er durch Hygrometer oder Schleuderthermometer.

Der Sättigungsgrad des Wetterstromes in der Grube steht in einem gewissen Zusammenhange mit den Temperaturverhältnissen. In tiefen Gruben pflegt die Temperatur des Wetterstromes im einziehenden Schachte, in den Querschlägen und den Abbauen schnell zu steigen, um auf der Wettersohle und im ausziehenden Schachte wieder abzunehmen. Solange die Temperatur steigt, wird zumeist der Wetterstrom nicht voll mit Feuchtigkeit gesättigt sein. Die volle Sättigung pflegt aber einzutreten, sobald eine stärkere Abkühlung stattfindet. Alle tiefen Gruben werden, falls überhaupt Wasserzugänge vorhanden sind, durch den Wetterstrom ständig ausgetrocknet. Die Austrocknung ist im Winter stärker als im Sommer, weil die Wetter einen geringeren Wasserdampfgehalt mitbringen und eine stärkere Erwärmung der Wetter in der Grube stattfindet. Nur Kalisalzgruben zeichnen sich durch einen trockenen ausziehenden Strom aus.

168. Die Kohlensäure (CO_2) hat ein spez. Gewicht von 1,52, ist farb- und geruchlos und von schwach säuerlichem Geschmack. Der Gehalt der Grubenwetter an Kohlensäure wird vermehrt 1. durch die Atmung der Menschen und Tiere und das Brennen der Lampen, 2. durch Fäulnis des Holzes und Oxydation der Kohle, 3. durch die Sprengarbeit, 4. durch gelegentliche Ursachen (Ausströmungen aus Kohle oder Gestein, Grubenbrände, Explosionen, Feuerungsanlagen, Lokomotiven). Ein fleißig arbeitender Mann atmet minutlich etwa 0,8 l CO_2 aus, eine Benzinsicherheitslampe erzeugt in derselben Zeit 0,15 l. Am erheblichsten pflegt die unter 2. genannte Kohlensäurequelle zu sein, namentlich auf älteren Gruben, auf denen ein ausgedehnter alter Mann vorhanden ist. Besonders gefürchtet sind in manchen Steinkohlenbezirken (z. B. in Waldenburg und im Gardbezirk in Frankreich) Kohlensäureausbrüche, wobei plötzlich erhebliche Gas-mengen aus dem bisher festen Kohlenstoße unter Zerstörung des Gefüges der Kohle frei werden (vgl. Ziff. 174). Das wenn auch nicht unbedingt sichere, so doch immerhin beste Bekämpfungsmittel gegen diese Gefahr ist die gewollte Auslösung solcher Ausbrüche durch schwere Sprengschüsse zu einem bestimmten Zeitpunkte bei zurückgezogener Belegschaft — das sog. Erschütterungsschießen —. Sonst tritt Kohlensäure namentlich in Braunkohlengruben in reichlichen Mengen auf.

Wegen ihrer Schwere sammelt sich die Kohlensäure vorzugsweise an tief gelegenen Punkten (in Schächten, Abhauen, Gesenken, Brunnen) an, so daß Vorsicht geboten ist. Erlischt die Lampe, so ist dringende Gefahr vorhanden.

169. Das Kohlenoxyd (CO) mit dem spez. Gewicht 0,97 ist die niedrigere Oxydationstufe des Kohlenstoffs, es ist farb- und geruchlos, brennbar und sehr giftig. Es entsteht in der Grube bei Bränden, bei Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen, bei dem Auskochen von Sprengschüssen und unter Umständen durch Brennstoff-Lokomotiven, wenn die Zufuhr der Verbrennungsluft nicht richtig eingestellt ist. Die Giftigkeit des CO beruht darauf, daß es sich mit den roten Blutkörperchen verbindet und diese für die Aufnahme von Sauerstoff ungeeignet macht. Die Behandlung von Vergifteten läuft darauf hinaus, durch frische Luft oder noch besser durch reinen Sauerstoff das CO aus dem Blute des Verunglückten abzuscheiden und die Atemtätigkeit (z. B. durch Einspritzen des Reizmittels Lobelin-Ingelheim) anzuregen.

170. Der Schwefelwasserstoff (H_2S) mit dem spez. Gewicht 1,2 ist noch viel giftiger als Kohlenoxydgas, ist aber im Gegensatz zu diesem leicht kenntlich an seinem starken Geruch nach faulen Eiern. Er bildet sich bei der Fäulnis organischer Stoffe in Gegenwart schwefelhaltiger Verbindungen. Von Wasser wird er begierig verschluckt. Auf H_2S muß man besonders beim Anfahren von Wasseransammlungen im alten Mann gefaßt sein. Auch findet er sich auf manchen Kalisalzgruben im Salze eingeschlossen.

171. Das Wasserstoffgas (H), spez. Gewicht 0,069, ist ein brennbares, also im Gemische mit Luft explosives Gas, das für die Atmung unschädlich ist. Es findet sich zuweilen im Salze eingeschlossen auf Kalisalzgruben und kann hier nach Freiwerden zu Explosionen Veranlassung geben.

172. Das Stickoxyd (NO und NO_2) ist ein gelbroter, giftiger Qualm, der in der Grube nur entsteht, wenn Sprengstoffe auskochen, statt zu explodieren (s. S. 45). Die giftige Wirkung äußert sich erst einige Stunden nach dem Einatmen durch Atembeschwerden.

173. 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 dem Ausströmen 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. Nach seinem Austritt mischt sich das Grubengas durch Diffusion mit den sonstigen Grubenwettern. Ein Gemisch von Grubengas mit Luft entmischt sich nicht wieder.

Das regelmäßige Ausströmen des Grubengases findet durch ununterbrochenen, allmählich abnehmenden Ausfluß des Gases statt. Bis-

weilen ist es durch das Gehör wahrnehmbar, wenn nämlich kleine Kohlenpartikelchen unter einem knisternden Geräusche von dem Kohlenstoß abspringen (die Kohle „krebst“). Ein frischer Kohlenstoß entgast am stärksten, aber die Gasentwicklung dauert auch aus bereits gewonnener Kohle fort.

174. Gasausbrüche, wie sie bereits bei Besprechung der Kohlensäure geschildert wurden, entstehen, wenn das Gefüge der Kohle plötzlich zerstört und damit dem in den Poren eingeschlossenen Gase Gelegenheit zum plötzlichen Entweichen gegeben wird. Aus zwei 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 Kohlenpartikeln durch den Gebirgsdruck, wobei ebenfalls große Gasmengen mit einem Schläge frei werden können.

175. 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 1. Ordnung. Sie können unter Umständen jahrelang erhebliche Gasmengen liefern, wenn es sich um ausgedehnte und verzweigte Kluftvorkommen 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 2. Ordnung).

176. 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 im alten Mann, die an der Druckschwankung teilnimmt, entsprechend wachsen, und dieser Volumenzuwachs wird in die Grubenräume übertreten. Bei steigendem Barometer werden dagegen die Wetter im alten Mann zusammengedrückt, und frische Luft strömt aus den Strecken in den alten Mann nach. Daher müssen die Grubenwetter bei fallendem Barometerstande gasreicher und bei steigendem gasärmer werden. Dagegen ist ein Zusammenhang zwischen den Luftdruckschwankungen und den Schlagwetterexplosionen nicht sicher nachweisbar, da etwa ebenso viele 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 völlig unabhängig vom Barometerstande ist.

177. Die Schlagwetterexplosion. Ausströmendes Grubengas verbrennt an der Luft nach bewirkter Entzündung mit hellblauer, wenig leuchtender

Flamme. Durch Mischung mit atmosphärischer Luft entsteht ein explosionsfähiges Gemenge. 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 Kohlenstaubexplor-

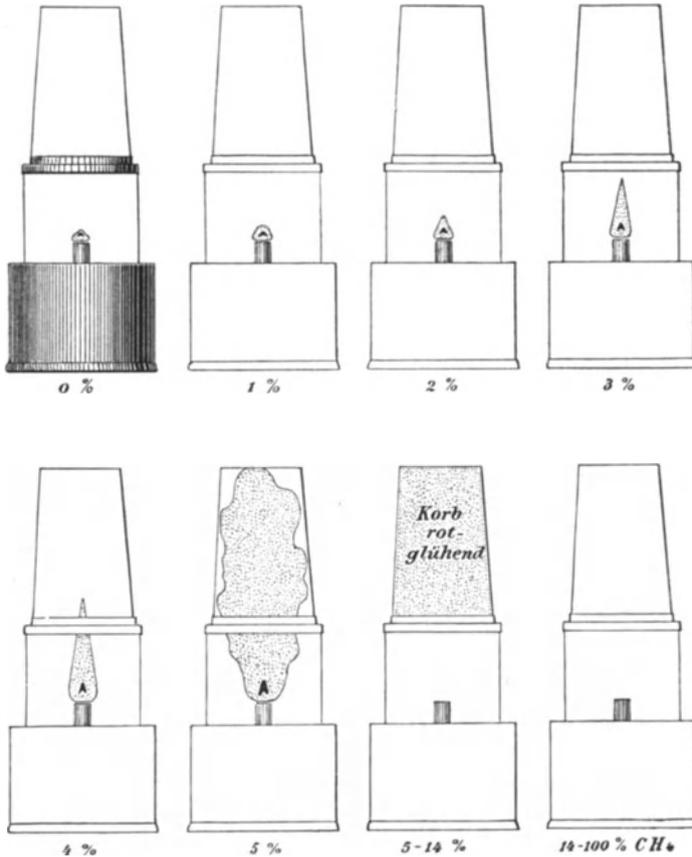


Abb. 128. Flammerscheinungen der Benzinlampe in Schlagwettergemischen.

sionen 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 soweit herabgemindert ist, daß das Gemisch in diesem Teile explosibel wird. Bei der günstigsten Zusammensetzung des Explosionsgemisches kann die Flammentemperatur rechnermäßig auf $2650^\circ C$ und der in einem allseitig geschlossenen Raume entstehende Gasdruck auf etwa 10 at steigen. Die Entzündung der Gasgemische tritt bereits bei etwa $650^\circ C$ 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 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:

539 623 t	im Durchschnitt der Jahre	1881—1890,
1 100 810	" "	" " 1891—1900,
1 772 102	" "	" " 1901—1910,
2 551 064	" "	" " 1911—1920,
3 239 975	" "	" " 1921—1927.

178. Erkennen 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 in der Hand des Bergmannes am besten brauchbare Erkennungsmittel 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 Benzinlampen von 1 % CH_4 an zu erkennen. Art und Größe der Flammenerscheinungen zeigt Abb. 128. Noch schärfer zeigt die mit Alkohol gespeiste Pielerlampe den CH_4 -Gehalt an, wie dies Abb. 129 darstellt.

179. Die physikalischen Verhältnisse der Grubenwetter. Nimmt man an, daß die Temperatur der Grubenluft 20—25°C beträgt und der Sättigungsgrad annähernd 100% erreicht, so berechnet sich das für überschlägliche Rechnungen meist zugrunde gelegte Gewicht von 1 m³ Grubenluft auf etwa 1,2 kg.

In der Grube nimmt das Volumen der Wetter nach dem Ausziehschachte hin meist stark zu (im Ruhrbezirk um etwa 10%), in erster Linie durch die eintretende Erwärmung und die Wasserdampfaufnahme, sodann aber auch durch die Aufnahme fremder Gase und durch die Wirkung der Depression und des verschiedenen statischen Luftdruckes an den Meßpunkten.

180. Die Grubentemperaturen. Neben der jeweiligen Tagestemperatur kommen für die Bildung der Grubentemperatur in Betracht: 1. die Verdichtungswärme, 2. die Gebirgswärme, 3. die Aufnahme oder der Niederschlag von Wasserdampf, 4. chemische Wirkungen, insbesondere die Oxydation von Kohle oder Holz, 5. sonstige Einflüsse. Die Abb. 130 zeigt anschaulich, welche Bedeutung im Verhältnis zueinander die vier erstgenannten

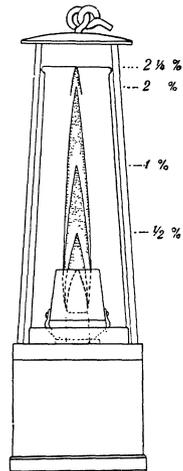


Abb. 129. Flammenerscheinungen der Pieler-Lampe in Schlagwettergemischen.

Einwirkungen in einem bestimmten Falle haben. Die sonstigen, bei der Bildung der Grubentemperatur mitwirkenden Einflüsse (z. B. warme Zuflüsse, Sprengarbeit, Elektromotoren) spielen meist nur eine verhältnismäßig geringe Rolle.

Der im menschlichen Körper erzeugte Überschuß an Wärme, der um so größer ist, je mehr Arbeit der Mensch leistet, muß an die Außenluft abgegeben werden. Andernfalls tritt eine Wärmestauung ein, die eine verminderte

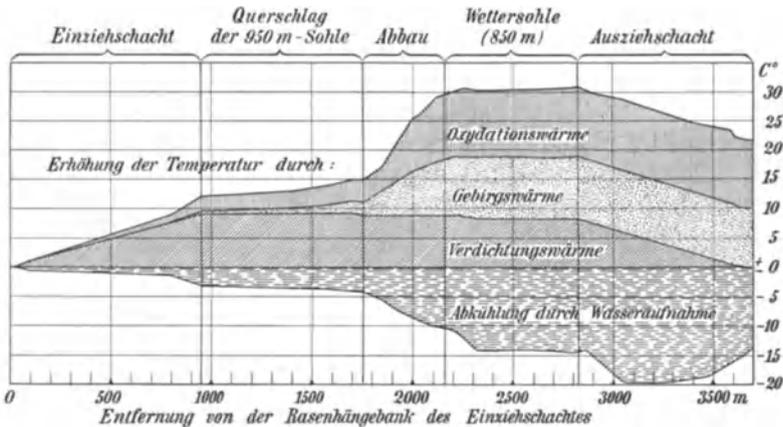


Abb. 130. Die hauptsächlichsten Beeinflussungen der Temperatur unter Tage auf einer 850 m tiefen Grube des Ruhrbezirkes.

Arbeitsleistung und gegebenenfalls Gesundheitschädigungen im Gefolge hat. Die Kühlstärke der Luft hängt ab von ihrem Wärmegrad, von dem Feuchtigkeitsgehalt und von der Wettergeschwindigkeit. Die künstliche Kühlung der Grubenwetter zwecks Verstärkung ihrer Kühlwirkung ist bisher in größerem Maßstabe noch nicht durchgeführt worden. Dagegen ist man auf das Herabdrücken des Feuchtigkeitsgehaltes und das Verstärken der Wettergeschwindigkeit vor den Arbeitspunkten mit Erfolg bedacht gewesen.

II. Der Kohlenstaub.

181. 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.

Da nicht der Kohlenstaub selbst, sondern hauptsächlich das in ihm enthaltene Gas verbrennt, so werden Kohlenstaubexplosionen durch Verkoken des Staubes gekennzeichnet sein. Fettkohlenstaub liefert große zusammenhängende Kokskrusten. Nicht backender Kohlenstaub fühlt sich nach der Explosion sandig an und hat seine Weichheit verloren.

182. Die Bekämpfung der Kohlenstaubgefahr kann durch Anwendung des Wassers 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. Sperrensicherung. 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 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 benetzen.

Die Berieselung ist durch die Einführung des Gesteinstaubverfahrens stark zurückgedrängt worden, weil sie weniger sicher wirkt, durch die Nässe und Erhöhung der Luftfeuchtigkeit die Leute belästigt und durch die Durchtränkung des Gebirges die Steinfallgefahr erhöht.

183. Verwendung des Gesteinstaubes. Gesteinstaub wirkt dadurch, daß er der Flamme Wärme entzieht und somit diese abkühlt und schließlich löscht. Bei seiner Verwendung unterscheidet man für die Verhütung von Explosionen beim Schießen den Außenbesatz und die Schußbestäubung, ferner für das Ablöschen entstandener Explosionen die Streuung und die Sperren. Der Außenbesatz (Abb. 131) besteht darin, daß man etwa 1,5 kg Staub in einem Papierbeutel oder auf einem Brette in der Schußrichtung unmittelbar vor dem Bohrloche anbringt, so daß die Schußflamme den Staub mitreißen muß. Für mehrere mit Zeit-

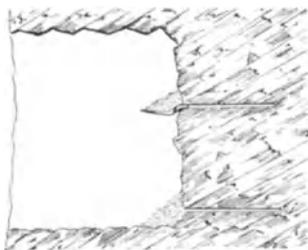


Abb. 131. Außenbesatz.

zündung abgegebene Schüsse verwendet man die Schußbestäubung. Die Vorgabe und die Schußstelle werden namentlich in der Schußrichtung in einem Umkreise von 5 m mit mindestens 10 kg je Schuß eingestaubt. Die Streuung soll in sämtlichen zur Förderung, Fahrung und Wetterführung dienenden Grubenbauen (nur mit Ausnahme der Abbaubetriebe) erfolgen und so stark sein, daß das abgelagerte Staubgemenge niemals mehr

als 50% brennbare Bestandteile enthält. Bei dem Sperrverfahren soll eine etwa entstandene Explosion auf größere Staubmassen, die im freien Strecken-

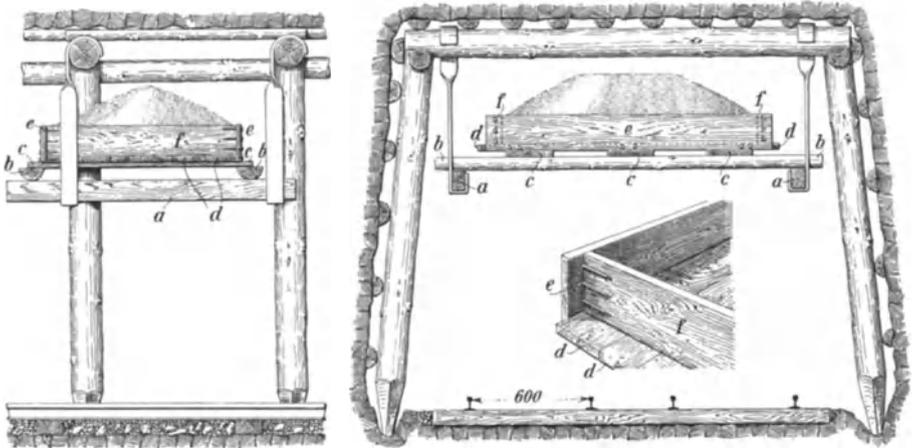


Abb. 132. Gesteinstaubsperrre.

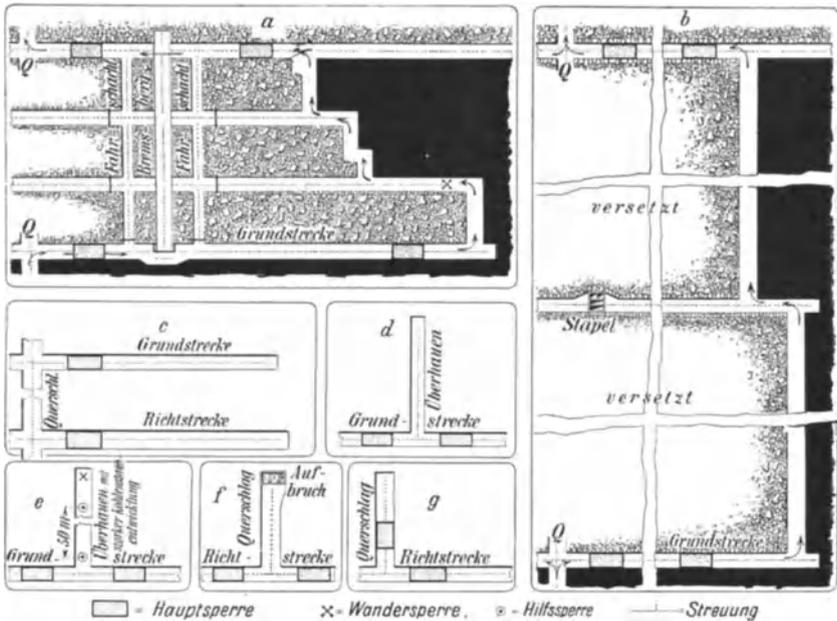


Abb. 133. Anordnung der Sperrungen unter verschiedenen Betriebsverhältnissen.

querschnitt angeordnet sind (Abb. 132), stoßen und dadurch am Fortschreiten behindert werden. Durch Hauptsperrren (mit 400 kg Gesteinstaub je m²

Streckenquerschnitt) werden die Wetterabteilungen, die Aus- und Vorrichtungsbetriebe und die Abbauflügel gegeneinander abgeriegelt; Wandersperrn (mit 80 kg Staub je m² Streckenquerschnitt) dienen zur Trennung der einzelnen Abbaubetriebe eines Abbauflügels. Hilfsperrn (ebenfalls 80 kg je m²) werden namentlich in Auf- und Abhauen angeordnet, in denen eine Streuung in der vorgeschriebenen Stärke nicht aufrechterhalten werden kann. Abb. 133 zeigt die Anordnung der Sperrn unter verschiedenen Verhältnissen.

III. Die Bewegung der Wetter.

A. Der Wetterstrom und seine Überwachung.

184. **Gefälle des Wetterstromes.** Für die 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 Abb. 134. Der vom Ventilator erzeugte Unterdruck ist im Saugkanal am größten (-115) und ist an der Mündung des einziehenden Schachtes $+0$. Das Gefälle verteilt sich auf den ganzen Wetterweg, jedoch ungleichmäßig.

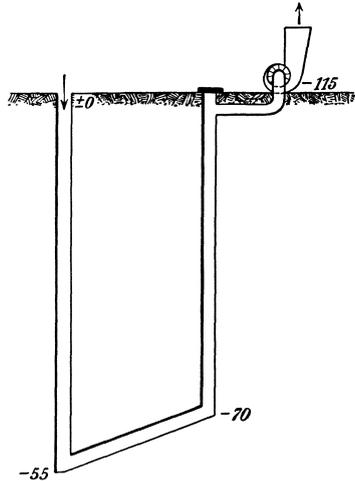


Abb. 134. Schema des Druckgefälles bei einer Grubenbewetterung.

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 $a_1 a_2$ (Abb. 135) 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 Ochwaldt), bei denen mittels Schwimmers die jeweilig vorhandene Depression in Form einer Kurve auf einer Trommel aufgeschrieben wird, so daß man einen bleibenden Ausweis über den Gang des Ventilators erhält.

Um die Depression richtig zu messen, muß man den Schlauch *b* (Abb. 135) so in den Saugkanal münden lassen, daß der Strom in die ihm entgegen-gerichtete Öffnung des Schlauchendes (am besten eines vorgeschalteten Röhrechs) bläst (vgl. Ziff. 187).



Abb. 135.
Gewöhnlicher
Depressions-
messer.

186. Messung der Stromgeschwindigkeit. Zur Messung der Stromgeschwindigkeit bedient man sich gewöhnlich der Casella-Anemometer (Abb. 136). Ein solches besitzt acht windmühlenähnlich gestellte Flügel aus Aluminiumblech, die auf einer gegen ein Saphirlager sich stützenden Achse angeordnet sind. Die Achse trägt eine Schraube ohne Ende, die ein Zählwerk mit solcher Radeinteilung betätigt, daß auf dem Zifferblatt der vom Luftstrom in der Meßzeit zurückgelegte Weg unmittelbar in Metern abgelesen werden kann. Die abgelesene Geschwindigkeit bedarf noch der Richtigstellung (Korrektur), da das Anemometer nicht reibungsfrei läuft. Die Korrektur ist keine Konstante, sondern ist für jede Geschwindigkeit verschieden. Sie muß durch Eichen festgelegt werden.

Für Messungen im Wetterkanal benutzt man besser das unempfindlichere Robinson-Schalenkreuz, das durch den Staub und die sich niederschlagende Feuchtigkeit weniger leidet und dessen Anzeige durch schräges Auftreffen des Luftstromes nicht beeinflusst wird. 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 Meßstellen vorgenommen, deren eine für jeden Sonderstrom vor-

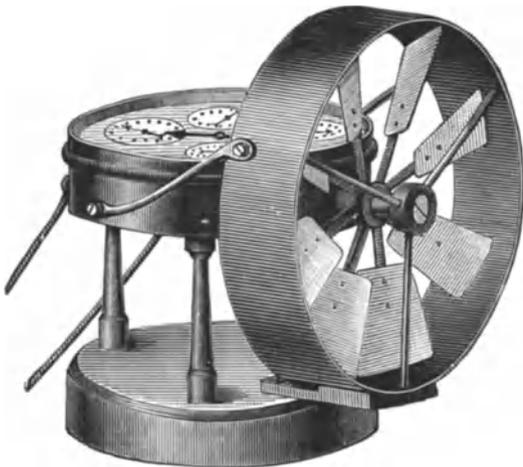


Abb. 136. Casella-Anemometer.

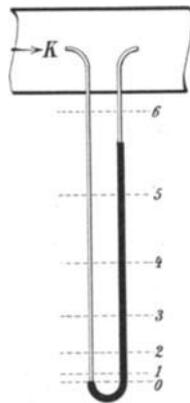


Abb. 137. Grundgedanke
des Volumenmessers.

handen zu sein pflegt. Stöße und Firse der Strecke sind hier mit einem glatten Bretterverzuge auf 3–4 m Länge verschalt. Man legt die Meßstellen 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 und -breite.

187. Die hydrostatischen Geschwindigkeits- oder Volumenmesser werden nach dem in Abb. 137 dargestellten Grundgedanken gebaut. In dem Kanal *K* bewegt sich ein Wetterstrom in der Pfeilrichtung. Läßt man ein mit seinem Ende dem Gasstrome entgegengerichtetes Rohr und ein Rohr, dessen Ende in der Stromrichtung umgebogen ist, in den Kanal münden, so werden beide Rohre verschiedene Drücke aus dem Gasstrome ableiten. Schaltet man zwischen die Rohre ein Manometerrohr, so stellt sich in diesem der Wasserspiegel entsprechend den verschiedenen Drücken ein. Der Unterschied der beiden Wasserspiegel ist also ein Maßstab für die Gasgeschwindigkeit in dem Kanal *K*. Bei dem schreibenden Geschwindigkeits- und Volumenmesser der Hydro-Apparate-Bauanstalt zu Düsseldorf (Abb. 138), der gleichzeitig mit einem schreibenden Depressionsmesser verbunden ist, tauchen in die Flüssigkeitsäulen des Gerätes zwei Schwimmer *a* und *b* ein, von denen *a* die Schreibstange für die Aufzeichnung der Depression und *b* diejenige für Aufzeichnung der Geschwindigkeit trägt. Der Wetterstrom im Kanal *L* bläst in das ihm entgegengerichtete Röhrchen *g*, so daß sein Gesamtdruck im Raume *e* zur Wirkung kommt. Dagegen ist das Röhrchen *h* gleichlaufend zur Kanalwand abgeschnitten, so daß es in den Raum *d* nur den statischen Druck des Wetterkanals überträgt. Über dem Schwimmer *a* ist der äußere Luftdruck vorhanden.

188. Die hauptsächlichsten Formeln¹⁾ für die Wetterbewegung sind:

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

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

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

Die Formel II („Depressionsformel“) gibt die für die Bewegung der Wetter erforderliche Depression, die dem Widerstande entspricht, an. In ihr hat *k* folgende Werte:

¹⁾ In diesen Formeln bedeuten

V: die Luftmenge in m^3/s ,

F: den Streckenquerschnitt in m^2 ,

L: die Streckenlänge in m ,

U: den Streckenumfang in m ,

v: die Geschwindigkeit in m/s ,

h: die Depression in mm Wassersäule,

k: eine Konstante, die der Beschaffenheit der Wandungen Rechnung trägt.

Heise-Herbst, Leitfaden, 3. Aufl.

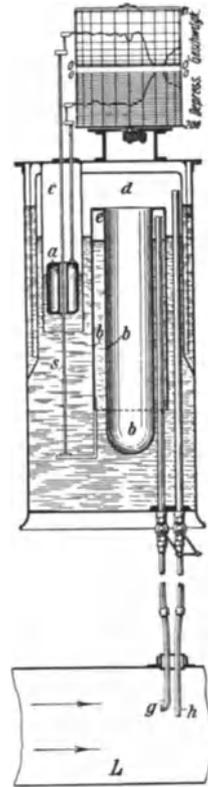


Abb. 138. Schreibender Geschwindigkeits- und Depressionsmesser.

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,
 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.

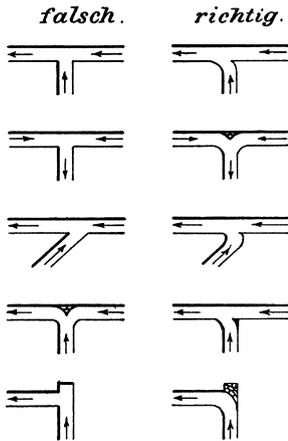


Abb. 139.
 Falsch und richtig angeordnete
 Streckenabzweigungen.

Nicht berücksichtigt sind in Formel II Biegungen, plötzliche Richtungsänderungen, Einschnürungen u. dgl., die sich der Rechnung entziehen, aber auf den Wetterstrom außerordentlich schädlich einwirken können.

Abb. 139 zeigt in Gegenüberstellung unsachgemäß und richtig angeordnete Streckenabzweigungen. Besonders ungünstig ist es, wenn zwei Wetterströme mit entgegengesetzter Bewegungsrichtung aufeinanderprallen, wie dies in den drei 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 „gleichwertige (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 in PS schließlich ist

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

Aus den 4 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 Wettergeschwindigkeit steigt.

B. Die Mittel zur Erzeugung der Wetterbewegung.

189. Überblick. Man unterscheidet zwischen natürlicher und künstlicher Wetterführung. 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.

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

190. Natürliche Wetterführung. Die Wirkung des natürlichen Wetterzuges macht sich namentlich geltend, wenn Höhenunterschiede zwischen den Tagesöffnungen der Grubenbaue vorhanden sind. In einer flachen Stollengrube (Abb. 140) ist im Sommer die im Schachte befindliche Luftsäule infolge Einwirkung der Gesteinstemperatur kühler, also dichter und schwerer als die äußere Luftsäule *S*. Die Folge ist, daß die Luft im Schachte niedersinkt, daß also der Schacht ein- und der Stollen auszieht (Sommerstrom).



Abb. 140. Wetterwechsel in einer Stollengrube.

Im Winter dagegen ist die im Schachte befindliche Luft 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 ein Stocken des Wetterzuges vor der schließlichen Umkehr der Stromrichtung eintreten.

In Tiefbaugruben mit zwei 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.

191. Die Wetteröfen können über oder unter Tage stehen. Abb. 141 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 Brandgefahr und der Möglichkeit des Umschlagens der Stromrichtung der Wetter (z. B. im Falle von Grubenbränden) bedenklich.

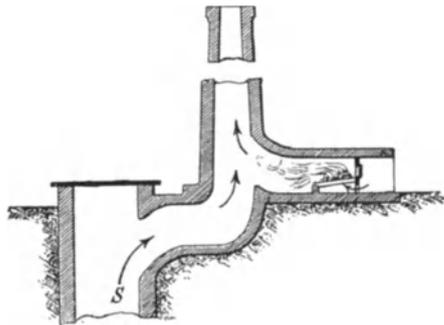


Abb. 141. Wetterofen über Tage.

192. Die Wettermaschinen werden den Wetteröfen wegen der erwähnten Nachteile dieser meist vorgezogen. Man benutzt fast ausschließlich Schleuderräder (Zentrifugalventilatoren). Bei ihnen sind auf einer Achse radial gestellte Schaufeln, deren Fläche in der Achsenrichtung liegt, angebracht. Da, wo die Achse durch die Seitenwände geführt ist, befindet sich die Saugöffnung. Bei der Drehung des Rades wird die Luft axial 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 für alle Fälle den Vorzug verdient. Tatsächlich haben sich sehr verschiedene Ausführungen gut bewährt.

Die Ventilatoren können einseitig oder zweiseitig saugend eingerichtet werden. Bei nur einseitiger Einströmung (Abb. 142) ergibt sich der Übelstand, daß der Luftdruck das Schaufelrad nach der Saugseite hin zu verschieben trachtet. Bei einem zweiseitig saugenden Ventilator (Abb. 143) ist die Verlagerung der Achse schwieriger, da sie länger sein und mindestens durch einen Saugkanal oder aber durch beide hindurchgeführt werden muß. Ferner ist die Herstellung der Zuführungskanäle verwickelter und umständlicher.

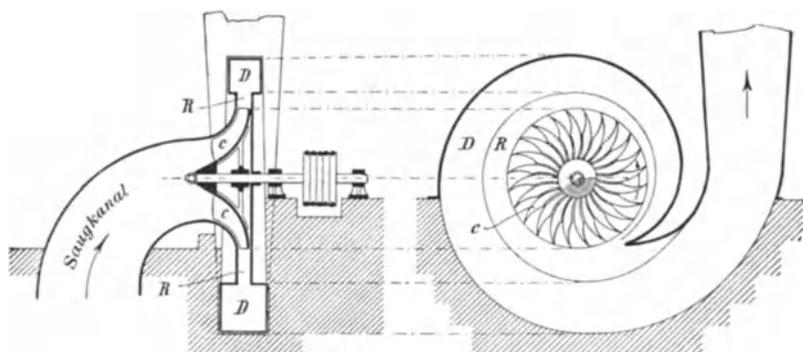


Abb. 142. Rateau-Ventilator.

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 Strome mit allmählich verminderter Geschwindigkeit in die Atmosphäre übergeführt wird.

193. Beispiele. Als Beispiele seien der Rateau- und der Capell-Ventilator aufgeführt. Der Rateau-Ventilator (Abb. 142) 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 Ringraum *R* und der äußeren Erweiterung *D*, welche letztere in den Auslaufhals endigt. Der Capell-Ventilator (Abb. 143) 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 zwei 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.

194. Der mechanische Wirkungsgrad eines Ventilators ist das Verhältnis der tatsächlichen Nutzleistung (s. Formel IV, S. 98) zu der der Antriebsmaschine zugeführten Energie, also $\frac{N}{N_i}$. Man drückt gewöhnlich den mechanischen Wirkungsgrad in Prozenten 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 auch von der Grubenweite abhängt. Bei einer bestimmten Grubenweite ist der mechanische Wirkungsgrad am günstigsten, bei geringerer oder größerer Grubenweite findet ein Abfall statt.

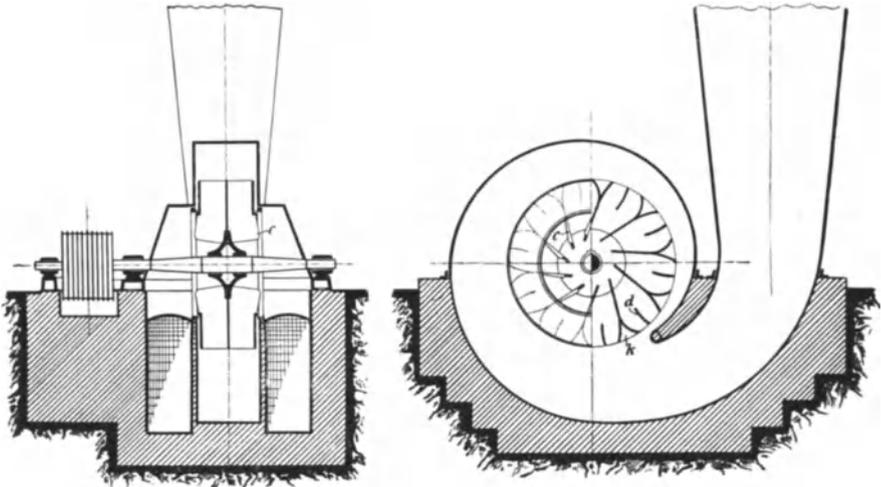


Abb. 143. Capell-Ventilator.

195. 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 wie die Grubenweite ist.

196. 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 m/s, 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, und zwar der theoretischen Depression, ausgedrückt. Der manometrische Wirkungsgrad ist bei fast völlig verschlossenem Saugkanal am größten, um mit zunehmender Grubenweite infolge der Wirbelbildungen in der durchströmenden Luft allmählich zu sinken. Die erzielbaren manometrischen Wirkungsgrade steigen bis etwa 75⁰/₀.

197. 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

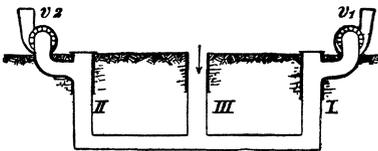


Abb. 144. Zwei Ventilatoren auf verschiedenen Witterschächten derselben Grube.

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 Witterschächten eines einheitlichen Bergwerks stehen. Für die Ventilatoren ist dann ein Teil der unterirdischen Wetterwege gemeinsam (Abb. 144). 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 im 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.

Durch Hintereinanderschalten zweier Ventilatoren kann man die 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.

198. Die Strahlgebläse sind den für die Kesselspeisung gebrauchten Injektoren oder den Strahlpumpen ähnlich. Sie beruhen darauf, daß ein Flüssigkeits-, Dampf- oder Luftstrahl mit hohem Drucke aus einer Düse,

die in oder vor einem weiten Rohre angebracht ist, ausspritzt und die umgebende Luft in der Strahlrichtung mitreißt. Zur Vermeidung schädlicher Wirbelbildungen werden vor die eigentliche Strahldüse Leitdüsen eingebaut, die bewirken, daß die Luft annähernd gleichmäßig auf dem ganzen Querschnitte eine nach vorn gerichtete Bewegung erhält (Abb. 145).

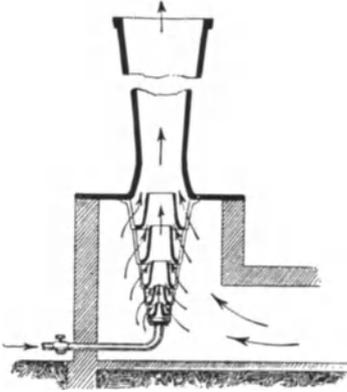


Abb. 145. Strahlgebläse.

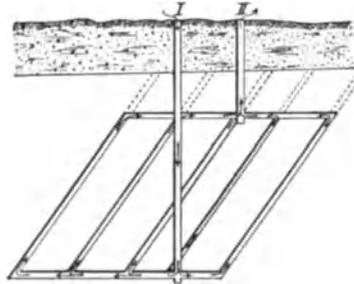


Abb. 146. Schema der aufsteigenden Wetterführung.

Wenn auch ein Strahlgebläse sich durch mannigfache Vorteile, insbesondere Einfachheit, Billigkeit, bequeme Aufstellung, leichte Inbetriebsetzung und Wartung, geringen Raumbedarf und Betriebsicherheit auszeichnet, so ist doch der Wirkungsgrad selbst bei guter Ausführung sehr gering (10—15%). Aus diesem Grunde werden Strahlgebläse zur Bewetterung ganzer Gruben selten gebraucht, wogegen sie für kleine, nur wenig Betriebskraft erfordernde Sonderbewetterungen vielfach Verwendung finden.

199. 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 Abb. 146 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 in der Richtung von oben nach unten vom Wetterstromen bestrichen werden, ist minder günstig und außerdem für Schlagwettergruben bedenklich.

200. Wetterumstellvorrichtungen an Ventilatoranlagen gestatten, daß man den Ventilator je nach Bedürfnis saugend oder blasend arbeiten lassen kann. Abb. 147 zeigt eine solche Umstellvorrichtung. Bei der gezeichneten Stellung der Klappen d_1 und d_2 saugt der Ventilator die Luft durch den Kanal c aus der Grube und befördert sie durch den Schlot a ins Freie. Werden

dagegen die Klappen d_1 und d_2 in die gestrichelte Lage gebracht, der die gestrichelten Wetterstrompfeile entsprechen, so saugt der Ventilator die Luft durch

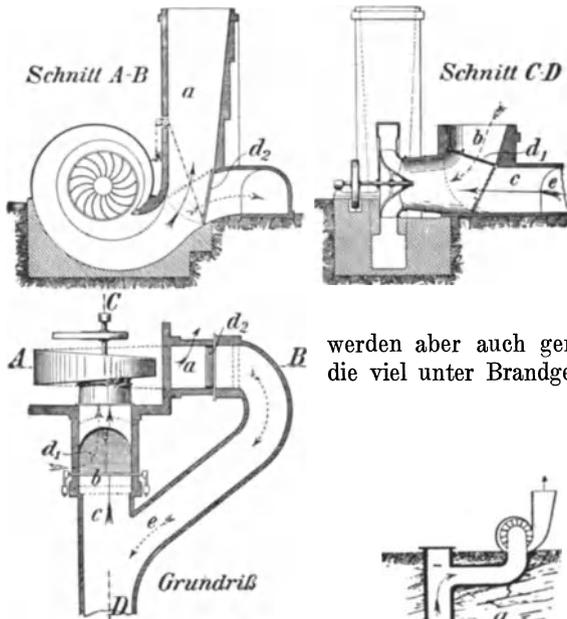


Abb. 147. Ventilator mit Umstellvorrichtung.

den kurzen Schlot b an und bläst sie durch e in die Grube. Wetterumstellvorrichtungen sind z. B. für Stollengruben empfehlenswert, um sowohl im Sommer wie im Winter die Vorteile des wechselnden natürlichen Wetterzuges ausnutzen zu können. Sie werden aber auch gern für Gruben verwandt, die viel unter Brandgefahr leiden.



Abb. 148 a u. b. Darstellung des saugend und des blasend angeordneten Ventilators.

C. Die Führung und die Verteilung der Wetter im allgemeinen.

201. 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 saugend arbeiten (Abb. 148a), so erhält der ausziehende Schacht einen Verschuß, dagegen der einziehende, wenn der Ventilator blasend wirken soll (Abb. 148b). Im ersteren Falle herrscht in der Grube Unterdruck (Depression) gegenüber 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.

202. 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 Baustoffen zugänglich bleiben, so wird er zweckmäßig durch eine wetterdichte Schachtkau, die unmittelbar über der Rasenhängebank errichtet wird und mit unter Depression steht, verschlossen. Der Zugang zur Kau erfolgt durch eine Schleuse. Dient der Schacht für die regelmäßige Förderung, so benutzt man als Verschluss Schachtdeckel oder Hängebank-Schleusen.

203. Schachtdeckel. Für den Verschluss mittels Schachtdeckels erhält jedes Fördertrumm wetterdichte Wandungen, die von der Mündung

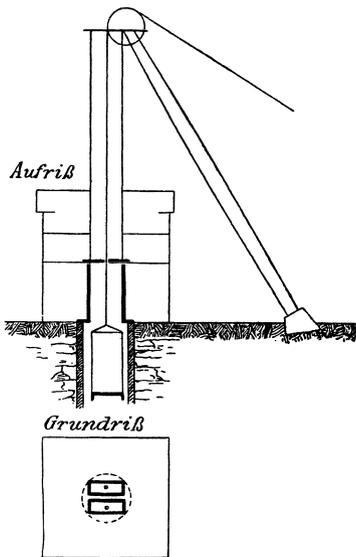


Abb. 149. Schachtdeckelverschuß.

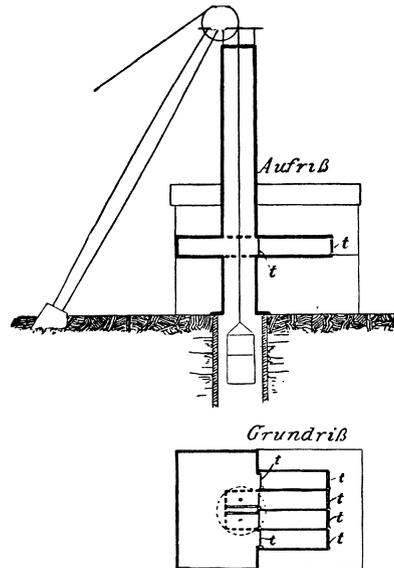


Abb. 150. Hängebank-Schleusenverschuß.

des Schachtes 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 Verschluss besorgt (Abb. 149). Der Deckel leidet unter den andauernden Stößen sehr; außerdem sind erhebliche Wetterverluste (durchschnittlich 15—20 %) unvermeidlich.

204. Hängebank-Schleusen. Beim Hängebank-Schleusenverschuß (Abb. 150) stehen die Fördertrumme bis dicht unter die Seilscheiben und außerdem ein mehr oder minder großer Teil der Hängebank unter Depression. Dieser Teil ist durch eine Wettertürensleuse *tt* mit der Förderabteilung einerseits und mit der übrigen Hängebank anderseits verbunden. Durch

diese Schleuse werden die vollen Wagen nach außen, die leeren nach innen gefördert, wobei 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 Hinselmansschen Schleuseneinrichtung erfolgt das Durchschleusen der Wagen in senkrechter Richtung mittels eines kleinen Bremschächtchens.

205. Schachtwetterscheider. 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 Wetterscheiders wird es ermöglicht, mit einem einzigen Schachte für den ein- und ausziehenden Strom auszukommen. Am besten haben sich Schachtwetterscheider aus Holz bewährt (Abb. 151), 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.

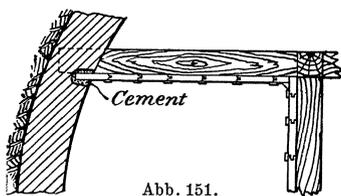


Abb. 151.
Schachtwetterscheider aus Holz.

Im allgemeinen sind Schachtwetterscheider 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.

206. 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 andern 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.

207. 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 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 Hauptströme verzweigen sich wieder in Teilströme nach den verschiedenen Querschlägen und Richtstrecken, aus denen weiter die einzelnen Grundstrecken und Bremsbergfelder ihre Teilströme empfangen. Nach Bewetterung der Baue vereinigen sich die Teilströme allmählich wieder, wie das Abb. 152 schematisch andeutet.

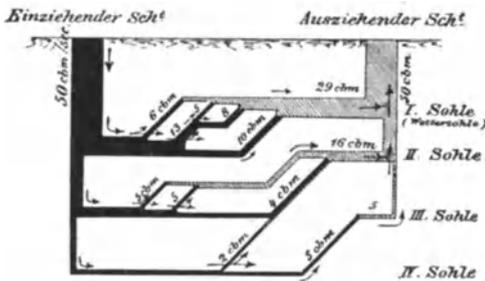


Abb. 152. Schematische Darstellung der Teilstrombildung.

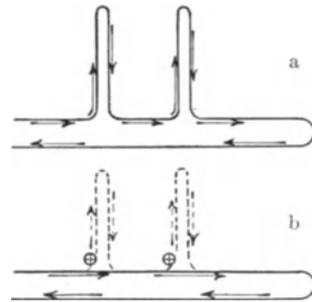


Abb. 153 a u. b. Entlastung eines Wetterstromes durch Einrichten von Sonderbewetterungen.

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 schwächer und eine Schwächung zu starker Teilströme zum Ziel. Die Verstärkung schwacher Ströme geschieht durch Erweiterung der Streckenquerschnitte, erneute Stromteilung und durch Anwendung der Sonderbewetterung (Abb. 153 b). Um zu starke Ströme zu schwächen, kann man sie durch Anhängen weiterer Betriebe belasten oder aber drosseln. Die Drosselung besteht in dem Einbau eines künstlichen Widerstandes, der bewirkt, daß nur die gewünschte Wettermenge noch durch den verbleibenden Streckenquerschnitt zu ziehen vermag.

208. Wassertüren. Zur Durchführung der planmäßigen Wetterleitung dienen in erster Linie die Wassertüren. 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 Durchgangsöffnung für die Wetter besitzen (Stromverteilungs- oder Drosseltüren). Die Türen werden stets so aufgestellt, daß sie vom Wetterzuge zugedrückt 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 zwei oder auch drei Türen hintereinander auf, damit mindestens eine immer geschlossen ist. Von der größten Wichtigkeit sind bei rückläufiger Wetterführung z. B. die zwischen dem ein- und aus-

ziehenden 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



Abb. 154. Stromverteilungstür.

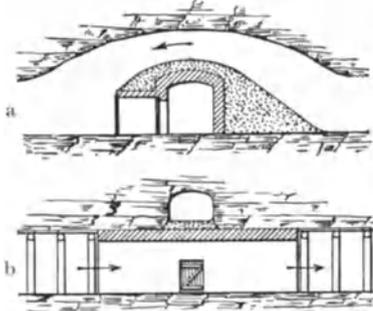


Abb. 155 a u. b. Gemauertes Wetterkreuz im Längs- und Querschnitt.

dies in Abbaustrecken, wo Türen infolge der regen Druckwirkung unzuweckmäßig sind.

Die Drosseltüren (Abb. 154) besitzen in der Regel in dem festen Felde oberhalb des eigentlichen Türflügels eine Öffnung, deren freier Querschnitt durch einen Schieber beliebig eingestellt werden kann.

209. 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 öftern muß man einen Wetterstrom einen andern kreuzen lassen, ohne daß eine Mischung beider Ströme stattfinden darf. Es geschieht dies

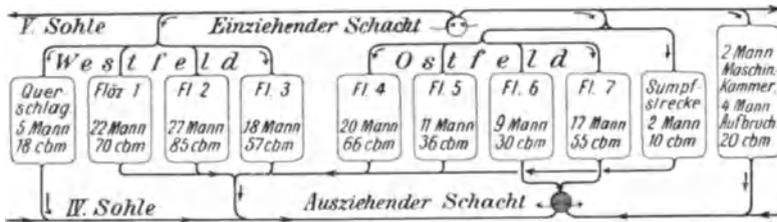


Abb. 156. Teil eines Wetterstammaumes.

mittels sog. Wetterkreuze (Wetterbrücken), die in sehr verschiedener Ausführung angewandt werden. Nach Abb. 155 ist das in doppeltem Schnitte dargestellte Wetterkreuz gemauert, und die Dichtigkeit ist durch Verstampfen mit Letten erhöht. Ein fahrbarer Durchgang mit zwei Wettertüren gestattet, aus dem einen Wetterweg in den andern zu gelangen.

210. Wetterriß und Wetterstammaum. Um einen schnellen Überblick über die Bewetterung einer Grube zu gewinnen, pflegt man einen

sog. Wetterriß und einen Wetterstammbaum 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 Wetterstammbaum (Abb. 156) sind die sämtlichen Teilströme mit der Stärke der Belegschaften sowie mit ihren Wettermengen in Kubikmetern angegeben.

D. Die Bewetterung der Streckenbetriebe.

211. Einteilung. Man unterscheidet fünf 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 Breitauffahrens und Wetterröschen,
 4. mittels Lutten; und
- b) unter Benutzung selbständig angetriebener Bewetterungs-Einrichtungen:
 5. die Sonderbewetterung.

212. Der Begleitstreckenbetrieb besteht darin, daß man (Abb. 157) 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.

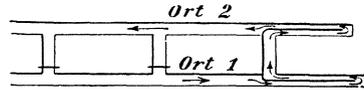


Abb. 157. Begleitstreckenbetrieb.

Von diesen ist stets nur der letzte für den Wetterdurchzug offen, während die rückwärts belegenen sorgfältig durch Wetterdämme verschlossen werden. Da die Wetter auf solche Weise in beiden Streckenbetrieben nicht unmittelbar vor Ort gelangen, müssen nötigenfalls noch die in der Abbildung gezeichneten Hilfswetterscheider eingebaut werden.

Der Begleitstreckenbetrieb ist, abgesehen von den Fällen, wo ohnehin zwei 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.

213. Betrieb mit Wetterscheidern. Ein Wetterscheider (s. auch Abb. 157) besteht aus einer dichten Wand, die die Strecke in zwei 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. Abb. 158 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 ($\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ Stein starken) Wetterscheider geeignet.

214. Die Bewetterung von Strecken mittels Breitauffahrens und Wetterröschen wird namentlich für kurze Entfernungen gern angewandt. Zu diesen

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 Abb. 159 andeutet, die für den Betrieb und die Wetterführung erforderlichen Wege ausgespart. Soweit sie lediglich der Wetterführung dienen, heißen sie *Wetterscheiden*. Eine solche Bewetterung ist einfach, bequem und billig und genügt vielfach auf 50—100 m, bisweilen auch (bei dichtem Versatz oder steiler Lagerung) bis 200 m.



Abb. 158. Hölzerner Wetterscheider.



Abb. 159. Wettersörsche bei flacher Lagerung.

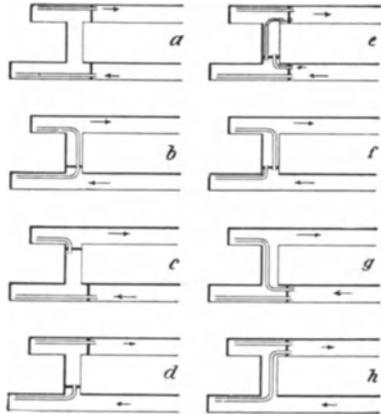


Abb. 160 a—h. Luttengewitterung mit Selbstzug in verschiedener Anordnung.

215. Die Luttengewitterung mit Selbstzug besteht darin, daß in den vom Hauptventilator bewegten Wetterstrom im Anschluß an Wettertüren Luttengewitterungen als Wetterwege eingeschaltet werden, die der Strom durchstreichen muß. Die Abb. 160 zeigt, wie auf verschiedene Weise zwei gleichzeitig vorangetriebene Strecken, auch Überhauen oder Schächte bewettert werden können. Nach Abb. 160 a und b wirkt die eine Lutte saugend und die andere blasend, nach Abb. 160 c wirken beide Lutten blasend und nach Abb. 160 d beide saugend. Nach den Abbildungen 160 e—h ist für die beiden Streckenbetriebe gleichzeitig eine Teilung des Wetterstromes vorgenommen; außerdem ergeben sich auch hier wieder die Verschiedenheiten je nach der saugenden und blasenden Wirkung.

Die Lutten werden aus 1,5—2 mm starkem Eisenblech gefertigt. Für die Wetterdichtigkeit einer längeren Luttengewitterung entscheidend sind die Verbindungen der einzelnen, in der Regel 2 m langen Luttengewitterstücke.

Am einfachsten, aber am wenigsten dicht sind die Einstecklutten (Abb. 161). Bei diesen ist jedes einzelne Stück schwach konisch gehalten, so daß der innere Durchmesser des einen Endes 5 mm weiter ist als der äußere Durchmesser des anderen. Die im übrigen mit Wulsten versehenen Enden werden einfach ineinander gesteckt. Abb. 162 zeigt die jetzige genormte Ausführungsform der Bandverbindung. Die stets gleich weiten Luttengewitterenden stoßen stumpf voreinander und werden durch ein herumgelegtes, mit Segeltuch gefüttertes Eisenblechband *a*, das durch einen Keil *b* angezogen werden kann, miteinander verbunden. Bei den Muffenverbindungen

(Abb. 163) steckt man das Ende der einen Lutte *a* in das erweiterte und durch Umbördelung und eingelegten Ring *b* verstärkte Ende der nächsten Lutte *c*. Die Verbindungsstelle wird mit einer Kittmischung verschmiert. Die sicherste Verbindung ist diejenige mit festen Bündeln und losen Flanschen (Abb. 164). Die Lutten *a* und *b* tragen an den Enden angenietet oder aufgeschweißt einen abgedrehten Bund *c* und werden nach Zwischenlegen eines Dichtungsringes *e* mittels der lose aufsitzenden Flanschen *f* und Schrauben *g* zusammengeschraubt.

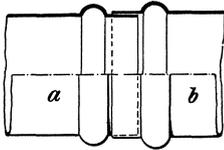


Abb. 161. Einstecklutten.

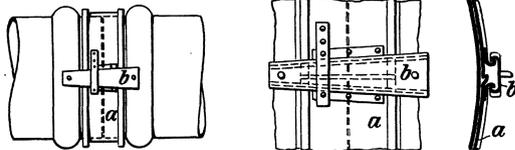


Abb. 162. Lutten mit Bandverbindung.

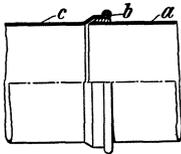


Abb. 163. Muffenlutten.

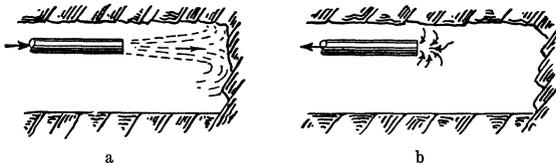


Abb. 165 a u. b. Wirkung der blasenden (a) und der saugenden (b) Luttenbewetterung.

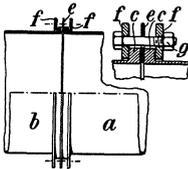


Abb. 164. Flanschenlutten.

Wie bereits im ersten Absatz dieser Ziffer gesagt, unterscheidet man bei jeder Luttenbewetterung — sowohl derjenigen mit Selbstzug als auch der Sonderbewetterung — blasende und saugende Bewetterung (Abb. 165 a und b). Bei der blasenden Bewetterung wird der Arbeitsort durch den strahlartig austretenden Luftstrom kräftig gespült, so daß sich hier Schlagwetter nicht ansammeln können und auch eine gute Kühlwirkung auf die arbeitenden Leute sich bemerkbar macht. Bei der saugenden Bewetterung tritt dagegen eine lebhaftere Saugwirkung nur in der unmittelbaren Nähe des Luttenendes ein. Andererseits hat die blasende Bewetterung den Nachteil, daß die vom Arbeitsorte fortgespülten Schlagwetter und Sprengstoffschwaden sich über die ganze Streckenlänge verbreiten.

216. Die Sonderbewetterung besteht darin, daß man unter Benutzung von Lutten aus dem Hauptwetterstrom einzelne, in 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 Ansaugstelle muß also im frischen Strome — genügend weit vor dem Austritt der verbrauchten Wetter — liegen (Abb. 166).

Als Antriebskräfte für die Sonderbewetterung benutzt man Druckwasser, Preßluft, Elektrizität oder Menschenkraft, als Vorrichtungen für die Erzeugung der Wetterbewegung selbst Strahldüsen oder Ventilatoren.



Abb. 166. Anschluß der Sonderbewetterung an den Hauptstrom.

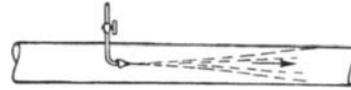


Abb. 167. Strahldüse in einer Lutte.

Die Anwendung einer Strahldüse für Druckwasser oder Preßluft zeigt Abb. 167. Der Wirkungsgrad solcher Düsen in gewöhnlichen Lutten ist allerdings gering und wird kaum mehr als 1—5 % betragen (vgl. S. 103).

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 teurer, im Wirkungsgrade und in der Leistungsfähigkeit aber besser als die Strahldüsen sind die Luttenventilatoren. Es sind dies Schrauben-

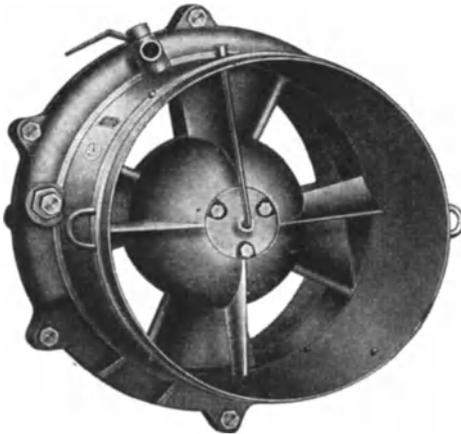


Abb. 168. Luttenventilator der Flottmannwerke.

räder mit einem der Luttenweite etwa entsprechenden Durchmesser, die den Schraubenflügeln eines Flugzeugs ähnlich sind und den Luftstrom ungeknickt durch die Lutte treiben. Sie werden zugleich mit ihrem Preßluft- oder elektrischem Antriebe unmittelbar in der Luttenleitung selbst untergebracht. Abb. 168 zeigt einen solchen Ventilator in der Ansicht. Für sehr großen Wetterbedarf wendet man Streckenventilatoren an, die außerhalb der Luttenleitung in der Strecke aufgestellt werden und nach Art der in Ziff. 192 besprochenen Zentrifugalventilatoren

gebaut sind. Für den Antrieb wird neben Preßluft und elektrischem Strom gelegentlich auch Druckwasser gebraucht.

IV. Das Geleuchte des Bergmanns.

217. Offene Lampen. Auf schlagwetterfreien Gruben stand früher fast ausschließlich die offene Rüböllampe in Anwendung. Eine Ausführungsform zeigt Abb. 169. Die Leuchtkraft solcher Lampen beträgt etwa 1,4 HK. Die Lampen sind einfach und billig in der Anschaffung, aber teuer im Betriebe, da die Ölkosten je Schicht 10—15 ₰ ausmachen.

Jetzt haben sich auf schlagwetterfreien Gruben fast allgemein Azeetylenlampen eingebürgert, deren eine in Abb. 170 dargestellt ist. Der Lampentopf *B* dient zur Aufnahme des zu einer Patrone zusammen-

gepreßten 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.



Abb. 169. Offene Öllampe.

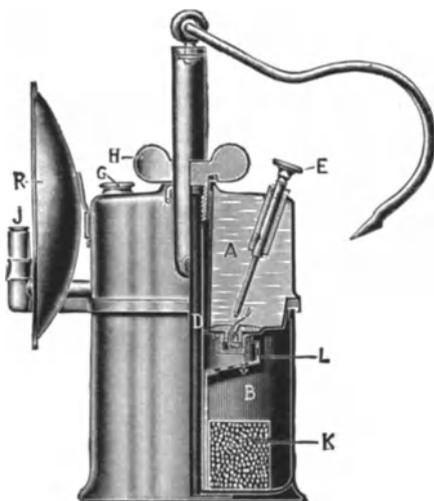


Abb. 170. Offene Azetylenlampe von Seippel.



Abb. 171. Wolfsche Benzinsicherheitslampe.

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 Azetylerzeugung selbsttätig. Die Lampe besitzt eine Leuchtkraft von 8—10 HK und brennt 8—10 Stunden.

218. 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 Abb. 171 ersichtlichen Weise miteinander verbunden. Ein in der Abbildung 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 Abbildung 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.

Die Drahtkörbe sind aus Eisen- oder Messingdraht gewebt. Schwach konische Korbformen von etwa 40—50 mm unterer Weite und 88—94 mm Höhe und Drahtgewebe von 144 Maschen auf 1 cm² und 0,3—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.

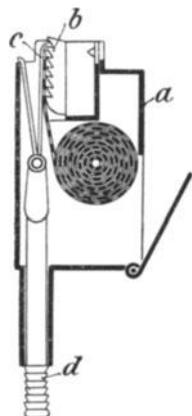


Abb. 172. Wolfsehe Reibzündvorrichtung für Zündstreifen mit Phosphorpillen.

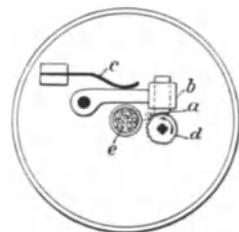


Abb. 173. Metallfunkenzündung.

219. Die innere Zündung. Die gebräuchlichste Art der inneren Zündung war früher diejenige mittels Zündstreifen. In letzter Zeit hat aber die Metallfunkenzündung größere Verbreitung gefunden.

Als Beispiel einer Zündvorrichtung mit Zündstreifen sei die Wolfsehe Reibzündung für Phosphor-Zündpillen angeführt (Abb. 172). 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.

Bei der Metallfunkenzündung (Abb. 173) 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.

220. Der Wolfsehe Magnetverschluß ist in Abb. 174 dargestellt. Ein doppelarmiger, um einen Stift drehbarer Hebel *a*, der in den unteren Gestellring eingebaut ist, greift mit einer klauenartigen Nase *b* in eine Ausfräsung des Topfgewindes ein und verhindert so das Auseinanderschrauben der beiden

Teile. Der Hebel steht dabei unter dem Drucke der Feder *c*. Im Gestellring sind ferner zwei Körper *N* und *S* aus weichem Eisen untergebracht, die, wenn man den Gestellring an einen Hufeisenmagneten anlegt, zum Nord- und Südpol werden. Durch die magnetische Wirkung wird der Kopf des Ankers mit der Nase nach außen und der Schwanz nach innen gezogen, so daß der Verschuß aufgehoben wird.

221. 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). Abb. 175 zeigt den Schlitzmantel von Friemann & Wolf, durch den der Luftstrom eine in der Nebenzeichnung besonders dargestellte, mehrfache Richtungs-

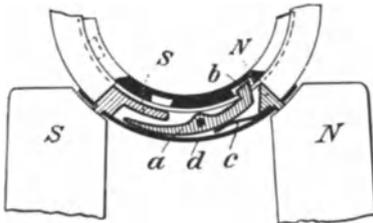


Abb. 174. Wolf'scher Magnetankerverschluß.

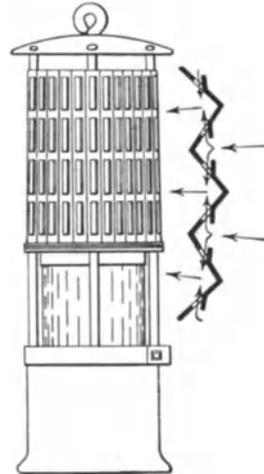


Abb. 175. Wolf'sche Mantellampe.

änderung erleidet, ehe er den Drahtkorb erreicht. Dadurch wird die Geschwindigkeit, mit der er auf den Drahtkorb stößt, stark vermindert.

222. Schlagwettersicherheit der Sicherheitslampen. Die Sicherheitslampen sind tatsächlich schlagwettersicher nur in ruhenden oder schwach bewegten Wettergemischen. Gegenüber 8—9prozentigen 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 auch dieser Lampen in Gemischen von hohem, an der oberen Explosionsgrenze (13—14%) stehendem Methangehalt.

Auch die Zündvorrichtung kann eine gewisse Gefahr in sich bergen. Die Bandzündung mit Phosphorpillen ist freilich vollkommen sicher. Die Cerfunkenzündung aber hat sich nicht als völlig und in jeder Beziehung schlagwettersicher erwiesen; immerhin genügt sie in den neueren Ausführungen den Anforderungen, die man berechtigterweise stellen kann.

223. Tragbare elektrische Lampen. Allgemeines. Wegen der unzureichenden Sicherheit der Benzinsicherheitslampen sind diese auf allen Schlagwettergruben durch elektrische Lampen verdrängt worden. Die Benzinsicherheitslampen sind nur noch in der Hand der Aufsichtsbeamten, der Wettermänner und der mit der Ausführung der Schießarbeit betrauten Personen verblieben. Die elektrischen Lampen haben aber auch auf den Nicht-Schlagwettergruben vielfach Eingang gefunden.

Man unterscheidet bei den tragbaren Lampen Handlampen und Mützen- oder Kopflampen. Die Handlampe besteht aus dem Unterteil, in dessen Gehäuse der Stromspeicher (Akkumulator) untergebracht ist, und dem Oberteil, das die Glühbirne nebst Schutzglas, Schalt- und Trageeinrichtung zusammenfaßt. Beide Teile werden durch eine Verschraubung miteinander verbunden. Bei den Mützen- oder Kopflampen ist der Stromspeicher von der eigentlichen Lampe getrennt und wird auf dem Rücken getragen. Die mit ihm durch eine kurze Leitung verbundene Lampe ist auf der Vorderseite der Mütze des Mannes angebracht.

224. Die Akkumulatoren. Als Stromspeicher dienen entweder Bleiakkumulatoren mit festem Elektrolyt oder alkalische mit flüssigem

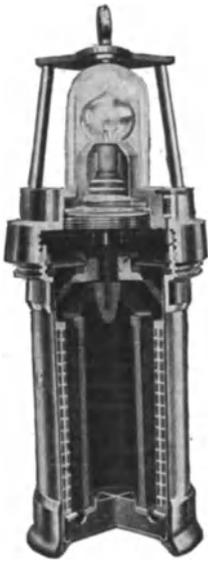


Abb. 176. Bleilampe
(2 voltig) der C e a g.

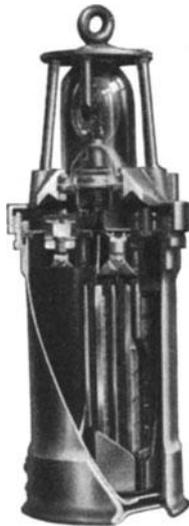


Abb. 177. Alkalische Lampe
der C e a g.



Abb. 178. Lokomotivlampe
von Friemann & Wolf.

Elektrolyt. Bei den Bleiakkumulatoren besteht die wirksame Masse der positiven Platte aus Bleisuperoxyd, die der negativen aus Bleischwamm. Die als Elektrolyt benutzte Schwefelsäure wird durch Zusatz von Wasserglas in eine feste, gelatineartige Form gebracht. Als alkalische Akkumulatoren werden jetzt allgemein Nickel-Kadmium-Akkumulatoren (positive Platte: Nickelhydroxyd, negative Platte: Kadmiumschwamm) benutzt. Die alkalischen Akkumulatoren sind zwar in der Anschaffung teurer, aber wegen ihrer guten Haltbarkeit auf die Dauer billiger als die Bleiakkumulatoren und werden jetzt meist bevorzugt.

225. Glühbirne und Schutzglas. Es stehen jetzt allgemein Wolframdrahtlampen in Anwendung. Die anfängliche Lichtstärke beträgt je nach Spannung und Stromstärke 1—3,8 HK. Die Lichtstärke läßt während der Dauer der achtstündigen Schicht bei den Bleilampen um 25—30% und bei den alkalischen

Lampen um 30—40% nach. Das Schutzglas wird zum Schutze gegen Blendung meist innen mattiert und außerdem noch innen geriffelt (Prismenglas).

226. Ausführungsformen. Die Abbildungen 176 und 177 zeigen eine Blei- und eine alkalische Lampe, teilweise geschnitten. Abb. 178 stellt eine Lokomotivlampe dar.

227. Ortsfeste elektrische Beleuchtung. Der immer mehr erkannte Wert einer wirksamen Beleuchtung durch Starklichtlampen, wie sie sich bei tragbaren Lampen nicht erzielen läßt, hat zur Schaffung ortsfester elektrischer Beleuchtungsanlagen geführt. Sofern elektrischer Strom nicht zur Verfügung steht, kann man diesen entweder in der Lampe selbst oder doch am Arbeitsorte erzeugen, indem man durch einen schnelllaufenden Druckluftmotor eine kleine Dynamo betreibt, die entweder eine Einzellampe oder eine Gruppe von Lampen (Gruppenbeleuchtung) speist. Abb. 179 zeigt eine solche Einzellampe, bei der die Dynamo mit Turbinenantrieb im Fuße untergebracht ist („Turbinenlampe“). Bei der Gruppenbeleuchtung, die in der Regel 8—12 Lampen umfaßt, ist nur ein Stromerzeuger vorhanden, der sich in einem mit Tragegriffen versehenen Schutzkasten befindet. Ein Kabel führt den Strom den einzelnen Lampen zu.

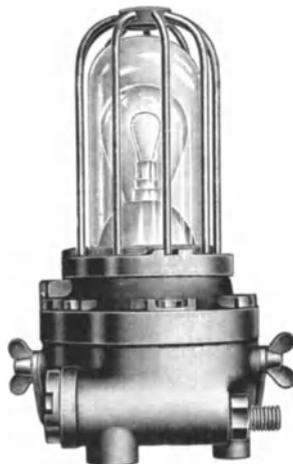


Abb. 179. Turbinenlampe von Seippel.

Sechster Abschnitt.

Grubenausbau.

I. Der Grubenausbau in Abbaubetrieben und Strecken aller Art.

A. Allgemeine Erörterungen.

228. Aufgaben des Grubenausbaues. Der Grubenausbau soll in der Hauptsache einerseits die Bergleute gegen den Stein- und Kohlenfall schützen, anderseits die Grubenräume offenhalten.

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 1924—1929 27,7% der gemeldeten Unfälle und 44,0% der tödlichen Unfälle im preußischen Steinkohlenbergbau 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 steiler Lagerung tragen oder die Bruchmassen des alten Mannes in mächtigen,

flachgelagerten Flözen zurückhalten. Auch dient er verschiedentlich nur zum dichteren Abschluß der Stöße, z. B. in brandgefährlicher Kohle oder in einem durch Wasseraufnahme blähenden Tonschiefer.

Eine besondere Stelle nimmt der wasserdichte Ausbau ein.

Im Vergleich mit Bauausführungen über Tage kommt dem Grubenausbau in Strecken der Rückhalt an den Gebirgstößen zugute, der ihn befähigt, auch in stark verdrücktem Zustande noch Widerstand zu leisten.

229. Gesteinsarten und Gebirgsdruck. Nach ihrem Verhalten gegenüber dem Gebirgsdruck können die vier Hauptgruppen der granitartigen, sandsteinartigen, tonschieferartigen und steinsalzartigen Gesteine unterschieden werden. Die granitartigen Gesteine sind infolge ihres Kristallgefüges als zäh zu bezeichnen, zeigen aber eine gewisse Elastizität. Sie ertragen ein weitgehendes Bloßlegen durch Herstellung von Hohlräumen und neigen zur Glockenbildung, d. h. sie brechen über den Hohlräumen in glockenartigen, sich nach

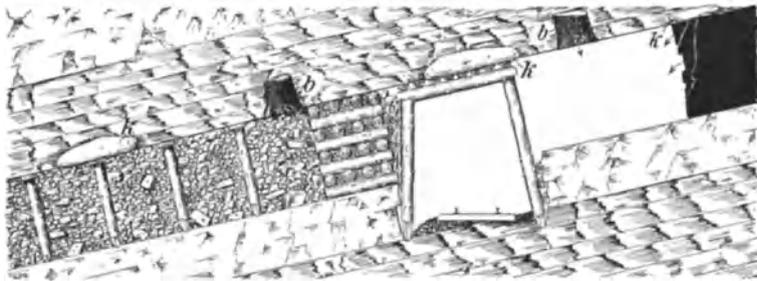


Abb. 180. Gefährdung des Abbau- und Streckenbetriebes durch Einlagerungen im Hangenden.

obenhin allmählich verengenden Weitungen aus. Die sandsteinartigen Gesteine sind spröder, dabei aber doch noch in gewissem Grade elastisch. Auch sie brechen unter Glockenbildung nach. Ganz anders verhält sich die Klasse der tonschieferartigen Gesteine. Sie sind mild und zäh. Bei geringen Tiefen biegen sie sich einfach durch und suchen den Hohlraum ohne Bruch wieder auszufüllen. Bei größerem Gebirgsdruck zeigen sie die Eigentümlichkeit eines langsamen Fließens, wobei die Gesteinsmasse allmählich von den Stellen höheren zu denjenigen geringeren Druckes abwandert. So erklärt sich die bekannte Erscheinung des „Quellens“ des Liegenden. Die steinsalzartigen Gesteine zeigen ein Verhalten, das teils dem der granitartigen und teils dem der tonschieferartigen Gesteine ähnlich ist.

Da Sandstein und granitartige Gesteine bei genügender Ausdehnung des Hohlraumes gewölbeartig nachbrechen, werden unter Entlastung der Firste die Stöße als Widerlager zunehmend belastet. Eine gleich starke Belastung der Stöße tritt in tonschieferartigem Gebirge nicht ein; dagegen ist der Firstendruck stärker.

Wichtig ist für die Druckerscheinungen der Unterschied, ob mit oder ohne Versatz abgebaut wird. Bei Sandstein-Hangendem lastet sein ganzer Druck, da es sich zunächst noch selbst trägt und nicht auf den Versatz setzt, auf dem Abbaustoße, bis eine Bruchspalte aufreißt und unter Entlastung des Abbau-

stoßes das Hangende niedergeht. Die Spannungen lösen sich also von Zeit zu Zeit ruckartig aus. Im Tonschiefergebirge bleiben die Druckverhältnisse in Firste und Abbaustoß wesentlich gleichmäßiger. Die bereits früher (Ziff. 130) erwähnte „Druckwelle“ folgt regelmäßig dem Abbaustoße nach. Durch die Verbiegeschwindigkeit und ein entsprechend rasches Nachführen des Versatzes kann man den Druck auf die Kohle so regeln, daß er gerade groß genug bleibt, um den Hauern die Arbeit zu erleichtern, aber klein genug wird, um die Kohle stückreich gewinnen zu lassen. Neben diesen Druckerscheinungen im großen tritt bei gebrächem Gebirge die besonders gefährliche Erscheinung des Sturzes von Schalen, Gebirgskeilen, Fremdkörpern usw. auf, die sich infolge des Freilegens des Hangenden oder infolge von Erschütterungen durch die Schießarbeit aus dem Gebirgsverbande lösen. Abb. 180 zeigt beispielsweise die Bedrohung der Leute durch Toneisensteinkonkretionen *k* und versteinerte Baumstämme („Kessel“) *b*.

230. 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 Holzausbau 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 Wettern.

Der Eisenausbau braucht noch weniger Raum als der Holzausbau und läßt sich nicht an Ort und Stelle bearbeiten, bietet aber die Möglichkeit, dem Gebirgsdruck bruchfrei nachzugeben und so auch bei Verformung des Ausbauquerschnitts noch Widerstand zu leisten. 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.

231. Arten des Grubenausbaues. Ein starrer Ausbau kann in größeren Teufen den gewaltigen Kräften, wie sie bei einer Verschiebung größerer Gebirgsmassen auftreten, auch bei kräftigster Ausführung auf die Dauer nicht standhalten. 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 ist besonders wichtig für den Streckenausbau, da dieser länger stehen muß, und für mächtige Lagerstätten, in denen der Abbau langsamer fortschreitet und außer-

dem eine im Verhältnis gleiche Senkung des Hangenden erheblich mehr ausmacht als in Lagerstätten von geringerer Mächtigkeit. Die Nachgiebigkeit kann durch Quetscheinlagen, durch bruchfreie Verformung des Querschnitts (in Strecken), durch Einpressen des Ausbaues in die Sohle oder durch Umhüllung mit nachgiebigen Packungen erzielt werden.

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 Getriebezimierung in Strecken aller Art und in Schächten sowie bei der Pfändungs- und Vortreibearbeit im Abbau.

Der Ausbau in Holz und Eisen kann aus einzelnen Stücken bestehen oder durch Zusammenfügen 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. Allgemeines.

232. 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 Kiefer und die Fichte oder Rottanne.

In den letzten Jahrzehnten ist die wertvollste Holzart, das Eichenholz, mehr und mehr durch Nadelhölzer verdrängt worden. 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 treten die Vorzüge des teureren Eichenholzes (Zähigkeit, Dauerhaftigkeit) schon mehr in den Vordergrund.

Ein Festmeter (d. h. ein m³ Holzmasse) 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.

Man unterscheidet bei den einzelnen Holzarten nach dem Zellenaufbau den „Splint“, das „Reifholz“ und das „Kernholz“. Der Splint ist bei den Laubhölzern im allgemeinen weicher, bei den Nadelhölzern härter als das Kernholz.

233. Fäulniserscheinungen und ihre Bekämpfung. Das Holz wird durch verschiedene kleine Lebewesen angegriffen, von denen einige nur den Holzsaft, andere auch den Zellstoff selbst befallen. Am schädlichsten wirkt der Hausschwamm, der zum Gedeihen eine gewisse mittlere Feuchtigkeit und eine

mittlere Wärme von 15—30° C braucht. Wärme und feuchte Luft wirken im großen und ganzen nur insofern schädlich, als sie günstige Daseinsbedingungen für diese Lebewesen schaffen. Die Vernichtung der schädlichen Pilze kann durch Tränken 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 tränckenden Hölzer schwankt je nach den Druckverhältnissen zwischen 10 und 40% des Gesamtholzverbrauchs.

234. Die Tränkflüssigkeiten sind entweder Salzlösungen oder Teeröle. Zu den ersteren gehören Zink- und Quecksilberchlorid, Eisen- und Kupfervitriol, Fluorsalze, Kochsalz usw. Die Teeröle werden bei der Teergewinnung erhalten, sie gehören zur Gruppe der Phenole und sind unter den Namen „Kresol“, „Kreosot“, „Karbolineum“ u. a. bekannt.

Die Salzlösungen können durch Wasser an feuchten Standorten ausgewaschen werden. Sie werden daher zweckmäßig durch Tieftränkverfahren bis in den Kern eingeführt. Das billigste Salz ist Kochsalz, das in völlig gesättigter Lösung eingeführt werden kann. Die Teeröle 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 das rechtzeitige Erkennen eines Grubenbrandes.

235. 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. Salzlösungen werden vom Holze gut aufgenommen und dringen daher wesentlich tiefer ein als Phenolverbindungen.

Beim Saug- und Druckverfahren wird zunächst durch Herstellen 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 etwa 80°) vorausgehen. Dieses Verfahren ist besonders für die Tränkung von Reif- und Kernholz geeignet, das bei den anderen Tränkeinrichtungen die Flüssigkeit nicht genügend aufnimmt. Andere ähnliche Verfahren arbeiten ohne Saugen, also nur mit Druckwirkung. Beim „Spartränkverfahren“ mit Teerölen gewinnt man, da die in den Porenräumen enthaltene Tränkflüssigkeit wirkungslos ist, diese durch nachträgliches Auspressen mit Druckluft wieder zurück, um nur die von den Zellwänden aufgenommene Flüssigkeit im Holz zu belassen.

Die Kosten der verschiedenen Tränkarten schwanken für ein Festmeter Holz je nach den angewandten Verfahren etwa zwischen 2 und 10 \mathcal{M} . Die erzielbaren Ersparnisse sind um so größer, je günstiger die Verhältnisse für den Pilzangriff sind und je länger das Holz stehen muß.

2. Einfacher Holzausbau (Stempelausbau).

236. Anwendung und allgemeine Ausführung. Der einfache Stempelausbau wird vorzugsweise in flözartigen Lagerstätten im Abbau bei gutartigem Gebirge angewendet. Bei steiler Lagerung gibt man dem Stempel etwa 5° „Strebe“ gegen das Einfallen hin, damit er durch die schiebende Wirkung des Hangenden noch fester gedrückt wird.

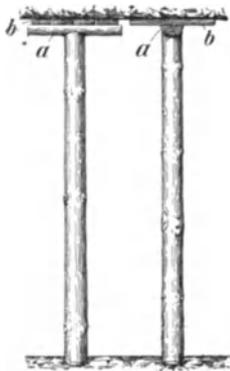


Abb. 181. Stempelausbau im deutschen Braunkohlenbruchbau.

Kurze Stempel zum vorübergehenden Abstützen von überhängenden starken Kohlenbänken u. dgl. heißen „Bolzen“. Zwischen Stempel und Firse wird ein „Anpfahl“ aus Halb- oder Rundholz getrieben, der kleine Fehler bei der richtigen Bemessung der Länge des Stempels ausgleicht, eine größere Fläche des Hangenden abfängt und gleichzeitig als nachgiebige Einlage wirkt. Im deutschen Braunkohlenbruchbau werden die Anpfähle *a* (Abb. 181) länger genommen und noch mit Pfählen oder Brettern *b* verzogen.

237. Nachgiebiger Stempelausbau. Gebrochene Stempel sind wertlos, da sie nicht mehr tragen. Sie verengen außerdem in Strecken den Querschnitt und hindern im Abbau mit geschlossenem Bergeversatz die maschinenmäßige Abbauförderung und die Arbeit mit Schrämmaschinen sowie das gleichmäßige Zusammenpressen des Versatzes. Daher verdienen in druckhaften Strecken, im Abbau mächtiger Flöze, der langsamer fortschreitet, und im Rutschenbau nachgiebige Stempel den Vorzug, die bei größerer Sicherheit ein gleichmäßiges Setzen des Hangenden ermöglichen und die Holzkosten wesentlich herabdrücken.

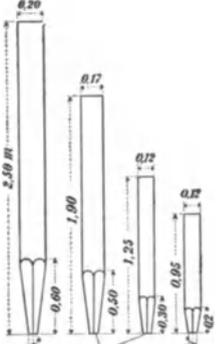


Abb. 182. Angespitzte Stempel verschiedener Länge.

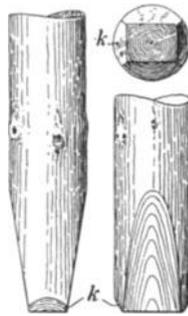


Abb. 183. Angeschärfter Stempel mit verbrochenen Kanten.

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 gestaucht wird. Abb. 182 zeigt verschiedene Stempel mit den ihren Längen entsprechenden Anspitzlängen. Wichtig ist die dauernde Beobachtung der Stempel und ihr rechtzeitiges Nachspitzen.

Das wichtigste Mittel zur Erzielung einer ausreichenden

Abb. 183 stellt einen angeschärften Stempel dar, der bei Seitendruck benutzt wird, indem man die durch das Anschärfen entstehende Schneide in die Richtung der stärksten Beanspruchung stellt.

238. Stempelausbau mit Biegsbeanspruchung. Beim Abfangen von Schweben oder Firsten oder von Versatzbergen oder bei der Sicherung eines Abschnittes gegen den alten Mann wird der Stempelausbau neben der Druck- oder Knickbeanspruchung auch auf Biegung in Anspruch genommen. Abb. 184 zeigt, wie man bei größerer Flözmächtigkeit solche Stempel durch Verspreizungen mit gegen die Stempel sich anlehnenen Rundhölzern sichert.

Bei Stempeln, die den Bergeversatz abfangen sollen, ist Nachgiebigkeit besonders wichtig. Sie wird außer durch Fußpfahl und Anpfahl (Abb. 188) auch noch dadurch erzielt, daß man die Stempel anspitzt oder anschärft; doch ist dann eine Verstärkung des Stempelschlages durch Hilfstempel u. dgl. erforderlich (vgl. Abb. 196 auf S. 127).

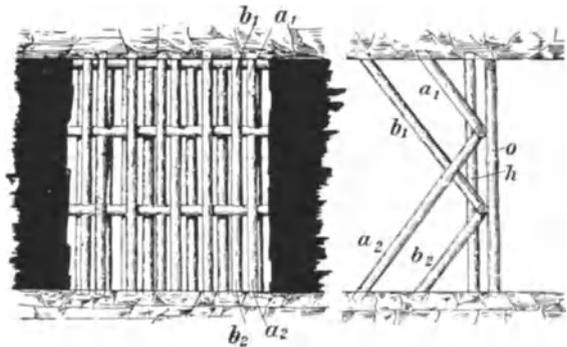


Abb. 184. Streckensicherung durch eine Orgel mit Versatzung im oberschlesischen Pfeilerbau.

3. Zusammengesetzter Holzausbau.

239. Holzpfeiler (Holzschränke, Scheiterhaufen, Kreuzlager, s. Abb. 198 auf S. 127) werden aus kreuzweise gelegten Holzstücken gebildet. Sie finden als nachgiebiger und starrer Ausbau Verwendung. Nachgiebige Holzpfeiler werden zweckmäßig im Innern mit klaren Bergen ausgefüllt, um sie einigermaßen gegen Verschiebungen zu sichern, ohne ihr Zusammenpressen durch den Gebirgsdruck zu verhindern. Sie kommen in erster Linie bei flacher Lagerung in Betracht, können aber auch bei größeren Fallwinkeln eingebaut werden; doch müssen sie 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.

Starre Holzpfeiler werden gemäß Abb. 111 (S. 74) beim Abbau mit Teil- oder Selbstversatz verwandt. Sie werden hier mit Kanthölzern aus festen Holzarten (z. B. abgeworfenen Eisenbahn-Eichenholzschwellen) aufgebaut und erhalten eine Unterlage aus Kohlen- oder Bergeklein, um durch deren Fortkratzen ihr Umsetzen zu ermöglichen, da sie, dem Abbaustoß folgend, immer wieder abgetragen und aufgebaut werden müssen. Sie können Drücke von 200—250 t aufnehmen.

240. Türstockzimmerung. Wenn in Strecken Seitendruck nicht wirksam und nur das Hangende gegen Hereinbrechen zu sichern ist, wendet man die

polnische Türstockzimmerung (Abb. 185) an, bei der die Beine oben ausgekehlt werden, um der Kappe eine günstige Auflagefläche zu sichern. Häufiger ist die auch für Seitendruck geeignete deutsche Türstockzimmerung mit Verblattung (Abb. 186). Verschiedene Verblattungen für die

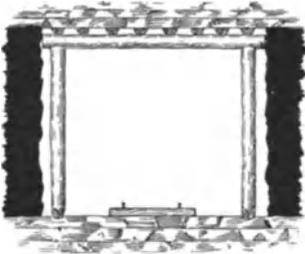


Abb. 185. Polnischer Türstock.

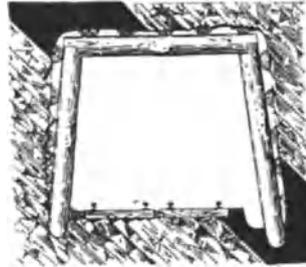


Abb. 186. Deutscher Türstock mit schrägen Beinen.

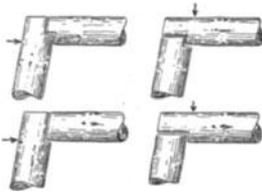


Abb. 187. Verschiedene Verblattungen bei deutschen Türstöcken.

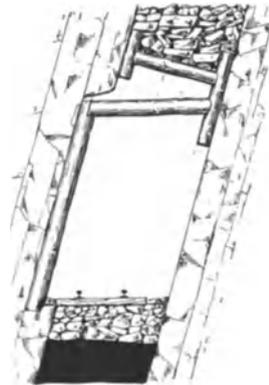


Abb. 188. Halber Türstock mit Fußpfahl am Liegenden und Abfangen des Bergeversatzes.

gleichzeitig durch Pfeile angedeuteten Druckrichtungen sind in Abb. 187 dargestellt.

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 Vieleckzimmerung über, wie sie in druckhaftem Gebirge angewendet wird (s. Ziff. 243).

Soll die Türstockzimmerung auch gegen Sohldruck widerstandsfähig sein, so muß sie durch ein viertes Holz, die „Grundschwelle“ oder das „Sohlenholz“ vervollständigt werden. Durch Verblattung mit den Beinen entsteht ein geschlossener Türstock oder „Viergespann“.

In einspurigen streichenden Strecken begnügt man sich bei steilerer Lagerung, wenn der Druck vom Hangenden her die Hauptrolle spielt, vielfach mit halben Türstöcken („Handweisern“, Abb. 188).

241. Verbindung zwischen den einzelnen Türstöcken. Das Gebirge in den einzelnen Feldern zwischen den Türstöcken wird durch den Verzug

gesichert. Dieser besteht aus Schwarten (Scheiden) oder Pfählen (Spitzen) oder neuerdings auch aus Maschendraht (Drahtgitter oder „Drahtspitzen“). 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 nur lose Schalen abhalten kann, dagegen bei starkem Seitendruck zwecklos ist, da dieser durch Druck auf den Verzug die Türstockbeine knickt oder umwirft. Gegenseitig werden die Türstöcke in wichtigeren Strecken, besonders bei rutschendem und schiebendem Gebirge, durch Zwischentreiben von „Bolzen“ abgesteift.

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

1. durch Schwächen der Stempel am unteren Ende. Dies wird, wenn die Stempel nicht ganz vom Seitendruck entlastet sind, nicht durch Anspitzen, sondern durch Anschärfen in der Richtung des Seitendruckes erreicht;
2. durch Verstärken der Kappe. Zu diesem Zwecke kann man für die Kappe einen eisernen Träger oder eine Stahlschiene wählen, oder man kann Holzkappen durch darunter gespannte, abgelegte Drahtseile (s in Abb. 189) verstärken.

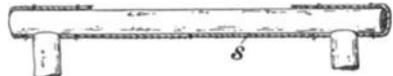


Abb. 189. Verstärkung einer Kappe durch ein eingezogenes Drahtseil.

Außerdem können unter die Beine sowohl wie auch zwischen Beine und Kappen Quetschhölzer, meistens Rundhölzer, gelegt werden.

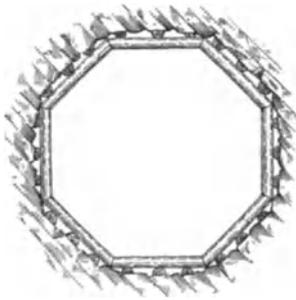


Abb. 190. Vieleckausbau.

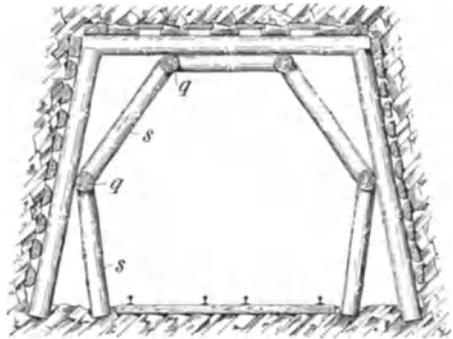


Abb. 191. Nachgiebiger Vieleckausbau zur Verstärkung von Türstöcken.

243. Vieleckausbau. Für größeren Gebirgsdruck bewährt sich besser als die einfache Türstockzimmerung der Vieleck- (Polygon-, Kniegelenk-) Ausbau (Abb. 190). Er gestattet die Verwendung kürzerer und daher billigerer Hölzer und nimmt infolge der gewölbeähnlichen Wirkung größere Druckkräfte auf, ermöglicht auch einen annähernd kreisförmigen Streckenumfang, wodurch sich die Druckbeanspruchung verringert. Mit diesen Vorzügen verbindet der Vieleckausbau die Möglichkeit einer erheblichen Nachgiebigkeit durch Einschalten von Rundhölzern, die als Quetschhölzer an allen Knickstellen wirken

(Abb. 191). Die stumpf voreinander stoßenden Ausbauteile werden vielfach durch nachgiebige Kniegelenkschuhe miteinander verbunden (Abb. 192, vgl. auch Abb. 209 auf S. 131).

244. Schalholzzimmerung. Diese Zimmerung soll nur den Druck vom Hangenden her abfangen. Daher wird das unter das Hangende gelegte Schalholz (eigentlich ein Halbholz, vielfach aber 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 (bei flacher Lagerung) die Kappen der Türstöcke unter das Hangende gelegt werden. Bei der Zimmerung nach Abb. 193

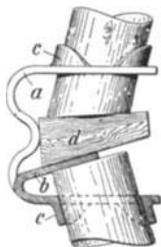


Abb. 192. Nachgiebiger Kniegelenkschuh.

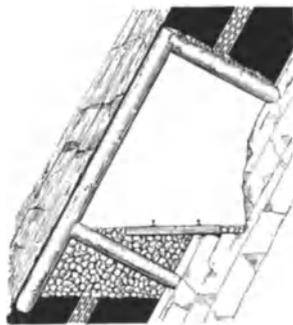


Abb. 193. Schalholzzimmerung mit untergeschlagenem Bahnstempel.

ist das Schalholz oben durch einen angeblatteten Firstenstempel, 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. Die Abbildungen 194 und 195 geben zwei Beispiele, die gleichzeitig die Möglichkeit der nachgiebigen Ausführung der Schalholzzimmerung durch Verwendung angeschärfter Stempel veranschaulichen. In beiden Fällen werden Quetschhölzer *a* verwandt, die zweckmäßig gleich über Tage auf die Kappen genagelt und bei größerer Flözmächtigkeit (Abb. 195) über und unter den Kappen angebracht werden. Um an Stempeln zu sparen, können die Kappen durch Schrägschnitt (Abb. 195) oder Verblattung miteinander verbunden werden. Einen nachgiebigen Schalholzausbau für

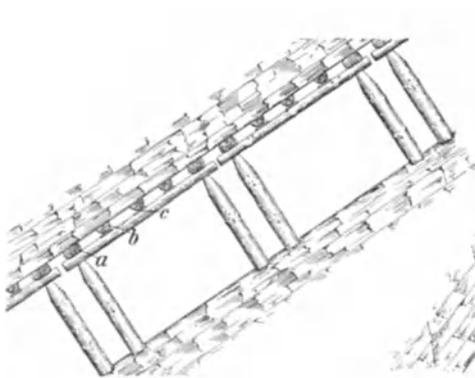


Abb. 194. Schalholzzimmerung mit selbständig getragenen Kappen.

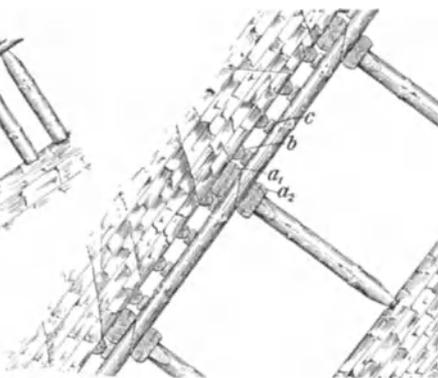


Abb. 195. Schalholzzimmerung mit verbundenen Kappen.

streichend gelegt werden. Die Abbildungen 194 und 195 geben zwei Beispiele, die gleichzeitig die Möglichkeit der nachgiebigen Ausführung der Schalholzzimmerung durch Verwendung angeschärfter Stempel veranschaulichen. In beiden Fällen werden Quetschhölzer *a* verwandt, die zweckmäßig gleich über Tage auf die Kappen genagelt und bei größerer Flözmächtigkeit (Abb. 195) über und unter den Kappen angebracht werden. Um an Stempeln zu sparen, können die Kappen durch Schrägschnitt (Abb. 195) oder Verblattung miteinander verbunden werden. Einen nachgiebigen Schalholzausbau für

Strecken zeigt Abb. 196, nach der sowohl der Firstenstempel k wie auch der Bahnstempel s_1 angespitzt ist, damit der Versatz zusammengedrückt werden kann. Der dadurch gegen Firstendruck geschwächte Stempel k ist durch den Hilfstempel s_2 mit Quetschholz abgestützt. Bei solchen Zimmerungen kann man ohne einen besonderen Stempelschlag für den Bergeversatz

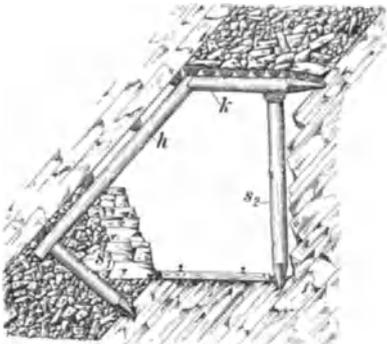


Abb. 196. Nachgiebiger Schalholzausbau mit Hilfstempel in Strecken.

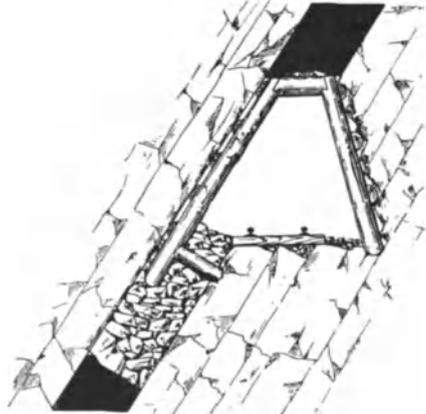


Abb. 197. Schalholz- in Verbindung mit Türstock-Ausbau.

auskommen, falls man von vornherein für genügende Höhe der Strecke gesorgt hat.

245. Verbindungen zwischen Türstock- und Schalholzzimmerung werden in Flözstrecken angewendet, deren Hangendes nicht angegriffen wird und die

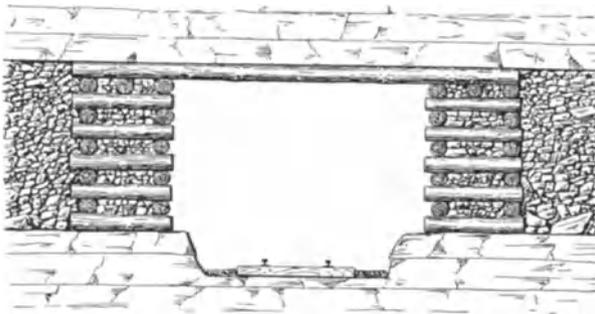


Abb. 198. Firstenbänke auf Holzpfelern.

mit Türstöcken ausgebaut werden sollen. Ein Beispiel zeigt Abb. 197. Wegen der geringen Flözmächtigkeit ist die Kappe nur mit einer Verblattung für Seitendruck versehen.

246. 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 Holzpfelern (Abb. 198) oder Bergemauern aufrufen läßt. Ein solcher Ausbau zeichnet sich durch große Nach-

giebigkeit aus; die Kappen werden vor Bruch geschützt, da sie die ganzen Gebirgsbewegungen ohne weiteres mitmachen können. Wenn das Hangende angegriffen werden kann, ersetzt man zweckmäßig die Kappe gemäß Abb. 199 durch einen kleinen Türstock („Stutztürstock“). Man erzielt dann den Vorteil, daß man mit kürzeren Kappen auskommt und ein Auswechseln des Ausbaues erleichtert wird.

247. Die Schwalbenschwanzzimmerung. Bei der Verzimmerung von Bremsbergen und Abhauen wird die Türstockzimmerung durch die Schwalben-

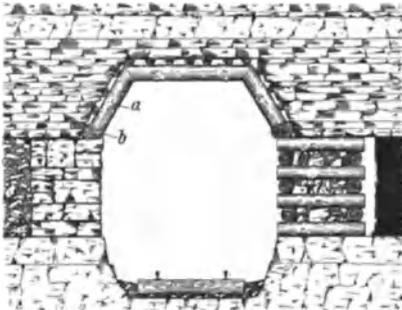


Abb. 199. Stutztürstock auf Holzpfelern und Bergmauern.

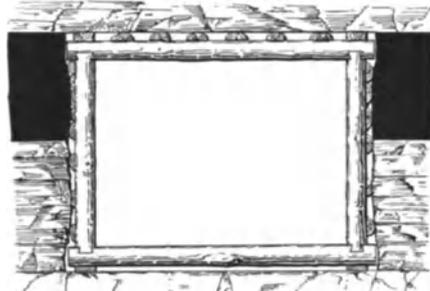


Abb. 200. Schwalbenschwanzzimmerung.

schwanzzimmerung ersetzt. Diese besteht (Abb. 200) 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 bzw. Zapfen verbunden, so daß man nach der Fallrichtung hin einen festen Verband erhält.

4. Voreilender Ausbau (Getriebe- und Abtreibezimmerung).

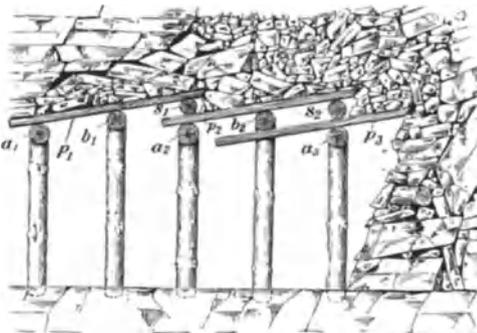


Abb. 201. Firstengetriebe mit Anstecken von einem Türstock aus.

248. 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 Abb. 201 veranschaulicht. Von der Kappe a_1 — a_3 eines Türstocks aus werden die Getriebepfähle p_1 — p_3 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 zugescharft. Sind die Pfähle um eine Feldbreite vorgetrieben, so werden sie durch die „Pfändlatten“ $s_1 s_2$ unterfangen, Rund- oder auch Halbhölzer, unterhalb deren der neue Türstock eingebaut wird. Zwischen dessen Kappe $a_2 (a_3)$ und der Pfändlatte wird durch die „Pfändkeile“ ein geeigneter Hohlraum offengehalten, der das Eintreiben der nächsten Pfahlreihe gestattet.

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 (vgl. auch Ziff. 282, S. 150).

249. Vortreibezimmerung im Abbau. Bei gebrächem Hangenden oder beim Vorhandensein eines Nachfallpackens über dem Flöze, der beim Abbau gehalten werden soll, ist das Hangende vor dem Einbringen der endgültigen Zimmerung abzufangen, namentlich in Flözen von größerer Mächtigkeit mit bankweiser Gewinnung von oben nach unten. Nach Abb. 202 (bei I) werden

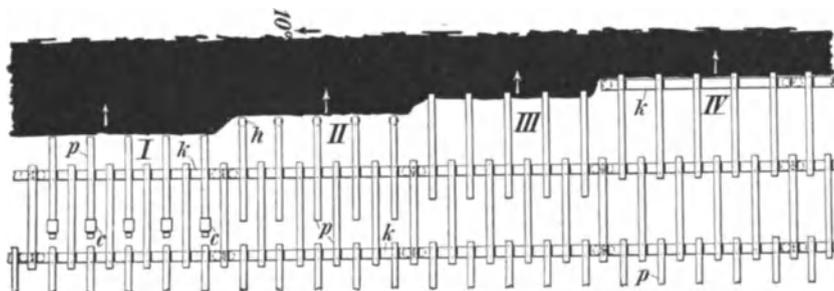


Abb. 202. Vortreibezimmerung im Abbau, Verhieb rechtwinklig zum Stoß.

die über dem Schallholz k vorgetriebenen Pfähle p mit ihrem vorderen Ende fest gegen das Hangende gepreßt, was durch Keile c geschieht, die am hinteren Ende der Pfähle zwischen diese und das Hangende eingetrieben werden. Sind die Pfähle ein Stück weit vorgedrungen (Abb. 202 bei II), so können sie durch „Vorbaustempel“ h gestützt werden. Bei hinreichend fester Kohle lassen sich die Pfählenden auch durch Einbühnen in den Kohlenstoß sichern (Abb. 202 bei III), bis sie schließlich durch ein neues Schallholz (Abb. 202 bei IV) unterfangen werden. Auch die Abbildungen 194 und 195 lassen die Sicherung des Hangenden durch vorgetriebene Verzugpfähle b erkennen, die vorläufig durch Keile c festgehalten werden.

Abb. 203 veranschaulicht, wie bei vorausgehender Gewinnung der Oberbank die neue Kappe noch vor Entfernung der Unterbank an ihren Platz gebracht werden kann. Die Kappen ruhen hier auf Flacheisen c , die mit Bügeln e an der letzten, fest eingebauten oder vorläufig abgestützten Kappe a aufgehängt sind und am hinteren Ende durch Keile b in ihrer Lage festgehalten werden. Die Bügel werden zwischen der Kappe und dem Hangenden durchgesteckt und sodann durch die Schäkel d mit dem Flacheisen c verbunden.

Im Streckenbetriebe wird das „Vorfänden“ mit ähnlichen Bügeln durchgeführt, die an den letzten Kappen aufgehängt werden und die vorzutreibenden Eisenbahnschienen oder Langhölzer tragen.

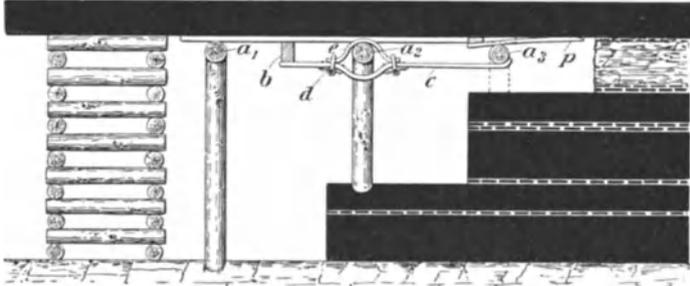


Abb. 203. Unterstützung der neuen Kappe durch Unterhänge-Eisen.

b) Der Ausbau in Eisen.

250. Stempelausbau. Im Abbau können eiserne Stempel wegen ihres hohen Preises nur dann verwendet werden, wenn sie sich wiedergewinnen lassen.

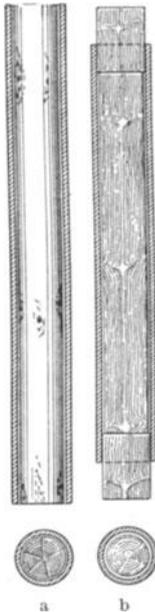


Abb. 204 a und b.
Starre Stahlrohrstempel
mit Holzkern.

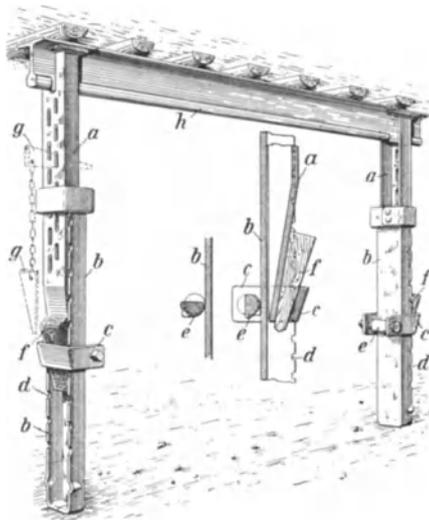


Abb. 205. Nachgiebige Eisenstempel von Schwarz
in Verbindung mit Kappschiene.



Abb. 206. Vorbau-
stempel von Korf-
mann.

lassen. Starre Stempel kommen für den Abbau mit Rippen- und Selbstversatz (Abb. 111 auf S. 74) in Betracht. Sie bestehen meist aus einfachen Rohren oder Profleisen. Abb. 204 a und b zeigt zwei Ausführungen von Rohrstampeln.

Sie können, wie dargestellt, mit durchgehenden Holzkernen versehen werden, die den Widerstand gegen Knickung erhöhen. Nach Abb. 204b sind oben und unten kurze Holzpfropfen eingetrieben, die eine genaue Anpassung an die Flözmächtigkeit sowie ein leichtes Rauben ermöglichen, auch ein gewisses Absenken des Hangenden und damit einen günstigen Abbaudruck gestatten.

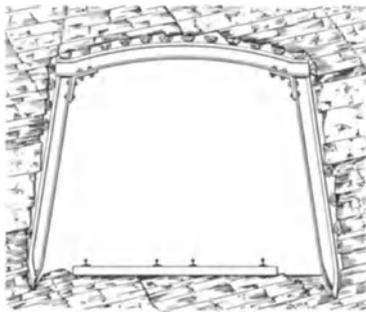


Abb. 207. Eiserner Türstock mit Winkelverbindung.

Abb. 205 veranschaulicht einen nachgiebigen Stempel. Oberstempel *a* und Unterstempel *b* bestehen hier aus \perp -Eisen; sie werden mittels eines Bügels *c* zusammengehalten, der sich mittels kleiner Vorsprünge in Rasten *d* des Unterstempels einlegt und den ein

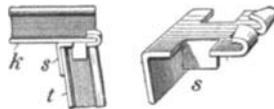


Abb. 208. Streckengerüstschuh aus Blech.

Exzenterbolzen *e* durch entsprechende Verdrehung gegen den Holzkeil *f* preßt. Dieser wird dann durch den Gebirgsdruck mittels des unten keilförmig verjüngten Oberstempels zusammengequetscht. Das Einstellen des Stempels auf die erforderliche Höhe wird außer durch die Rasten im Unterstempel dadurch erleichtert, daß der Oberstempel in zwei Reihen gegeneinander versetzte Schlitzte trägt, in die abwechselnd die Keile *g* eingetrieben werden, bis die gewünschte Länge erreicht ist.

Möglichst leicht und einfach gestaltete Vorbaustempel (Abb. 206) dienen als „fliegende Stempel“ zur vorläufigen Unterstützung der Vortreibepfähle (s. Ziff. 249).

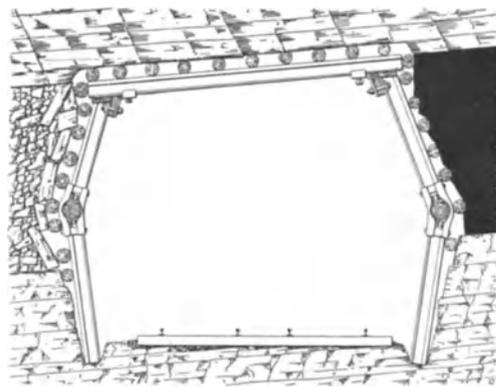


Abb. 209. Kniegelenk-Schienenausbau von Moll.

251. Türstockausbau. Beim eisernen Türstockausbau ist zwar eine Verbindung durch Verblattung ebenfalls möglich; meist erfolgt die Verbindung aber durch besondere Winkel, die der gewünschten „Strebe“ entsprechend gebogen sind und mit Schrauben am Stempel oder an der Kappe befestigt werden, oder durch Schuhe (Streckengerüst-, Kappschuhe), die die Verbindung zwischen Kappe und Türstock herstellen. Abb. 207 zeigt die erstgenannte und Abb. 208 (in einem Beispiel) die zweite Verbindungsart. Als Profile kommen Eisenbahnschienen und Eisenträger in Betracht, erstere werden beim Türstockausbau bevorzugt.

Nachgiebigkeit kann beim eisernen Türstockausbau dadurch erzielt werden, daß man die Beine anschärft, damit sie sich in das Liegende hineindrücken können (Abb. 207), oder dadurch, daß man eine eiserne Kappe durch Holzbeine stützt, welche letzteren wieder unten angeschärft werden können. Die Kappe hat in dem Falle der Abb. 207 eine Durchbiegung nach oben erhalten, so daß sie als ein Gewölbe den Firstendruck auf die Beine überträgt.

252. Sonstige Ausführungsformen. Der Vieleckausbau wird neuerdings auch in Eisen ausgeführt. Ein Beispiel gibt Abb. 209. Eine Besonderheit des Eisenausbaues ist der Ausbau mit Streckengestellen oder Ringen. Wenn kein größerer Druck zu erwarten ist, sind die offenen Strecken-

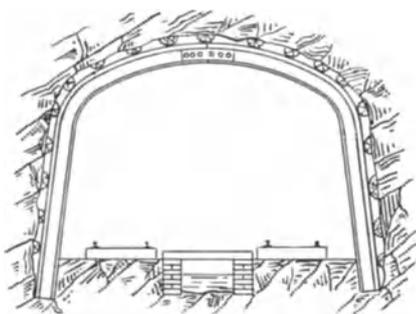


Abb. 210. Offenes Streckengestell (Korbbogen) aus Eisenbahnschienen.

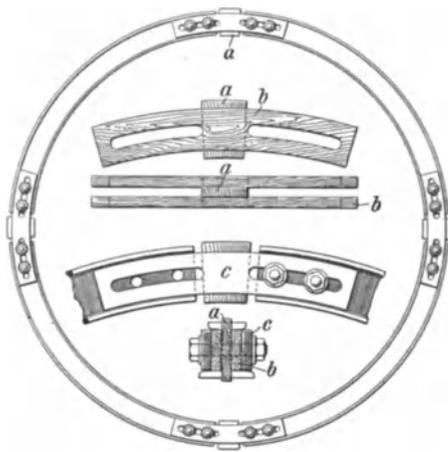


Abb. 211. Nachgiebiger Kreisringausbau von Korfmann.

gestelle (Abb. 210) beliebt, die in der Regel aus zwei durch Verlaschung verbundenen Teilstücken bestehen. Für größeren Druck wählt man geschlossene Kreisringgestelle, bei denen die Teilstücke starr oder nachgiebig (Abb. 211) miteinander verbunden werden können. In letzterem Falle sind auf die Quetschhölzer *a* Holzbretter *b* genagelt, die sich an die Stege des Profileisens legen und von den Verbindungslaschen *c* überdeckt werden.

Für den Gestellausbau ist die gute gegenseitige Verbolzung der Gestelle besonders wichtig, die ihr seitliches Ausweichen unter Druck verhindert.

c) Der Ausbau in Stein.

1. Mauerung.

253. 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 m^3 Mauerung rechnet man 400 Steine und $0,3 \text{ m}^3$ Mörtel.

Besonders hartgebrannte Steine nennt man „Klinker“. Die zulässigen Druckbeanspruchungen für Mauerwerk sind für

Ziegelmauerwerk in Kalkmörtel 7 kg/cm²
 „ „ „ Zementmörtel 12 „
 bestes Klinkermauerwerk in reinem Zement 20—40 „

254. 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 unter Wasseraufnahme neue Verbindungen eingehen und dadurch hohe Festigkeit erlangen. Sie werden für die Grubenmauerung bevorzugt. Solche Mörtelarten sind der Traß, der Wasserkalk und die Zemente. Unter diesen sind nach ihrer Herstellung, chemischen Zusammensetzung und Verwendbarkeit zu unterscheiden der Portlandzement, die Hüttenzemente (Hochofen- und Eisenportlandzement) und die Tonerde- oder Schmelzzemente.

Bei Traßmörtel und Wasserkalk dauert die Erhärtung 4—6 Monate. Bei den Zementen ist das „Abbinden“, d. h. der Übergang aus dem breiigen in den festen Zustand, und das „Erhärten“ zu unterscheiden. Das Abbinden erfolgt bei den Schnellbindern in 15—20 Minuten, bei den Langsambindern in 1—2 Stunden. 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 Teile	Wasser- kalk Teile	Traß Teile	Zement Teile	Sand	
					Flußsand Teile	Schlak- kensäand Teile
I. Gewöhnliches Mauerwerk (Scheibenmauern)	1	1	1	—	4	—
Desgl.	—	1	—	—	1	2
Desgl. für trockene Räume	1	—	—	—	2	3
II. Höherbeanspruchtes Mauer- werk (Gewölbe, Funda- mente u. dgl.), sehr fest	—	1	1	1	3	—
Desgl., mäßig fest	1	—	—	1	2	3

Für salzhaltiges Wasser eignet sich am besten der Magnesiacement, der durch Brennen von Magnesit oder Dolomit erhalten, mit Chlormagnesium-lauge angemacht und für die Mauerung im Salzgebirge bevorzugt wird.

255. Ausführung der Mauerung. Die Steine sollen auf allen Seiten von Mörtel eingehüllt sein. Um einen möglichst innigen Verband zu erzielen,

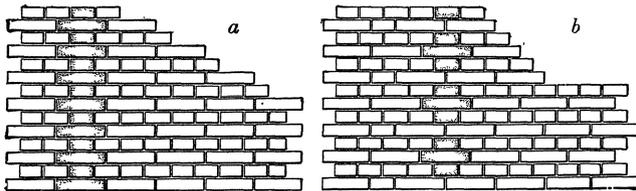


Abb. 212 a und b. Beispiele für Mauerverbände.

legt man sie in der Regel so, daß immer eine Lage längsgerichteter Steine („Läufer“) mit einer Lage quergerichteter Steine („Binder“) abwechselt. Die wichtigsten solcher Verbände sind der Blockverband (Abb. 212 a)

und der Kreuzverband (Abb. 212 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.

256. 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 Mauerfläche bestimmt.

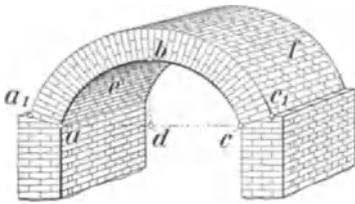


Abb. 213.
Stützgewölbe auf Scheibenmauern.



Abb. 214. Geschlossenes Gewölbe mit flacherem Sohlenbogen.

Als Gewölbe kommen für die Grubenmauerung in der Regel nur die nach einer Kreislinie geschlagenen Kreisbogengewölbe in Betracht, die den ganzen auf ihnen lastenden Gebirgsdruck auf die Widerlager oder Kämpfer übertragen. Sie werden ausgeführt als „volle Tonnengewölbe“, deren Widerlager in einer Ebene liegen, und „Stützgewölbe“ (Abb. 213), deren Widerlager zwei gegeneinander geneigte Ebenen bilden. Die letzteren kommen mit einem geringeren Nachbrechen in der Firste aus.

Die innere Gewölbeffläche (*e*) eines Gewölbebogens (Abb. 213) heißt „Leibungsfläche“, ihr höchster Punkt (*b*) der „Scheitel“; die äußere Wölbung (*f*) heißt „Rückenfläche“. Die Linie *ac* ist die „Sehne“, die Linie *bd* 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 abgewehrt werden, so müssen auch die Seitenmauern als Gewölbe hergestellt werden (Abb. 214). Man erhält dann einen elliptischen Querschnitt des Mauerwerks.

Ist auch Sohlendruck vorhanden, so wird auch in der Sohle 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 (Abb. 214). Bei sehr starkem Druck kann man auf das Sohlengewölbe verzichten, um der Sohle die Möglichkeit zu belassen, sich hochzudrücken und dadurch den Ausbau zu entlasten. Man muß dann allerdings die Sohle häufig nachsenken, was in Strecken mit stärkerer Förderung nachteilig ist.

257. Herstellung der Mauerung. In der Regel muß zunächst eine verlorene Zimmerung eingebracht werden, der die Mauerung in einem ge-

wissen Abstand folgt, indem nach und nach die verlorene Zimmerung wieder ausgebaut wird. Dem Schlagen des Gewölbes geht die Aufstellung der Lehrgerüste oder Lehrbogen voraus, die der Leibungsfläche des Gewölbes entsprechend geschnitten sind. Diese werden durch Bretterverschalung mit einem Mantel umgeben, auf den das Mauerwerk zu liegen kommt.

258. Zusammengesetzter Ausbau. Bei geringem Seitendruck kann man die Mauerung auf die Verwahrung der Stöße durch Scheibenmauern beschränken, auf die eiserne (Abb. 215) 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.

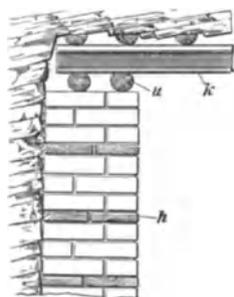


Abb. 215. Mauerung mit Holzeinlagen.



Abb. 216. Kappengewölbe.

wölbe (Abb. 216) geeignet, das aus einer Verbindung von I-Trägern mit Mauerbogen besteht.

259. Nachgiebige Mauerung. In Strecken mit sehr starkem, aber nicht für lange Zeit anhaltendem Druck empfiehlt es sich, das Mauerwerk nachgiebig herzustellen, was durch Quetschhölzer ermöglicht wird, die in das Mauerwerk eingelegt werden. In Abb. 215 z. B. sind auf jede dritte Steinlage Bretter *h* von etwa 4 cm Stärke gelegt und zwischen diesen Lufträume gelassen, damit das gequetschte Holz seitlich ausweichen kann. Die Unterzüge *u* verteilen den Auflagedruck der Schienen *k* auf die Mauerung und dienen gleichzeitig als weitere Quetschhölzer.

Für den Ausbau größerer Räume in stark druckhaftem Gebirge haben sich vollständige Holzgewölbe nach Art der Steingewölbe gut bewährt.

2. Betonausbau.

260. Einfacher Betonausbau. Die als „Beton“ bezeichneten Zementmischungen 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:

Mischung	Verwendungszweck	Mischungsverhältnis			
		Zement	Sand	Kies	Kleinschlag
		Raumteile			
I	Maschinenfundamente	1	2	—	3
II	Stampfbeton in Strecken und Schächten bei stärkerem Druck	1	3	6	—

Für die Ausführung des einfachen Betonausbaues ergeben sich die im folgenden besprochenen verschiedenen Möglichkeiten:

1. 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 Erhärten des Betons wieder entfernt und weiter vorn von neuem aufgestellt. Die verlorene Zimmerung kann in stark druckhaften Strecken mit eingestampft werden.

2. Bei dem Gußverfahren bringt man den Beton in flüssiger Form mit Hilfe von Gießrinnen ein, wobei auf tunlichst sparsamen Wasserzusatz zu achten ist.

3. Bei dem Preßverfahren wird zunächst die Kleinschlag- oder Grobkiesbeimengung trocken hinter die Verschalung gebracht und sodann flüssiger, reiner Zement durch eine Rohrleitung unter Druck in sie eingepreßt.

Das Guß- und Preßverfahren werden gelegentlich beim Schachtausbau benutzt.

4. Das Spritzbeton- (Torkret-) Verfahren besteht darin, daß man eine Zementmörtelmischung mit Hilfe von Preßluft und Druckwasser gegen den zu schützenden Gebirgsstoß spritzt und so diesem einen fest zusammenhaftenden Verputz als Überzug gibt. Durch vorheriges Bedecken des Stoßes mit einem

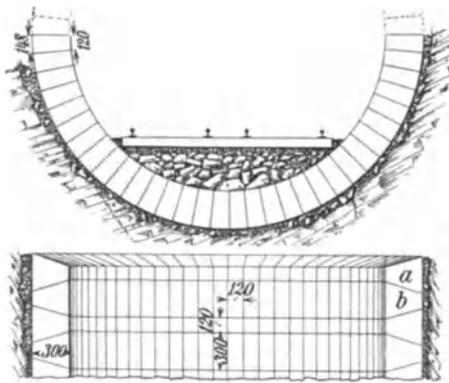


Abb. 217. Keilsteinausbau von Herzbruch.

Drahtnetz, gegen das der Beton gespritzt wird, läßt sich die Widerstandsfähigkeit des Verputzes noch steigern. Allerdings reicht er nicht zum Abhalten stärkeren Gebirgsdrucks aus, sondern soll in der Hauptsache das Lösen von Gesteinschalen und die Zersetzung der Stöße durch Wasser und Wetter verhüten sowie die Wetterwiderstände durch Schaffen einer glatteren Oberfläche verringern.

5. Der Ausbau in Betonsteinen verwendet Formsteine, die mittels des Stampfverfahrens über Tage hergestellt werden und denen man genügende Zeit zur Erhärtung gibt. Als dann werden sie unter Tage zu Gewölben oder Ringen zusammengebaut. Zur Erzielung einer gewissen Nachgiebigkeit kann man zwischen die einzelnen Steine Pappscheiben oder Holzbrettehen legen. Formsteine sind in mannigfacher Gestalt vorgeschlagen und angewandt worden. Abb. 217 zeigt als Beispiel den Keilsteinausbau.

261. Eisenbetonausbau. Beim Eisenbetonausbau tritt eine innige Verbindung des Betons mit Eisenteilen, die in ihn eingelegt werden, ein. Da die letzteren im Gegensatz zum reinen Beton starke Biegebungsbeanspruchungen ertragen können, so eignet sich ein solcher Ausbau für druckhaftes Gebirge (insbesondere für ungleichmäßige Druckverteilung) und für große Räume. Auch kann man bei Verwendung von Eisenbeton Firstengewölbe als Korb-

bogengewölbe (das sind Gewölbe nach mehreren Krümmungshalbmessern, Abb. 218), oder als Gewölbe mit geringer Pfeilhöhe ausführen und dadurch mit geringerem Gebirgsausbruch auskommen.

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. dgl. zu einem festen Netzwerk verbunden und möglichst in die Linien der stärksten Beanspruchung gelegt werden. Auch hier geht dem Einbringen des Betons die Herstellung einer Lehrverschalung voraus. Das Ausfüllen 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“).

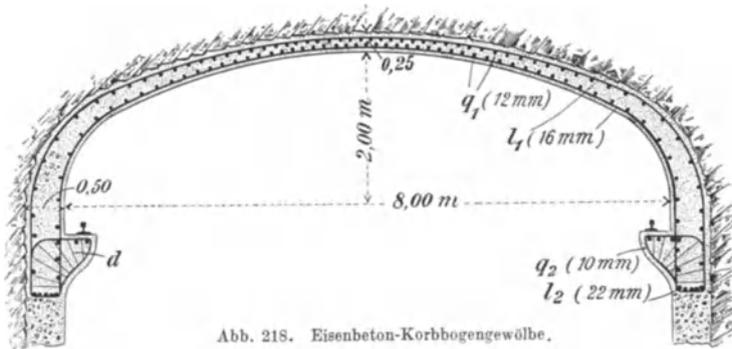


Abb. 218. Eisenbeton-Korbbogengewölbe.

Abb. 218 zeigt den Querschnitt durch eine mit Eisenbeton ausgebaute Maschinenkammer. Die in der Querrichtung des Raumes liegenden Rundeisen sind mit $l_1 l_2$, die in der Längsrichtung liegenden mit $q_1 q_2$ bezeichnet. Die Konsolen d für die Kranbahn sind in einem Stück mit dem Ausbau hergestellt worden.

Für besonders starke Beanspruchungen ist der Ausbau nach Breil in „Verbund-Tübbings“ (Beton-Ringstücken mit eisernem Gitterwerk als Einlage) bestimmt. Jeder Ring setzt sich aus 3—6 solchen Gitterwerk-Teilstücken zusammen, die aus Winkeleisenringen mit angenieteten Längs- und Querversteifungen bestehen, durch Nietlaschen untereinander und mit den Teilstücken der Nachbarringe verbunden und dem Aufbau entsprechend mit Beton ausgestampft werden.

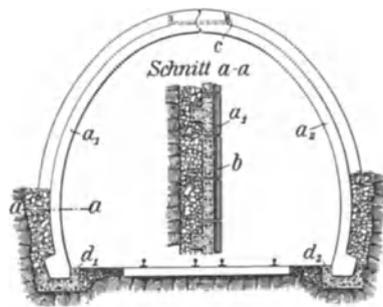


Abb. 219. Walter-Henkel-Ausbau.

Der Eisenbetonausbau wird auch in fertigen Teilstücken ausgeführt. Als Beispiel sei der Walter-Henkel-Ausbau genannt (Abb. 219). Er

besteht aus zwei Bogenstücken, die in der Firste mit einem Wälzelenk zusammenstoßen und mit einer Verstärkungs-Rückenrippe versehen sind. Sie kommen auf Sohlenklötze aus Stampfbeton oder, bei stärkerem Sohlendruck, auf eine Sohlenschwelle zu stehen.

262. Nachgiebigkeit läßt sich beim Betonausbau, wenn er als geschlossene Masse eingebracht wird, durch Umhüllen mit Holzpackung, beim Betonausbau in Formsteinen und beim Eisenbetonausbau in fertigen Stücken durch nachgiebige Zwischenlagen erzielen.

II. Der Schachtausbau.

263. Vorbemerkung. Der Schachtausbau ist für die Kosten des Schacht-
abteufens 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 Gußringen (Tübbings) nur für runde Schächte verwenden
kann. Schließlich ist die Wahl des Ausbaues für das Gelingen des Wasser-
abschlusses entscheidend. Bei blinden Schächten können geringere An-
forderungen an den Ausbau gestellt werden.

A. Der Geviert- und Ringausbau mit Verzug.

264. 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 (Abb. 220) oder Bolzenschrotzimmerung (Abb. 221). Die ganze Schrotzimmerung be-

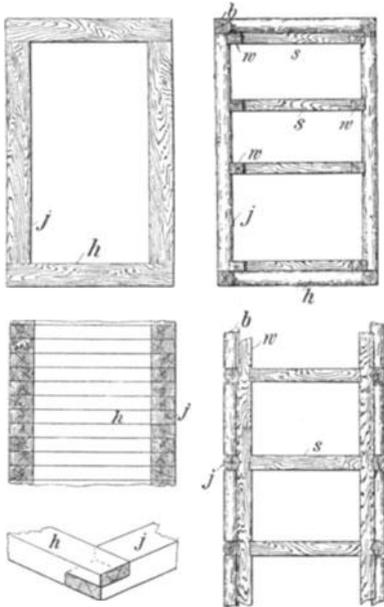


Abb. 220. Ganze Schrotzimmerung.

Abb. 221. Bolzen-schrotzimmerung.

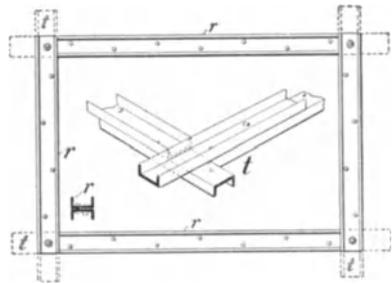


Abb. 222. Schachtgeviert aus doppelten U-Eisen.

steht darin, daß ein Geviert unmittelbar auf dem andern 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* (Abb. 221) einbauen, die durch Stempel oder Spreizen *s* gegen die Jöcher *j* ange- drückt 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

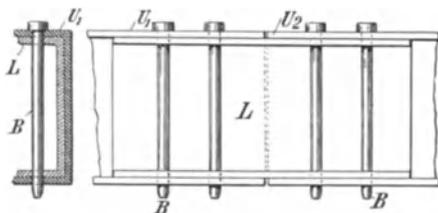


Abb. 223. Verbindung der Segmente bei Schachtringen aus U-Eisen.

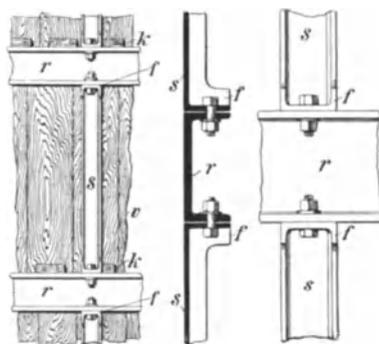


Abb. 224. Verbindung der Schachtringe *r* durch eiserne Strebene *s*.

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.

265. Der Profileisenausbau. Rechteckige Schächte werden mit Gevierten, runde mit Ringen ausgebaut. Die Gevierte werden aus T-Eisen, aus einfachen U-Eisen oder aus zwei mit den Rücken aneinandergenieteten U-Eisen (Abb. 222) zusammengesetzt. Ihr Abstand 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 Abb. 222) in das Gebirge eingebüht werden.

266. Ausbau runder Schächte. Der Ausbau mit eisernen Ringen — meist U-Eisen — ist entweder ein endgültiger oder ein vorläufiger. Man setzt die Ringe aus einzelnen Segmenten zusammen, die etwa je 3—4 m lang sind. Die Enden der Segmente stoßen stumpf voreinander und werden durch eingelegte Laschen und vorläufig hindurchgesteckte Bolzen (Abb. 223), die später durch Schrauben ersetzt werden können, miteinander verbunden. Die Verbindung der einzelnen Ringe untereinander erfolgt durch eiserne U-förmige Strebene *s* (Abb. 224 u. 225), deren umgebördelte Füße *f* mit den Ringen *r* verschraubt werden, oder auch durch angeschraubte Flacheisen. Die

Stöße werden in gewöhnlicher Weise mit eichenen Brettern (Abb. 226) oder auch mit eisernen Verzugblechen verzogen. Ein solcher Ausbau kann in gutem, standhaftem Gebirge ein endgültiger sein. Er wird als vorläufiger oder verllorener Ausbau angewandt, wenn der Schacht später durch Mauerung oder Gußringe endgültig ausgekleidet werden soll.

B. Geschlossener Ausbau von Schächten.

267. Die Mauerung. Vierböigige 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 nämlich eine kreisrunde Schachtscheibe mit Rücksicht auf die in Ziff. 106 erwähnten Vorteile. Als Mörtel verwendet man in trockenen Schächten Luftmörtel (1 Teil Kalk, 2—3 Teile

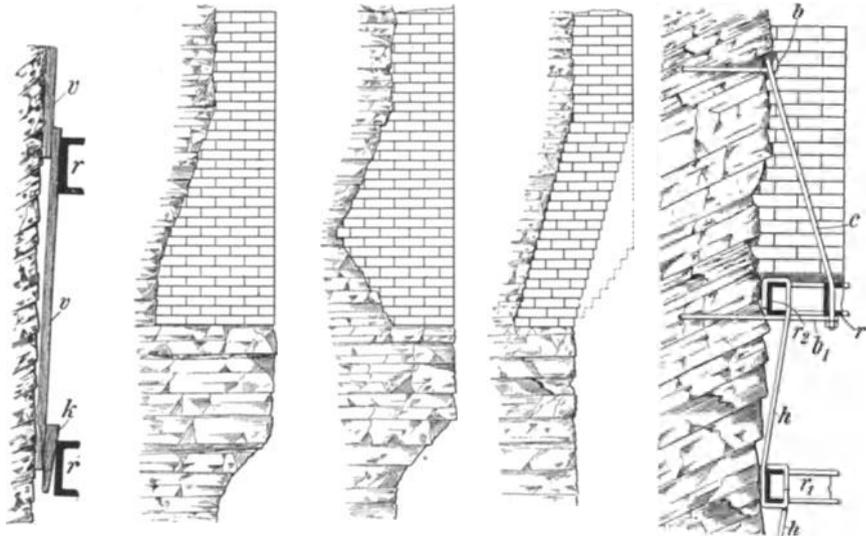


Abb. 226.
Gewöhnlicher
Verzug der
Stöße.

Abb. 227.
Einfach konischer
Mauerfuß.

Abb. 228.
Doppelt konischer
Mauerfuß.

Abb. 229.
Hohlkegelförmiger
Mauerfuß.

Abb. 230. Mauerung auf
Bohlenunterlage.

Sand), im Falle von Wasserzflüssen Zementmörtel (1 Teil Zement oder Wasserkalk, 2—3 Teile Sand) und, falls salzige Wasser vorhanden sind, Magnesiaazement (s. S. 133).

Schächte von geringerer Tiefe (bis etwa 100 m) werden in einem Satze, tiefere absatzweise ausgemauert. Die Höhe der einzelnen Absätze schwankt je nach der Festigkeit des Gebirges und dem Auftreten von Schichten, die sich für das Ansetzen des Mauerfußes eignen, zwischen 40 und 80 m.

Jeder Absatz erhält einen Mauerfuß, der imstande ist, das darüber aufgeführte Mauerwerk bis zum Abbinden und Erhärten zu tragen. Man unterscheidet den einfach konischen (Abb. 227), den doppelt konischen (Abb. 228) und den hohlkegelförmigen (Abb. 229) Mauerfuß. Wenn das

Gebirge fest ist und mit vorspringenden Ecken und Kanten bricht, kann man auch wohl auf eine besondere Verlagerung des Mauerfußes im Schachtstoße ganz verzichten und die Mauerung nach Abb. 230 auf einer einfachen Bohlenunterlage, die teils an Pflöcken b hängt und teils von Pflöcken b_1 getragen wird, beginnen lassen.

Der Mauerung pflegt man eine Mindeststärke von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Steinen zu geben. Die Haltbarkeit der Mauer wird durch einen guten Anschluß an das Gebirge erhöht, weshalb man sorgsam 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 Zement einspritzungen in das Gebirge (s. d. 7. Abschn., S. 163 u. f.) herstellen.

Bei der gewöhnlichen Art des Mauerns ruht unterdessen die Arbeit auf der Sohle des Schachtes. Mehrfach hat man aber auch 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.

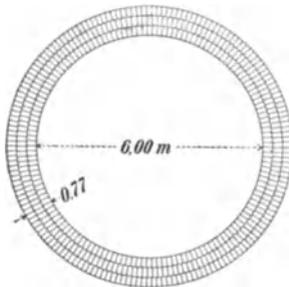


Abb. 231. Ziegelmauerwerk in Zementmörtel. (Zulässige Beanspruchung 12 kg/cm².)

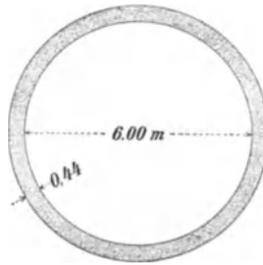


Abb. 232. Stampfbeton. (Zulässige Beanspruchung 20 kg/cm².)

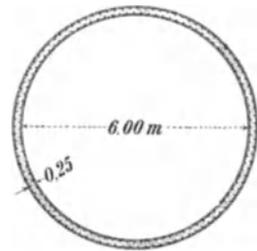


Abb. 233. Eisenbewehrter Stampfbeton. (Zulässige Beanspruchung 30 kg/cm².)

Das Mauern erfolgt von einer festen oder schwebenden Bühne aus. Die feste Bühne muß beim Hochkommen der Mauerung immer wieder verlegt werden, was vorteilhaft durch ihre Zusammensetzung 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 Schutzzyllindern umgeben, die sowohl ein Abstürzen der Maurer als auch eine Gefährdung der Schachthauer durch das Fallen von irgendwelchen auf der Bühne liegenden Gegenständen, Steinen od. dgl. verhindern sollen.

268. Der Beton- und Eisenbetonausbau. Die höhere Festigkeit des Betons und namentlich die des Eisenbetons gestattet erheblich geringere Wandstärken, als sie bei Anwendung der Mauerung notwendig sind. Einen Vergleich dieser Wandstärken gibt unter Voraussetzung gleicher Druckverhältnisse und gleicher Sicherheiten die Gegenüberstellung der Abbildungen 231—233.

An Gebirgsaushub werden bei Wahl des Stampfbetons (Abb. 232) an Stelle des Ziegelmauerwerks (Abb. 231) rd. $7,5 \text{ m}^3$ und bei Wahl des eisenbewehrten Betons (Abb. 233) sogar rd. $11,5 \text{ m}^3$ je 1 m Schacht gespart.

269. Ausführungen. Bei den Schachtauskleidungen in Beton oder Eisenbeton lassen sich drei Arten unterscheiden, nämlich:

1. Auskleidungen mit Betonsteinen, die über Tage als „Formsteine“ hergestellt und im Schachte zu einer geschlossenen Wand zusammengebaut werden, worauf die Fugen und sonst verbleibenden Hohlräume mit flüssigem Zementmörtel ausgefüllt werden (Abb. 234 u. 235).
2. Auskleidungen mit verhältnismäßig dünnen Beton-Formsteinen, die als „Verschalung“ dienen, hinter der eine dickere Wand von Stampf- oder Gußbeton hochgeführt wird. Bei der Ausführung nach Abb. 236 wird zunächst unter Benutzung zweier Schachtringe a u. a_1 und dagegen gelegter Eisenbleche d ein Fuß aus Beton eingestampft, auf den man die Formsteinwand aufbaut. In jedem Stein sind der Länge nach zwei starke Eisendrähte r und außerdem zwei U-förmig gebogene Drähte b eingelegt, deren freie Enden nach der äußeren Seite herausragen und zusammen mit den ringförmig an-

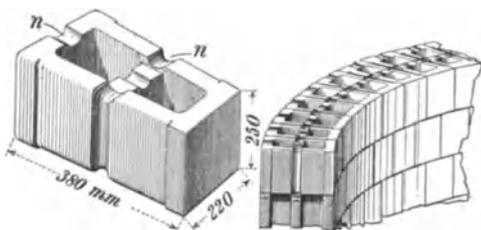


Abb. 234. Betonformstein, als Hohlkörper ausgebildet.

Abb. 235. Zusammenbau der Formsteine nach Abb. 234.

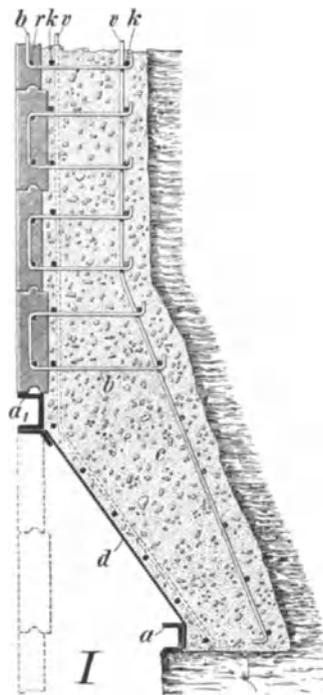


Abb. 236. Schachtausbau mit Eisenbeton unter Verwendung von Formsteinen als Verschalung.

geordneten Eisen k und den senkrechten Stangen v eingestampft werden.

3. Auskleidungen nach Abb. 237, die lediglich aus Stampfbeton bestehen und zu deren Herstellung das Einbringen eines Lehrgerüsts erforderlich ist. Die aus den Ringen R und den Blechen B zusammengebaute Verschalung wird nach Erhärten des Betons ausgebaut.

270. Gußringausbau (Küvelage). Allgemeines. Die einzige Schachtauskleidung, die bei größeren Tiefen tatsächlich wasserdicht hergestellt werden kann, ist diejenige mittels gußeiserner Ringe. Diese werden entweder aus einzelnen Ringteilen (Tübbings) zu einem vollen Ringe zusammengesetzt

oder als „Schachtringe“ in einem Stück fertig gegossen und als solche in den Schacht eingelassen. Die aus einzelnen Ringteilen zusammengesetzten oder die aus einem Stück bestehenden Schachtringe werden im Schachte übereinander aufgebaut, so daß gleichsam ein geschlossenes Rohr aus Gußeisen entsteht.

271. Englischer und deutscher Gußringausbau. Man unterscheidet den englischen und den deutschen Gußringausbau. Die Ringteile des englischen Ausbaues (Abb. 238) 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 waagrecht verlaufen, und Ansätze a zum Abstützen der Flanschen vorgesehen. Das Loch in der Mitte dient zum Einhängen der Ringteile und zum Wasserabfluß während der Dichtung der Auskleidung. Die Flanschen sind nicht bearbeitet, so daß die einzelnen Ringteile stets mehr oder weniger schiefwinklig sind und die Seiten nicht völlig parallel verlaufen. Die Dichtung erfolgt durch Holzbretchen und Holzkeile. Die Ringteile des deutschen Gußringausbaues (Abb. 239) dagegen haben ihre Flanschen f , Verstärkungsrippen r_1 und Ansätze a auf der Innenseite, und die Außenwand des Schachtes ist glatt. Die Flanschenflächen sind bearbeitet, so daß sie genau zusammenpassen und unter Anwendung einer Bleidichtung miteinander verschraubt werden können. Der Ausbau bildet so ein starres Ganzes, wogegen er bei englischen Ringteilen eine gewisse Nachgiebigkeit besitzt. Während die englischen Ringteile nur 300—700 mm hoch zu sein pflegen, beträgt die Höhe der deutschen Ringteile gewöhnlich 1,5 m. Die ungefähre Breite der Ringteile im Verhältnis zur Höhe ergibt sich aus den Abbildungen 238 u. 239.

272. Keilkränze sollen gleichsam den stützenden Fuß des Ausbaues bilden und außerdem verhindern, daß das hinter der Schachtwandung stehende oder heruntersickernde Wasser unterhalb in den Schacht treten kann. Entsprechend dieser doppelten Aufgabe muß der Keilkranz einerseits genügend weit in das Gebirge hineingreifen, um eine breite Auflagefläche zu erhalten, und muß andererseits in wasserstauendes Gebirge verlegt werden. Der Abstand der einzelnen Keilkränze voneinander pflegt 20—50 m zu betragen.

Ein Keilkranz ist ein aus 6—12 gußeisernen Segmenten von 200—300 mm Höhe und 400—750 mm Breite zusammengebauter Ring, dessen lichte Weite der lichten Weite des Ringausbaues entspricht. Die einzelnen Segmente sind

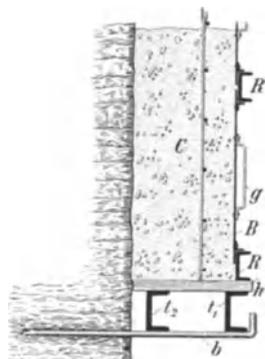


Abb. 237. Fuß eines Eisen-Stampfbetonabsatzes mit Verschalung.

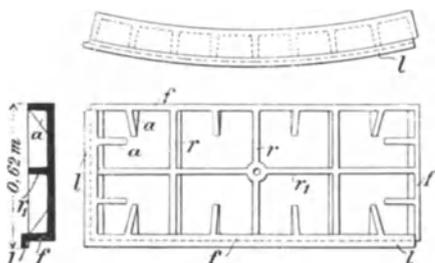


Abb. 238. Englischer Gußringausbau.

Der Abstand der einzelnen Keilkränze voneinander pflegt 20—50 m zu betragen.

Ein Keilkranz ist ein aus 6—12 gußeisernen Segmenten von 200—300 mm Höhe und 400—750 mm Breite zusammengebauter Ring, dessen lichte Weite der lichten Weite des Ringausbaues entspricht. Die einzelnen Segmente sind

nach Abb. 240 hohl mit mehreren senkrechten Verstärkungsrippen und einer offenen Seite gegossen. Die Keilkränze für deutschen und englischen Ringausbau sind ohne wesentliche Unterschiede; nur besitzen die ersteren noch Schraubenlöcher zwecks Verschraubung der Segmente untereinander und mit den Ringteilen.

Das Bett für den Keilkranz wird mit Keilhau und mit Fäustel und Spitz-eisen genau waagrecht ausgearbeitet, in unzuverlässigem Gebirge auch durch Betonierung oder Mauerung geschaffen. Auf dem Bette werden die Segmente zu einem Ringe zusammengelegt. Bei Keilkränzen für englische Ringteile werden zwischen die Segmente Dichtungsbrettern aus Holz, bei solchen für deutsche Ringteile 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 Bretterstückchen möglichst dicht ausgefüllt und sodann verkeilt (pikotiert), indem man rund herum in mehrfach wiederholter Kreislinie zu-

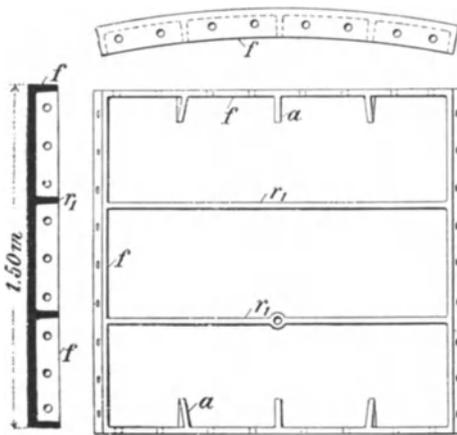


Abb. 239. Deutscher Gußringausbau.

Der Raum zwischen dem äußeren Kreisrande der Segmente und dem Gebirgstoße wird nun mit Holzklötzchen und Bretterstückchen möglichst dicht ausgefüllt und sodann verkeilt (pikotiert), indem man rund herum in mehrfach wiederholter Kreislinie zu-

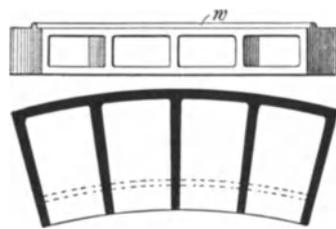


Abb. 240. Keilkranz für englischen Gußringausbau.

nächst 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, pflegt man noch einen Kreis Stahlkeile folgen zu lassen. In mildem Gebirge, in dem die Verkeilung nicht ein genügend sicheres Widerlager am Gebirgstoße findet, empfiehlt es sich, auf sie gänzlich zu verzichten und die Keilkränze einzuzementieren.

273. Verstärkungsringe. Wo es nicht auf einen dichten Abschluß der oberen Schachtwasser ankommt und nur eine Verstärkung der Gußringsäule gegen einseitigen Druck und gegen Knickgefahr erwünscht ist, baut man an Stelle der Keilkränze in Abständen von 7,5—15 m Verstärkungs- oder Tragringe ein, die nach außen hin vorspringen und wie die Gußringsäule ohne besondere Vorsichtsmaßnahmen mit Beton hinterstampft werden. Die Gestalt dieser Verstärkungsringe ist diejenige eines schmalen Keilkranzes oder eines in Form eines Keiles nach außen vorspringenden Ringes t (Abb. 241).

274. Der Einbau der Ringteile. Beim Einbau werden die Ringteile des englischen Ausbaues dadurch zu Ringen zusammengefügt, daß die ein-

zelnien Segmente lose nebeneinandergesetzt werden, wobei der unterste Ring auf den inneren Rand des Keilkranzes zu stehen kommt. Der Raum zwischen der Schachtwandung 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 Kiefernholzbrettchen gelegt, die, nachdem die Ringsäule aufgebaut ist, verkeilt werden.

Die deutschen Ringteile, 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 Schachtwandung und Gebirgsstoß 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 von jedem fest verlagerten Ringe aus seinen Anfang nehmen. Sind mehrere Ringe untergehängt, so wird der Raum zwischen ihnen und dem Gebirgsstoße durch Einspülen von Zement ausgefüllt. Damit die Zementtrübe unten nicht ausläuft, verstopft man den Spalt zwischen dem unteren, äußeren Ringrande und dem Gebirge mit Lehm, Stroh, Holzwohle od. dgl., oder man füllt den Ringspalt mit Bretterstücken aus und verdichtet die Holzlage durch Verkeilen (Abb. 241). Zum Einlaufenlassen der dünnflüssigen Zementtrübe durch die in den Ringteilen vorgesehenen Löcher benutzt man Trichter oder von über Tage herkommende Rohrleitungen. Hierbei treten das überflüssige Wasser und die Luft durch die oberen Löcher aus. Wenn keine Trübe mehr aufgenommen wird, werden die Einfülllöcher verschlossen. Durch eingebaute Tragringe *t* (Abb. 241) werden die Schrauben der waagerechten Flanschen entlastet.

Das Unterhängen der Ringteile wird zumeist angewandt, um Wasserzugänge möglichst schnell abschließen zu können. Außerdem gebraucht man es, um die Gebirgsstöße sobald wie möglich zu sichern. Namentlich tut man dies beim Gefrierverfahren, wo sich diese Art des Ausbaues durchaus bewährt hat.

275. Doppelte Gußbringsäulen. Für große Teufen (300—600 m) benutzt man gern doppelte Gußbringsäulen (Abb. 242). In Gefrierschächten (s. S. 159 u. f.) ist man mehrfach so vorgegangen, daß beim Abteufen unter dem Schutze der Frostmauer die äußere Gußringwand durch Unterhängen eingebracht wurde, während die innere Wand erst kurz vor dem Auftauen des Gebirges hochgeführt und gleichzeitig der Raum zwischen den beiden Eisenwänden mit Beton ausgestampft wurde.

276. Vergleich des englischen und des deutschen Gußbringsausbaues. Der Vorzug der englischen Ausbaumart ist, daß sie wegen ihrer Nachgiebigkeit

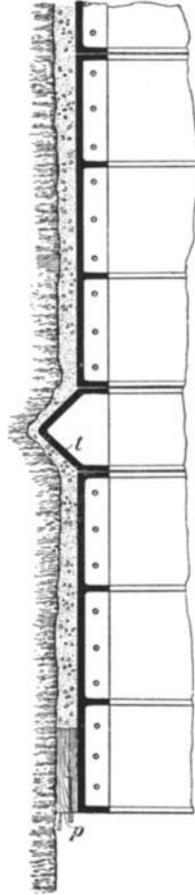


Abb. 241. Untergehänger Gußbringsaubau mit Tragring und Verkeilung des unteren Ringspaltes.

Gebirgsbewegungen besser widersteht. Dafür wird aber die Wandung leicht undicht und kann fast nie so wasserdicht gehalten werden, wie dies bei dem deutschen Ausbau möglich ist. Deshalb sind englische Gußringe für größere Teufen nicht geeignet. Nachteilig ist ferner, daß der Aufbau und die Verkeilung verhältnismäßig viel Zeit in Anspruch nehmen und daß kein Unterhängen möglich ist. Auch die Verlagerung der Einstriche macht bei dem englischen Aus-



Abb. 242.
Doppelter Guß-
ringausbau.

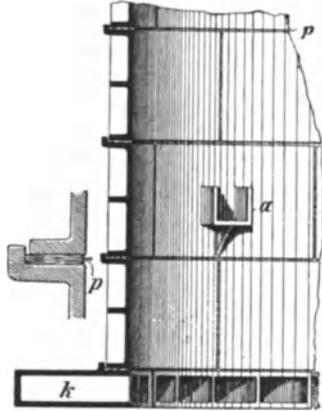


Abb. 243. Englischer Gußringausbau
mit angegossenem Schuh.

bau größere Schwierigkeiten als bei dem deutschen. Man verlagert die Einstriche entweder nach Abb. 243 in angegossenen Schuhen *a*, oder man befestigt sie an Wandruten, die an den Verkeilungsfugen festgenagelt werden. Bei dem deutschen Ausbau dagegen können die Einstriche einfach auf die waagerechten Flanschen gelegt werden.

Wegen des Ausbaues mit Schachtringen s. S. 157 u. f. (Schachtbohrverfahren nach Kind-Chaudron).

Siebenter Abschnitt.

Schachtabteufen.

I. Das gewöhnliche Abteufverfahren.

277. 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 bei geringen Wasserschwierigkeiten hinsichtlich der Schnelligkeit und Billigkeit weit alle andern Verfahren. Je mehr Wasser freilich dem Schachte zusitzen, um so schwieriger und teurer wird die Handarbeit. Alsdann können andre Abteufverfahren, insbesondere das Senkschachtverfahren im toten Wasser, das Gefrier- und das Schachtbohrverfahren, sicherer und billiger werden.

278. Einrichtungen. Zu den für das Schachtabteufen erforderlichen Einrichtungen über Tage gehören in erster Linie das Fördergerüst und die Fördermaschine, ferner ein Kabel 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.

Das Fördergerüst wird der Billigkeit halber aus Holz erbaut. Seine Höhe beträgt 12—24 m.

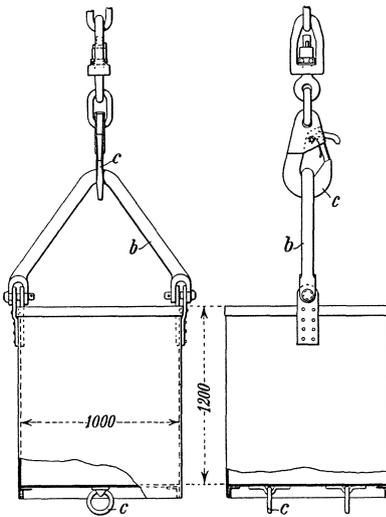


Abb. 244. Abteuf-Förderkübel.

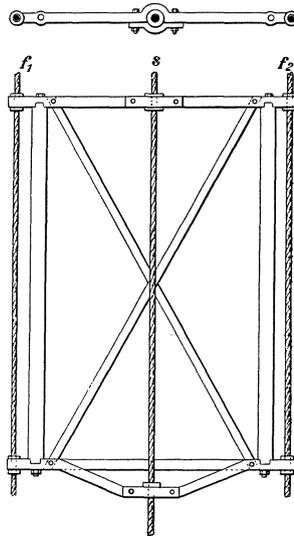


Abb. 245. Führungsschlitten.

Die Abteuffördermaschinen, für die man Bobinen und Bandseile (vgl. Ziff. 364) zu bevorzugen pflegt, sind etwa 50—200 PS stark. Als Fördergefäße benutzt man Kübel (Abb. 244) von 0,3—1,0 m³ Inhalt, die meist über dem Schachte ausgekippt werden. Die Führung der Kübel im Schachte während der Förderung erfolgt durch Führungseile, die unten im Schachte an Spannlagern befestigt werden. Die Führung wird durch den Führungsschlitten (Abb. 245) vermittelt, der in der Regel aus Flacheisen hergestellt ist und mit 4 Augen die Führungseile f_1 f_2 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.

Zur Sicherheit der Abteufmannschaft ist für eine doppelte Führungsmöglichkeit Vorsorge zu treffen. Am einfachsten geschieht dies, wenn end-

gültige 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 Fördermaschine für die Ausmauerung 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 zweite Fördereinrichtung für eine weitere Fahrungs-möglichkeit neben der Kübelförderung gesorgt ist.

279. Abteufarbeit und Leistungen. Die Abteufarbeit beginnt in den oberen, weichen Schichten mit dem Spaten oder der Schaufel, wobei die Hacke, die Keilhaue und der Abbauhämmer zu Hilfe genommen werden. In festem Gebirge wird die Sprengarbeit angewandt. Für die Herstellung der Bohrlöcher mit der Hand benutzte man früher vielfach Stoßbohrer (s. S. 39). Jetzt werden allgemein Bohrhämmer gebraucht (s. S. 42).

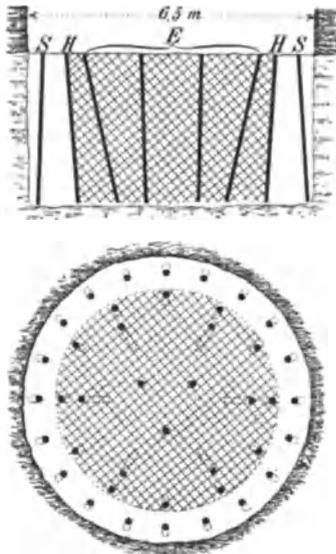


Abb. 246. Anordnung der Schüsse beim Schachtabteufen.

Beim Schießen unterscheidet man in der Regel (Abb. 246) 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 Inhalt des Einbruchkegels zertrümmern soll (Zerkleinerungsschüsse). Die Kranzschüsse kann man nach den Einbruchschüssen mittels Zeitzünder nacheinander kommen lassen, vielfach werden sie aber auch völlig gleichzeitig abgetan.

Die Zündung der Schüsse wird beim Schachtabteufen meist elektrisch bewirkt.

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 (auch auf lotrechtes Niedergehen) erfolgt durch sorgsames Abloten des Schachtes.

Die Leistungen beim Schachtabteufen können, wenn keine Wasserschwierigkeiten vorliegen, unschwer auf 30—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 Wasser-

zuflüssen auf 1200—1400 \mathcal{N} je 1 m angenommen werden. Wasserzuflüsse verlangsamen und verteuern das Schachtabteufen ganz außerordentlich.

280. 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 (Abb. 247—249). 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 Aufbrüche einen geringeren Durchmesser als dem abzuteufenden Schachte zu geben. Es muß dann, nachdem der Aufbruch mit der Schachtsohle durchschlägig

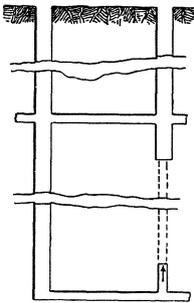


Abb. 247.

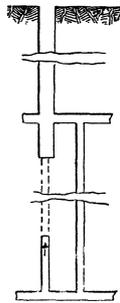


Abb. 248.

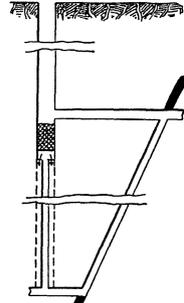


Abb. 249.

Unterfahrung von Schächten zum Zwecke des Weiterabteufens.

geworden ist, der Schacht 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 80—100 m überschreiten lassen, weil sonst die Fahrung und das Hochziehen der Ausbaustoffe 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 Einbringen einer Sicherheitsbühne sorgen. Das Stehenlassen einer Bergfeste ist, von andern Gründen (Raumbanspruchung im Schachtiefsten, umständliche spätere Gewinnung der Bergfeste) abgesehen, bei festem, sicherem Gestein, das Ein-

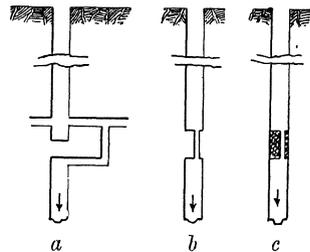


Abb. 250 a—c. Weiterabteufen von Schächten mit Belassen einer Bergfeste (a und b) und mit Einbau einer Sicherheitsbühne (c).

bringen einer Sicherheitsbühne bei unzuverlässigem Gebirge mehr zu empfehlen.

Bergfeste und Sicherheitsbühne können entweder die Schachtscheibe völlig verschließen (Abb. 250 a), oder sie können Öffnungen für die Fahrung und den Durchgang der Förderkübel freilassen (Abb. 250 b u. c). Im ersteren Falle muß in einiger Entfernung vom Hauptschachte ein Hilfschacht abgeteuf und von hier aus der Hauptschacht unterfahren werden (Abb. 250 a), was in Anlage und Betrieb umständlicher ist.

281. Abteufen im schwimmenden Gebirge. Grundgedanke. Bei dem Abteufen im schwimmenden Gebirge muß der Ausbau der eigentlichen Abteufarbeit vorausseilen. 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.

282. Das gewöhnliche Anstecken ist in Abb. 251 dargestellt. Die Getriebepfähle d der letzten, völlig niedergetriebenen Pfahlreihe werden durch das Pfändholz e abgefangen. Dieses wird durch Keile f angetrieben, so daß zwischen Holz e und Geviert b ein für das Anstecken der neuen Pfähle

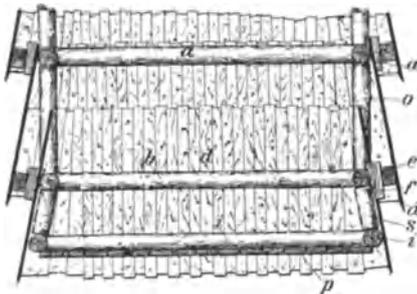


Abb. 251. Gewöhnliches Anstecken.

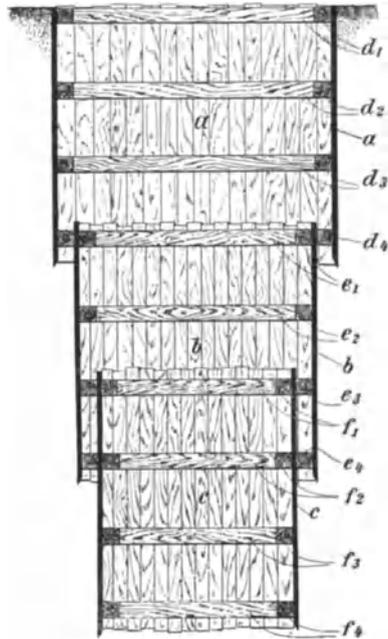


Abb. 252. Senkrechtes Anstecken.

genügend breiter Schlitz entsteht. Sobald diese auf die halbe Länge eingetrieben sind, wird ein Hilfs- oder verlorenes Geviert i eingebaut, das die freien Enden der Pfähle zu stützen und diese zu führen bestimmt ist. Nuncmehr 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 Bohlen- oder Klotzbelag 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). Abb. 252 zeigt die Ausführung.

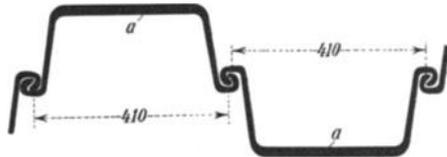


Abb. 253. Spundwand der A.-G. Hoesch-Köln Neuessen.

283. **Eiserne Spundwände.** In ähnlicher Weise werden auch eiserne Spundwände abgetrieben. Abb. 253 zeigt die Spundbohlen der A.-G. Hoesch-Köln Neuessen, bei denen die Seiten wie Nut und Feder ineinander greifen und beim Eintreiben einander führen. Die Bohlen werden durch eine Dampf-ramme eingetrieben. Bei der Arbeit muß ebenso wie bei der hölzernen Spundwand für eine gute, genau senkrechte Führung Sorge getragen werden. Teufen von 8—10 m lassen sich mit ziemlich sicherer Aussicht auf Erfolg abspenden. Darüber hinaus wird das Verfahren unsicher.

II. Das Senkschachtverfahren.

284. **Allgemeines.** Im Gegensatz zu der mit eisernen Pfählen oder Profilen arbeitenden Abtreibearbeit 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

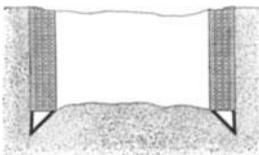


Abb. 254. Günstige Stellung des Schneidesehnes zur Schachtsohle.

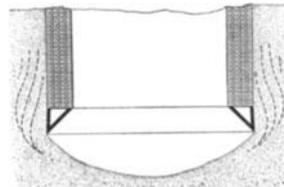


Abb. 255. Unterhöhung des Schneidesehnes.

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 Schneidesehne, weil er das Gebirge durchschneiden muß.

Während des Senkens wird die Sohle des Schachtes etwa entsprechend dem Vorrücken des Senkkörpers entweder durch „Arbeit auf der Sohle“

oder durch „Arbeit im toten Wasser“ (s. Ziff. 286) vertieft. In jedem Falle soll möglichst der Schneidschuh nach Abb. 254 der Schachtsohle gegenüber voraus sein, damit nicht die Schachtstöße nach Abb. 255 unterhöhlt werden und nachstürzen.

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 Abb. 256 sind ein Mauersenkchacht m und drei eiserne Senkzylinder t_1 , t_2 , t_3 dargestellt.

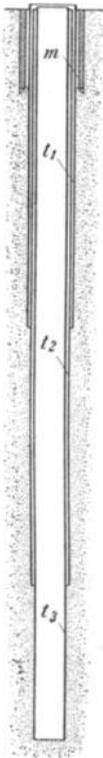


Abb. 256.
Ineinanderschachte-
lung von 4 Senk-
körpern.

Wegen der mit der größeren Tiefe wachsenden Schwierigkeiten wird das Verfahren jetzt meistens nur noch bis zu Teufen von etwa 30 m angewendet. Man sucht mit einem Senkkörper auszukommen.

285. Die Senkkörper bestehen aus Mauerung, eisenbe-
wehrtem Beton oder einer Gußringwand.

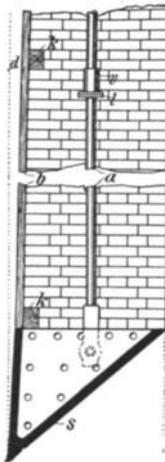


Abb. 257. Eiserner Schneidschuh
mit Ankerstange für Mauersenk-
chächte.

Die Mauersenkchächte werden auf einem das Ein-
schneiden erleichternden, zumeist
gußeisernen Schneidschuh (Abb.
257) errichtet. Solche Schneid-
schuhe sind aus 6—14 hohlen
Segmenten s , die Verstärkungs-
rippen besitzen, zusamen-
geschraubt. Nach dem Zusammen-
bau werden sie mit Zement oder
Mauerwerk ausgefüllt. Den Außen-
durchmesser des gußeisernen
Senkschachtes läßt man meist
nach unten hin etwas zuneh-
men, so daß also die äußerste
Schneide etwas nach außen
vorspringt und das Nachsinken
des Senkschachtes erleichtert wird.

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 (Abb. 257), der Verschraubung v und den waagerechten Verbindungslaschen l besteht. Die Ankerstangen a sind mit ihrem unteren Ende an den Rippen des Schneidschuhes 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 Ummantelung der Mauer mit 20—30 mm starken Holzbrettern oder an Stelle des Holzbelages auch ein schnellbindender, geglätteter 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 Mauersenkshächten ähnlich.

Bei den nur wenig noch benutzten, gußeisernen Senkkörpern besteht der Schneidschuh (Abb. 258) aus mehreren miteinander zu verschraubenden Segmenten, deren Zahl je nach dem Durchmesser des Schachtes 8—14 beträgt. Die auf ihn aufgebaute Wandung wird aus deutschen Gußringen (s. o.) zusammengesetzt, deren Wandstärke man nicht unter 40 mm zu wählen pflegt.

286. Die Abteufarbeit. Der Aufbau des Senkkörpers erfolgt meist auf der Sohle eines hierfür hergestellten Vorschachtes. Das eigentliche Abteufen geschieht durch „Arbeit auf der Sohle“ unter Wältigung der zusetzenden Wasser, solange die zu durchteufenden, losen Gebirgschichten nahe unter Tage liegen, die Hebung der Wasserzuflüsse keine Schwierigkeiten macht und das Gebirge nicht zu Durchbrüchen neigt. Die „Arbeit im toten Wasser“ dagegen hat den Vorzug, daß keine Wasserhaltung gebraucht wird und daß wegen des Gegendruckes der im Schachte befindlichen Wassersäule Gebirgsdurchbrüche und Gebirgsbewegungen um den Schacht weniger zu befürchten stehen und die Belegschaft nicht gefährdet wird. Für die Hereingewinnung und Förderung des Gebirges im letzteren Falle bedient man sich meist eines Greifbaggers (Abb. 259 u. 260). 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.

287. Mittel zur Beförderung des Niedersinkens der Senkkörper. Wird der Reibungswiderstand gegenüber dem Eigengewichte des Schachtes zu stark, so beschwert man den Schacht entweder unmittelbar durch Gewichte



Abb. 258.
Schneidschuh
für gußeiserne
Senkschächte.

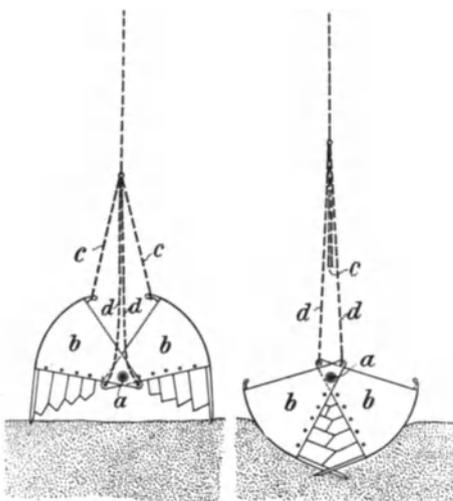


Abb. 259.

Abb. 260.

Greifbagger in geöffnetem und geschlossenem Zustande.

oder wendet, falls dies möglich ist, Pressen (Schraubenwinden oder hydraulische Pressen) an. Auch dadurch sucht man einen hängengebliebenen Senkschacht zum Niedergehen zu bringen, daß man die entgegenstehenden Hindernisse unterhalb des Schneidshuhes beseitigt. Hierfür bedient man sich eines Tauchers, oder man lockert das Gebirge durch einen Wasserstrahl auf, der durch einen Schlauch oder durch eine in den Senkkörper eingebaute Rohrleitung der Schneide zugeführt wird.

288. Anschluß an das Gebirge. Es ist erwünscht, daß der Senkkörper zur besseren Zurückhaltung des schwimmenden Gebirges und zum sicheren

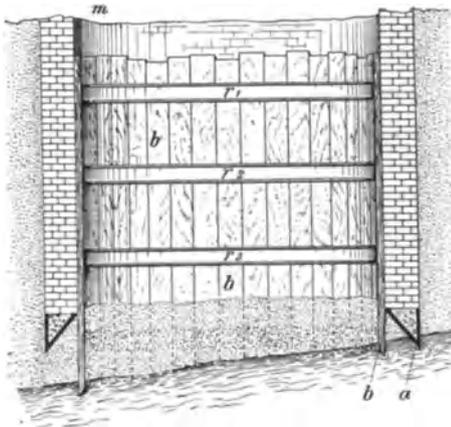


Abb. 261. Senkrechtes Anstecken bei einem Senkschachte.

Abschluß der Wasser noch ein Stück in die wasserundurchlässigen Schichten eindringt. Dies ist namentlich dann möglich, wenn das feste Gebirge annähernd sählig liegt und im oberen Teile verwittert und aufgeweicht ist. Wenn dagegen die Oberfläche des wasserundurchlässigen Gebirges geneigt liegt, so kann es rätlich sein, durch ein senkrechtes Anstecken von Pfählen nach Abb. 261 den vorläufigen Anschluß an das feste Gebirge herzustellen. Nach dem Weiterabteufen wird dann der Schacht durch eine innen hochgeführte Futtermauer gesichert.

289. Die Leistungen und Kosten schwanken bei dem Senkschachtverfahren in sehr weiten Grenzen. Bei Mauersenkenschächten, die nur 10—20 m tief werden sollen und in dieser Teufe das feste Gebirge erreichen, können monatliche Abteufleistungen von 10—15 m erzielt werden. Bei tieferen Schächten sinkt die Leistung beträchtlich. Für die genannten geringen Teufen können die Kosten mit 2000—4000 \mathcal{M} je Meter veranschlagt werden. Für größere Teufen steigen die Kosten stark, und die Erfolgsaussichten sinken.

III. Das Abteufen unter Anwendung von Preßluft.

290. Allgemeines. Beschreibung. Kosten. Durch künstliche Erhöhung des Luftdruckes im Innern des Schachtes und insbesondere im eigentlichen Arbeitsraume unmittelbar über der Sohle kann man das Wasser in das Gebirge zurückpressen. Zu dem Zwecke muß der ganze Schacht oder der untere Teil nach oben hin luftdicht abgedeckt und mit Ein- und Ausschleusungseinrichtungen für Mannschaft und Fördergut ausgerüstet werden.

Das Verfahren wird meist so ausgeführt, daß die Schachtauskleidung mit Schleuseneinrichtung in die Auskleidung eines Senkschachtes eingebaut wird, so daß sie mit dem Senkkörper niedergeht. Abb. 262 zeigt schematisch eine solche Einrichtung. In dem gemauerten Senkkörper ist etwa 2,2 m über dem Schneidshuh 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 Schleusenkamer 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 Werkstoffschleusen 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 weiterbefördert wird.

Das Verfahren ist bis zu Teufen von 20—30 m anwendbar, seine Kosten sind auf etwa 3000—4000 \mathcal{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. Nachteilig ist aber, daß beim Arbeiten in Überdrücken von mehr als 1 at gesundheitliche Schädigungen für die Belegschaft eintreten können und daß deshalb besondere Vorsichtsmaßnahmen anzuwenden sind.

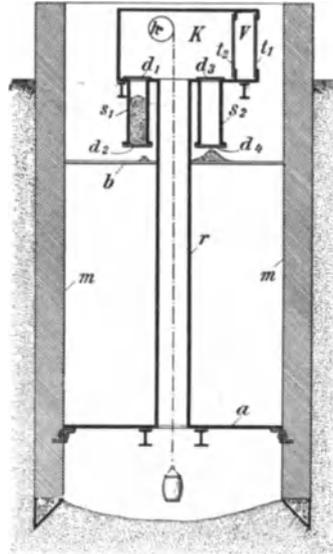


Abb. 262. Senkschacht mit Schleuseneinrichtung für Anwendung von Preßluft.

IV. Das Schachtabbohren bei unverkleideten Stößen.

A. Das Schachtbohrverfahren in festem Gebirge nach Kind-Chaudron.

291. 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, und 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.

292. Die Bohreinrichtung und die Bohrarbeit. Für eine Schachtbohrung nach Kind-Chaudron, deren Anlage Abb. 263 veranschaulicht, ist über Tage erforderlich ein Bohrgerüst, eine Bohrvorrichtung, eine Löffelmaschine und eine Kabelmaschine. Das Bohrgerüst (20—25 m hoch) nimmt das Gestänge, die beiden Bohrer, den Löffel und die Fangvorrichtung in sich auf.

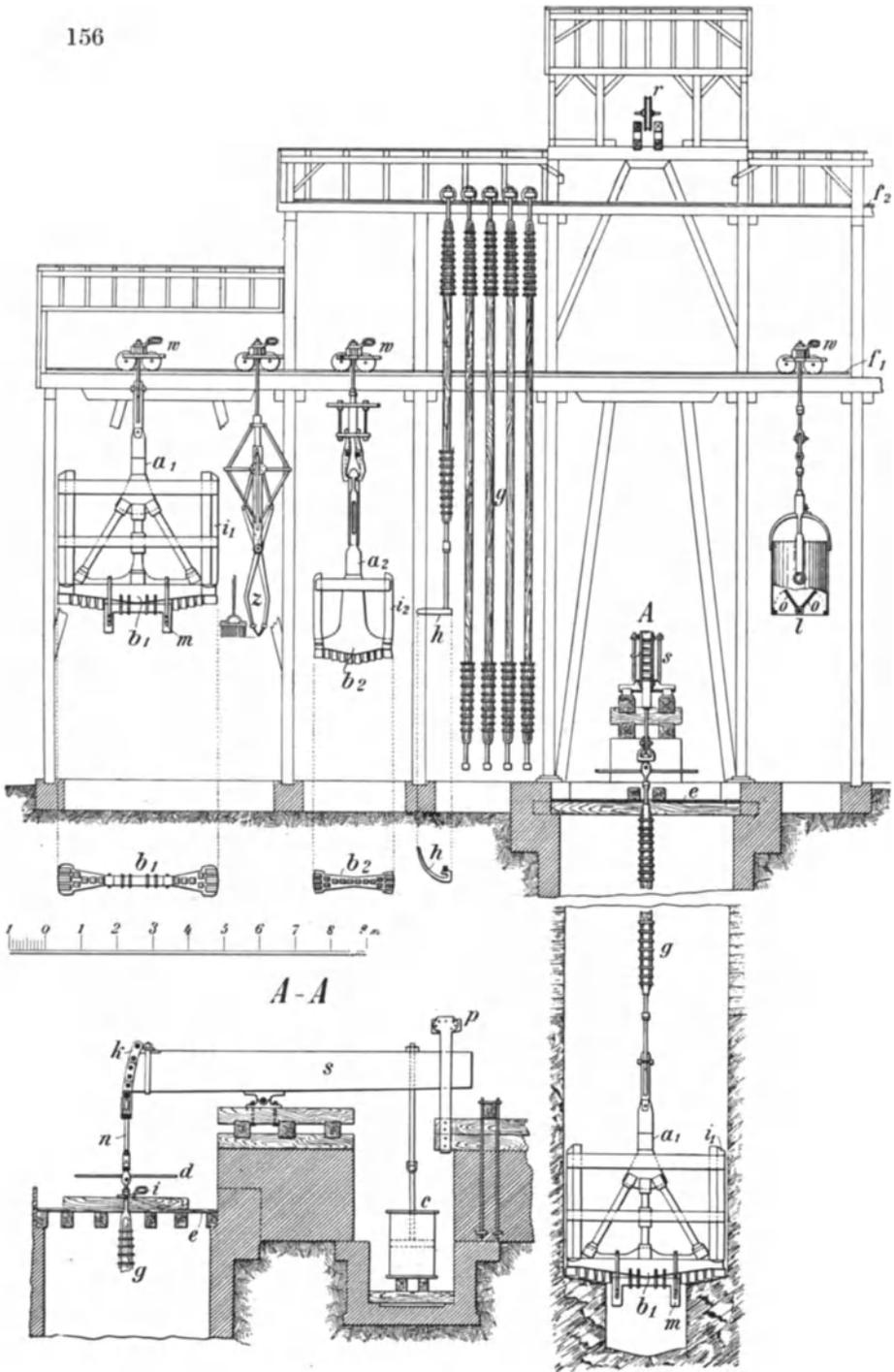


Abb. 263. Bohrgerüst mit den Bohrgeräten für eine Schachtbohrung nach Kind-Chaudron.

Die Bohrvorrichtung (s. Nebenzeichnung links unten) besteht aus Bohrschwengel *s* mit Schlagzylinder *c* und Prellvorrichtung *p*. Am andern Ende des Schwengels hängt an einer Laschenkette *k* das Gestänge *g*, das mittels einer Nachlaßschraube *n* während der Bohrarbeit gesenkt und mittels eines Krükels *d* umgesetzt werden kann. Die Löffelmaschine dient zum Fördern des Bohrschlammes mittels des Löffels *l*, eines großen Ventilbohrers, 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 , 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 Aufholen des Bohrers und des Gestänges mittels des Schlammloffels gefördert.

Als Zwischenstück zwischen Bohrer und Gestänge wird die Kindsche Freifallvorrichtung und die Rutschschere verwendet (s. S. 17). Die Freifallvorrichtung benutzt man mehr für den kleinen und die Rutschschere für den großen Bohrer.

Fangeräte (*h*, *z* in Abb. 263) sind notwendig, da Betriebsstörungen durch Gestänge- und Meißelbrüche oder durch Gegenstände, die auf die Schachtsohle fallen, trotz aller Vorsicht nicht zu vermeiden sind.

293. Die Auskleidung des Schachtes.

Die Wandung besteht aus ganzen Schachtringen von 1,2—1,5 m Höhe mit außen glatter Wand und inneren, waagrecht verlaufenden Flanschen und Verstärkungsrippen. Die Flanschen sind genau abgedreht. Die einzelnen Ringe werden durch Schrauben unter Benutzung von Bleidichtungen miteinander verbunden. Den Fuß der Wandung bildet die Moosbüchse, die in Einrichtung und Wirkung einer Stopfbüchse an Maschinen ähnlich ist. Sie besteht (Abb. 264) aus dem inneren

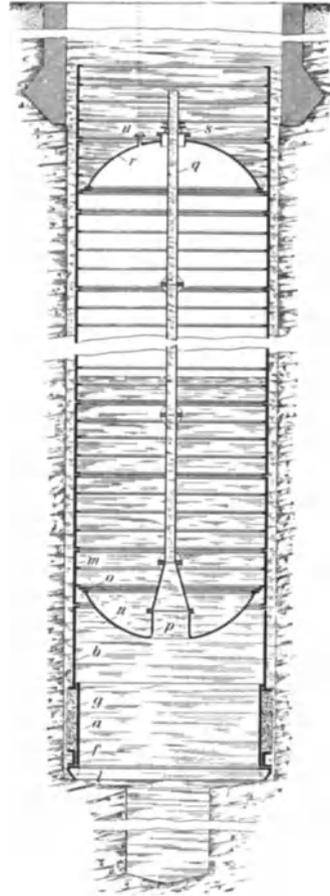


Abb. 264. Tauchwandung mit Moosbüchse.

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 *g* eingebracht, die beim Aufsetzen des Fußringes auf die Schachtsohle durch das Gewicht der Eisenwandung zusammengedrückt und nach außen fest gegen den Gebirgstoß gepreßt wird. Kurz über der Moosbüchse

wird der Gleichgewichtsboden n eingebaut und auf dessen Rohrstützen p das Gleichgewichtsrohr q aufgesetzt. Ersterer macht die Ringsäule zu einem schwimmfähigen Hohlkörper, letzteres gestattet beim Zusammenschieben der Moosbüchse dem unter dem Gleichgewichtsboden befindlichen Wasser das Entweichen nach oben. Das Einlassen der Wandung erfolgt mit Senkstangen und Senkwinden, bis sie im Wasser schwimmt. Alsdann senkt man sie allmählich durch Einlassen von Wasser. Ist der Schacht bereits durch einen früheren Ausbau bis auf eine gewisse Tiefe unterhalb des Wasserspiegels wasserdicht ausgebaut, so kann man den Eisenausbau gemäß Abb. 264 unter Wasser einsenken, indem man ihn oben mit einem später wieder auszubauenden „falschen Deckel“ r abschließt.

Nachdem die Eisenwand sich fest auf die Schachtssole gesetzt hat, wird der zwischen der Wandung und dem Gebirgsstoße verbleibende Ringraum von 20—30 cm Breite ausbetoniert. Man läßt zu diesem Zwecke jetzt meist den Beton durch Rohrstränge in geschlossenem Strome in den Ringraum hinabgleiten. Entsprechend der Anfüllung des Raumes werden die Rohrleitungen allmählich hochgezogen. Für die untersten 10—20 m nimmt man reinen Zement, darüber mischt man 1—2 Teile Sand zu. In salzhaltigem Gebirge benutzt man Magnesiazement.

Nachdem man dem Beton oder Zement etwa 6 Wochen Zeit zum Erhärten gegeben hat, beginnt das Sumpfen des Schachtes. Sobald es möglich ist, werden Gleichgewichtsrohre und Gleichgewichtsboden ausgebaut. Zunächst wird dann der Schacht vorsichtig ohne Schießarbeit ein Stück weiter abgeteuft. Darauf wird möglichst bald ein Keilkranz gelegt und eine Anschluß-Auskleidung hergestellt.

294. Schlußbemerkung. Die Leistungen bei diesem Schachtabteufverfahren sind sehr niedrig, etwa 3—8 m monatlich. Nur in einem Falle ist eine durchschnittliche Monatsleistung von 10 m bekannt geworden. Die Kosten sind hoch und auf etwa 8000—16000 \mathcal{M} je 1 m zu schätzen. Dafür zeichnet sich aber das Verfahren durch große Erfolgsicherheit aus.

B. Das Schachtabbohren im lockeren Gebirge.

295. Allgemeine Beschreibung. Das von dem Bergwerksbesitzer Honigmann zu Aachen zuerst angegebene, später von der Gewerkschaft Deutscher Kaiser und der Westrheinischen Tiefbohr- und Schachtbau-G. m. b. H. verbesserte Verfahren beruht auf dem Gedanken, daß es auch im lockeren Gebirge möglich ist, einen Bohrschacht ohne sofort folgende Verrohrung oder Auskleidung niederzubringen, wenn durch eine genügend hohe oder schwere Wassersäule im Schachte ein Überdruck gegenüber dem im Gebirge stehenden Wasser erzeugt wird. Zur Erzielung dieser Wirkung muß man den Wasserspiegel im Schachte möglichst weit über den natürlichen Grundwasserspiegel erhöhen und außerdem den Druck dadurch verstärken, daß man das Wasser im Schachte durch Beimengung von Ton zu einer spezifisch schweren Flüssigkeit (sp. Gew. 1,3—1,4) macht. In der Regel wird der Schacht nicht von vornherein mit dem vollen Enddurchmesser abgebohrt, sondern man wendet stufenweise (etwa um je 1500 mm) zunehmende Schneidenbreiten des Bohrers an. Das losgelöste Ge-

birge der zweiten Stufe und der folgenden sinkt teilweise zunächst in das Schachttiefste nieder und wird später von der in den Bohrer eingebauten Mammutpumpe (s. S. 224) gehoben. In hartem Gebirge arbeitet man mit Rollenbohrern. Die Verkleidung der Stöße erfolgt erst, wenn der Schacht wassertragende Schichten erreicht hat, und geschieht durch Einlassen einer schmiede- oder gußeisernen Schachtwand etwa ebenso, wie dies für das Kind-Chaudronsche Verfahren beschrieben ist.

Bei den letzten Ausführungen hat man den Schacht mit Erfolg so abgedichtet, daß man die unten durch einen Betonpfropfen geschlossene Schachtauskleidung in einen unmittelbar vorher in das Schachttiefste eingebrachten Zementbrei absinken ließ und darauf den Ringraum bis oben hin ebenfalls mit Zement verfüllte.

Nach dem Verfahren sind bereits etwa 20 Schächte mit Durchmessern bis zu 5,2 m und Teufen bis zu 215 m hergestellt worden. Man kann die monatlichen Leistungen bei diesen Teufen auf 10—20 m und die Kosten je 1 m auf 2000—5000 *M* schätzen.

V. Das Gefrierverfahren.

296. Wesen des Verfahrens. Nach dem von Poetsch in Aschersleben im Jahre 1883 erfundenen Verfahren werden gemäß Abb. 265 in einem ge-

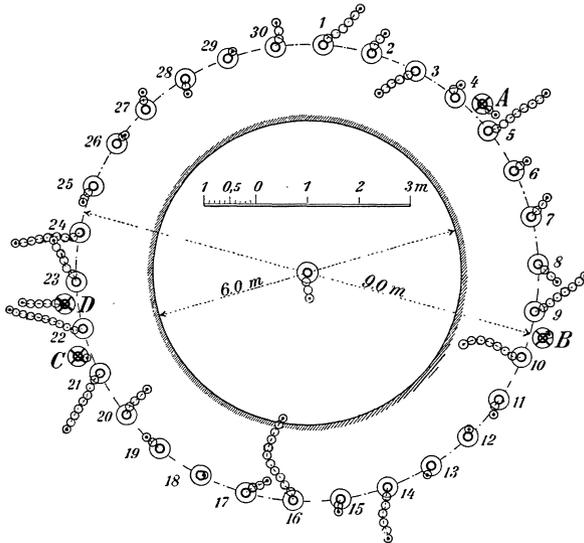


Abb. 265. Gefrierrohrkreis mit Darstellung der Bohrlochabweichungen bei einem 130 m tiefen Schachte.

wissen 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 mit Gefrier- und Fallrohren besetzt. Eine tief herabgekühlte Flüssigkeit (der Kälteträger) wird durch die Fallrohre heruntergeführt

und steigt in den ringförmigen Räumen zwischen Fall- und Gefrierrohren wieder in die Höhe, indem sie hierbei ihre Kälte an das umgebende Gebirge abgibt, also diesem Wärme entzieht. Über Tage wird der Kälte Träger durch eine Kältemaschine von neuem abgekühlt, um im Kreislaufe wieder nach den Einfallrohren geführt zu werden. Es bildet sich, wie in Ziff. 299 näher ausgeführt ist, allmählich ein zylindrischer Frostkörper. 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 kann in gleicher Weise sowohl für lockeres als auch für festes, wasserführendes Gebirge angewandt werden. Der Erfolg wird gefährdet, wenn die unterirdischen Wasser warm oder salzig sind oder wenn sie sich in Bewegung befinden.

297. 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 3—7 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. 30) niedergebracht.

Nach Erreichen der erforderlichen Tiefe werden die unten geschlossenen Gefrierrohre mit etwa 100 mm l. W. eingelassen. Werden mit Hilfe eines Neigungsmessers erhebliche Bohrlochabweichungen aus der Senkrechten festgestellt, so werden Ersatzlöcher gestoßen. Abb. 265 zeigt einen Gefrierrohrkreis mit 30 Bohrlöchern (1—30) und 4 Ersatzlöchern (*A—D*) und läßt auch die Abweichungen der einzelnen Bohrlöcher von der Lotlinie erkennen, wie sie durch das auf S. 26 beschriebene Verfahren festgestellt werden.

In die Gefrierrohre *G* (s. Abb. 266) werden die unten offenen Fallrohre *E* (äußerer Durchmesser etwa 36 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*₁, der an eine von der Kühlanlage kommende Hauptleitung angeschlossen ist und von dem die Verbindungsrohre *B*₁ nach den sämtlichen Gefrierlöchern hin abzweigen. Durch das Ventil *b* kann der Zufluß geregelt werden. Die Abflußleitungen *B*₂ sind ebenfalls mit einem Abschlußventil *a* besetzt und vereinigen sich in ähnlicher Weise zu einem Sammelring *R*₂, aus dem die Kältelauge durch eine gemeinsame Rückleitung wieder zur Kühlanlage geführt wird.

298. Die Kälteerzeugung. Die Kälte wird in den Kälte-Erzeugungsanlagen der Gefrierschächte stets durch Verdunstung oder Verdampfung von Flüssigkeiten mit niedrigem Siedepunkte (Ammoniak, Kohlensäure) erzeugt, wobei die Verdampfungswärme der Umgebung der verdampfenden Flüssigkeit ent-

zogen wird. Die entstandenen kalten Dämpfe werden wieder verdichtet. Der Kälte­träger ist eine schwer gefrierbare Flüssigkeit, die im „Refrigerator“ die aus dem Gebirge entnommene Wärme an den verdampfenden Kälte­zeuger abgibt. Kälte­zeuger 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 werden durch Kühlwasser nach außen abgeführt.

Hiernach setzt sich die Kälte­Erzeugungs­anlage hauptsächlich zusammen aus Kompressor, Kondensator, Expansionsventil und Verdampfer oder Refrigerator (Abb. 267). Vom Kompressor *C* wird die verdampfte Flüssigkeit (hier Ammoniak) angesaugt und unter starker Erwärmung auf etwa 9 at verdichtet. Das dadurch beispielsweise auf 75° 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 Verdampfer *V*. Der Überdruck des Ammoniaks geht hier auf 0,2—0,5 at zurück, wobei eine lebhaftere Verdampfung unter starker Abkühlung vor sich geht. Die entstehende Kälte wird an den außen die Schlangenrohre umfließenden Kälte­träger abgegeben, worauf das noch immer kalte Gas wieder dem Kompressor zufließt.

Wählt man statt des Ammoniaks als Kälte­zeuger Kohlensäure, so lassen sich tiefere Kältegrade (bis —45° erzielen); man muß aber erheblich höhere Kompressionsdrücke (bis 75 at) anwenden. Meist zieht man, wenn es nicht wie bei dem sog. Tiefkälteverfahren auf besonders tiefe Kältegrade ankommt, Ammoniak vor.

Als Kälte­träger benutzt man gewöhnlich Chlormagnesiumlauge, die billig ist und erst bei —33° gefriert. Sehr tiefe Kältegrade lassen sich mit dem erheblich teureren Alkohol erreichen, da dieser erst bei —112° gefriert.

299. Der Frostkörper. Sobald die Kälte­zeugung 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 schneller als nach dem Umfange hin fort. Im senkrechten Schnitt betrachtet, nimmt der Frostkörper bei wenig tiefen Schächten nach unten

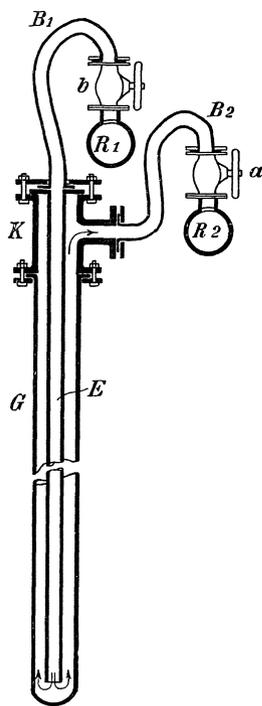


Abb. 266. Gefrier- und Fallrohr nebst Kopfstück, Sammel- und Verteilungsring.

allmählich an Stärke zu, nur im Tiefsten verschwächt er sich etwas (Abb. 268). Im Innern des Frostkörpers bildet sich schließlich oben und unten die Gestalt

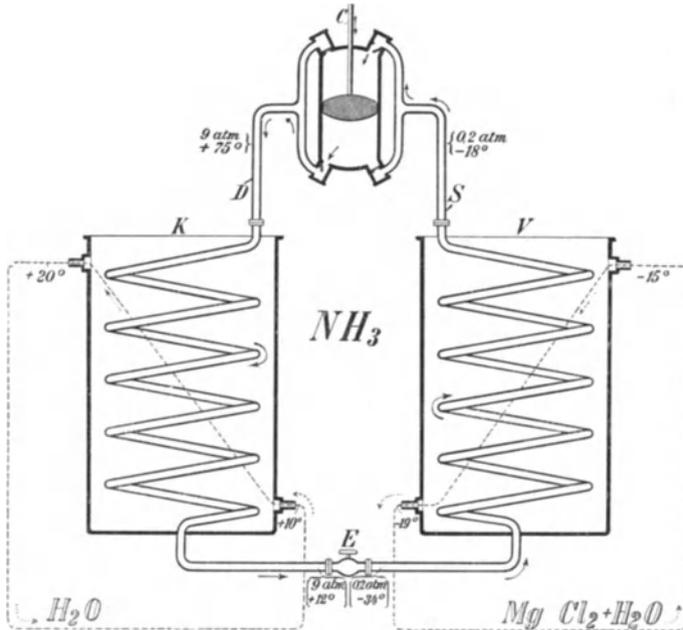


Abb. 267. Schematische Darstellung des Kreislaufs des Ammoniaks, des Kühlwassers und der Chlormagnesiumlauge unter Angabe der Temperatur- und Druckverhältnisse.

eines Flaschenbodens heraus, wobei der ungefrorene Teil sich oben tiefer einsenkt, als er unten emporsteigt. In tiefen Schächten ist die Frostwirkung oben stärker als unten.

300. Das Abteufen selbst. Nach Schließen der Frostmauer pflegt man mit dem Abteufen zu beginnen, um mit dem Schachte so tief wie möglich zu kommen, solange das Gebirge in der Schachtmitte noch ungefroren und weich ist. Das Abteufen selbst verläuft sodann nach Art des gewöhnlichen Abteufens mit Hand. Solange der Schachtkern noch weich ist, wird das Gebirge mit der Schaufel oder der Keilhau hereingewonnen. Ist der Kern gefroren, so benutzt man zur Hereingewinnung Abbauhämmer mit spatenförmigen Werkzeugen oder wendet in vorsichtiger Weise Schießarbeit an. Als Sprengstoffe eignen sich besonders die nicht gefrierenden Ammonsalpetersprengstoffe.

301. Der endgültige Ausbau in Gefrierschächten wird in der Regel der Ausbau mit deutschen Gußringen sein, da diese die sicherste Gewähr für die Wasserdichtigkeit der Auskleidung nach Auftauen des Gebirges bieten. Wenn man die Gußringwand von unten nach oben aufbauen will, so erhält der Schacht während des Abteufens entweder einen vorläufigen Ausbau zur Sicherung der Leute gegen lose Schalen, oder er bleibt bis zur endgültigen Sicherung der Stöße durch Gußringe ohne jede Verkleidung; in der Regel

kann dies auf Höhen von 30—50 m ohne Gefahr geschehen. Mehrfach hat man die Gußringe durch Unterhängen eingebaut. Hierdurch schützt man die Belegschaft nicht allein vor dem etwaigen Fall von Frostschalen, sondern auch gegen plötzliche Wasserdurchbrüche aus den Stößen. Das Unterhängen der Gußringe hat ferner den Vorteil, daß bei Wasserdurchbrüchen aus der Sohle der Schacht bis zum jeweiligen Tiefsten gesichert bleibt. Zuverlässiger und sicherer geschieht aber der Einbau der Gußringe von unten nach oben.

Für die Betonierung des Zwischenraumes zwischen der Gußringwand und den Gebirgstößen pflegt man Betonmischungen von 1 Teil Zement und 2—3 Teilen Sand anzuwenden. Beim Aufbau der Gußringe von unten nach oben stampft man den Beton ein, beim Unterhängen wird er eingespült (s. S. 145).

Nach Fertigstellung des endgültigen Ausbaues läßt man den Frostkörper auftauen, wobei bisweilen künstliche Nachhilfe angewandt wird. Die Gefrierrohre können sodann durch Ziehen (zweckmäßig unter Verfüllung der Löcher) wiedergewonnen werden.

302. Leistungen. Kosten. Die Leistungen bei dem Gefrierverfahren sind auf etwa 10—20 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 5000—7500 *ℳ* je 1 m, bei 200 m Teufe 6000—9000 *ℳ*, bei 300 m 8000—11500 *ℳ* und bei 400 m Teufe 10000—14000 *ℳ*. Die tiefsten nach dem Gefrierverfahren bisher niedergebrachten Schächte sind der Schacht Helchteren-Zolder (in Belgien) mit 620 m, die Zwartberg-schächte (ebenfalls in Belgien) mit 560 m und die Wallachschächte der Deutschen Solvaywerke in Borth mit 547 m Gefrierteufe.

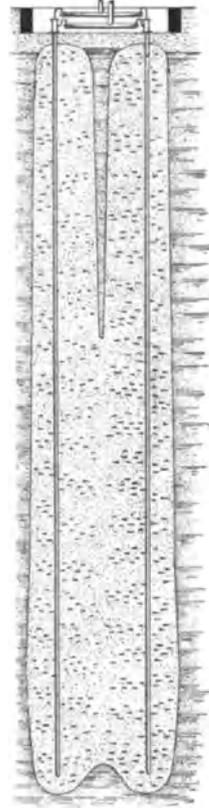


Abb. 268. Frostkörper im senkrechten Schnitt.

VI. Die Versteinung des Gebirges.

303. Überblick. Wasserdurchlässiges Gebirge kann einerseits durch Einpressen von Zement — also durch Zementieren — und andererseits durch chemische Verfestigungsverfahren — d. h. durch chemische Niederschläge aus Lösungen — wasserundurchlässig gemacht werden. Die Anwendungsmöglichkeit für beide Verfahren ist zweifach. In dem einen Falle handelt es sich um die Sicherung bereits abgeteufter Schächte, die unter Wasserschwierigkeiten leiden, in dem anderen um das Schachtabteufen selbst.

304. Vorbemerkungen über das Zementieren. 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 Strömungs-

geschwindigkeit 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. 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 eingerührt, wobei man als Grenzen etwa 5—40% Zementbeimischung zum Wasser ansehen kann.

305. Die Zementdichtung von undichten Schachtwandungen erfolgt dadurch, daß die durchlässige Schachtauskleidung angebohrt wird, wobei man

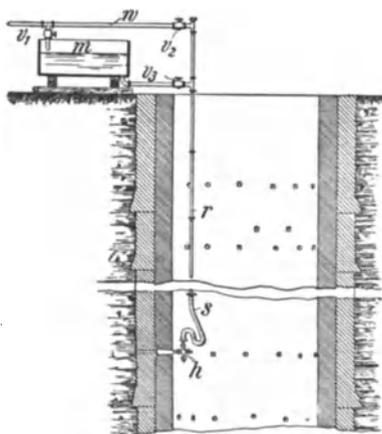


Abb. 269. Zementieren eines Mauerschachtes.

das Bohrloch zweckmäßig bis in das Gebirge selbst vertieft, um die wasserführenden Klüfte unmittelbar aufzuschließen und etwaigen Schlamm durch Ausströmenlassen des Wassers abzapfen. Die Bohrung muß sodann durch ein mit einem Hahn versehenes Anschlußrohr wieder verschlossen werden. Abb. 269 veranschaulicht die Anwendung des Verfahrens. Dem Anschlußrohr wird ein Endstück h aufgesetzt, dessen vier mit Hähnen versehene Abzweigungen ein Durchstoßen in waagerechter und in senkrechter Richtung gestatten. Für die Zementierung wird an die nach oben gerichtete Abzweigung ein biegsamer Schlauch s angeschraubt, dessen anderes Ende an ein im

Schachte niedergeführtes 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 entweder das Mischgefäß speist oder mit dem Spülrohr in Verbindung steht. Man kann auch das Mischgefäß im Schachte selbst aufstellen und die hier bereitete Trübe durch eine Pumpe hinter die Schachtwandung drücken. Besser ist aber wegen der Gefahr von Rückströmungen die Ausnutzung des natürlichen Gefalles.

306. Die Abdichtung von Schachtwandungen durch chemische Niederschläge besteht darin, daß durch das aufeinander folgende Einpressen von zwei geeigneten chemischen Lösungen in dem zu verfestigenden Gebirge oder Mauerwerk ein Niederschlag erzeugt wird, der schnell erhärtet und dadurch eine Verfestigung der durchlässigen Schichten herbeiführt.

307. Zementtränkung von der Tagesoberfläche her beim Schachtabteufen. 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 Zementflüssigkeit nicht nach oben hin durchbricht, fest verrohrt und durch Stampfbeton gesichert (Abb. 270). Im übrigen bleiben die Bohrlöcher am besten unverkleidet oder werden, wenn Nachfall zu befürchten ist, mit gelochten Rohren besetzt. Das Futterrohr kann unmittelbar als Zu-

leitung für die Zementtrübe in das Bohrloch benutzt werden, indem man so lange Flüssigkeit in das Gebirge pumpt, wie dieses sie aufnimmt. Man kann aber auch, wie in Abb. 270 dargestellt, die Möglichkeit eines Rückflusses der überschüssigen 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.

308. 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 vereinzelt 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, bedient man sich für die Herstellung der Zementierlöcher der sog. „Standrohre“, die den schon in Abb. 270 dargestellten Bohrlochverschlüssen ähnlich sind. Die 70—80 mm weiten und 2—3 m tiefen Standrohrlöcher werden mit Bohrhämmern abgebohrt und mit flüssigem Zement gefüllt, worauf das unten mit einem Zementpfropfen verschlossene Standrohr eingeschoben wird. Die Rohre R (Abb. 271) 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

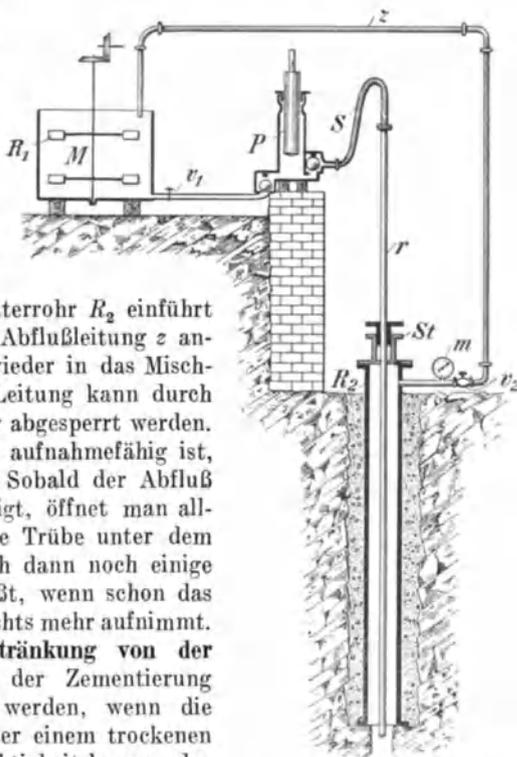


Abb. 270. Einrichtungen für das Zementierverfahren von Tage aus.

Verfestigung der Standrohrreinbettung geht man an die Fertigstellung der Zementierlöcher. Ihr Durchmesser wird auf 28—45 mm, ihre Tiefe auf 12—20 m bemessen. Das Abbohren erfolgt mit Bohrhämmern (Abb. 271). Die Löcher werden etwas schräg, und gleichzeitig auswärts gerichtet, abgebohrt. Das Zementieren kann von Tage aus erfolgen, wie dies auf der linken Hälfte der Abb. 272 dargestellt ist. Die Zementtrübe wird hier durch einfaches Umrühren in dem Behälter *b* bereit 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 Abb. 272). Die Zementtrübe wird dann 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

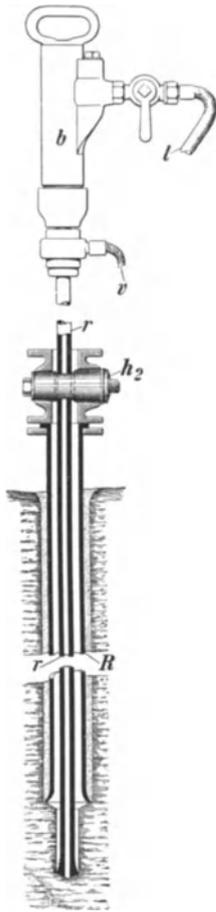


Abb. 271. Standrohr mit Bohrhämmer.

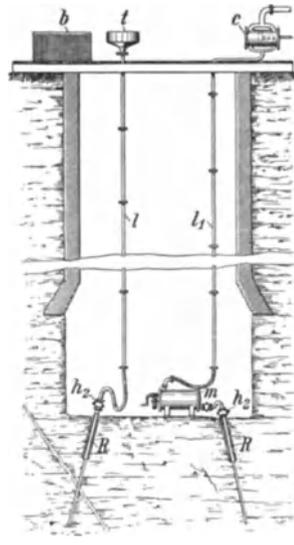


Abb. 272. Tränkung der Zementierlöcher von Tage und von der Schachtsohle aus.

4—5 Tage Zeit zum Abbinden. Sodann wird der Absatz in gewöhnlicher Weise abgeteuft und, wenn möglich, gleich ausgebaut. Etwa 4 m oberhalb der Teufe, die die Zementierlöcher erreicht haben, unterbricht man das Abteufen, um von neuem die Standrohrlöcher in dem noch fest zementierten Gebirge des ersten Absatzes anzusetzen.

309. Das Zementierverfahren von François wird in sonst schlecht zementierfähigen, lockeren Sandsteinen angewandt und besteht darin, daß man vor Einpressen der Zementmilch geeignete Lösungen in das Gebirge ein-

führt, deren kolloidaler Niederschlag gleichsam als Schmiermittel wirken, der später eingepreßten Zementmilch den Weg bereiten und das Haften des Zements begünstigen soll. Auch dieses Verfahren wird absatzweise durchgeführt.

310. Schlußbemerkung. Das Versteinungsverfahren ist sehr vielseitig und läßt die verschiedensten Anwendungsmöglichkeiten zu. Die erforderlichen Einrichtungen sind einfach, billig und leicht zu beschaffen. Im Deckgebirge des Ruhrbezirks verteuert seine Anwendung das gewöhnliche Schacht-abteufverfahren nur um etwa 600—1000 *M* je Meter.

Achter Abschnitt.

Förderung.

Das Fördergut wird durch die Abbauförderung der Streckenförderung und durch diese der Schachtförderung zugeführt. Die Streckenförderung zerlegt sich in den meisten Fällen noch in zwei Abschnitte, die durch die aufwärts und abwärts gehende Zwischenförderung verbunden werden.

I. Die Abbauförderung.

A. Einfache Förderverfahren.

311. Ältere Verfahren. Die Abbauförderung 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.

In früheren Zeiten wurden die hereingewonnenen Massen in Körben, Mulden oder dergleichen getragen oder auf Schlitten geschleift („geschleppt“). Später bürgerte sich die Karrenförderung ein, die aber bei uns jetzt nur noch untergeordnet verwandt wird. Heute dienen Wagen und Rutschen als Abbaufördermittel.

312. Wagenförderung. Bei genügend flachem Einfallen kann in mächtigen Lagerstätten einfache Schlepperförderung bis an den Abbaustoß stattfinden. Größere Neigungen machen den Einbau fliegender Bremsen erforderlich (Abb. 273).

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.

313. Die Rutschenförderung durch Blechrutschen von halbkreis- oder trapezförmigem Querschnitt auf dem Liegenden ermöglicht ein Rutschen des Fördergutes noch bei Neigungswinkeln von 15—20°, kann aber auch bei Fallwinkeln von

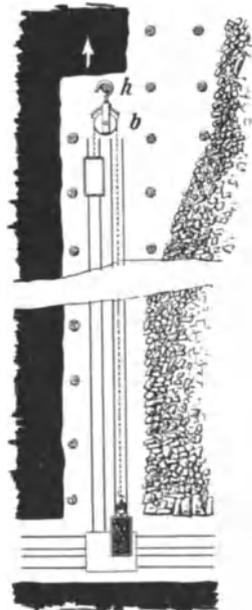


Abb. 273.
Fliegende Bremse im Abbau.

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.

Für stärkeres Einfallen finden neuerdings auch geschlossene Rutschen Verwendung, die einen Rohrstrang bilden.

B. Maschinenmäßige Abbauförderung.

314. Überblick. Man unterscheidet Förderungen mit:

1. Schüttelrutschen,
2. Förderbändern,
3. Kratzbändern,
4. Schrappern.

Am verbreitetsten sind im Steinkohlenbergbau die Förderungen mit Schüttelrutschen.

Die Verwendung solcher Fördereinrichtungen macht in dünnen Flözen die Kohlenförderung mit der Schaufel entbehrlich und erspart in mächtigeren

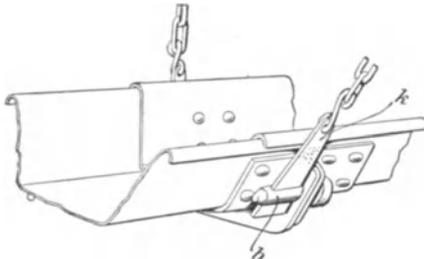


Abb. 274. Pendelrutsche mit Keilverbindung nach Flottmann.

Flözen die Verwendung von Schleppern oder fliegenden Bremsen. Außerdem ermöglicht die maschinenmäßige Abbauförderung den Abbau mit geschlossenem Versatz und hohen Stößen mit seinen in Ziff. 138 genannten Vorzügen.

315. Förderung mit Schüttelrutschen. Erläuterung. Bei dieser Förderung werden Blechrutschen verwendet, die zu einem mehr

oder weniger langen Stränge 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

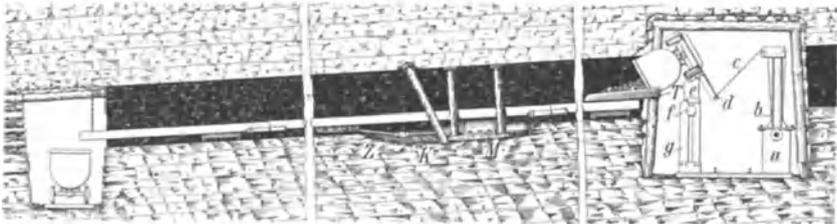


Abb. 275. Rutschenstrang mit unterhalb liegendem Antrieb, für Bergförderung.

sodann mit einem Ruck zurückgezogen. Bei jedem Ruck rutscht das Fördergut in der Rutsche um ein entsprechendes Stück weiter.

316. Bewegungsvorgänge. Man unterscheidet Pendel- oder Hängerrutschen, die an Ketten oder Seilen aufgehängt werden, Rollenrutschen,

die auf Rollen laufen, und Kuglrutschen, die von Kugeln getragen werden.

Die Pendelrutschen (Abb. 274) werden an der Zimmerung aufgehängt.

Bei den Rollenrutschen (Abb. 275) ruht der Rutschenstrang durch Vermittelung von angenieteten Tragblechen auf Rollen (Abb. 276), die sich auf besonderen Laufbahnen abwälzen, so daß nur wälzende Reibung zu überwinden ist. Bei geringem Fallwinkel unterstützt man die Wirkung des Motors durch Schrägstellen der Laufbleche und entsprechend raschere Abwärtsbewegung der Rutsche. Die Bogenführung nach Eickhoff, Flottmann u. a. (Abb.

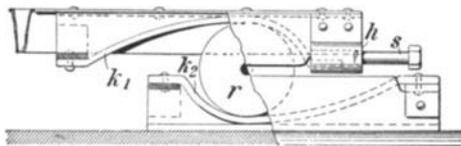


Abb. 276. Bewegungsvorgang bei der Eickhoff'schen Rollenrutsche.

276) arbeitet mit gekrümmten Lauf- und Tragflächen k_1 k_2 und verstärkt dadurch sowohl die Höhe des Anhubes wie auch den Rückstoß am Hubende.

317. Ausführung der Rutschen. Die Rutschen erhalten einen flachtrapezförmigen Querschnitt, dessen Abmessungen jetzt genormt sind (Abb. 277).

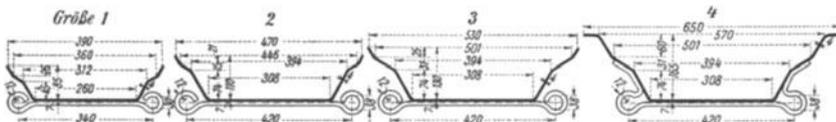


Abb. 277. Genormte Rutschenquerschnitte.

Die Verbindungen der einzelnen Rutschen müssen kräftig, aber leicht lösbar sein. Zwei Beispiele liefern die Abbildungen 274 und 278, 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 Abb. 278 die Schraubenbolzen, die durch die Augen an der einen Rutsche hindurchgehen und sich in die unten offenen Lager an der andern Rutsche einlegen, mit Haken hinter die Ränder dieser Lager fassen; das Verlorengehen der Muttern wird durch Splinte verhütet.

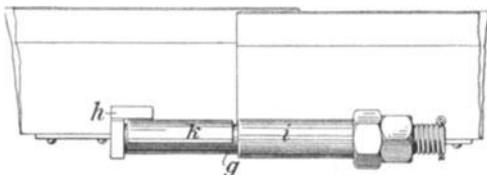


Abb. 278. Rutschenverbindung mit Schraubenbolzen nach Hinselmann.

318. Antrieb. Bei größeren Fallwinkeln genügt das Anheben des Rutschenstranges durch einen nur einseitig wirkenden Motor, worauf ein einfaches Fallenlassen folgen kann. Bei söhlicher oder nahezu söhlicher Lagerung dagegen muß der Motor kräftiger ausgeführt und für zweiseitige Wirkung gebaut werden, da er der Rutsche einen starken Stoß in der Förderrichtung erteilen muß, um eine genügende Wurfweite zu erzielen.

Im Steinkohlenbergbau werden meist Prebluftmotoren verwendet. Einen solchen Motor für zwei- und einseitige Wirkung zeigt Abb. 279. Er ist entsprechend der verschiedenen großen Arbeitsleistung beim Hin- und Rück-

gange als Differentialmotor gebaut. Die große Kolbenfläche A dient zum Anheben des Rutschenstranges, die kleine a zur Beschleunigung des Rück-

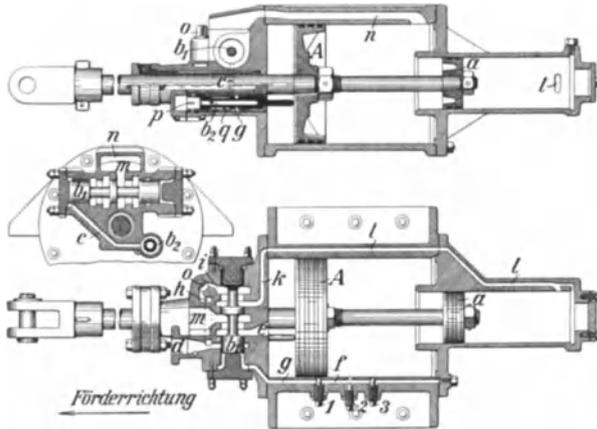


Abb. 279. Schüttelrutschenmotor von H. Flottmann & Co.

ganges. Die Steuerung erfolgt durch den Kolbenschieber b_1 und den Hilfskolbenschieber b_2 . Zum Zwecke der Einstellung des Hubes sind in der Zy-

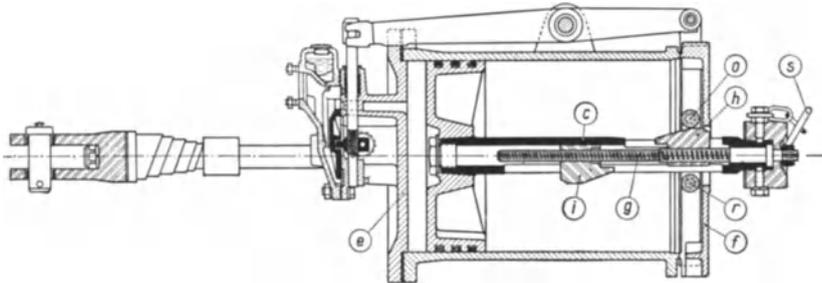


Abb. 280. Längsschnitt durch den Eickhoffschen Rutschenmotor.

linderwand Öffnungen, die durch Ventilschrauben 1—3 verschließbar sind, vorgesehen. Durch die jeweilig offene Verbindung wird die Umsteuerung

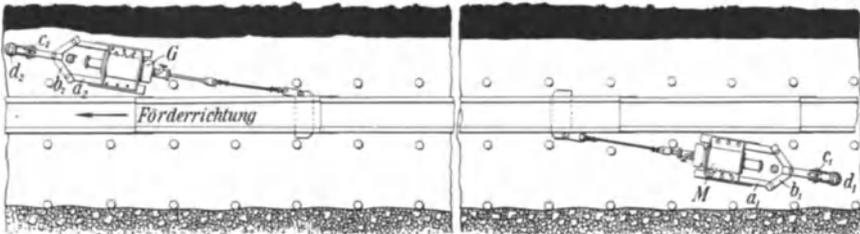


Abb. 281. Rutschenantrieb durch Motor (M) und Gegenmotor (G).

des Rutschenstranges nicht jedesmal zu folgen braucht, sondern mit verlängertem Seile auch auf größere Entfernung arbeiten kann.

Der Motor wird bei kleinen Rutschenlängen (30—50 m) 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

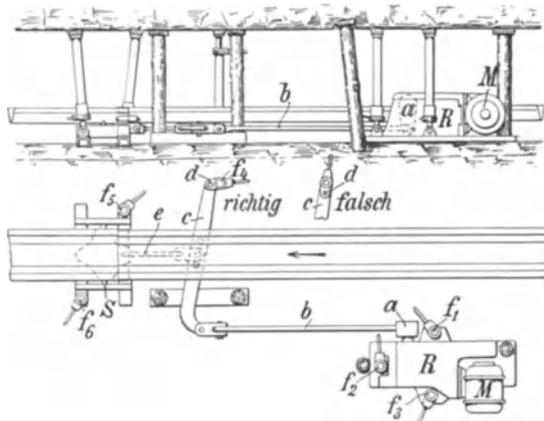


Abb. 283. Rutsche mit Hebelangriff durch einen elektrischen Eickhoff-Antrieb.

wählt man bei größeren Rutschenanlagen (50 bis 100 m), um die oberen Rutschenverbindungen nicht zu stark beanspruchen zu müssen, den Mittelweg, den Motor etwas oberhalb der Mitte des Stranges angreifen zu lassen.

320. Zusammenarbeit mehrerer Rutschen.

Dem von einem Motor betriebenen Rutschenstrange gibt man nicht gern eine größere Länge als 80—100 m.

Vor höheren Abbau-
stößen schaltet man mehrere Rutschen hintereinander. Man kann in größeren zusammenhängenden Abbaubetrieben auch mehrere Rutschen in Parallelschaltung auf größere Sammelrutschen arbeiten lassen. In solchen Fällen gibt man jeder, auch kürzeren Rutsche ebenfalls einen eigenen Motor, um nicht bei Versagen eines Motors die ganze Anlage stillsetzen zu müssen.



Abb. 284. Seitlicher Bergeaustrag bei Schüttelrutschen.

321. Bergförderung. Beim Abbau mit fremden Bergen erfordern alle Abauförderungen, da sie für den Rutschenbau, d. h. einen Abbau mit geschlossenem Versatz (Ziff. 138 u. f.), 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 das obere Ende des Stranges für die Berge, das untere für die Kohlenförderung benutzt. Bei rasch fortschreitendem Abbau kann man für die Berge- und Kohlenförderung getrennte Rutschen verwenden. Der seitliche Austrag der Berge an beliebigen Stellen kann durch umstellbare Klappen oder gemäß Abb. 284 durch angeklemmte Tröge *b* mit ansteigendem Boden ermöglicht werden.

322. Förderung mit Bändern. Für die Förderbänder bilden zwar die Strecken das Hauptanwendungsgebiet; da sie aber auch im Abbau gebraucht

werden, soll die Bandförderung bereits an dieser Stelle besprochen werden. Wir unterscheiden Gurtbänder einerseits und Gliederbänder andererseits. Die Gurtbänder können wieder je nach der Gestaltung der Rollenböcke als Flach- (Abb. 285) oder Trogbänder (Muldenbänder, Abb. 286) arbeiten. Flachbänder sind einfacher in der Anlage, Trogbänder fassen mehr und besitzen deshalb eine erheblich größere Leistungsfähigkeit.

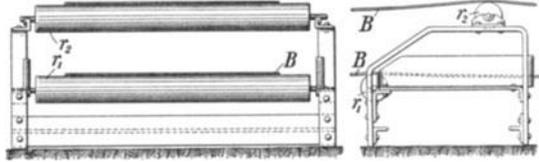


Abb. 285. Rollenbock der Demag für Flachbänder.

Abb. 287 zeigt die Anordnung einer Bandförderanlage. Der Antrieb an dem einen Ende ist mit f_1/f_2 und die Umkehrrolle an dem anderen Ende mit l bezeichnet. Jedoch kann der Antrieb auch

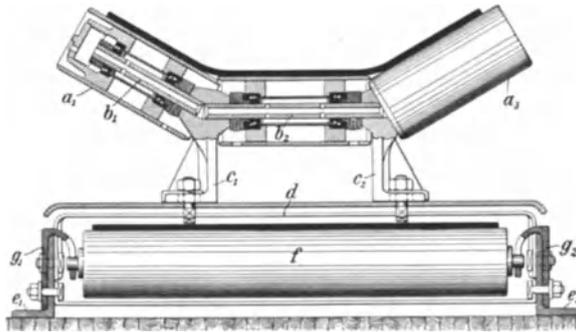


Abb. 286. Rollenbock der Demag für Trogbänder mit abgedecktem Untergurt.

zwischen zwei Endrollen als „Mittelantrieb“ gelegt werden. Man benutzt Druckluftmotoren mit Pfeil- oder Geradzahnrädern oder Elektromotoren. Der Abstand der Rollenböcke voneinander beträgt bei Flachbändern etwa 2 m und

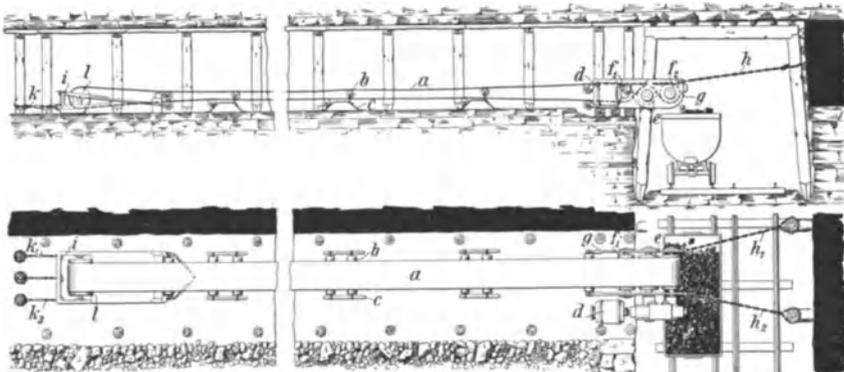


Abb. 287. Strebbandanlage von Frölich & Klüpfel.

bei den stärker belasteten Trogbändern etwa 1,5 m. Die Rollenböcke werden zweckmäßig unter sich durch Winkeleisen verbunden, wodurch eine gute Versteifung und größere Widerstandsfähigkeit der ganzen Anlage erzielt wird.



Abb. 288. Stahlgliederband mit Austrag über dem Antrieb.

Die Glieder- oder Plattenbänder (auch „Kastenbänder“ genannt) werden (wie die Lesebänder in den Verladungen über Tage) aus einzelnen Platten, die durch Umbördelung der Ränder einen flachen Trog bilden, zusammengesetzt und bedürfen, da das Band selbst von der Antriebsrolle nicht mitgenommen werden kann, besonderer Triebketten, die zu beiden Seiten des Bandes laufen und untereinander sowie mit den Bandgliedern durch Querstege verbunden sind. Abb. 288 zeigt ein solches Stahlgliederband. Die Triebketten *K* mit

den an ihnen befestigten Blechplatten *P* werden von Rollen *R* getragen.

Im allgemeinen werden Gurtbänder wegen ihrer größeren Einfachheit und

Billigkeit in der Anlage bevorzugt. Gliederbänder werden wegen ihrer größeren Haltbarkeit für die Beförderung stückiger Versatzberge und wegen ihrer hohen Leistungsfähigkeit als Sammelbänder gern gewählt.

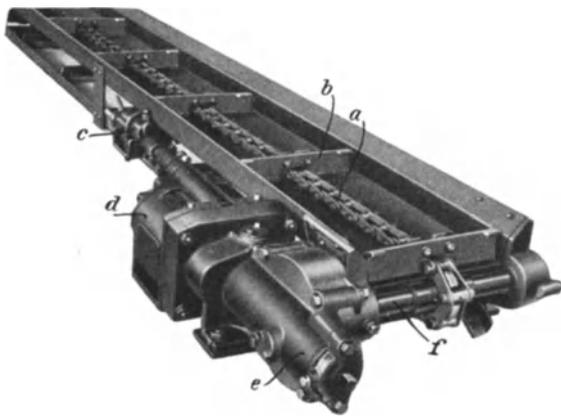


Abb. 289. Kratzbandförderer der Maschinenfabrik Beien in Herne.

Die Bandförderung ist gegenüber der Rutschenförderung im Vorteil, wenn es sich um sölhlige oder flachwellige Lagerung handelt oder die Förderung ansteigend (aus Unterwerksbauen) erfolgen muß.

323. Kratzbandförderung. Bei dieser Förderart wird eine festliegende Rinne benutzt, in der das Fördergut von einer endlosen, über zwei Endrollen laufenden Kette *a* mit Hilfe von quergestellten Kratzblechen *b* mitgenommen wird (Abb. 289). Als Kettenantrieb dient ein Elektro- oder Pfeilradmotor. Wegen der großen Reibung des Förderguts und der Kratzbleche in der Rinne sind solche Förderungen nur für kurze Entfernungen (z. B. beim Mitnehmen eines Dammes unterhalb einer aufzufahrenden Flözstrecke oder bei Überwindung einer Störung) geeignet.

C. Versatzfördereinrichtungen.

324. Die Schrapperförderung dient zwar auch, z. B. im Kalisalzbergbau, als Abbauförderung; im deutschen Steinkohlenbergbau aber wird sie bisher ausschließlich für Bergeversatzzwecke benutzt. Der arbeitende Teil einer solchen Fördereinrichtung, der Schrapper, ist eine große, aus Eisenblech hergestellte, unten und vorn offene Kratze, die, auf dem Liegenden schleifend, das Versatzgut vor sich her schiebt. Abb. 290 zeigt eine solche Anlage. In einer seitwärts von der Grundstrecke hergestellten Nische ist der Haspel a aufgestellt, der zwei hintereinander liegende Trommeln $b_1 b_2$ bewegt, von denen während des Fördervorganges die eine (b_1) das stärkere Vorderseil c aufwickelt, während die andere (b_2), lose laufend, das Hinterseil k ablaufen läßt. Das Vorderseil wird zunächst über die Umlenkrolle e geführt, die mit der Zugstange des Stoßdämpfers f gekuppelt ist. Das Seil läuft dann weiter über die Umlenkrollen $g_1 g_2$ durch den bereits hergestellten Versatz zum Schrapper h . Dieser greift bei i die dort durch eine geknickte Rutsche ausgetragenen Berge auf und schleppt sie in den Versatzraum. An der Hinterseite des Schrapfers ist das Hinterseil k befestigt, das durch die Umlenkrollen $g_3 g_4$ zur Trommel b_2 zurückgeführt wird. Ist die jeweilige Schrapperfüllung auf die Versatzböschung gezogen, so wird die Kuppelung der Trommel b_2 eingerückt und der Schrapper bis über die Aufnahme-
stelle i zurückgezogen, worauf der Fördervorgang sich wiederholt.

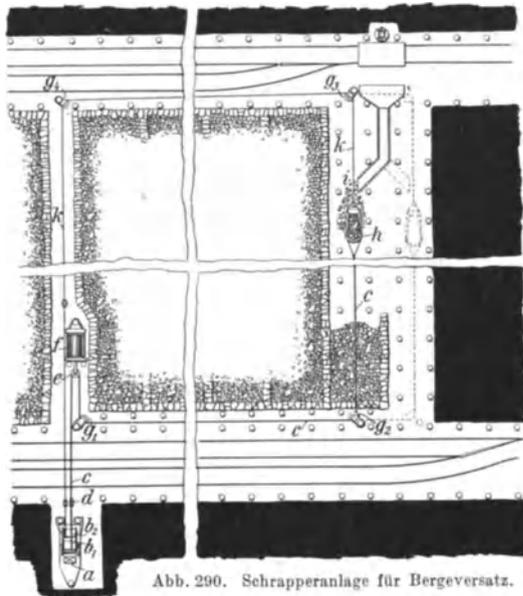


Abb. 290. Schrapperanlage für Bergeversatz.

325. Die Versatzschleudern nehmen das durch eine Schüttelrutsche oder ein Förderband zugeführte Versatzgut auf und schleudern es mittels einer in rasche Umdrehung versetzten Scheibe, die mit kräftigen Rippen oder Schaufeln versehen ist, mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 10—30 m gegen die Versatzböschung. Die Scheibe kann sählig, schräg oder seiger verlagert sein.

326. Der Blasversatz. Das Verblasen von Fördergut durch Rohrleitungen beruht auf dem Grundgedanken, daß ein Luftstrom bei genügender Geschwindigkeit Körner von entsprechendem Durchmesser in der Schwebe halten und so weiter befördern kann. Je gröber das Korn, desto größer muß die Luftgeschwindigkeit sein. Man arbeitet für die Förderung auf größere

Entfernungen und für größere Leistungen mit höherem Anfangsdruck (1,5—2 atü), bei geringeren Entfernungen und Leistungen mit niedrigerem Druck (0,1—0,6 atü). Das erstere Verfahren wird auch als „Hochdruck-“, das letztere als „Niederdruck-Blasverfahren“ bezeichnet, obgleich eine scharfe Grenze nicht gezogen werden kann. Für das Hochdruckverfahren wird meist die Luft aus dem Preßluftrohrnetz der Grube durch Abdrosseln entnommen, für das Niederdruckverfahren pflegt man die Arbeitsluft in besonderen Gebläseanlagen unter Tage zu erzeugen. Das Hochdruckverfahren bedient sich zum Einschleusen des Fördergutes in die Rohrleitung meist der vom Torkretverfahren bekannten Doppelkammer.

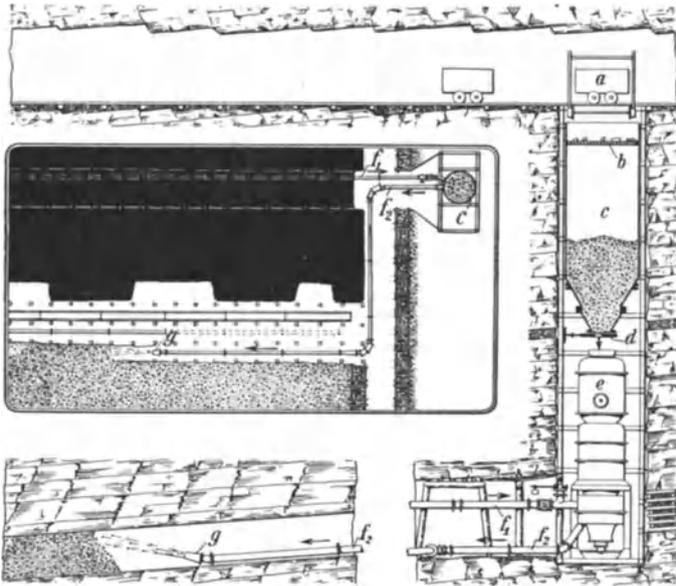


Abb. 291. Blasversatzanlage im Auf- und Grundriß.

Die Durchführung des Blasversatzes nach diesem Verfahren zeigt Abb. 291 im Auf- und Grundriß. Der durch einen Kreiselwipper im Querschlag der oberen Sohle gekippte Bergewagen *a* entleert seinen Inhalt auf den Rost *b*, der grobe, nicht für das Verblasen geeignete Stücke zurückhält und das Unterkorn in den Vorratsbunker *c* fallen läßt, aus dem es durch Öffnen des Bodenschiebers *d* in die Schleusenkammer *e* gelangt. Die Preßluft wird der Kammer durch das Rohr *f*₁ zugeführt. Die Blasleitung *f*₂ wird durch die obere Teilstrecke in den Streb geführt, und durch das bewegliche Mundstück *g* treten die Versatzberge aus. Die mit dem Höherrücken des Versatzes entbehrlich werdenden Rohrschüsse werden gleich im Nachbarfelde wieder zusammengebaut, so daß nach Verblasen des einen Abschnittes der neue Rohrstrang bereits fertig liegt.

Beim Niederdruckverfahren benutzt man zur Abdichtung des unter Druck stehenden Raumes gegen die Atmosphäre ein Zellenrad, das gleichzeitig das Ein-

tragen des durch einen Trichter in einen Zwischenbehälter aufgegebenen Fördergutes in die unten angeschlossene Luftleitung bewirkt. Die Rohrleitungen besitzen beim Hochdruckverfahren Durchmesser von 150—250 mm, beim Niederdruckverfahren, da größere Luftmengen zur Bewegung des Versatzgutes nötig sind, solche von 250—300 mm. In beiden Fällen läßt man die Entfernung, über die die Versatzberge in waagerechter Entfernung befördert werden, nicht gern über 400—500 m ansteigen. Mit dem Hochdruckverfahren sind Höchstleistungen von 60—80 m³/h, mit dem Niederdruckverfahren solche von 20—30 m³/h erzielbar; die Kosten weichen nicht sehr voneinander ab und können mit etwa 1—1,20 \mathcal{M} /m³ angenommen werden.

327. Streb-Blasversetzer. Einfachere Verblaseinrichtungen ergeben sich, wenn man auf die Förderung des Versatzgutes durch die Strecken mittels Rohrleitungen verzichtet und die Blasvorrichtung unmittelbar über dem Abbau aufstellt, so daß die Blasleitung nur im Bergfelde des Abbaues liegt (Blasversetzer von König-Beien) oder auch diese Leitung noch fortläßt und das Versatzgut durch Förderwagen, Kipper und Schüttelrutschen oder Förderbänder dem vor dem Versatzstoße arbeitenden Blasversetzer zuführt.

Abb. 292 zeigt eine Einrichtung der letzteren Art. Das die Versatzberge heranbringende Förderband wird über einen Wagen *a* geführt, der mit einem schrägen Abstreicher *b* die Berge einer Tasche *c* und dadurch dem Blasrohr *d* zuführt. In dieses mündet in der Mittelachse eine Düse *e* mit 25—30 mm Durchmesser ein, deren Preßluftstrahl das Versatzgut mitreißt und aus dem Blasrohr hinauswirft.

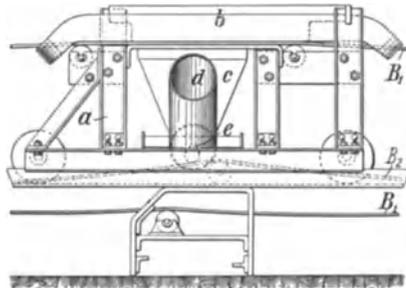


Abb. 292. Blasversetzer, von vorn gesehen.

II. Streckenförderung.

A. Förderwagen.

328. 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.

Die wichtigsten Bauarten werden durch Abb. 293 veranschaulicht. Den Vorzug verdienen die von einspringenden Ecken freien, wegen der Lage des Wagenkastens zwischen den Rädern stand sichereren Wagen *b* und *c* sowie der Muldenwagen *d*, der den Vorteil guter Raumaussnutzung mit den weiteren

der Standsicherheit, des geringen Verschleißes, der leichten und vollständigen Entleerung und der bequemen Reinigung vereinigt und immer mehr die Oberhand gewinnt; er ist daher neuerdings genormt worden.

In Gruben mit flacher Lagerung und großen Flözmächtigkeiten kann man Wagen mit 1—2 t Ladegewicht verwenden, wogegen Gruben mit geringen Flözmächtigkeiten und starker Bremsberg- und Bremsschachtförderung sich mit Wagen von 500—800 kg Ladegewicht begnügen müssen. Neuerdings sucht man die Wagenförderung oberhalb der Hauptfördersohle bei flacher Lagerung

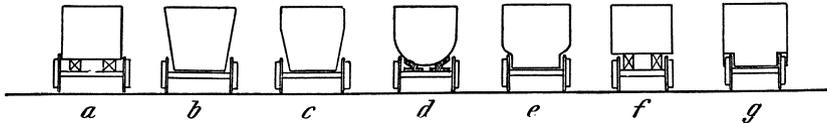


Abb. 293. Verschiedene Förderwagenformen.

möglichst durch Band- und Rutschenförderung zu ersetzen; man kann dann die Förderwagen, da sie nur noch auf der Hauptfördersohle verkehren, entsprechend größer bauen.

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

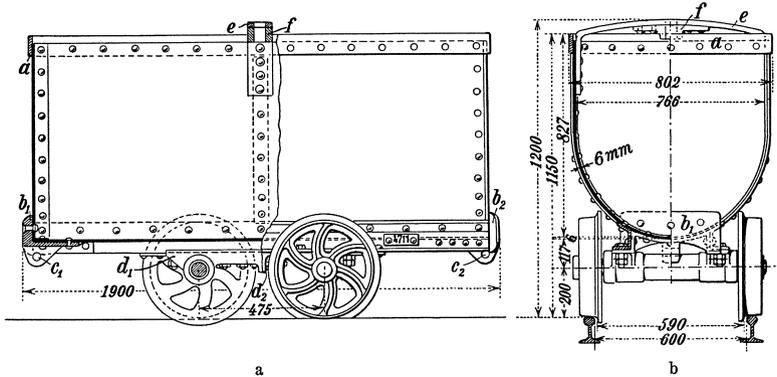


Abb. 294 a und b. Förderwagen nach DIN Berg 552 für 1000 kg Inhalt.

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.

Einen genormten Muldenwagen zeigen die Abbildungen 294 a und b. Der oben durch den Flacheisenrand a versteifte und vorn und hinten mit Pufferstücken $b_1 b_2$ versehene Wagenkasten ruht auf seitlichen Tragwinkeln und einem muldenförmigen Mittelstuhl; diese tragenden Teile sind an seitlich angelegene Flanschen der Lagerbüchsen $d_1 d_2$ geschraubt, die unter sich wieder durch Verschraubungen zu einem einheitlichen Untergestell verbunden sind.

329. 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 größere Schmiereverluste und eine stärkere Abnutzung der Laufflächen. Man vereinigt daher in der Regel die Vorteile beider Anordnungen, indem man die über Kreuz liegenden Räder lose laufen läßt und im übrigen die Achsen ihrerseits drehbar verlagert. Nach Abb. 295 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 gestatten und das Eindringen von Staub verhindern. Wie Abb. 295 beispielsweise zeigt, läuft jede Achse in einer Büchse, die durch die Öffnung e mit Schmiere gefüllt werden kann und mit Schrauben mit Hilfe der Laschen b und durch Vermittlung einer Holzzwischenlage an dem Wagenboden befestigt wird. Zur weiteren Verringerung des Verschleißes und der Reibung dienen die Wälzlager. Abb. 296 zeigt ein zu diesen gehörendes Rollenlager. Der Ring g schließt das Lager nach außen hin ab, läßt

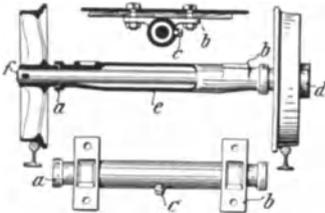


Abb. 295. Achslagerbüchse.

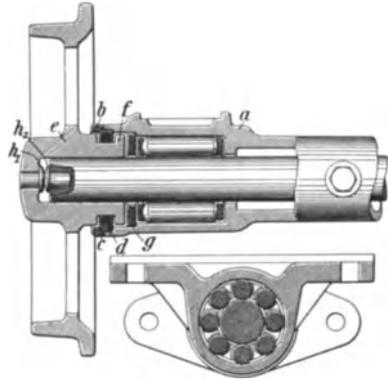


Abb. 296. Schneider-Radsatz.

aber Schmiere zu der innen als Gleitlager ausgebildeten Nabe treten. Der Seitendruck wird durch die beiden kugeligen Druckköpfe $h_1 h_2$ aus gehärtetem Stahl aufgenommen.

Geschlossene Lager müssen mit säurefreier, nicht zu dünnflüssiger und nicht verharzender Schmiere gefüllt und mittels Zeitmarken an den Wagen sorgfältig hinsichtlich der Füllzeiten überwacht werden, da man die Lagerstellen von außen nicht sehen kann. Für das Füllen der Lager werden neuerdings besondere Vorrichtungen (z. B. von der Firma P. Stratmann & Co. in Dortmund) geliefert, bei denen durch Preßluft die in einem zylindrischen Behälter befindliche Schmiere in die Lagerstellen gedrückt wird.

330. 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 Umlaufzahlen möglichst groß genommen. Er schwankt im Ruhrbezirk zwischen 350 und

400 mm. Die Spurweite ist heute in 2 Größen (mit 50 und 60 cm) genormt. Je größer sie ist, um so standsicherer sind die Wagen, um so schwerer dagegen sind sie durch Kurven zu bringen.

331. Entleerung von Bergewagen. Die mit Versatzbergen gefüllten Förderwagen können bei steiler Lagerung mittels der bekannten Kreiselwippen oder auch mit Hilfe von Kopfkippern entleert werden. Bei flacher Lagerung unterscheidet man Flach- und Hochkipper, je nachdem die Teilstrecke im Hangenden oder Liegenden nachgerissen ist. Flachkipper sind mit einfachen Mitteln herzurichten. Hochkipper erfordern umständlichere Vorrichtungen. Ein Beispiel ist in Abb. 297 dargestellt. Der Bergewagen fährt auf das leichte Rahmengestell *a* auf, das mit Hilfe eines angeordneten Flügelblechs *b* um die Achse *c* drehbar ist. Bei *e* greift das unter dem Gestellrahmen durchgeführte Zugseil *f* an, das durch Vermittelung einer festen Rolle über die Flaschenzugrolle *g* läuft; diese ist auf der Kolbenstange *h* verlagert, die durch das Spiel des im Zylinder *i* laufenden Kolbens auf und ab bewegt wird. Aus der Abbildung ist gestrichelt die Kipp-Endstellung des Wagens ersichtlich (vgl. auch Abb. 275 auf S. 168).

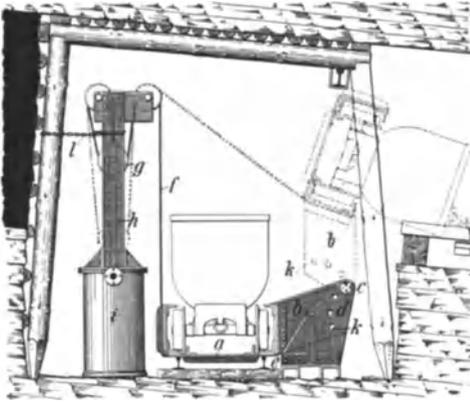


Abb. 297. Hochkipper mit Seilzug.

332. Wagenpark. Kosten.

Der Wagenbedarf einer Steinkohlengrube kann bei einem Wageninhalt von 0,6 t mit etwa 80—90 %, bei einem solchen von 0,75 t mit 60—70% der Tagesförderung in Tonnen angenommen werden. Ein

Förderwagen kostet je nach Größe und Ausführung 120—180 \mathcal{M} . Die Beschaffungs- und Betriebskosten belasten die Tonne Förderung mit etwa 20—30 $\frac{1}{8}$.

B. Gestänge.

333. Schienen. Als Schienen werden jetzt fast überall stählerne Flügel-schienen verwendet. Die hauptsächlich gebräuchlichen Profile sind gemäß Abb. 298 durch Normung festgelegt; sie werden nach Höhe (in mm) und Gewicht (in kg/m) gekennzeichnet.

Die Schienen ruhen in der Regel auf hölzernen 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 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 werden je 2 Stücke durch Laschen verbunden, und die Stoßstelle wird der stoßfreien Förderung halber zwischen 2 Schwellen gelegt

(schwebender Stoß). Die Befestigung auf den Schwellen erfolgt dann durch Vermittlung von Unterlegeplatten oder von übergreifenden Fußlaschen.

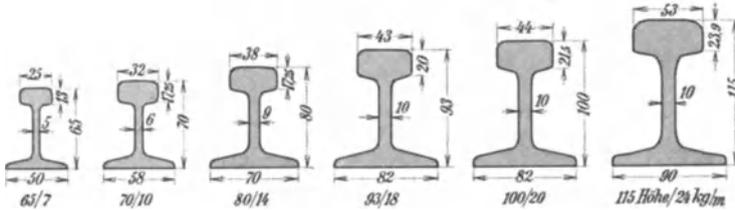


Abb. 298. Flügelschienen-Normalprofile.

Für trockene Strecken mit wenig Druck sind auch Eisenschwellen geeignet, die insbesondere für rasch umzulegende („fliegende“) Gestänge in Betracht kommen.

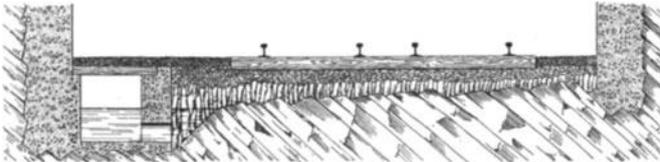


Abb. 299. Schienenbettung und Oberbau in einer Strecke mit Wasserseige.

Eine ordnungsmäßig ausgeführte Gestängeverlegung mit Wasserabfluß zeigt Abb. 299.

334. Wechselseitige Gestängeverbindungen. Die einfachste Verbindung ist eine solche durch Wendeplätze, die mit Wechselplatten belegt werden. Diese werden meist als Kranzplatten (Abb. 300) ausgeführt. Auch finden besonders für schwere Förderwagen Drehscheiben Verwendung, die auf Kugeln oder Rollen laufen.

An Kreuzungen können 4 Kranzplatten (Abb. 300) zusammengelegt werden.

Größere Wendeplätze werden an den Kreuzungen mehrgleisiger Förderstrecken sowie an den Füllrörtern 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 Bergwerken.

Man unterscheidet feste Wechsel (Abb. 301) und solche mit beweglichen Teilen. Die letzteren können Zungenweichen und Stoßweichen sein.

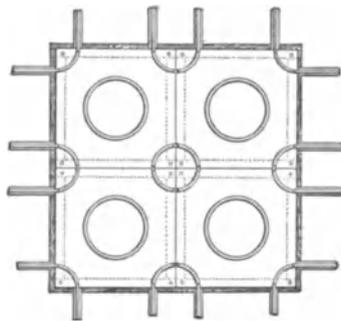


Abb. 300.
Wendeplatz mit 4 Kranzplatten.

Bei den Zungenweichen legen sich zugeschärfte Zungenspitzen an die Innenseite des betreffenden Gestänges, während die beweglichen Stücke der Stoßweichen (g in Abb. 302) eine Lücke im Gestänge ausfüllen und stumpf zwischen

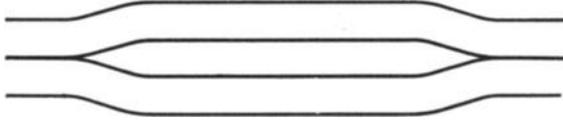


Abb. 301. Dreischieneiges Gestänge mit Ausweichstelle.

die zu verbindenden Gestängestücke gelegt werden. Bei den von Hand umzustellenden Weichen unterscheidet man Bockweichen, die mittels

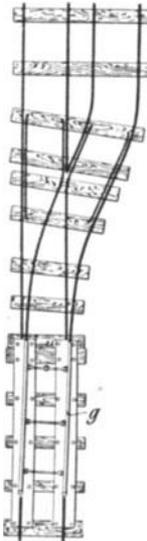


Abb. 302. Rechtsweiche (Stoßweiche) einer Ausweichstelle.

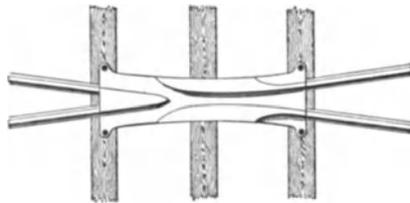


Abb. 303. Herzstück.

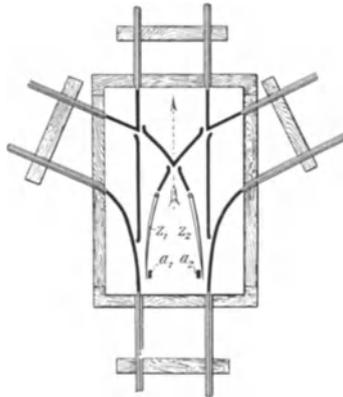


Abb. 304. Plattenweiche für einspurige Strecken.

eines Hebels mit Gegengewicht umgelegt werden, und Federweichen, bei denen die Umstellung selbsttätig mit Hilfe einer federnden Zugvorrichtung erfolgt.

Eine einfache seitliche Abzweigung zeigt Abb. 302.

Die inneren Übergangstücke können gemäß Abb. 303 durch ein einheitliches, aus Stahlguß hergestelltes „Herzstück“ ersetzt werden. Der sichere Übergang an diesen Stellen wird durch Zwangschienen gemäß Abb. 302 begünstigt. Die Befestigung der Wechselschienen auf Eisenplatten (Abb. 304), die auf einem Holzrahmen ruhen, gewährleistet Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit.

An Füllörtern werden häufig selbsttätige Weichen eingebaut, die eine abwechselnde Verteilung der Wagen auf zwei benachbarte Gleise ermöglichen.

In Bremsbergen kann man zur Verringerung des Gebirgsdruckes für einen Teil der Länge mit geringerem Querschnitt auskommen, wie Abb. 305 zeigt. Hier hat man der Sicherheit halber keine Weiche eingebaut, sondern die Gestänge lediglich zusammengezogen, d. h. die Weichenspitzen bis zum Ende des Bremsbergs durchgehen lassen.

Wo ein häufiges Umlegen der Weichen notwendig wird, sind „Kletterweichen“ angebracht, die nach Abb. 306 an beliebiger Stelle einem Doppel-

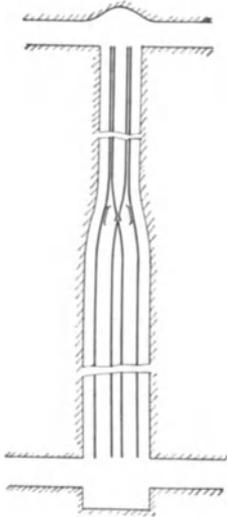


Abb. 305. Zusammenziehung eines Doppelgestänges im druckhaften oberen Teile eines Bremsbergs.

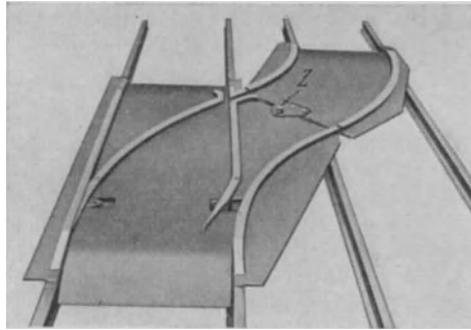


Abb. 306. Kletterweiche.

gleis aufgelegt werden können und mittels des Drehzapfens Z die Anpassung an verschiedene Gleisabstände ermöglichen.

C. Die Betätigung der Wagenförderung.

335. Leistungseinheit. Zur Beurteilung von Förderleistungen und Förderkosten dient als Einheit das Tonnenkilometer, d. i. eine Förderleistung, die das Produkt aus der geförderten Masse in Tonnen Nutzlast (daher auch „Nutztonnenkilometer“) und dem dabei zurückgelegten Wege in Kilometern darstellt. Ein Tonnenkilometer (tkm) ist also z. B. geleistet, wenn eine Nutzlast von

	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0 t
auf eine Länge von	2,0	1,0	0,5	0,2	0,1 km

gefördert worden ist. Ein solches Tonnenkilometer entspricht nicht dem gleichen Begriff in der Mechanik und darf auch nicht mit dem Tonnenkilometer bei der Schachtförderung verwechselt werden.

336. 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 bzw. (auf der Sohle)

bis zum nächsten Förderquerschlag. Ein Schlepper leistet in der 7stündigen Schicht etwa 3—4 tkm.

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 zutage gefördert. Die Leistungen der Pferdeförderung schwanken etwa zwischen 15 und 50 tkm in der 7stündigen Schicht und betragen im Durchschnitt etwa 30 tkm.

Für die Verbindung der Wagen zu Zügen werden Kuppelhaken oder Kuppelketten benutzt. Eine einfache Kuppelkette mit Sicherung gegen das Herausfallen durch lose Ringe zeigt Abb. 307. Bei der in Abb. 308 darge-

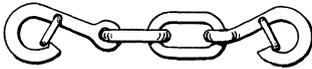


Abb. 307. Kuppelkette.

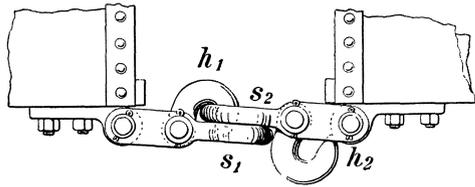


Abb. 308. Feste Hakenkuppelung nach Klever.

stellten Kuppelung sind lose Teile, die leicht verloren gehen, vermieden. Jede Hälfte der Kuppelung besteht aus einem am Wagenboden befestigten und den Wagenring ersetzenden Schäkel (s_1 und s_2) mit einem Haken (h_1 und h_2), der sich um einen Mittelbolzen im Schäkel dreht.

337. Förderverfahren mit feststehenden Maschinen. Überblick. Man unterscheidet Seil- und Kettenförderungen, die 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 auf den Hauptfördererohlen nur noch die Förderung mit schwebendem Seil ohne Ende und mit schwebender oder unterlaufender Kette ohne Ende von Bedeutung; dagegen wird auf den Teilsohlen und in den Abbaustrecken vielfach mit offenem Seil gefördert.

338. Förderung mit offenem Seil. Schlepperhaspelförderung. Es sind 2 Förderverfahren möglich: das eine (Abb. 309) besteht aus einer ein-



Abb. 309. Förderung mit Vorder- und Hinterseil.

gleisigen Förderstrecke und einem Haspel mit 2 Trommeln $t_1 t_2$ für das Vorder- (v) und für das Hinterseil (h), wobei die zu befördernden Wagen als geschlossener Zug zwischen beiden angeschlagen werden und das Hinterseil über eine Umkehrscheibe u zum Haspel zurückgeführt wird. Der volle Zug wird durch Aufwickeln des Vorderseiles herangeholt, während das Hinterseil sich selbsttätig von der lose mitlaufenden zweiten Trommel abwickelt;

für die gegenläufige Förderung des leeren Zuges werden die Trommeln umgekehrt gekuppelt.

Nach dem anderen Verfahren sind 2 Haspel mit je 1 Trommel an jedem Endpunkte der Bahn aufgestellt, und der Wagenzug wird zwischen ihnen hin und zurück gezogen. Da in diesem Falle die Haspel häufiger ihren Standort wechseln, müssen sie besonders leicht gebaut sein. Man macht sie entweder fahrbar (Abb. 310) oder befestigt sie an Spannsäulen (Säulenhassel) oder auch an einer Kappe der Zimmerung.

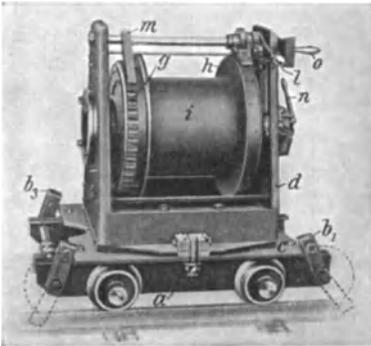


Abb. 310. Eickhoff-Schlepperhaspel, Gesamtansicht.



Abb. 311. Holzfutter bei Treibscheiben für endloses Seil.

339. Förderung mit schwebendem Seil ohne Ende. Antrieb. Das Seil wird von der Antriebsmaschine durch Reibung mitgenommen. Zur Vergrößerung der Reibung und zur Schonung des Seiles werden die Treibscheiben mit Holz (Abb. 311) oder Leder ausgefütert.

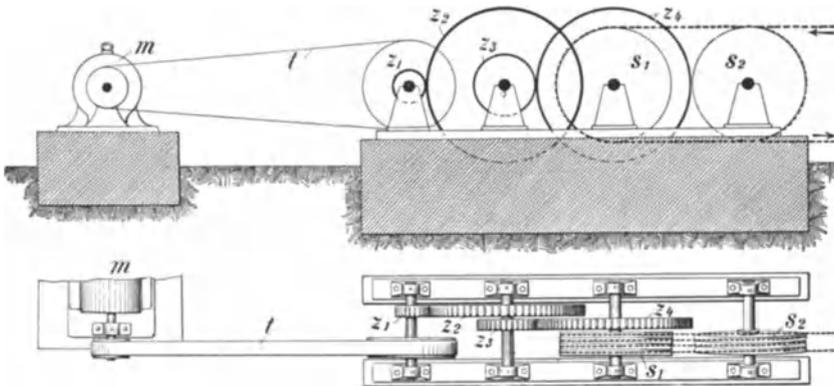


Abb. 312. Antrieb einer Streckenförderung durch Elektromotor und Treibriemen.

Für größere Leistungen sind mehrillige Treibscheiben oder mehrere einillige Treibscheiben erforderlich. Es müssen dann den Treibscheiben Gegenscheiben vorgelagert werden, die das Seil umlenken und der nächsten Rille zuführen. Die Gegenscheiben (s_2 in Abb. 312) werden vielfach schräg gelagert, damit keine seitlichen Zugkräfte zwischen ihnen und den Treibscheiben entstehen.

Da der Seilzug vom auflaufenden bis zum ablaufenden Seilende ständig abnimmt, nutzen die einzelnen Treibrillen sich ungleichmäßig ab. Man läßt daher die Gegenscheiben lose auf der Achse laufen und gibt den Treibscheiben zur Verringerung des Auflagedruckes große Durchmesser oder schaltet zwischen sie Ausgleichgetriebe (nach Ohnesorge) ein, welche letzteren die Verdrehung der Treibscheiben gegeneinander gestatten.

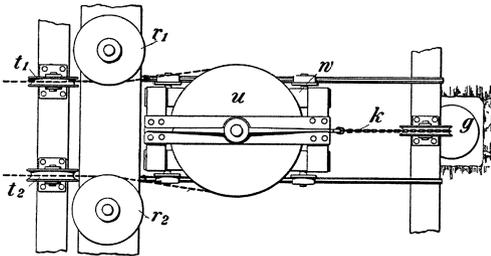


Abb. 313. Spannwagen mit Gegengewicht.

Zahnradvorgelege z_1 — z_4 ins Langsame übersetzt. Die Treibscheibe s_1 hat hier 4, die Gegenscheibe s_2 3 Rillen.

Zum Ausgleich 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. Abb. 313 zeigt eine Spannscheibe u , die auf einem Wagen w verlagert ist und mittels des Gewichtes g durch die Kette k angezogen wird.

Weniger günstig sind Schrauben-Spannvorrichtungen, da sie nicht nachgeben können und leicht übermäßig angespannt werden.

Die Antriebsmaschine wird in der Nähe des Schachtes, und zwar je nach den örtlichen Verhältnissen vor oder hinter ihm, aufgestellt. Sie soll nach

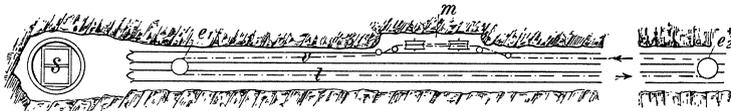


Abb. 314. Seilförderung mit seitlichem Antrieb.

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 Abb. 314. 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.

Als Treibmittel dient in der Regel Druckluft oder elektrischer Strom, ausnahmsweise auch Druckwasser. Heute überwiegen die elektrischen Anlagen (vgl. Abb. 312).

Für größere Förderanlagen müssen Zubringeförderungen geschaffen werden, die die Fördermengen aus den Zwischenstrecken hereinholen. Abb. 315

veranschaulicht eine Hauptförderung mit der Maschine m_1 und 2 Zubringeförderungen mit den Maschinen m_2 und m_3 .

340. Seilführung. Auf gerader Strecke sowie an Zwischenanschlängen und vor allen waagerechten 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 waagerechten Rollen verhütet wird. Dabei ist auf den Durchgang der Mitnehmer Rücksicht zu nehmen.

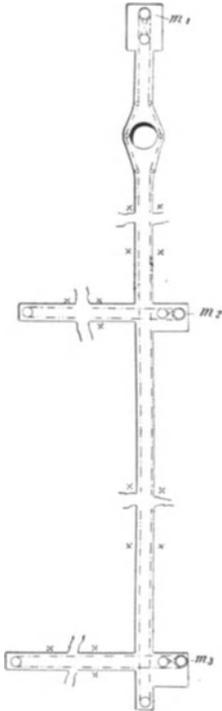


Abb. 315. Seilförderung mit 2 Zubringeförderungen.

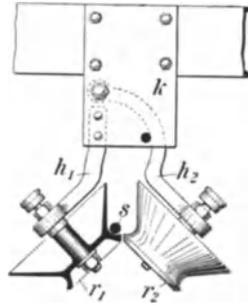


Abb. 316. Doppeltragerolle nach Hasenclever.

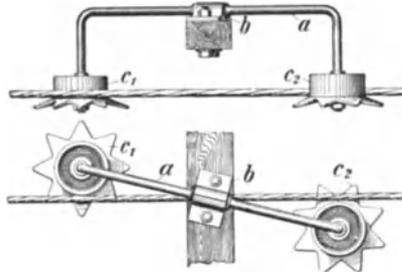


Abb. 317. Paarweise angeordnete Sternrollen als Tragerollen.

Abb. 316 veranschaulicht eine Doppel-Tragerolle, bei der die Rolle r_2 um einen Bolzen mittels des Armes h_2 drehbar ist und vor dem Mitnehmer seitwärts ausschlagen kann. In Abb. 317 sind zwei an einem Bügel befestigte Sternrollen c_1 u. c_2 dargestellt, in deren Ausschnitte sich die Mitnehmer hineinlegen. Die beiden Rollen können den Stößen bei der Förderung beliebig ausweichen, da ihr gemeinsamer Tragbügel a in der Hülse b drehbar verlagert ist.

In Krümmungen sind Kurvenrollen erforderlich, die einen möglichst großen Durchmesser erhalten und in größerer Zahl angebracht werden sollen, um die Seilablenkung möglichst sanft zu gestalten. Abb. 318 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.

Neuerdings werden sie auch federnd verlagert, um ein Ausweichen und damit einen stoßfreien Übergang der Mitnehmer zu ermöglichen.

341. Mitnehmer. Als Kuppelvorrichtungen oder „Mitnehmer“ können Zugketten mit Seilschlössern oder Gabelmitnehmer dienen. Die ersteren sind besonders für Strecken mit starker Steigung, namentlich für Bremsberge mit endlosem Seil, geeignet. Abb. 319 stellt ein Seilschloß *h* mit Keil *k* dar, das sich durch diesen selbsttätig fester anzieht; der Wagen wird von der Kette *a* gezogen, während die kleine Kette *b* bei ungleichmäßigem Gefälle den Zug des voreilenden Wagens aufnimmt und außerdem verhütet, daß der Keil verloren geht. Auch können einfache Ketten benutzt werden, die mehrmals um das Seil gewickelt und dann durch einen Knebel gesichert werden.

Die Gabelmitnehmer werden in besondere Bügel gesteckt, die an dem Wagen, in der Regel in dessen Mitte, angenietet werden (*b* in Abb. 320).

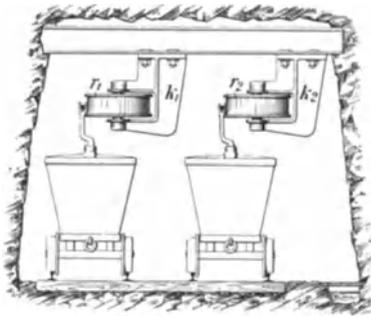


Abb. 318. Kurvenrollen nach Hasenclever.

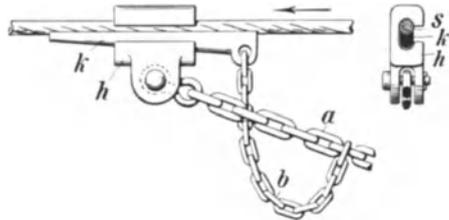


Abb. 319. Seilschloß mit Keil nach Heckel.

Am bekanntesten ist die exzentrisch klemmende Hohendahl'sche Gabel (Abb. 321), die ohne Knoten am Seil zu fördern gestattet. Sie wird nach Einlegen des Seiles etwas gedreht, bis die Klemmung in dem schräg gestellten Gabelmaul eintritt (s. auch Abb. 318).

Man kann mehrere Wagen durch einen Mitnehmer vom Seile ziehen lassen, indem man sie durch die gewöhnlichen Kuppelhaken oder (Abb. 322) durch besondere Stechkuppelungen mit dem Mitnehmerwagen verbindet, bei Gabelmitnehmern und gleichbleibendem Gefälle auch von diesem 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 schonen Seilschlösser das Seil besser, gehen auch weniger leicht verloren als Gabeln.

342. Förderbetrieb. An den Anschlagstellen ist das Seil durch Tragerollen genügend hochzuhalten, um die Bewegung der anzuschlagenden Wagen unter dem Seil zu ermöglichen. Zur Erleichterung des Aus- und Einwechslens der Wagen sind Wechsel oder Bühnen erforderlich. Für die Bewegung der leeren Wagen kommt man mit letzteren aus. 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 Abb. 323 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 (s. die Pfeile) zur Glocke g gehen lassen. Auch werden Hupen benutzt, die elektrisch oder durch Preßluft betätigt werden.

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.

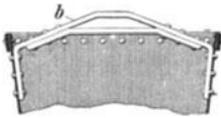


Abb. 320. Mitnehmerbügel.



Abb. 321.
Hohendahl'sche Gabel.

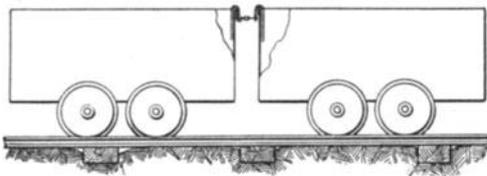


Abb. 322. Stechkuppelung zum Mitnehmen mehrerer Wagen.

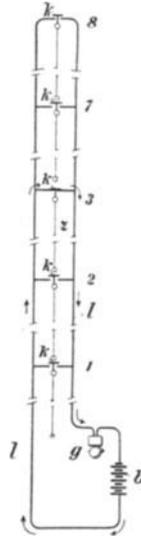


Abb. 323. Anordnung einer Signalanlage für die Streckenförderung.

343. 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. Diese kann bei glatter Oberfläche parabolische Form erhalten; die einzelnen Kettenumschläge verschieben sich dann fortgesetzt nach der Seite des kleineren Durchmessers hin. Oder man verwendet Scheiben mit einzelnen Greifern (Abb. 324). Wichtig ist dabei eine sehr genaue Herstellung der Kette und ein gleichmäßiges Längen der einzelnen Kettenglieder, damit bei der Bewegung keine Stöße in die Kette kommen. Da mit dem Längen der Kette sich die Abstände der Greifer vergrößern müssen, so müssen die Greiferscheiben so gebaut werden, daß die Greifer verstellt werden können, und zwar alle um ein genau gleiches Maß.

Für das Mitnehmen der Wagen genügt bei größeren Wagenabständen schon ein einfaches Auflegen der Kette auf den Wagenrand. Andernfalls verwendet man einfache Gabeln oder angenietete Flügelbleche (Abb. 325).

Trage- 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.

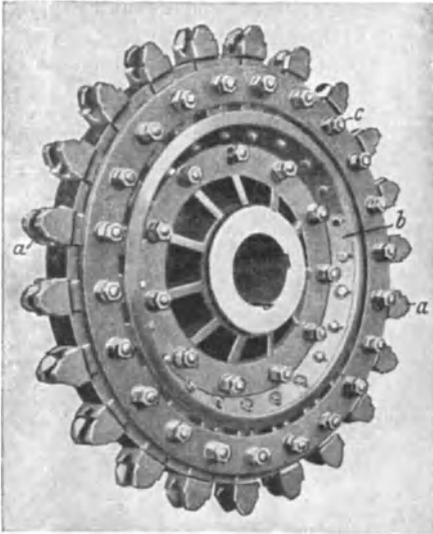


Abb. 324. Ketten-Greiferscheibe von Heckel mit Nachstellvorrichtung.

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, hält auch die Wagen sicherer fest, was be-

sonders für schwerere Wagen oder ansteigende Förderstrecken wichtig ist.

344. Unterlaufende Ketten sind besonders für Tagesförderzwecke geeignet, da sie einen freien Verkehr über die Förderwege hinweg ermöglichen. Sie werden aber heute auch für die Wagenbewegung an größeren Schachtfüllrörtern in großem Umfange benutzt. Sie dienen dann meist gemäß Abb. 326 dazu, bei selbsttätigen Wagenumläufen das dazu benötigte Gefälle durch Hochziehen der leeren Wagen wieder einzubringen. In der Abbildung bezeichnen die Buchstaben *h* die Kette, *l* die hinter die Wagenachsen fassenden Stöße, *nopq* die untere Umkehrrolle mit Spannvorrichtung und Feder und $r_1 r_2$ Fänger für den Fall eines Kettenbruchs.

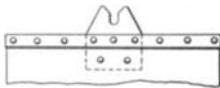


Abb. 325. Einfache Blechscheibe als Mitnehmer bei der Kettenförderung.

345. Lokomotivförderung. Arten von Grubenlokomotiven. Die heute für die Grubenförderung in Betracht kommenden Lokomotivarten sind: Brennstoff-, elektrische und Druckluftlokomotiven.

Die mit flüssigem Brennstoff betriebenen Lokomotiven gehören den zwei Gruppen der Leichtöl- (oder Vergaser-) und Schweröl- (oder Diesel-) Lokomotiven an. Die Leichtöllokomotiven vergasen den Brennstoff (Benzin, Benzol, Spiritus) vor der Entzündung in einer besonderen Vorrichtung, wogegen er bei den Schweröllokomotiven unmittelbar in äußerst feiner Ver-

teilung in den Explosionsraum eingespritzt wird. Die Feuergefährlichkeit der Leichtöle erfordert besondere Vorsichtsmaßnahmen bei der Überfüllung des Brennstoffvorrats. Bei allen Brennstofflokomotiven müssen die Motoren mit Sicherungsvorrichtungen ausgerüstet werden, die das Austreten von schlagwettergefährlichen Stichflammen durch die Ansaug- und Auspufföffnungen verhüten. Auch ist Bildung des giftigen Kohlenoxyds bei unrichtiger Einstellung der Steuerung möglich. Für die Umsteuerung sind besondere Zwischengetriebe erforderlich, da der Motor selbst nicht umgesteuert und auch seine Geschwindigkeit nur in beschränktem Maße geändert werden kann.

Die elektrisch angetriebenen Lokomotiven können ihren Strom durch eine Zuführungsleitung oder aus einem Akkumulator erhalten.

Die Fahrdratlokomotiven 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. Der Gleichstrom wird bevorzugt, da er niedrige Spannungen



Abb. 326. Ansteigende Unterkettenförderung.

ermöglicht und der Gleichstrommotor günstige Eigenschaften für den Lokomotivbetrieb (insbesondere große Anzugskraft beim Anfahren) besitzt. Wegen der Berührungsfahrer 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. Abb. 327 zeigt eine Gleichstromlokomotive mit Parallelogrammbügel.

Bei den Akkumulatorlokomotiven liefert den Strom eine mitgeführte Akkumulatorbatterie, 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 einer auflaufenden, frischgeladenen Platz zu machen. Das Aufladen kann dann mit dem billigen Nachtstrom erfolgen.

Preßluftlokomotiven (Abb. 328) erhalten einen Energievorrat von hochgespannter Preßluft, die mit einem Drucke von 150–170 at in dem Hauptluftbehälter untergebracht wird. Aus diesem wird die Luft durch das Absperrventil *a*, das Druckverminderungsventil *b* und das Rohr *c* unter Entspannung auf 12–15 at in die Arbeitsflasche *d* geleitet und stömt von dort durch die Leitung *e*, das Ventil *f* und die Leitung *g* zu dem Hochdruckzylinder Z_1 , um nach Ausnutzung in diesem dem Zwischenwärmer *i* und durch die Leitung *k* dem Niederdruckzylinder Z_2 zugeführt zu werden und schließlich durch die Leitung *l* und die Saugdüse *m* ins Freie zu strömen.

Unter Tage ist mindestens eine Füllstelle erforderlich, bei der die Lokomotive nach je 1—2 Fahrten ihren Luftvorrat erneuert.

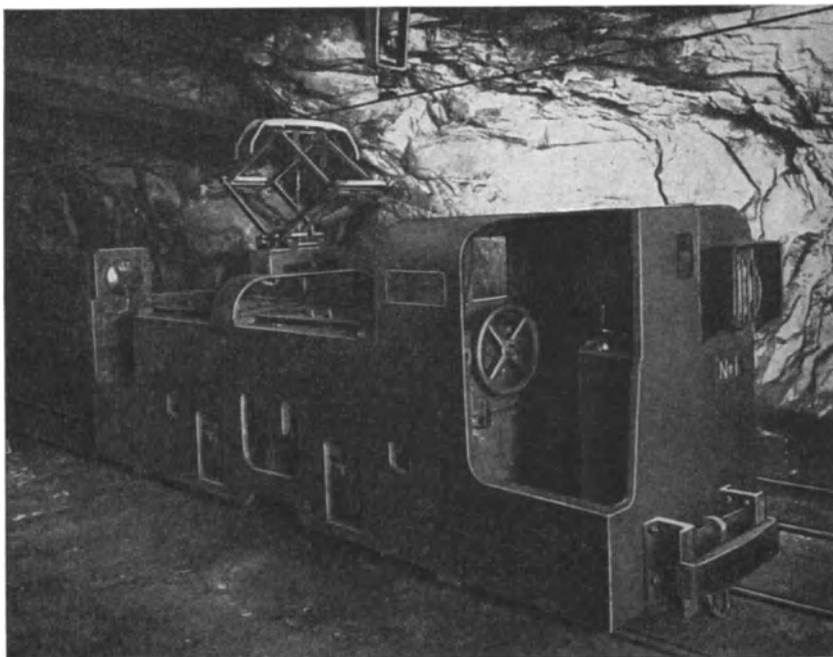


Abb. 327. Elektrische Fahrdrachlokomotive der A. E. G. für Gleichstrom, mit Parallelogrammbügel.

Am verbreitetsten sind heute die Fahrdrach- und die Preßluftlokomotiven. Erstere sind sehr betriebsicher und für große Leistungen geeignet. Wegen der

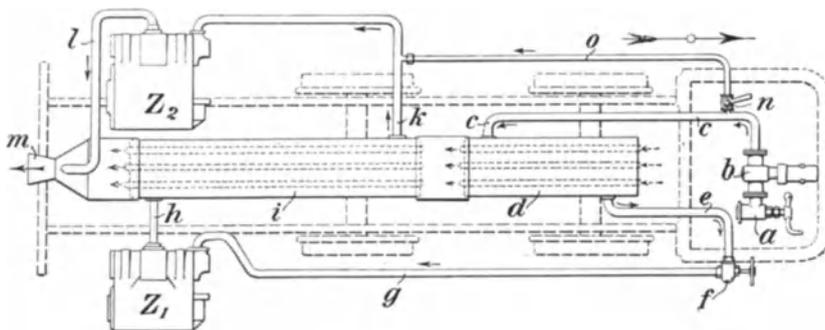


Abb. 328. Druckluftleitungen und Zwischenwärmer einer Preßluftlokomotive der Demag.

billigen Betriebskraft arbeiten sie sehr wirtschaftlich und werden in dieser Beziehung nur von den Diesellokomotiven erreicht. Nachteilig ist, daß sie die teure, umständliche und in druckhaftem Gebirge schwierig in der

richtigen Lage zu haltende Oberleitung verlangen und wegen der Funkenbildung am Fahrdrachte nicht schlagwettersicher sind.

Druckluftlokomotiven sind einfach und betriebsicher; jedoch gestaltet sich die Förderung mit ihnen wegen der hohen Kosten des Betriebsmittels teuer.

Die Leichtöllokomotiven werden für kleinere Leistungen (etwa 10 bis 20 PS) gebaut. Sie erfordern wegen des verwickelten Getriebes und des feuergefährlichen Betriebstoffes eine sorgsame Behandlung. Günstiger liegen die Aussichten für Diesellokomotiven; doch sind sie einstweilen noch wenig erprobt.

Die Akkumulatorlokomotiven haben sich bei uns wegen ihrer Empfindlichkeit gegen vorschriftswidrige Ladung und Entladung und gegen mechanische Erschütterungen sowie wegen ihrer hohen Anschaffungskosten für die Förderung auf den Hauptsohlen noch nicht durchsetzen können. Sie kommen daher z. Zt. nur für kleinere Leistungen in Betracht.

346. Allgemeines über Lokomotivförderung. Der Verschiebebetrieb 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 Verschiebebetrieb ab, indem man eine kleine Seil- oder Kettenbahn (mit unterlaufender Kette) oder eine Haspelförderung am Füllort einrichtet, die die Wagen übernehmen und wieder abliefern, oder eine Gefälle-strecke herstellt, von der man die durch die Lokomotive heraufgeschobenen Wagen zum Schachte ablaufen läßt. Letzteres Hilfsmittel empfiehlt sich besonders für die Bedienung der blinden Schächte und Bremsberge.

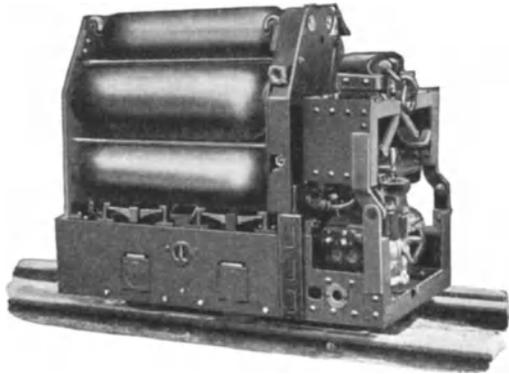


Abb. 329. Abbaulokomotive „Troll“ der Gesellschaft „Bergbau“ mit hochgeklapptem Führersitz.

Eine Lokomotive leistet 3—5 Nutz-Tonnenkilometer je PS/h. In der Schicht

werden mit einer Lokomotive unter gewöhnlichen Verhältnissen Leistungen von etwa 250—500 Nutz-Tonnenkilometern erzielt.

Die Lokomotiven werden mit Vorteil auch zur Beförderung der Leute benutzt. Diese werden dann entweder in gewöhnlichen Förderwagen, in die Sitze gelegt oder gehängt werden, oder in besonders dazu gebauten Mannschaftswagen von größerer Länge und mit 2 Drehgestellen untergebracht. Bei Fahrdrachtlokomotiven sind die Fahrenden bei Verwendung von Sonderwagen durch ein Holzdach gegen den Draht zu schützen; bei der Fahrung im Förderwagen muß während des Ein- und Aussteigens die entsprechende Drahtstrecke stromlos gemacht werden.

347. Abbaulokomotiven. In den letzten Jahren ist der Lokomotivbetrieb auch in die Teil- und Abbaustrecken vorgedrungen. Hier kommen wegen der

Schlagwettergefahr aber einstweilen nur die Druckluft- (Abb. 329) und die Akkumulatorlokomotiven in Betracht. Um sie in Stapeln befördern zu können, müssen sie sehr kurz und gedrängt gebaut werden. Es ist dies möglich, weil ihre Leistungsfähigkeit erheblich geringer als die der auf den Hauptförderstrecken gebrauchten Lokomotiven sein kann. Abb. 329 läßt den geringen Raumbedarf deutlich erkennen.

III. Die abwärts- und aufwärtsgehende Zwischenförderung.

A. Bremsberg- und Bremsschachtförderung.

348. 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. Gestellbremsberge finden insbesondere bei steilerem Einfallen 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 anderen 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 Zwischenanschlügen 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 Bremsberges ausnutzt.

Bei Förderung mit endlosem Seile können zweitrümmige Bremsberge auch zur Bedienung von Zwischenanschlügen benutzt werden. Doch ist das Anschlagen dann immerhin wegen der Notwendigkeit, ein Gestänge zu überfahren, schwierig. Ein Vorzug solcher Bremsberge ist ihre große Leistungsfähigkeit.

Zweitürmige Bremsberge mit offenem Seile können bei gutem Zustande der Fördereinrichtungen noch bei Fallwinkeln von $4-5^\circ$ 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 die Förderung bei einem Gefälle von $2-3^\circ$ ermöglichen.

349. Gestänge und Anschläge. 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 bzw. von Wagen und Gegengewicht verringert werden, falls diese Begegnungstellen dauernd an derselben Stelle bleiben (vgl. Abb. 305 auf S. 183).

An den Zwischenanschlängen kann man das Anschlagen durch Herstellung söhlicher Flächen erleichtern. Abb. 330 zeigt drei Möglichkeiten; im Falle *c* sind die Verbindungsstücke *b* eingelegt, die während des Anschlagens vorübergehend herausgenommen werden. Andere Einrichtungen sind bewegliche Schwenkbühnen, die durch Drehen oder Kippen in die söhliche bzw. schräge Lage gebracht werden.

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 herge-

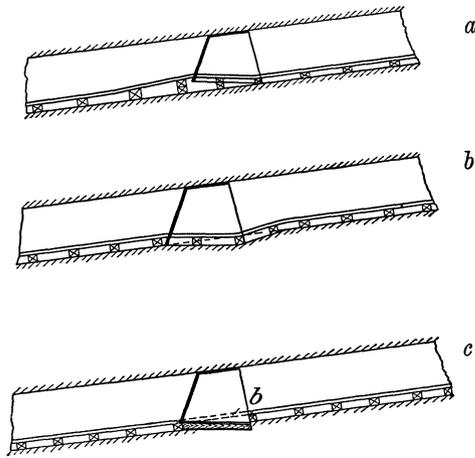


Abb. 330. Gefälle-Ausgleich an Zwischenanschlängen.

stellt werden, die genügend groß sind, um einen vollen bzw. leeren Zug aufzunehmen. Es ist zur Erleichterung des Anschlages zweckmäßig, einen solchen Wechsel mit einer Gefällestrecke auszurüsten. Wird die Streckenförderung mit Seil oder Kette ohne Ende betrieben, so kommt man mit einem kurzen Wechsel aus.

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.

350. Das Bremswerk besteht aus der Trommel oder Scheibe für das Seil und aus der Bremsvorrichtung. Wegen ihres geringen Raumbedarfs und Gewichtes werden Scheibenbremsen bevorzugt. Eine solche zeigt Abb. 331; in dieser bedeutet *b* die Seilrille, *a* den Bremskranz. Die Scheiben werden bei steilem Einfallen (Abb. 331) senkrecht zur Flözebene aufgestellt, bei flachem Einfallen in die Flözebene gelegt. Für flache Lagerung und kurze Längen (Abbauförderung, Aufhauen) werden die sog. „fliegenden Bremsen“ viel benutzt, von denen Abb. 332 ein Beispiel zeigt. Die Bremse hängt mit

Schäkel 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.

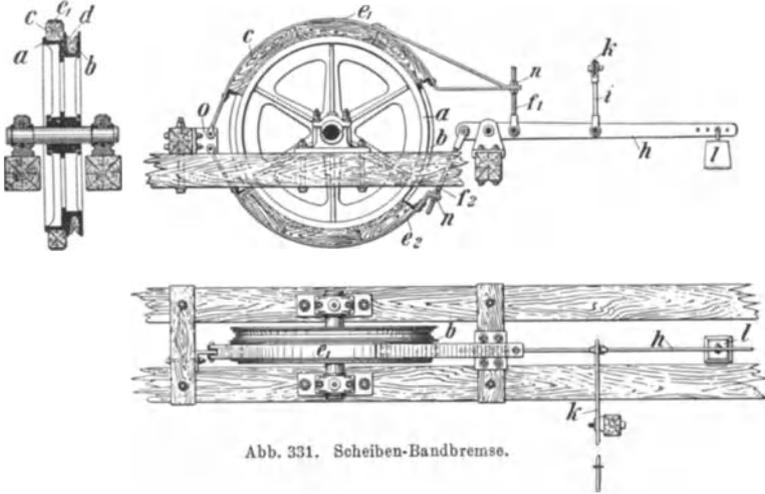


Abb. 331. Scheiben-Bandbremse.

Die Bremsvorrichtung selbst wirkt in der Regel vermittelt eines angegossenen Bremskranzes auf die Trommel oder Scheibe. Sie ist durchweg eine Bandbremse, d. h. der Bremskranz wird (Abb. 331) 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*

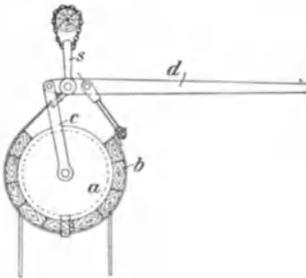


Abb. 332. Fliegende Bremse von Gebr. Bickhoff.

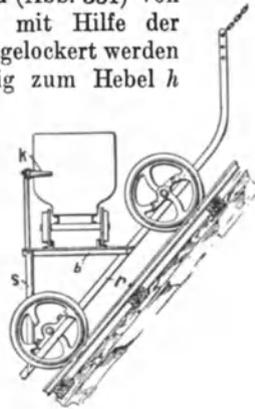


Abb. 333. Eisernes Bremsgestell für steiles Einfallen.

an, damit der Bremser seitlich stehen kann und für den Fall eines Übertreibens gesichert ist. Zur Erhöhung der Reibung und Verringerung der Abnutzung wird das Bremsband mit Holzklötzen *c* ausgefüllt, 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 Bremser's geöffnet werden kann.

351. Bremsgestelle und Gegengewichte. Die für die Bremsförderung benutzten Gestelle oder Bremsböcke werden aus Holz oder Profileisen nach Abb. 333 zusammengebaut. Sie erhalten eine Bühne *b*, die in söhlicher Lage auf dem Rahmen *r* einerseits und der Stütze *s* anderseits ruht. Das Gestell läßt sich auch so einrichten, daß die Neigung der Bühne mit Hilfe eines Gelenkes wechselnden Fallwinkeln angepaßt werden kann.

Die Gegengewichte werden niedrig und dafür entsprechend länger gebaut. Sie erhalten Einlagen aus Eisenbarren u. dgl., um ihre Belastung je nach den Umständen wechseln lassen zu können.

352. Bremschachtförderung. Seigere Bremschächte werden meist für flotte Förderung eingerichtet und müssen daher kräftige Bremsvorrichtungen erhalten, zumal das Fördergewicht hier mit seinem vollen Betrage die Bremscheibe belastet. Daher sind große Bremsflächen und Vorsichtsmaßregeln gegen die Brandgefahr durch Heißlaufen des Bremsbandes und Bremskranzes erforderlich (feuersicheres Bremsfutter aus Asbestgewebe oder Gummimasse, Berieselung oder innere Wasserkühlung).

Die Förderung erfolgt meist eintrümmig, da so Zwischenanschlüge bedient werden können und man überdies mit einer kleineren Schachtscheibe auskommt.

B. Rollochförderung.

353. Bedeutung und Ausführung. Die Förderung mit Rollöchern hat ihre Hauptbedeutung für den Erzbergbau und für die Zuführung von Versatzbergen beim Steinkohlenbergbau, wird aber neuerdings bei geringeren Förderhöhen auch für die Kohlenförderung wieder verwendet. Die Füllung der Rollen erfolgt auf Steinkohlengruben mit Hilfe von Kopf- und Kreiselwippern oder auch mittels besonderer Kippwagen, auf Braunkohlen- und Erzgruben durch Karren oder Tröge.

Ein Rollochbetrieb mit Lutten nach Abb. 334 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 erfolgt die Entleerung meist seitlich durch einen Schieber oder (bei starker Belastung besser) durch eine Drehklappe.

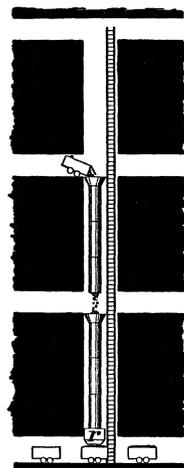


Abb. 334. Rolloch mit Lutten.

C. Aufwärtsförderung.

354. Allgemeines. Die Aufwärtsförderung kann eine Schräg- und eine Seigerförderung sein. Die Schrägförderung erfolgt mit Wagen oder mit Förderbändern. Bei der Seigerförderung ist einerseits die ein- und die zweitrümmige Förderung und anderseits die Gestell- und die Kübel- oder Gefäßförderung zu unterscheiden.

Die Schrägförderung mit Wagen erfolgt durch Haspel, die die Wagen einzeln oder zu mehreren die schiefe Ebene heraufziehen; bei Steigungen von nur 1:15 bis 1:12 können auch ganze Lokomotivzüge mit Hilfe besonderer Stößerwagen, an die das Seil angreift, gefördert werden. Die Bandförderung in Schrägstrecken bietet gegenüber derjenigen in söhligem Strecken keine Besonderheiten. Die Seigerförderung beruht stets auf Haspelbetrieb. Eintrümmige Förderung wird bei geringen Förderleistungen und bei Vorhandensein von Zwischenanschlügen bevorzugt. Gestellförderung ist die Regel. Verschiedentlich ist neuerdings aber auch Kübelförderung, bei der nur die Kohlen, nicht die Förderwagen selbst gehoben werden (s. auch Ziff. 361), zur Anwendung gekommen.

355. Förderhaspel. Die Haspel können mit Preßluft und elektrischem Strome getrieben werden. Die Preßlufthaspel spielen im Steinkohlenbergbau

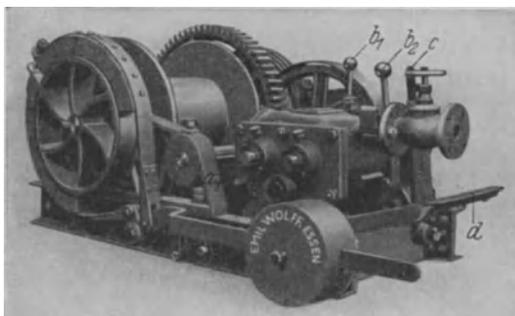


Abb. 335. Trommelhaspel mit Bandbremse und Antrieb durch Pfeilradmotor.

a_1 a_2 = Pfeilräderwellen c = Kuppelungshebel
 b_1 b_2 = Steuerhebel d = Fußhebel für die Bremse.

heute immer noch die Hauptrolle. Jedoch hat neuerdings die Verwendung elektrisch betriebener Förderhaspel zugenommen.

Die für den Antrieb der Drucklufthaspel gebrauchten Motoren sind sehr mannigfaltig. Man unterscheidet Schubkolbenmaschinen mit einem oder mehreren, feststehenden oder oszillierenden Zylindern, ferner Drehkolben-, Pfeilrad- und Geradzahn- (Stirnrad-) Maschinen. Am häufigsten findet

sich immer noch der durch Einfachheit, Betriebsicherheit und hohe Anzugskraft ausgezeichnete Zwilling-Schubkolbenhaspel (vgl. Abb. 337). Die schnelllaufenden Drehkolben- und Zahnradmaschinen, ebenso die Elektromotoren, machen starke Übersetzungen in Gestalt von Zahnradvorgelegen notwendig.

Auf das Seil wird die Motorbewegung durch Trommeln oder Scheiben übertragen. Die Scheibenhaspel werden wegen ihrer Billigkeit, ihrer geringen Raumbeanspruchung und ihres einfachen und kräftigen Baues bevorzugt, machen aber besondere Hilfsmittel gegen das Rutschen des Seiles auf der Scheibe erforderlich. Von solchen Mitteln seien hier nur kurz die Ausfüllung der Seilnut mit reibungserhöhenden Stoffen und die Vergrößerung der Seilumschlingung durch Gegenscheiben genannt, wobei auch wieder das Ausgleichgetriebe von Ohnesorge (s. Ziff. 339) Anwendung finden kann.

Einen Trommelhaspel mit Pfeilradantrieb in gedrängter Bauart zeigt Abb. 335.

Verschiedene Beispiele für Treibscheiben werden durch Abb. 336a—e veranschaulicht; und zwar zeigt Abb. 336b eine aus 3 Einzelscheiben mittels Querschraubenverbindung gebildete Scheibe, während die folgenden Abbildungen Scheiben mit Holz- oder feuersicherem Futter in den Rillen wiedergeben.

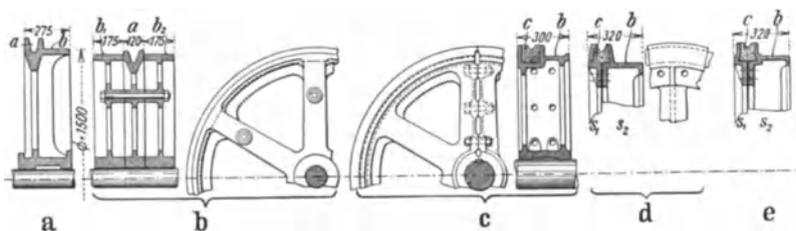


Abb. 336 a—e. Verschiedene Ausführungen von Brems- und Treibscheiben.

356. Aufstellung der Haspel. Fest eingebaute Haspel können über dem Blindschachte selbst oder am oberen Anschlag seitlich des Schachtes aufgestellt werden. Die Aufstellung auf der unteren Sohle ist zwar auch möglich, findet sich aber selten, weil das Seil durch den Schacht hochgeführt werden muß. Die Aufstellung über dem Blindschachte bietet den Vorteil, daß man mit

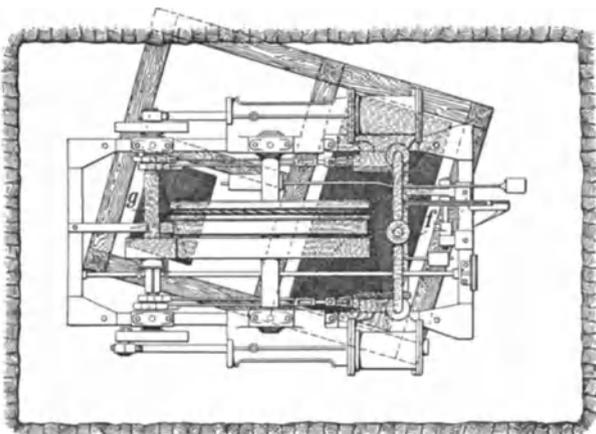


Abb. 337. Aufstellung eines Scheibehaspels über einem Blindschacht für einrührige Förderung.

wenig Raum auskommt; jedoch wird eine besondere Bewetterung der „Haspelstube“ notwendig, in der zudem Brandgefahr besteht. Abb. 337 zeigt einen Scheibehaspel in solcher Anordnung; er ist schräg zum Schachtquerschnitt verlagert, um die beiden Seile in die Mittelachsen des Fördertrums f und des Gegengewichtstrums g zu bringen. Die Aufstellung auf dem oberen Anschlag macht den Einbau besonderer Seilscheiben oberhalb des Stapels nötig, ermöglicht aber die Bedienung des Haspels durch den Anschläger und eine bessere Aufsicht.

357. Einrichtungen an den Anschlägen. Die Anschläge müssen durch Gittertore verschlossen gehalten werden, die auch mit den besonderen Sicherheitsverschlüssen (vgl. den nächsten Abschnitt) gekuppelt werden können.

Bei stärkerer Förderung werden maschinenmäßige Aufschiebevorrichtungen verwandt, die durch Preßluft betrieben werden. Abb. 338 veranschaulicht

licht eine solche Vorrichtung, bei der sich im Zylinder *a* der Kolben *b* bewegt und mit der Kolbenstange *c* den Stoßschlitten *e* mit dem Stößler *f* vorschiebt.

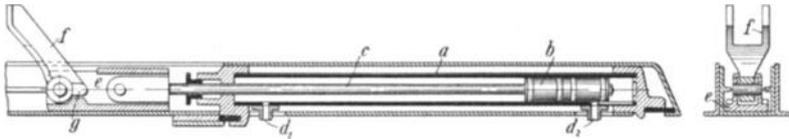


Abb. 338. Aufschiebevorrichtung von Düsterloch.

Die Preßluftleitungen für den Rückwärts- und Vorwärtsgang sind bei $d_1 d_2$ angeschlossen.

D. Sicherheitseinrichtungen bei der Brems- und Haspel-förderung.

358. Fangvorrichtungen. In Bremsbergen und Abhauen können bei Förderung mit offenem Seile abgehende Wagen durch Fanghaken am Wagen aufgehalten werden, die durch den Seilzug angehoben werden, im Falle eines Seilbruches 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.

359. Sicherheitsverschlüsse. Allgemeines. Die Sicherheitsverschlüsse sollen den Absturz von Anschlägern und anderen Personen verhüten. Am Fuße und

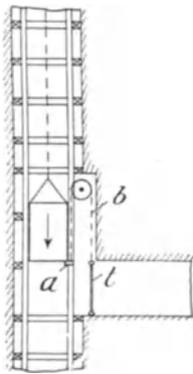


Abb. 339. Selbsttätiger Gittertürtverschluß am unteren Anschlag eines Bremschachtes.

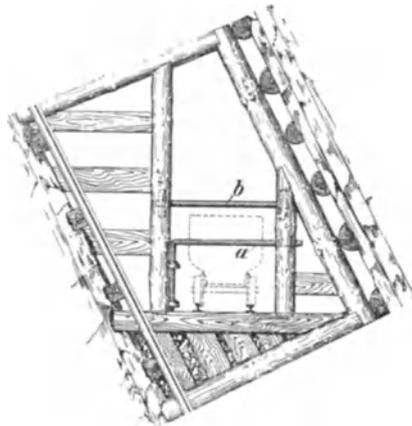


Abb. 340. Bremsberg-Zwischenanschlag mit Drehschranke und fester Eisenstange.

Köpfe von Bremsschächten genügen einfache Schiebetüren, die durch das Fördergestell am oberen Anschlag unmittelbar, am unteren gemäß Abb. 339 durch Vermittlung eines Seiles geöffnet und geschlossen werden können.

Ein einfaches Schutzmittel für Zwischenanschlänge ist die in Abb. 340 dargestellte Drehschranke *a* in Verbindung mit der fest eingelegten Eisenstange *b*;

letztere hält für den Fall des versehentlichen Offenlassens der Schranke den vorn überkippenden Förderwagen auf.

360. Selbstwirkende Verschlusseinrichtungen. Gut bewährt haben sich Verschlüsse, die auf der Mitwirkung des Fördergestells beruhen. Der ein-

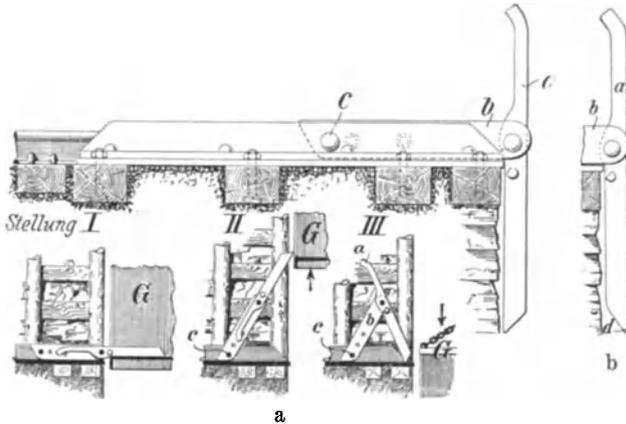


Abb. 341 a und b. Kippriegel von F. W. Moll Söhne in Witten, rechts mit Spitze *d* für selbsttätiges Anheben.

fache Mollsche Kippriegel nach Abb. 341 hängt, da die untere Hälfte des Riegels *a* die schwerere ist, für gewöhnlich in der Sperrstellung. Soll das Gestell abgefertigt werden, so wird er mittels des um den Bolzen *c* drehbaren Hebels *b* hochgeschwenkt und auf die Gestellbühne gelegt (Stellung I); wenn das Gestell den Anschlag verläßt, so kippt *b* selbsttätig in die Sperrstellung zurück. Die Stellungen II und III zeigen, daß der Riegel sowohl das Hoch- als auch das Niedergehen des Gestells gestattet.

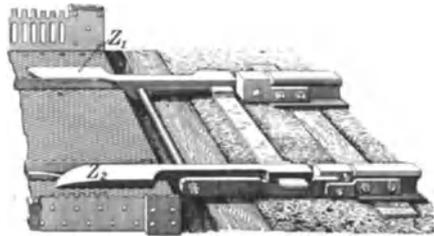


Abb. 342. Kippriegel als Schwingbühne.

Der Riegel wird von der Maschinenfabrik Mönninghoff auch nach Abb. 342 als Doppelriegel mit 2 Flacheisen ausgeführt, wodurch der Vorteil erzielt wird, daß die beiden Flacheisen eine Gleisverbindung zwischen Anschlag und Gestell herstellen und somit eine einfache Schwingbühne (s. unten, Ziff. 373) bilden, die Höhenunterschiede auszugleichen gestattet.

IV. Die Schachtförderung.

A. Gefäß- oder Kübelförderung.

361. Ausführung und Anwendung. Bei der Gefäßförderung wird das Fördergut am Füllort in ein Gefäß gekippt und dieses über Tage durch Umstürzen oder durch Öffnen einer Bodenklappe entleert. Bei der Ausführung nach Abb. 343 fällt der Inhalt des Gefäßes *G* nach Öffnung des Verschlusses

in den Zwischenbunker *a*, der auf das ansteigende Band *b* austrägt, das seine Beschickung durch die Schurre *c* an das Band *b* abgibt.

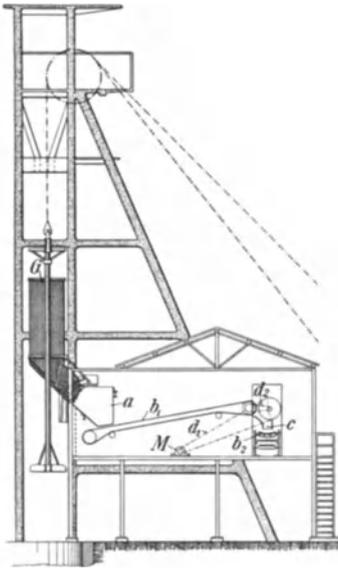


Abb. 343. Hängebank für die Gefäßförderung auf der lothringischen Steinkohlengrube La Houve.

Die Gefäßförderung stellt das älteste Schachtförderverfahren dar. Sie hat vor der bei uns üblichen Gestellförderung eine erhebliche Verringerung der toten Förderlast voraus, da die Strecken-Förderwagen nicht mitgefördert werden. Das Verhältnis der toten Last zur Nutzlast beträgt daher hier nur etwa 0,8—1,1 gegenüber 1,5—1,8 bei der Gestellförderung. Auch stellt sich die Bedienung an den Anschlägen einfacher und billiger, und die Streckenförderung wird von der Schachtförderung unabhängig, kann also mit großen Förderwagen arbeiten.

Dieses Förderverfahren eignet sich in erster Linie für große Tiefen und Förderleistungen. Es steht im ausländischen Erz- und im nordamerikanischen Steinkohlenbergbau in größerem Umfange in Anwendung, hat aber neuerdings auch im deutschen Erz-, Salz-, Braun- und Steinkohlenbergbau Ausführungsbeispiele zu verzeichnen.

B. Gestellförderung.

a) Förderseile.

362. Vorbemerkung. Zu Förderseilen wurden früher besonders in Belgien und Frankreich noch vielfach Pflanzenförderseile aus Hanf- oder Aloefaser verwendet. Sie sind aber heute bedeutungslos geworden, da sie bei 10facher Sicherheit nur mit höchstens 90 kg/cm² des Querschnittes belastet werden können gegenüber dem 20fachen Wert bei den heutigen Stahldrahtseilen.

363. Die Drahtseile sind durch den Clausthaler Oberbergrat Albert im Jahre 1834 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.

364. Flechtarten. Bandseile werden in der Weise hergestellt, daß (Abb. 344) eine Anzahl kleiner Seile („Schenkel“, 1—6), in der Regel aus je 4 Litzen 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 bzw. Fasern je zweier benachbarten Schenkel im entgegengesetzten Sinne.

Bandseile sind drallfrei und ermöglichen leichte und schmale Wickeltrommeln (Bobinen), da sie sich übereinander aufwickeln lassen, und einen einfachen Ausgleich des Seilgewichtes infolge verschiedener Seilkorbdurch-

messer (s. Ziff. 376). Für größere Lasten sind sie nicht geeignet, da die gleichmäßige Verteilung der Last auf die einzelnen Schenkel zu schwierig ist.

Bandseile werden insbesondere als Unterseile und als Förderseile beim Schachtabteufen benutzt, weil hier Drallfreiheit sehr erwünscht ist.

Bei Rundseilen unterscheidet man folgende Gruppen: 1. Litzen, d. h. Seile aus einer oder mehreren umeinander gewickelten Drahtlagen, 2. Rundlitzenseile, die aus mehreren Litzen zusammengeflochten sind, 3. Kabelseile, die in gleicher Weise aus Litzenseilen wie die Litzenseile aus Litzen bestehen.

Die für den Bergbau wichtigste Gruppe ist die der Rundlitzenseile. Bei ihnen erfolgt die Flechtung im Längs- (Gleich-) oder im Kreuzschlag, je nachdem die Drähte

in den Litzen im gleichen Sinne wie die Litzen im Seil oder entgegengesetzt verwunden sind (Abb. 345 a und b). Längsschlagseile sind biegsamer und haltbarer als Kreuzschlagseile, auch ergeben sie infolge einer gewissen Verzahnungswirkung eine größere Reibung auf der Treibscheibe; sie sind deshalb häufiger. Allerdings ist bei ihnen das Drallmoment und daher auch die Neigung, Klanken zu bilden, größer.

In der Regel sind 6—7 Litzen um ein Hanfseil als Einlage oder Seele angeordnet. Die Einlage bietet den Litzen ein weiches Auflagepolster und verhindert einen zu starken gegenseitigen Druck. Diese Litzen bestehen je nach der Stärke

des Seiles aus einer oder mehreren Drahtlagen. 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.

365. Tragfähigkeit. Leistungen und Kosten. Die Tiefe, bei der ein nicht verzüngtes Seil noch sein Eigengewicht mit 8facher Sicherheit tragen kann, berechnet sich für:

- Aloeseile (Zugfestigkeit z. B. 7 kg je mm²) zu 810—820 m,
- Eisendrahtseile (Zugfestigkeit etwa 60 kg je mm²) zu 830—850 m,
- Stahldrahtseile *a* (Zugfestigkeit 150 kg je mm²) zu rd. 2020 m,
- Stahldrahtseile *b* (Zugfestigkeit 180 kg je mm²) zu rd. 2400 m.

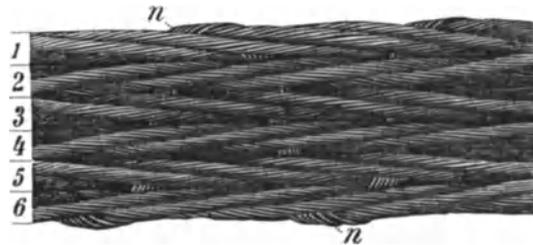


Abb. 344. Sechsschenkeliges Stahlbandseil.

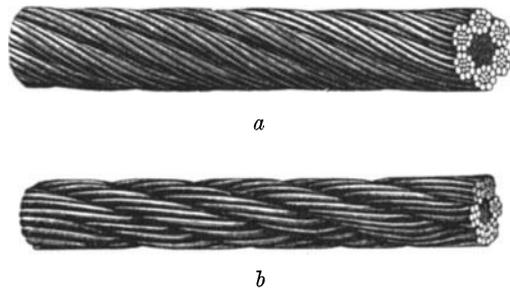


Abb. 345 a und b. Längsschlag (a) und Kreuzschlag (b) bei Drahtseilen.

Die Leistungen von Förderseilen während ihrer Aufliegezeit erreichen in tieferen Schächten 200000—500000 Nutz-Tonnenkilometer und darüber.

Die Seilkosten schwanken zwischen etwa 0,4 und 0,6 M/tkm . Sie sind am geringsten bei Stahlrundseilen für Treibscheibenförderung, höher bei solchen für Trommelförderung; sie steigen am höchsten bei Aloe- und Stahlbandseilen. Besonders hoch werden sie in nassen Schächten wegen der Rostbeschädigung, zumal wenn die Schachtwasser sauer oder salzig sind.

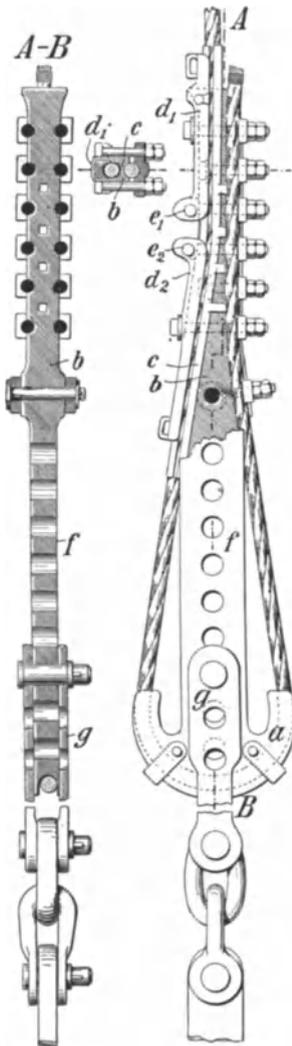


Abb. 346. Seileinband von Eigen.

b) Die Fördergestelle und das Zwischengeschirr.

366. Größe und Bauart der Fördergestelle.

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 Profileisenrahmen mit Längsverbindungen und Schrägversteifungen zusammengesetzt. Besonders stark muß der Kopfrahmen ausgeführt werden, da an diesem das Seil angreift und die etwaige Fangvorrichtung angebracht wird. Für die Führung an den Schachtleitungen dienen die Gleitschuhe.

Das Gewicht sucht man neuerdings bei tieferen Schächten durch die Verwendung von Leichtmetall herabzudrücken.

Das Festhalten der Förderwagen kann durch Klinken in mittlerer Wagenhöhe oder auf dem Schienenbelag der einzelnen Korbböden oder (besser) durch Erhöhungen oder Vertiefungen auf den letzteren erreicht werden. Während der Seilfahrt ist für einen Verschuß der offenen Seiten des Fördergestells zu

sorgen. Man benutzt dazu leichte Türen, die nur nach innen aufgehen dürfen, oder faltverschlüsse, die zur Seite geschoben oder hochgezogen werden.

367. Seileinband heißt das oberste Stück des Zwischengeschirrs. Die Befestigung des Seiles in diesem Stücke kann mittels einer sog. „Kausche“ oder mittels eines Seilschlosses oder einer Seilklemme erfolgen. Einen Seileinband mit Kausche zeigt Abb. 346. Das Seil ist um die eigentliche Kausche *a* und das damit verbundene Zwischenstück *b* gelegt. Der obere Teil der Hülse *c* ist zum Aufklappen eingerichtet, so daß das Seil zur Besichtigung frei ge-

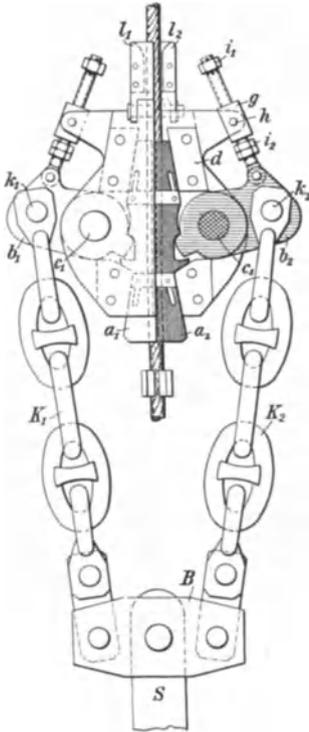


Abb. 347. Seilklemme der Demag (Duisburg).

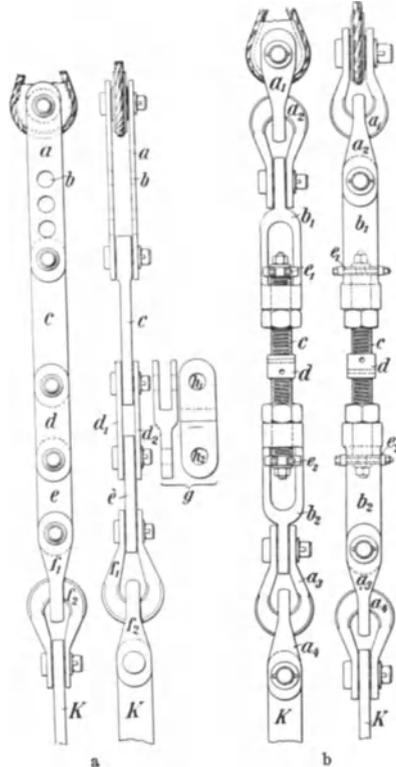


Abb. 348 a und b. Zwischengeschirr der Siegener Maschinenfabrik-A.-G.

geben werden kann. Der umgebogene Seilschwanz wird durch Schrauben gegen das Einlegestück *b* gepreßt und so festgehalten. Das Zwischengeschirr greift mittels der Doppellasche *g* an der Lasche *f* an, die einen Bestandteil der Kausche selbst bildet und zwecks Einstellung der Seillänge mehrere Löcher besitzt.

Ein Seilschloß veranschaulicht Abb. 347. Die Umbiegung des Seiles fällt hier fort; die Förderlast greift mittels der Königstange *S* und des Querstückes *B* an Ketten *K*₁ *K*₂ an, die an den Bolzen *k*₁ *k*₂ hängen, und drückt dadurch die auf den Bolzen *c*₁ *c*₂ sitzenden Winkelhebel herum, die mit Daumen die außen abgechrägten Klemmhülsen *a*₁ *a*₂ fassen und zwischen das Seil und die entsprechend gestalteten Innenflächen der eigentlichen Seilbüchse *d* pres-

sen. Das Seil wird also um so kräftiger eingeklemmt, je größer die Förderlast ist. Zum Lösen der Klemme dienen die Muttern i_1 auf den durch die Drehbüchsen g hindurchgehenden Schraubenspindeln.

368. Die eigentlichen Zwischengeschirrtteile. Der Förderkorb kann durch Ketten oder durch eine Königstange (vgl. Abb. 347) am Seil aufgehängt werden. Im ersten Falle finden in der Regel 4 Ketten („Zwieselketten“) Verwendung; außerdem pflegt man 4 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 (vgl. Abb. 362 auf S. 213).

Wegen der Längung der Seile müssen Zwischenstücke vorgesehen werden, die ein Längen durch eine entsprechende Verkürzung auszugleichen gestatten. Für die gröbere Einstellung dienen gemäß Abb. 348 Laschenketten, deren Laschen c d einzeln entfernt oder durch Einstecken der Verbindungsbolzen in verschiedene Löcher b der Lasche a in verschiedenen Längenverhältnissen untereinander verbunden werden können. Die feinere Einstellung erfolgt durch Schraubenspindeln (Abb. 348 b).

Außerdem kommen noch verschiedene Schäkel zur Herstellung der erforderlichen Verbindungen zwischen Seileinband, Ketten, Königstange und Förderkorb in Betracht. Wirbel, die man früher zur Auslösung der Drallspannung einschaltete, haben sich als nachteilig erwiesen, da sie das Seil durch fortwährendes Auf- und Zudrehen beschädigten.

c) Schachtleitungen.

369. Allgemeine Anordnung der Schachtleitungen. Man unterscheidet Kopf-, Seiten- und Eckführungen. Erstere führen die Fördergestelle an den

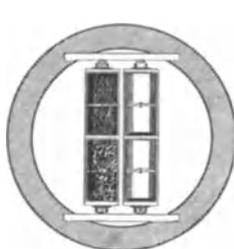


Abb. 349. Kopfführung bei langen Förderkörben.

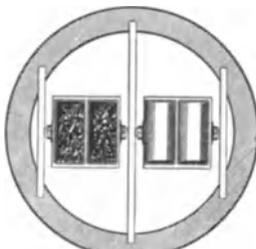


Abb. 350. Seitenführung bei breiten Förderkörben.

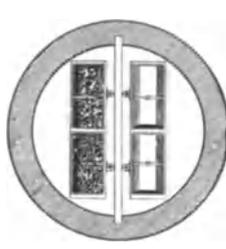


Abb. 351. Seitenführung bei langen Förderkörben.

offenen Seiten. Sie bilden bei schmalen Fördergestellen die Regel (Abb. 349), werden aber auch für Fördergestelle mit je 2 Wagen nebeneinander verwandt.

Seitenführungen (Abb. 350) 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 Mitteleinrichtungen zu sparen, so eingerichtet, daß die Gestelle nur auf einer Seite, hier aber mit 2 Leitungen geführt werden (Briartsche Führung, Abb. 351).

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.

370. Ausführung. Die Führungen können aus Holz, Profileisen oder Drahtseilen bestehen.

Für Holzführungen wird in der Regel das Holz der amerikanischen Pechkiefer (pitchpine) verwendet. Außerdem findet Eichenholz Anwendung; auch benutzt man neuerdings mit gutem Erfolge das wegen seiner Härte gegen den Verschleiß sehr widerstandsfähige australische Jarrah-Holz. Beispiele für Verbindungen der einzelnen Leitbäume („Spurlatten“) untereinander und mit den Einstrichen liefert Abb. 352 a und b. Neuerdings sichert man die Leitbäume bei stärkeren Beanspruchungen durch Einsetzen in Eisen- oder Stahlschuhe, die man an den Einstrichen befestigt. Die einzelnen Leitbäume erhalten Längen von je etwa 6—9 m.

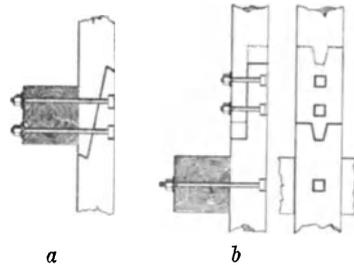


Abb. 352 a und b. Befestigungen und Verbindungen von Spurlatten.

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 (Abb. 351). Die Briartsche Führung (Abb. 351) findet insbesondere für Schächte mit Doppelförderung wegen der bei dieser Führung zu erzielenden Raumersparnis Anwendung.

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. Jedoch beanspruchen sie bei größeren Teufen viel Raum wegen der unvermeidlichen Seilswankungen.

d) Füllort und Hängebank.

371. Allgemeines. Bei lebhafter Förderung wird der Wagenwechselbetrieb zum Durchschieben eingerichtet. Dabei hält man am Füllorte sowohl wie an der Hängebank eine einheitliche Förderrichtung ein, um so die höchste Leistungsfähigkeit der Förderung zu erzielen. Zu diesem Zwecke müssen am Füllorte nötigenfalls durch Umleitungen die vollen Wagen sämtlich von einer Seite herangebracht und die leeren Wagen, ebenfalls von einer Seite ablaufend, den verschiedenen Feldesteilen zugeführt werden. An der Hängebank läßt man die Wagen einen geschlossenen Umlauf machen (Abb. 353). Eingeschaltete Kettenbahnen heben die Wagen auf eine gewisse Höhe, so daß sie im übrigen selbsttätig im Gefälle laufen können (vgl. Abb. 326 auf S. 191).

372. **Aufsetzvorrichtungen (Schachtfallen, Keps)** sollen das Fördergestell an der Hängebank und am Füllort halten, um einen sicheren Wagenwechsel zu ermöglichen. Bei den einfachen Aufsetzvorrichtungen ist ein Anheben des Förderkorbes erforderlich, um die Aufsetzvorrichtung zurückziehen zu können. Besser sind Vorrichtungen, die unter der Last des aufruhenden Förderkorbes zurückgezogen werden können. Dadurch wird das Hängeseil verhütet, was namentlich für mehrbödige, also mehrmals umzusetzende Förderkörbe wichtig ist. Eine solche Aufsetzvorrichtung zeigt Abb. 354.

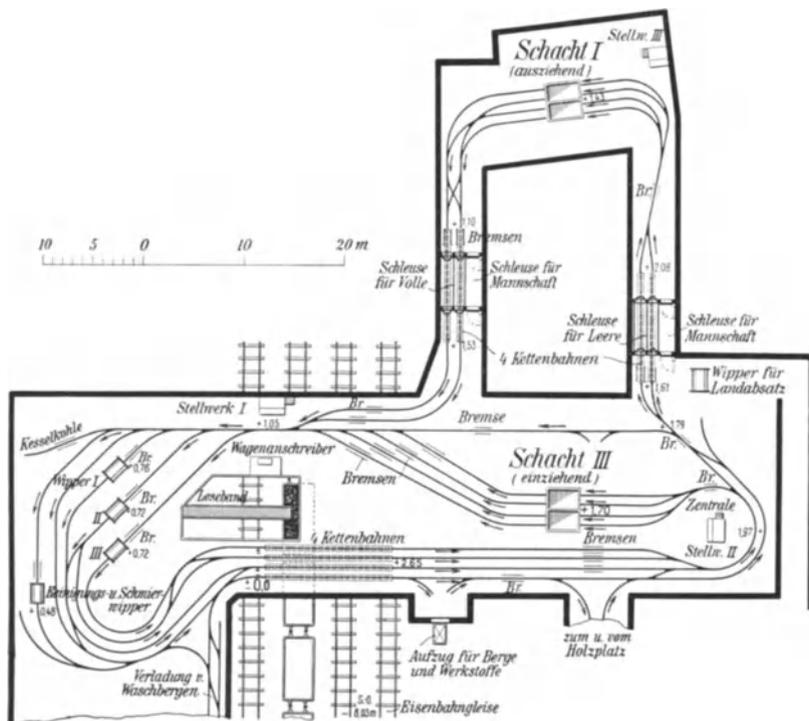


Abb. 353. Wagenumlauf auf der Hängebank einer Doppelschachanlage.

Mittels Handhebels *a* und der durch ihn betätigten Gelenkhebel *bc* kann die keilförmig abgeschrägte Aufsetzknagge *d* in der festen Führungsbüchse *e* bewegt werden. Beim Aufsetzen des Gestells wird die Knagge durch den Gegendruck des starren Hebels *bc* (Abb. 354 b) zurückgehalten, kann aber zum Ausweichen unter der Last des Fördergestells dadurch veranlaßt werden, daß der Anschläger den Hebel einknickt (Abb. 354 a), wobei *d* sich in die Büchse *e* zurückschiebt. Die Knagge *d* kann um den Drehpunkt im Hebel *c* frei schwingen, also vom hochkommenden Förderkorb zurückgeschlagen werden.

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 meist ohne Aufsetz-

vorrichtungen gefördert. Man vermeidet dann die Bildung von Hängeseil sowie die wechselnde Beanspruchung der Fördergestelle auf Zug und Druck.

373. Schwingbühnen

werden heute in großem Umfange als Ersatz für Aufsetzvorrichtungen verwendet. Sie eignen sich besonders für Füllörter in tiefen Schächten, wo sich die Längenänderungen der Seile stark bemerklich machen. Eine solche Bühne zeigt Abb. 355. Die Plattform *a* ist durch das Gegengewicht *d* ausgeglichen. Sie wird durch Druck auf den Handhebel auf den zu bedienenden Boden des Fördergestelles gelegt.

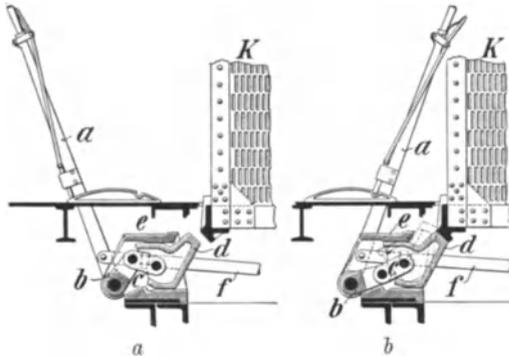


Abb. 354 a und b. Aufsetzvorrichtung von Haniel & Lueg.

Der vorderste Teil *b* ist drehbar angeordnet, so daß er nötigenfalls von dem niedergehenden Fördergestell heruntergeklappt werden kann, während das hochgehende Gestell die Bühne so weit anzuheben vermag, daß es vorbei kann. Das Gestänge *e* verbindet die beiderseitigen Betätigungshebel.

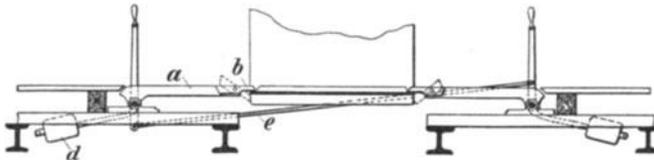


Abb. 355. Doppelseitige Schwingbühnenanlage.

374. Die Bedienung der Gestelle. 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 (beim Vorhandensein von Aufsetzvorrichtungen und bei nicht lebhafter Berge-Rückförderung) die durch das Aufsetzen der Förderkörbe auf die Aufsetzvorrichtung erzeugte Stauchwirkung verringert wird, weil die schweren gefüllten Wagen unterhalb des Stützpunktes hängen.

Bei stärker beanspruchten Förderanlagen sucht man, da die Zahl der auf einem Fördergestell zu hebenden Wagen eine gewisse Grenze nicht überschreiten und ebenso die Fördergeschwindigkeit nicht beliebig gesteigert werden kann, den Aufenthalt der Gestelle an den Anschlägen möglichst zu verkürzen.

Für mehrbödige Gestelle, wie sie für größere Förderleistungen erforderlich sind, kann man an Hängebank und Füllort für jeden Boden des Fördergestells eine besondere feste Abzugsbühne vorsehen; 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 dieser Übelstände ist möglich, wenn man einmaliges Umsetzen beibehält, also nur für jeden zweiten Förderkorbboden eine Abzugsbühne einbaut (Abb. 356).

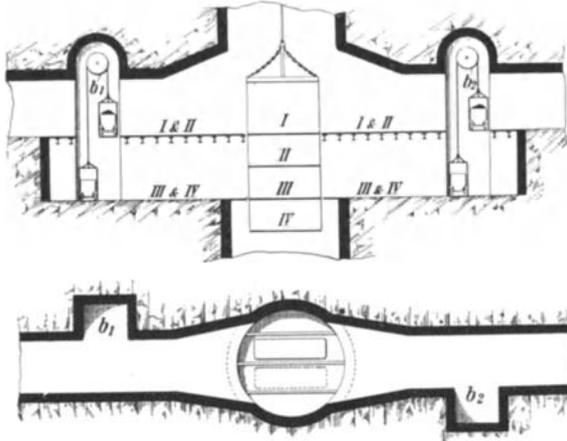


Abb. 356. Bedienung vierbödiger Fördergestelle von zwei festen Bühnen aus mit einmaligem Umsetzen.

Ein anderes Hilfsmittel, von dem man heute in großem Umfange Gebrauch macht, stellen die mechanischen Aufschiebevorrichtungen dar. Diese bewirken das Auflaufen der vollen Wagen auf den Förderkorb und das Ab-

laufen der leeren Wagen vom Förderkorbe durch Schwinghebel f (Abb. 357), die von oben her mit Druckrollen $g_1 g_2$ hinter die Wagen fassen, oder durch eine unterlaufende Kette mit auf- und abklappbaren Mitnehmern, die sich beim Zurückziehen niederlegen, beim Vorziehen dagegen aufrichten und die Wagen mitnehmen. — Andere Beschickvorrichtungen arbeiten mit schiefen Ebenen.



Abb. 357. Aufschiebevorrichtung der Maschinenfabrik Hasenclever A.-G.

Sie erfordern Sperrhebel, Bremsvorrichtungen u. dgl., die die auf den Förderkorb auflaufenden und die dem Anschlage zulaufenden Wagen rechtzeitig festhalten. Auch hat man verschiedentlich die Förderkörbe selbst in die Gefällestrecke eingeschaltet, indem man ihre Böden geneigt eingebaut oder beweglich eingerichtet hat.

Ein Beispiel für eine größere Füllortanlage in Verbindung mit Lokomotiv-Streckenförderung gibt Abb. 358. Hier läuft der Durchschiebebetrieb von links (Süden) nach rechts (Norden). Als Hilfsmittel für die Wagenbewegung

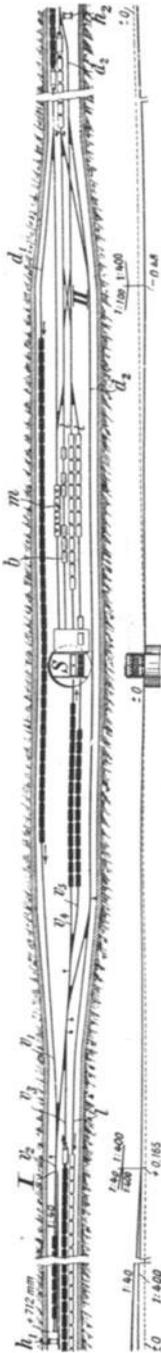


Abb. 358. Füllortanlage auf Schacht V der Gewerkschaft ver. Constantin der Große bei Bochum. (Maßstab 1:1300).

werden benutzt: Gefällestrecken, Aufschiebevorrichtungen am Schachte (wegen des kleinen Maßstabes nicht gezeichnet) und Haspel $h_1 h_2$ (an den beiden äußersten Enden). Die von Norden kommenden vollen Züge werden durch den Haspel h_1 den Lokomotiven abgenommen und durch die Umführung d_1 auf die Südseite gebracht, wo sie ebenso wie die von Süden kommenden vollen Wagen mit Gefälle dem Schachte zulaufen. Für die nach Süden zurückzuführenden leeren Wagen dient das Umführungsgleis d_2 .

e) Die Betätigung der Schachtförderung.

375. Die Trommelförderung besteht darin, daß die Seile mit einem Ende auf einer Trommel befestigt sind und also für jedes Fördertrum ein Seil erforderlich ist. 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.

376. Ausgleichung des Seilgewichtes. Das einfachste und für Rundseile bei uns fast allein benutzte Mittel zur vollkommenen Ausgleichung des Seilgewichtes ist das Unterseil, das mit seinen beiden Enden unter beiden Förderstellen befestigt wird und dessen Schleife bis zum Schachtiefsten reicht. Dort kann das Unterseil über eine Scheibe mit Gewichtsbelastung und Schlittenführung gelegt werden, doch zieht man meist eine Anzahl von Einstrichen gemäß Abb. 359 als betriebssicherer vor. Um die Förderkörbe von dem großen Gewicht des Unterseiles zu entlasten, hat man dieses öfter auch mit Hilfe eines Umführungsgestänges unmittelbar am Oberseil aufgehängt.

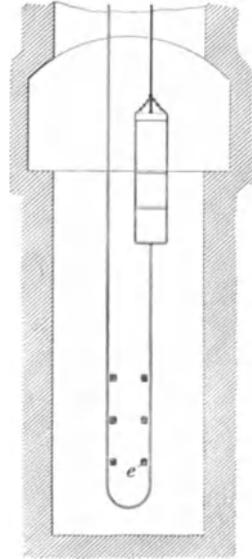


Abb. 359. Führung des Unterseiles im Schachtiefsten.

Andere Seilausgleichungen gründen sich auf die Verschiedenheit der Aufwicklungsdurchmesser der Seilkörbe, indem das größte Seilgewicht am kleinsten, das kleinste Seilgewicht am größten Hebelarm wirkt. Eine derartige Ausgleichung ermöglichen die für die Bandseilförderung bestimmten sog. „Bobinen“ (Abb. 360), auf denen sich das Seil übereinander aufwickelt, so daß selbsttätig ein gewisser Seilausgleich erzielt wird. Bei Verwendung von Rundseilen kann man eine ähnliche Ausgleichung dadurch herbei-

führen, daß man Seilkörbe mit mehr oder weniger konischer Form verwendet. Solche Seilkörbe sind die konischen (Abb. 361a) und die Spiralkörbe (Abb. 361b), von denen die ersteren einen Böschungswinkel der Trommeloberfläche gegen die Horizontale bis zu etwa 30° , die letzteren einen solchen bis zu etwa 60° 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.

377. 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 Treibscheibenförderung wird fast stets mit Unterseil-Ausgleichung

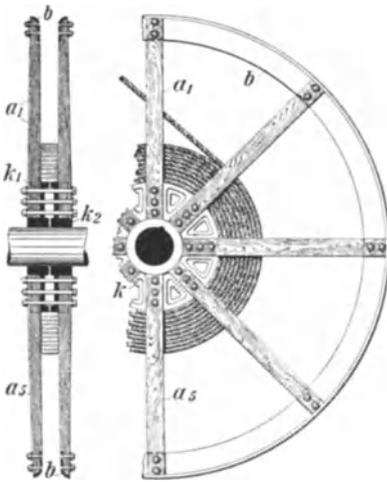


Abb. 360. Bobine.

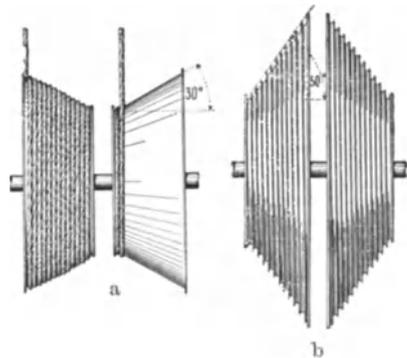


Abb. 361 a und b. Konische und Spiral-Seilkörbe.

betrieben, damit durch die vergrößerte tote Last die Reibungswirkung gesteigert und ein genügend rasches Anfahren ohne Rutschen des Seils ermöglicht wird.

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 von einem Seile, die Unmöglichkeit einer Prüfung des Seiles durch Abhauen des untersten Endes und die Unmöglichkeit, von verschiedenen Sohlen zu fördern. Für Turmfördermaschinen (vgl. Abb. 369, S. 217) kommt nur die Treibscheibe in Betracht.

f) Sicherheitsvorrichtungen bei der Schachtförderung.

1. Fangvorrichtungen.

378. Bedeutung und allgemeine Erfordernisse der Fangvorrichtungen.

Die Fangvorrichtungen sollen fahrende Leute für den Fall eines Bruches des Förderseiles oder eines Zwischengeschirrteiles sichern. Dagegen ist ihr Nutzen bei der Förderung gering. Denn infolge der großen Massen und Geschwindigkeiten ist hier die Fangwirkung zweifelhaft und die Beschädigung der Schachtleitungen durch die Fänger beträchtlich; es kann also 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.

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 Fangvorrichtung 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.

379. Ausführungsbeispiele. Mit gezahnten Exzentern greift die auf einer Anzahl von Schachtanlagen noch vorhandene und auch für Blindschacht-

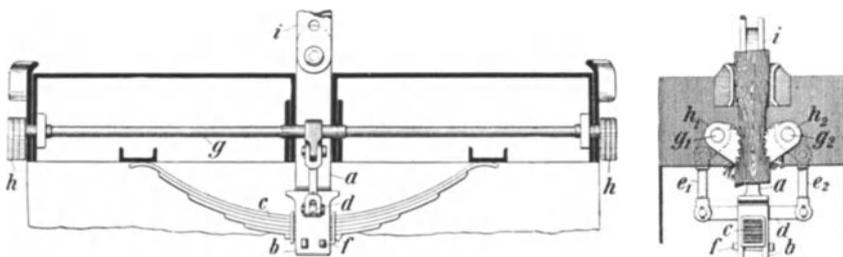


Abb. 362. Fangvorrichtung von White & Grant.

förderungen vielfach verwendete Fangvorrichtung von White & Grant (Abb. 362) die Spurlatten von beiden Seiten an. Die gezahnten Klauen $h_1 h_2$ sind auf die Wellen $g_1 g_2$ aufgekeilt. Die Drehung der Wellen erfolgt durch die Hebelübertragung $e_1 e_2$ von der Blattfeder c aus, die durch den Seilzug mittels der Königstange a , der Gabel b und der Keile f für gewöhnlich gespannt gehalten wird, so daß die Fangklauen in zurückgezogener Stellung verharren und erst im Falle des Seilbruches durch Entspannung der Feder zum Eingreifen gebracht werden.

Derartige Fangvorrichtungen können durch einen längeren Seilschwanz wieder außer Eingriff gebracht werden, indem dieser sich im Ausbau verfängt und die Feder wieder strafft. Zu den Fangvorrichtungen, die diese Wirkung ausschalten, gehört diejenige von P. Schönfeld (Abb. 363), die mit dem Förderseil nichts zu tun hat, sondern nur auf zu große Beschleunigung anspricht. Die Fänger a , die mit den Schwinghebeln b auf dieselbe Welle aufgekeilt sind,

werden während des Förderbetriebes dadurch in der links gezeichneten Ruhestellung gehalten, daß die Zugstange c gegen den Druck der Blattfeder d durch die Nase e des Fallhebels f niedergedrückt wird. Der Hebel f wird durch die Gelenkhebel gh in der Sperrstellung gehalten, indem das Gelenkstück i die Büchse k gegen den Druck der Feder l_1 herunterdrückt, so daß die Klinke m , die in eine Eindrehung der Büchse k greift, diese festhält. Die Betätigung erfolgt dadurch, daß das Tanzgewicht n , das mit seinem oberen Rande auf der Feder l_2 ruht, bei Überschreitung einer gewissen Beschleunigung hochgeht und mittels des Hebels o und der Rolle p die Klinke m auslöst, worauf die Feder l_1 die Büchse k hoch- und damit das Kniegelenk i nach oben durchdrückt, so daß der Hebel f zurückgezogen wird und den Hebel g freigibt. Damit wird dann die Blattfeder d entspannt und der Schwinghebel b nebst dem Fänger a in die in

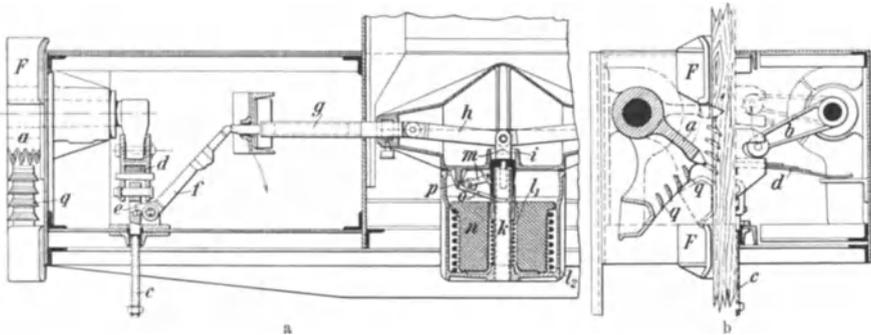


Abb. 363 a und b. Hobel-Fangvorrichtung von P. Schönfeld.

der Abb. 363 b gestrichelt angedeutete Fangstellung gebracht. Die von diesem Augenblick an durch die Fänger a abgehobelten Späne der Spurlatten werden durch die Zwischenräume zwischen den Messern g hindurchgedrückt und auf diese Weise gleich abgeführt, so daß keine Verstopfung, die die Fangwirkung beeinträchtigen könnte, eintreten kann.

Die Fangvorrichtung hat sich auf zahlreichen Anlagen bewährt.

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.

380. 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 (Abb. 364) und unterhalb des Füllorts. Die Wirkung solcher Bremsvorrichtungen wird ergänzt durch unterhalb der Seilscheiben eingebaute Prellträger T_2 , die zum Schutze der Seilscheiben dienen. Für den Fall, daß beim Anprall des Gestells das Seil reißen sollte, werden Fangstützen k vorgesehen, die vor dem hochgehenden Gestell ausweichen, aber sofort wieder in den Schacht zurückfallen und erforderlichenfalls das Gestell auffangen.

381. Überwachung der Fördermaschine. Für die Fördermaschine sind zunächst als Überwachungsvorrichtungen der Teufenzeiger und der Ge-

schwindigkeitsmesser erforderlich. Der Teufenzeiger ist entweder ein drehend bewegter Zeiger, der auf einer bogenförmigen Teilung spielt, oder ein senkrechtes Gestell, an dem sich zwei 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 durchweg solche nach der Bauart von Karlik, bei der ein auf Quecksilber ruhender Schwimmer mittels der Schleuderkraft 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.

382. Die Beeinflussung der Fördermaschine kann in der Weise erfolgen, daß ein Geschwindigkeitsregler 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. Man kann dann das Stillsetzen der Maschine mittelbar durch Auslösung einer Vorrichtung, die die Dampfbremse aufwirft (vielfach außerdem auch noch den Drosselschieber schließt) bewirken. Vollkommener aber ist die Lösung, die in den heute eingeführten Fahrtreglern verkörpert ist und darin besteht, daß die Regelungseinrichtung unmittelbar auf die Steuerung der Maschine einwirkt, so daß diese durch Zurückschieben des Steuerhebels in die Mittel- lage allmählich und selbsttätig stillgesetzt wird. Am einfachsten läßt sich dieser Gedanke bei denjenigen elektrischen Fördermaschinen durchführen, bei denen die Geschwindigkeit von der jeweiligen Stellung des Steuerhebels abhängt.

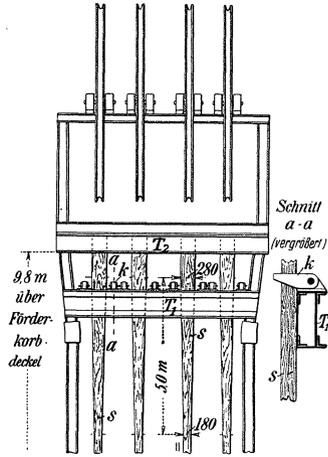


Abb. 364. Kopf eines Doppelfördergerüsts mit verdickten Spurlatten, Prellträgern und Fangstützen.

g) Signalvorrichtungen.

383. 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, die jedes Signal dem Signalgeber hörbar zu machen gestatten und in vorteilhafter Weise Hör- und Schausignale zu vereinigen ermöglichen.

384. Die elektrische Signalgebung wird in ihrem Grundgedanken durch Abb. 365 veranschaulicht. Diese läßt die Stromkreise erkennen, die an eine gemeinsame Stromquelle (Speicherbatterie oder Starkstromleitung) angeschlossen sind, nämlich den Stromkreis Füllort-Hängebank mit den Kontakten (Drucktasten) T_1 — T_3 und den Weckern $E.W_1$ — $E.W_3$, ferner den Stromkreis Hängebank-Fördermaschine mit einer weiteren Drucktaste und

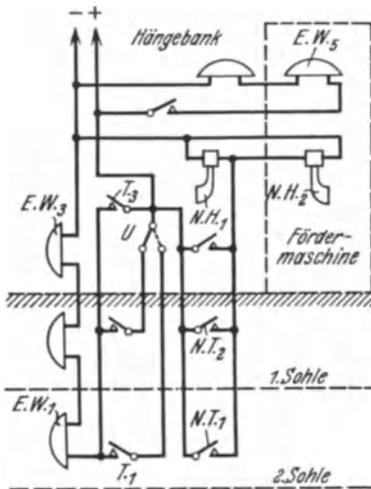


Abb. 365. Schaltungsplan einer elektrischen Signalanlage für 2 Sohlen mit einpoligen Kontakten.

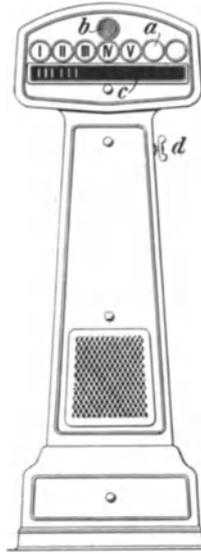


Abb. 366. Signalständer der Neufeldt & Kuhnke-G. m. b. H. für elektrische Hör- und Schausignalgebung.

2 Weckern und drittens den Stromkreis für die Nothupen $N.H_1$ und $N.H_2$, die durch die Notkontakte $N.T_1$, $N.T_2$ usw. betätigt werden. Statt der Drucktasten können auch Hebel- oder Zugkontakte verwandt werden; letztere werden heute bevorzugt.

Ein Beispiel für die Signalübermittlung an den Fördermaschinen gibt Abb. 366. Der Signalständer trägt in seinem Kopfteil die Signaltafel, im Schaft den Wecker, die Notlampe und die erforderlichen Hilfsvorrichtungen. In den Fenstern a erscheint durch Aufleuchten einer Glühlampe die jeweils bediente Sohle; b ist das bei Seilfahrt beleuchtete Fenster und c der Schlitz, in dem die Schausignale erscheinen.

h) Fördergerüste und Seilscheiben.

385. 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

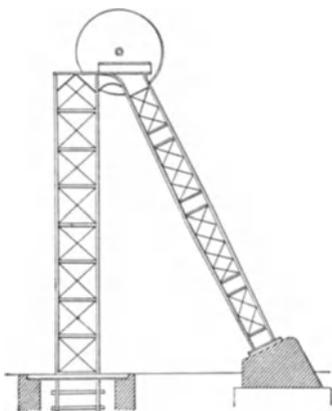
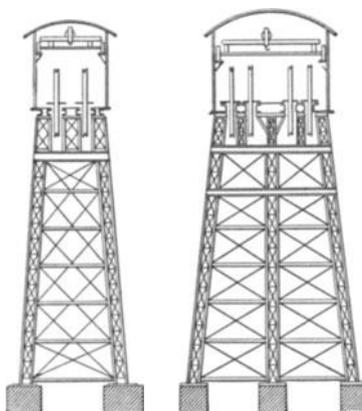


Abb. 367. Seitenansicht eines eisernen Fördergerüsts.



a) zweibeiniger b) dreibeiniger Bock.
Abb. 368 a und b. Vorderansichten von eisernen Fördergerüsten.

wichtigster Teil ist die Strebe, die gemäß Abb. 367 den von der Maschine ausgehenden Seilzug aufnimmt. Je nachdem, ob sie sich aus zwei oder drei Einzelstützen zusammensetzt, spricht man von einem „zweibeinigen“ oder „dreibeinigen“ Bock (Abb. 368).

Bei der Treibscheibenförderung kann man die Seilscheiben auch ganz weglassen lassen und die Fördermaschine auf das Schachtgerüst selbst setzen, was am besten bei elektrischem Förderbetrieb ausgeführt werden kann. Das Gerüst wird dann zum „Förderturm“ (Abb. 369). Diese Bauart hat den Nachteil, daß die Fördermaschine schwieriger zugänglich wird und durch ein etwaiges Übertreiben in Mitleidenschaft gezogen werden kann. Vorteile sind dagegen: Schutz der Seile gegen Witterungseinflüsse, Verringern des Schlagens der Seile, Raumersparnis und standfester Bau des nicht durch Seitenkräfte beanspruchten Gerüsts.

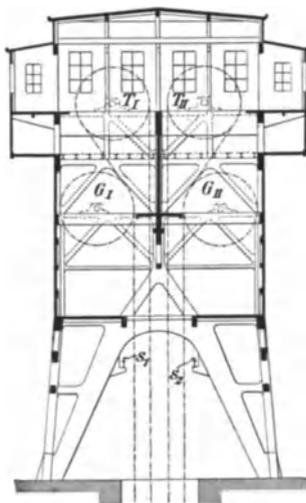


Abb. 369. Förderturm aus Eisenbeton.

386. 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 schmiedeeiserne Speichen verbunden wird, und müssen für stärkere Seile Durchmesser von 4—6 m erhalten, um zu scharfe Seilbiegungen zu vermeiden. Neuerdings werden auch geschweißte Seilscheiben geliefert.

Neunter Abschnitt.

Wasserhaltung.

I. Hilfsmaßnahmen der Wasserhaltung.

387. 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 zu-

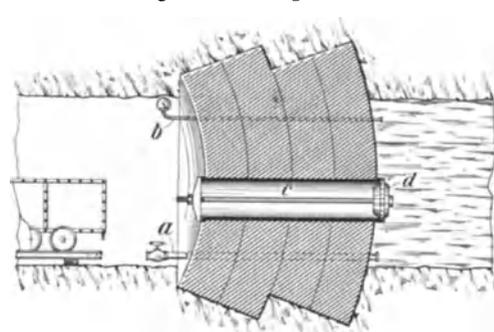


Abb. 370. Wasserdamm.

fallen 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 nahekommen, 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 Abb. 370 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 Abführung der Wasser dienen kann, 2. nahe unter der Firste ein Röhrechen *b* zur Ableitung der hinter dem Damme stehenden Luft und zur 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 befürchten sind, baut man Dammtore ein, die zunächst geöffnet bleiben und nur im Falle der Not geschlossen werden. Dammtore bestehen (Abb. 371) 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 *a* 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 wird, falls dies er-

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 nahekommen, einen unverritzten Sicherheitspfeiler von genügender Stärke zwischen jenen und diesen stehen lassen, der auch durch Aus- und Vor-

wünscht scheint, 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 zum Anbringen eines Manometers vorgesehen.

388. Sumpfanlagen. Bei Stollenbetrieb sind besondere Vorkehrungen für die Wasserhaltung naturgemäß entbehrlich. 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 Schachttiefste als Sumpf zu benutzen. Bei stärkeren Zuflüssen werden besondere Sumpfstrecken (streichende Strecken auf Flözen, auch Querschläge) aufgefahren, die so tief unter der Fördersohle liegen, daß sie sich vollständig mit Wasser anfüllen können, ehe dieses die Sohle der Förderstrecken erreicht.

389. Das Gefälle der Strecken. Die Steigung, die man den Ausrichtungstrecken mit Rücksicht auf ein gutes Abfließen der Wasser geben muß, beträgt etwa 1:1000. Bei sehr gutem Liegenden oder ausgemauertem Sohle kann man auch auf 1:2000 herabgehen. Bei unruhigem, quellendem Liegenden wählt man stärkere Steigungen, z. B. 1:500 und darunter.

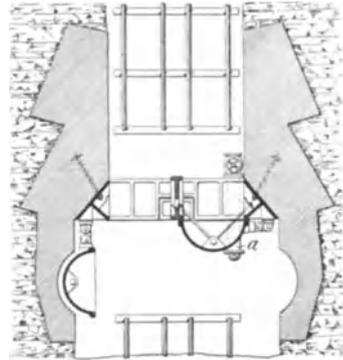
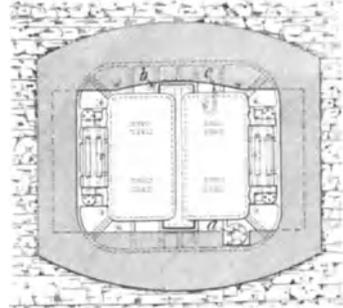


Abb. 371. Dammtor mit 2 Türen.

II. Wasserhebevorrichtungen.

Die hauptsächlichsten Wasserhebevorrichtungen sind Kolbenpumpen und Zentrifugalpumpen; von geringerer Bedeutung sind Wasserzieheinrichtungen, Strahlvorrichtungen, Mammutpumpen und Pulsometer.

A. Kolbenpumpen.

390. Einteilung. In Betracht kommen 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).

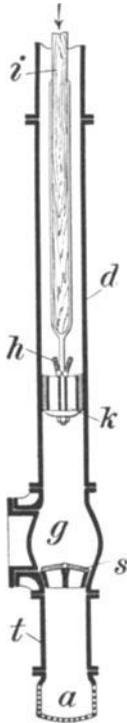


Abb. 372.
Hubpumpe.

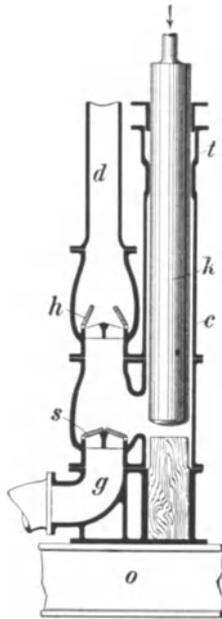


Abb. 373.
Druckpumpe.

391. Pumpenarten. Bei einer Hubpumpe bildet nach Abb. 372 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 at nicht zu empfehlen.

Bei einer Druckpumpe (Abb. 373) 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 einen hohlen Tauchkolben und damit die Eigentümlichkeit, daß die Pumpe beim Hoch- und Niedergehen des Gestänges in ununterbrochenem Strome Wasser ausgießt.

392. 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 auch in solchen Fällen möglich bleibt. Ferner ist es für manche Fälle eine 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: großer Raumbedarf 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 allgemein die unterirdischen Wasserhaltungen.

393. Die unterirdischen Wasserhaltungen. Die hier benutzten Pumpen sind stets Druckpumpen (Abb. 373). Anordnung und Ausführung weisen

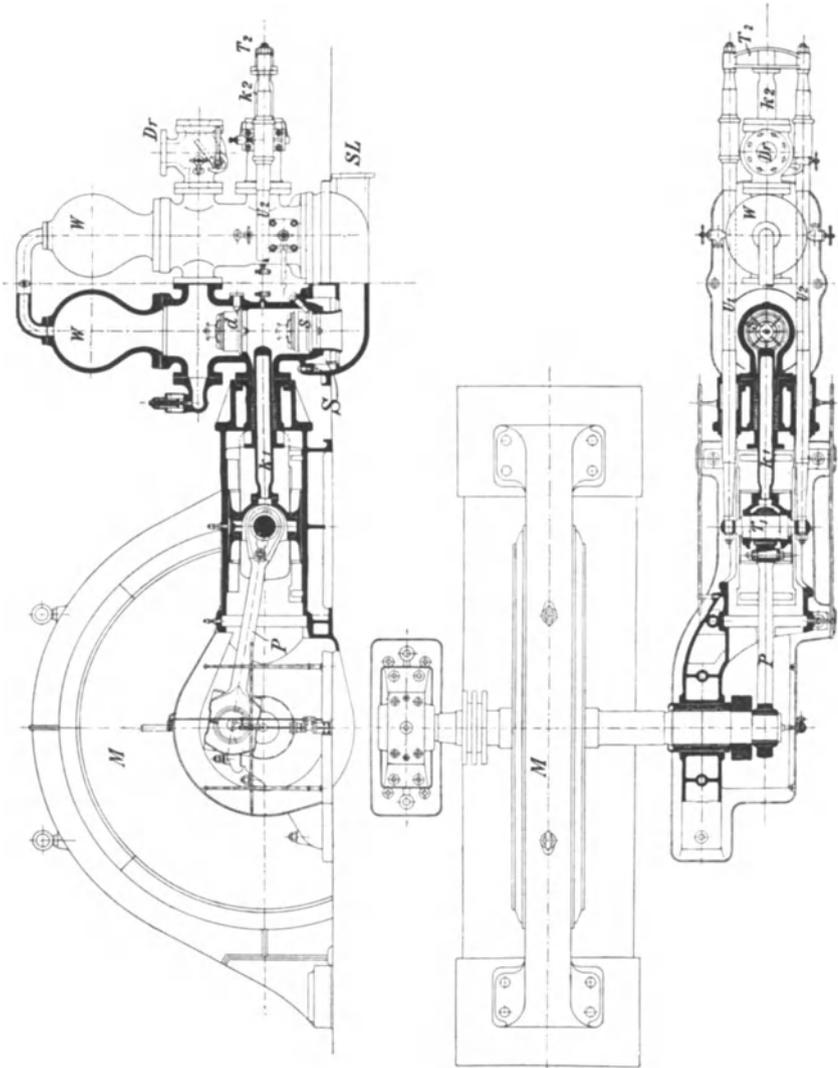


Abb. 374. Elektrische Wasserhaltung für 1,5 m³ minütlich und 495 m Druckhöhe, gebaut von Ehrhardt & Scherer zu Schleifmühle.

allerdings einige Abweichungen auf, insbesondere werden die Pumpenzylinder gewöhnlich liegend angeordnet und dann mindestens zwei, aber auch drei und häufig vier Pumpen von einer gemeinsamen Maschine mit abwechselndem Spiel angetrieben. Die Antriebskraft ist Dampf

und elektrischer Strom, während die teure Preßluft nur ausnahmsweise benutzt wird.

394. Die Dampfwasserhaltung. 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 daher sowie wegen der größeren Wärme des Wassers in tiefen Gruben um so mehr Kühlwasser für die Kondensation nötig, je tiefer die Grube ist. Man kommt schließlich an eine Grenze, wo das zu hebende Wasser zur Kondensation des Dampfes nicht mehr ausreicht.

395. Elektrisch angetriebene Kolbenpumpen. Bei den elektrischen Wasserhaltungen wird die Pumpe durch einen Elektromotor angetrieben, dem der Strom von über Tage her zugeführt wird. Abb. 374 zeigt die übliche Bauart. Der Motor M ist durch eine Kurbel und die Pleuelstange P unmittelbar mit der doppelwirkenden Pumpe gekuppelt, deren beide Kolben k_1 und k_2 durch Querstücke T_1 und T_2 und Umführungstangen U_1 und U_2 miteinander verbunden sind. Die Saugleitung ist mit SL , das Saugventil mit s , das Druckventil mit d und der Anschluß für 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.

B. Kreiselpumpen.

396. Wirkungsweise, Bauart, Eigentümlichkeiten. Die Wirkungsweise der Kreisel-, Zentrifugal-, Schleuder- oder Turbopumpen beruht darauf, daß ein in schneller Umdrehung befindliches Schaufelrad das Wasser axial ansaugt und annähernd tangential fortschleudert. Die jetzt übliche Bauart für die im Bergwerksbetriebe gebrauchten Kreiselpumpen zeigt schematisch Abb. 375. Die Saugöffnung 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 Geschwindig-

keit und in einer bestimmten Bewegungsrichtung in den spiralförmigen Auslauf a treten lassen. Mit einem Schaufelrade kann man das Wasser, je nach der Umfangsgeschwindigkeit, etwa 60—140 m hoch drücken. Handelt es sich um größere Druckhöhen, so bedient man sich zu deren Überwindung der Hintereinanderschaltung mehrerer Räder. Abb. 376 zeigt eine Kreiselpumpe, bei der 6 Räder (mit 1—6 bezeichnet) hintereinander geschaltet sind. Das Rad 1 saugt das Wasser axial aus der Ringsaugleitung Sr und gibt es mit erhöhtem Drucke an das Rad 2 ab. Hier und in den folgenden Rädern wiederholt sich der Vorgang, bis das Wasser aus dem Rade 6 in den Druckringraum Dr und aus diesem in die Steigleitung D übertritt. In einem Pumpengehäuse lassen sich bis zu 8—10 Räder vereinigen.

Der Nachteil der Kreiselpumpen 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 treten besonders in Zeiten der Kapitalknappheit und eines hohen Zinsfußes, wie sie jetzt bestehen, in die Erscheinung.

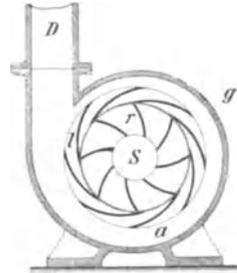


Abb. 375. Kreiselpumpe.

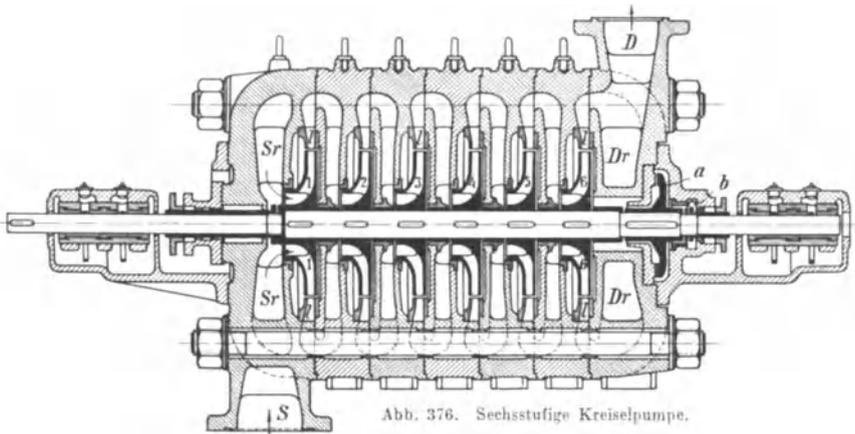


Abb. 376. Sechsstufige Kreiselpumpe.

Für das Schachtabteufen haben die Kreiselpumpen eine Reihe besonderer Vorteile: der Querschnitt der Pumpe ist gering, so daß die Schachtscheibe auch bei großen Pumpenleistungen wenig in Anspruch genommen wird; eine feste Verlagerung ist nicht nötig; das Heben und Senken macht keine Schwierigkeiten; die Druckhöhe ist nahezu beliebig; die Pumpen können auch schmutziges und schlammiges Wasser fördern; die gerade hier sehr zweckmäßige elektrische Kraftübertragung ist für die Pumpen am besten geeignet.

C. Sonstige Wasserhebevorrichtungen.

397. Wasserzieheinrichtungen. Die einfachste Wasserhaltung ist diejenige mittels Kübel, Kasten und Wasserwagen. Sie ist zumeist nur anwendbar bei geringen Zuflüssen. Für das Schacht-abteufen hat Tomson die Wasserhebung in Kübeln mit der Fördermaschine zu einem besonderen Verfahren ausgebildet, das zu hohen Leistungen befähigt ist und sich öfter bewährt hat. Hierbei schöpfen die als hohe, zylindrische Blechgefäße ausgestalteten Kübel nicht unmittelbar auf der Schachtsohle, sondern in einiger Entfernung darüber aus Vorratsbehältern, denen durch besondere Zubringepumpen das Wasser von der Schachtsohle aus dauernd zugehoben wird. Auf diese Weise können Füllung und Entleerung der Kübel selbsttätig mit größter Beschleunigung vor sich gehen. Dabei hat das Verfahren den Vorteil, daß alle erforderlichen Einrichtungen an Seilen aufgehängt im Schachte untergebracht werden können und daß das Heben und Senken entsprechend dem Wechsel des Wasserspiegels oder dem Vorrücken des Abteufens keine Schwierigkeiten macht.

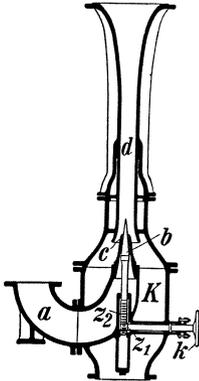


Abb. 377. Strahlpumpe im Schnitt.

Die Leistungen, die man mit einer solchen Wasserzieheinrichtung erzielen kann, können bis zu 4 m^3 minutlich aus einer Schachtteufe von 600 m gebracht werden. Der Dampfverbrauch ist freilich hoch.

398. Strahlpumpen werden mit Druckwasser, Dampf oder auch Preßluft betrieben. Der Strahl des aus einer Düse mit großer Geschwindigkeit ausströmenden Betriebsmittels saugt das Wasser einerseits an und drückt es andererseits im Steigrohr hoch. In Abb. 377 ist *a* die Zuleitung für das Druckwasser, *c* die Düse mit dem Verschußkegel *b*, *K* 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.

399. Mammutpumpen. In eine von zwei einander das Gleichgewicht haltenden Wassersäulen wird Preßluft gedrückt, die im Wasser in Blasen aufsteigt, hierdurch das spezifische Gewicht dieser Wassersäule vermindert und ihr einen Auftrieb gegenüber der schwereren Außenwassersäule erteilt. Die Bauart geht aus der schematischen Abb. 378 hervor. Die Preßluft wird hier durch eine besondere, enge Rohrleitung *d* bis an das 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 gering. Dagegen sind Mammutpumpen für schlammiges und sandiges Wasser vorzüglich geeignet (vgl. auch 7. Abschnitt, Ziff. 295).

400. Pulsometer bestehen (Abb. 379) aus zwei birnenförmigen Kammern k_1 und k_2 , deren verjüngte Hälse sich im Dampfzuführungsrohr *a* vereinigen. An dieser Stelle sitzt ein Kugel- oder Klappenventil *v*, das den Frischdampf

in die eine oder andere Kammer leitet. Am Boden einer jeden Kammer befindet sich ein Saugventil s_1 und s_2 , etwas höher ein Druckventil d_1 und d_2 . An den über den Druckventilen befindlichen 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

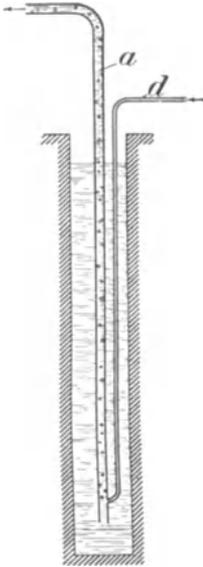


Abb. 378. Mammutpumpe.

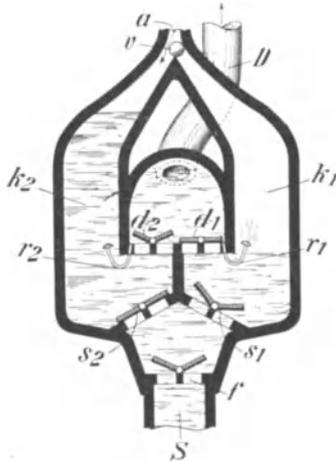


Abb. 379. Schema eines Pulsometers.

dem Druckraum und der Nachbarkammer. Der Dampf drückt je nach der Ventilstellung auf die Wasseroberfläche einer 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 das Röhren r_1 oder r_2 Wasser ausspritzen läßt, setzt eine so lebhafte Kondensation ein, daß ein Unterdruck in der Kammer entsteht. Das Kugelventil wird infolge des höheren Druckes in der Nachbarkammer herübergeschleudert, und das Spiel setzt sich fort. 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 at 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

401. Die Kosten der Wasserhaltung sind auf etwa 3,3–4,7 M je 100 mt zu schätzen. Danach belaufen sich die Jahreskosten für die Hebung eines Wasserzuflusses von $1 \text{ m}^3/\text{min}$ aus 500 m Teufe auf 90000–130000 M .

Zehnter Abschnitt.

Grubenbrände, Atmungs- und Rettungsgeräte.**I. Grubenbrände.**

402. 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 im wesentlichen auf den Stein- und Braunkohlenbergbau. Die häufigste Entstehungsursache des Brandes ist Selbstentzündung, verursacht durch das Bestreben frisch entblöhter 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 Futtermitteln 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 Bremskammern der seigeren Bremschächte, 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 vermeidet man hier jede Verwendung von Holz, oder aber man baut Wasserbrausen zur regelmäßigen Befeuchtung ein.

Mehrfach sind Grubenbrände durch unvorsichtigen Gebrauch von Lötlampen, Schweißgeräten und Schneidbrennern und bei Vornahme von Nietarbeiten in der Grube entstanden. Solche Arbeiten sollten nur bei peinlichster Vorsicht und Bereitstellung von genügenden Löscheinrichtungen ausgeführt werden.

403. Bekämpfung ausgebrochener Brände. Voraussetzung einer wirksamen Bekämpfung ist die sofortige Meldung der ersten Brandzeichen an die Betriebsleitung. Liegen die Verhältnisse günstig, so kann die heiße Kohle abgeräumt und weggefördert werden. Unter Umständen kann die Löschung durch Spritzen erfolgen. Ein gutes Hilfsmittel hierbei sind die Handfeuerlöscher, von denen z. B. das Minimaxgerät (Abb. 380) genannt sei. Das Gefäß ist



Abb. 380. Minimaxgerät.



Abb. 381. Herstellung eines Mauerdamms.

mit Wasser gefüllt, in dem doppeltkohlensaures Natron gelöst ist. Für die Betätigung wird durch einen Stoß gegen den Boden die Salzsäure enthaltende Flasche *a* zertrümmert. Die aus der Einwirkung der Salzsäure auf das doppeltkohlensaure Natron freiwerdende Kohlensäure treibt das Wasser in kräftigem Strahle durch Rohr *b* und Spritzdüse *c* ins Freie. Eine andere Anwendung des Wassers ist das sog. Ersäufen des Brandes, das vorzüglich bei Unterwerksbauten mit durchgreifendem Erfolge benutzt werden kann. Eine dritte Art der Bekämpfung durch Wasser ist die Verschlämmung 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 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 zwei

Bretterverschlagen. 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 sehr oft tief in „Schlitzen“ in das Gebirge eingelassen werden. Man mauert zweckmäßig, nötigenfalls unter Zuhilfenahme von Atmungsgeräten, von beiden Seiten der Mauer. Damit die Leute zurück können, läßt man unten nach Abb. 381 vorläufig ein Mannloch offen, das ganz zuletzt von der freien Seite her geschlossen wird. Statt der Mauerdämme kann man auch Dämme aus übereinandergeschichteten, in der Streckenrichtung längs gelegten Hölzern von etwa 1 m Länge aufführen (Klötzeldämme), deren Fugen mit Kalk, Asche oder Letten ausgefüllt werden. Solche Dämme haben den Vorzug, bei Druck im Gebirge immer dichter zu werden.

Auch Dämme aus bereitgehaltenen und im Ernstfalle schnell aufgeschichteten Sand- oder Waschbergesäcken haben sich gut bewährt.

404. Brandgase. Die bei Bränden auftretenden Gase enthalten stets Kohlenoxyd und sind deshalb giftig. Im Gefolge von Bränden sind mehrfach Brandgasexplosionen vorgekommen, die auf entstandene brennbare Gase, insbesondere Methan, Wasserstoff und schwere Kohlenwasserstoffe zurückzuführen sind.

II. Atmungs- und Rettungsgeräte.

405. 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. Filtergeräte, 2. Schlauchgeräte, 3. frei tragbare Sauerstoffgeräte ohne Wiederbenutzung der Ausatemungsluft, 4. frei tragbare Sauerstoffgeräte mit Wiederbenutzung der Ausatemungsluft.

406. Filtergeräte. Die einfachen Filtergeräte scheiden giftige Bestandteile, insbesondere Kohlenoxyd, aus der Ausatemungsluft aus. Sie setzen aber für die Atmung einen Sauerstoffgehalt der Luft von mindestens 15% voraus und sind deshalb nur da zu verwenden, wo ein solcher Mindestgehalt der Luft mit Sicherheit zu erwarten ist.

407. Schlauchgeräte. Sogenannte „Saugschlauchgeräte“, bei denen der Träger durch eigene Lungenkraft frische Luft aus einem mit atembaren Gasen gefüllten Raum ansaugt, haben keine größere Verbreitung 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 Atmungs- vorrichtung frische Luft nach, so daß dessen Atmungstätigkeit von der Arbeit des Ansaugens entlastet ist. Abb. 382 zeigt ein Strahldüsen-Druckschlauchgerät, bei dem das Nachdrücken der Atmungsluft durch eine mit verdichtetem Sauerstoff oder hochgepreßter Luft betriebene Strahldüse erfolgt. Die Gesichtsmaske besteht meist 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, bis zu 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.

408. Sauerstoffgeräte ohne Wiederbenutzung der Ausatemungsluft. Aerolith.

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 Aerolith 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. Alsdann fließt die Ausatemungsluft durch einen Atmungsack über ein Rückschlagventil ins Freie.

Der Aerolith 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.

409. Sauerstoffgeräte mit Wiederbenutzung der Ausatemungsluft. Allgemeines. Der Sauerstoffgehalt der Einatemungsluft wird durch die Tätigkeit der Lunge bei weitem nicht gänzlich zur Bildung von Kohlensäure verbraucht. Wenn also die Kohlensäure aus der Ausatemungsluft beseitigt wird, so läßt diese sich wieder mit Nutzen für die Einatmung verwenden, namentlich dann, wenn das für die Atmung benutzte Gas an sich sauerstoffreich ist oder noch

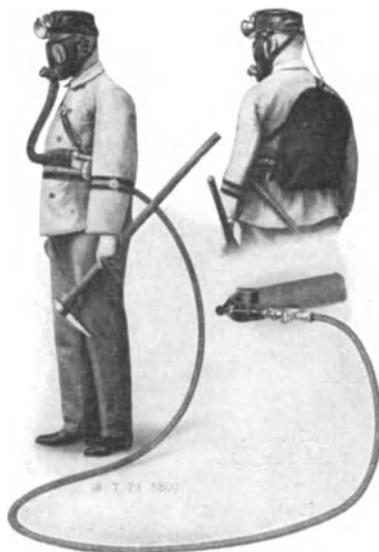


Abb. 382. Strahldüsen-Druckschlauchgerät des Drägerwerks.

besser aus reinem Sauerstoff besteht. Ein solches Sauerstoff-Atmungsgerät setzt sich aus 3 Hauptteilen zusammen, und zwar aus dem Sauerstoffbehälter nebst der Ausflußregelung, dem Luftreiniger für die Bindung der Kohlensäure und der Einrichtung für den Umlauf der Atmungsluft. Hinzu kommen die Hilfsvorrichtungen, insbesondere der Atmungssack, das Manometer, die Verbindungschläuche und die Sondereinrichtungen für Mund- oder Nasenatmung.

Die Sauerstoffbehälter sind Stahlflaschen von etwa 2 l Inhalt, die mit Sauerstoff unter einem Drucke von 150 at gefüllt werden, so daß sie rund 300 l enthalten.

Zwecks Regelung des Ausflusses ist an die Flasche ein Druckminderungsventil angeschlossen, das den Gasdruck auf 3—4 at (bei Lungenkraftgeräten) oder 7—8 at (bei Strahldüsengeräten) herabsetzt. Der Übertritt des Sauerstoffs in den Kreislauf des Geräts kann entweder auf eine bestimmte gleichbleibende Menge eingestellt sein oder entsprechend dem schwankenden Lungenbedarf geregelt werden.

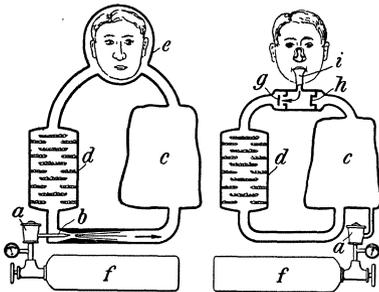


Abb. 383.
Strahldüsengerät.

Abb. 384.
Lungenkraftgerät.

Für einen plötzlich erhöhten Atembedarf kann der Träger durch Druck auf einen Knopf über eine besondere Leitung eine zusätzliche Menge Sauerstoff in das Gerät überströmen lassen („Handzusatz“). In den Luftreinigern sind Körner von Ätzalkalien schichtweise angeordnet, die die darüber geführte Ausatemungsluft unter Bildung kohlenaurer Alkaliverbindungen von der Kohlensäure befreien. Der Kreislauf der Atmungsluft wird entweder durch eine Strahldüse bewerkstelligt (Strahldüsengeräte,

Abb. 383) oder aber durch die Lungenkraft des Trägers über ein Ein- und Ausatemungsventil in die Wege geleitet (Lungenkraftgeräte, Abb. 384). Die Atmungssäcke dienen als Vorratsbehälter, das Manometer zur Überwachung des in den Sauerstoffflaschen allmählich abnehmenden Luftdruckes.

Strahldüsengeräte sind sowohl für die Nasen- als auch für die Mundatmung, Lungenkraftgeräte nur für die Mundatmung geeignet. Bei der Nasenatmung atmet der Mann in gewöhnlicher Weise durch die Nase. Zu diesem Zwecke trägt er eine mit Fenstern versehene Maske, an der die Zu- und Ableitungen befestigt werden (Abb. 383). 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 (Abb. 384, ferner 385 und 386). Die Nase wird dabei durch eine Klemmvorrichtung geschlossen.

410. Ausführungsbeispiel. Abb. 385 veranschaulicht die Wirkungsweise des Lungenkraftgerätes 1924 mit fester Einstellung des Sauerstoffzufflusses. Die von der Lunge ausgeatmete kohlenensäurehaltige Luft tritt durch den Atmungsschlauch *a* über das Atmungsventil *b* in den Luftreiniger *c*. Die hier von CO_2 befreite Luft strömt in den Atmungsbeutel *d*, wo sie mit

reinem Sauerstoff aufgefrischt wird, und sodann über das Einatmungsventil *e* und den Einatmungsschlauch *f* zum Mundstück zurück. Der aus der Sauerstoffflasche *g* ausströmende Sauerstoff wird im Druckminderungsventil *h* auf einen Druck von 3 atü gebracht und in einer Menge von 2,1 l/min dem Atmungsbeutel zugeführt. Bei größerem Atembedarf kann Handzusatz durch Betätigung des Druckknopfventils *i* erfolgen, während ein etwaiger Überfluß an Luft durch das Überdruckventil *l* entweicht. Der jeweilig noch vorhandene Druck wird im Manometer *n* abgelesen.

Die Nebenzeichnung der Abb. 385 veranschaulicht eine zweite Ausführungsform des Gerätes, bei der die feste Einstellung des Sauerstoffzuflusses durch eine dem Lungenbedarf entsprechende selbsttätige („lungenautomatische“) Speisung ersetzt ist. In den Atmungsbeutel *d* ragt der feste Steuerungsarm *n* und der Hebel *o* hinein, welcher letzterer mit dem Verschlussventil *p* verbunden ist. Bei der Einatmung des Trägers fällt der Atmungsbeutel zusammen, der Hebel *o* legt sich gegen den Arm *n* und öffnet das Ventil *p*. Sobald sich der

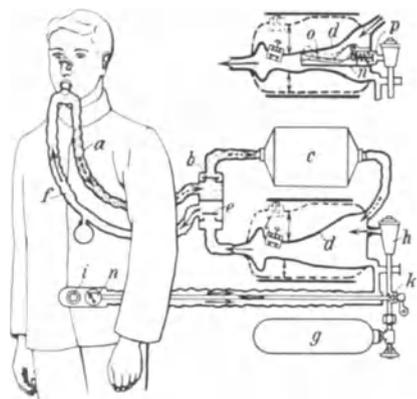


Abb. 385. Veranschaulichung der Wirkungsweise des Dräger-Lungenkraftgerätes 1924.



Abb. 386. Ansicht des Dräger-Lungenkraftgerätes 1924.

Atmungsbeutel füllt, hebt die Feder des Ventils *p* den Hebel *o* an und stellt den Verschluss wieder her. Die Zu- und Ableitung der Luft zu und von dem Mundstück geschieht durch Schläuche, die seitlich unter dem linken Arm nach vorn geführt werden. Für die Atmung werden je nach Wunsch Mundstücke (Abb. 386) oder Masken geliefert. Abb. 386 zeigt das Gerät in Ansicht.

411. 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.

412. 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).

413. Unterirdische Rettungskammern. Man hat mehrfach vorgeschlagen, für den Fall von Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen unterirdische Zufluchtsräume, sog. Rettungskammern, anzuordnen, die einer größeren Anzahl von Leuten Zuflucht gewähren können. Ob freilich die Anlage- und Unterhaltungskosten solcher Kammern in einem angemessenen Verhältnis zu dem tatsächlichen Nutzen stehen werden, muß fraglich bleiben. Die im Ostrau-Karwiner Bezirke früher eingerichteten 28 Rettungskammern sind heute wieder verschwunden, ohne daß sie ein einziges Mal im Ernstfalle benutzt worden wären.

414. Sicherheitskammern. 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, die unter plötzlichen Kohlensäure-Entwickelungen leiden (vgl. 5. Abschnitt, Ziff. 168) mit gutem Erfolge Gebrauch.

Namen- und Sachverzeichnis.

- Abbau 56, 65 u. f.
Abbauförderung 167 u. f.
Abbauhämmer 32 u. f.
Abbaulokomotiven 193, 194.
Abbau mit Bergeversatz 66.
— mit Bergfesten 66, 82 u. f.
— mit Spülversatz 79 u. f.
Abbaustrecken 61.
Abbauwelle 70.
Abbauwirkungen 84, 85.
Abbinden des Zements 133.
Abfallende Wetterführung 103.
Abfanggabel 18.
Abgelagerte Gesteine 3.
Abhauen 61, 64.
Abrasion, marine 2.
Absatzweises Zementieren 165 u. f.
Absperrtüren 107.
Abteilungsquerschläge 59.
Abteufarbeit 148, 153.
Abteufeinrichtungen 146 u. f.
Abteufen mit Preßluft 154, 155.
Abteufverfahren 146 u. f.
Abtreibarbeit 150.
Abtreibzimmerung 128 u. f.
Abwärtsgehende Zwischenförderung 167,
194 u. f.
Achsen 179.
Achslagerbüchse 179.
A. E. G. (Allg. El.-Gesellsch.) 192.
Äquivalente Grubenöffnung 98.
Aerolith 229.
Akkumulatorenlampen 116.
Akkumulatorlokomotiven 191 u. f.
Akustische Signalgebung 215, 216.
Albert, Oberberggrat 202.
Algonkium 6.
Alkalische Akkumulatoren 116.
Alkohol als Kälteträger 161.
Alluvium 6.
Aloeseile 202, 203.
Aluminiumkapseln 48.
Ammoniak 161.
Ammonsalpetersprengstoffe 45, 47 u. f.
Anemometer 96.
Angeschärfte Stempel 122, 125.
Angespitzte Stempel 122, 125.
Anpfahl 122.
Anschläge 195, 199, 200.
Anschlußarbeiten bei Schächten 154.
Anschütz, Dr., Bohrloch-Neigungsmes-
ser 26.
„Ansteckarbeit“ 128, 150.
Anzünder für Zündschnüre 49.
„Arbeit auf der Sohle“ 151, 153.
„Arbeit im toten Wasser“ 152, 153.
Archaische Periode 6.
Atmosphäre 1, 2.
Atmosphärische Luft 86.
Atmungsgeräte 228 u. f.
Aufbruchbohrergesellschaft m. b. H.
28.
Aufbruchbohrmaschinen 28, 29.
Aufbrüche 60.
Aufschiebevorrichtungen 199, 200, 210.
Aufsetzvorrichtungen 208, 209.
Aufsteigende Wetterführung 103.
Aufwärtsgehende Zwischenförderung 167,
194 u. f.
Ausbau 117 u. f.
— in Eisen 130 u. f.
— in Gefrierschächten 162, 163.
— in Holz 119 u. f.
— in Stein 119, 132 u. f.
Ausbaustoffe 119.
„Aus dem Vollen schießen“ 55.
Ausgleichgetriebe 186, 198.
Ausgleichung des Seilgewichtes 211, 212.
Auskothen der Sprengschüsse 45.
Ausrichtung 56 u. f., 62, 63.
Außenbesatz 93.
Ausziehender Schacht 104.
Azetylenlampe 112, 113.
Backsteine 132.
Bandbremsen 196, 198.
Bandförderungen 172 u. f., 197.
Bandseile 202, 203.
Bandverbindungen für Lutten 110, 111.
Basalt 3.
Bauabteilungen 61.
Begleitschreckenbetrieb 109.
Beien, A., Blasversetzer 177.
— Kratzbandförderer 174.
— Schrämmaschine 37.
Benzinlampe 113.

- „Bergbau“, Gesellschaft 193.
 Bergeustrag bei Rutschen 172.
 Bergeroloch 65.
 Bergeversatz 69, 175.
 Bergfeste 149, 150.
 Berieselung 93.
 Besatz 54.
 Beton 153, 158, 163.
 Betonausbau 135 u. f., 141 u. f.
 Betonsenkschächte 152, 153.
 Betonsteine 136, 142.
 Bickfordsche Zündschnur 49.
 „Binder“ 133.
 Bläser 89.
 Blasende Luttenbewetterung 111.
 Blasversatz 69, 175 u. f.
 Bleiakumulatoren 116.
 Bleiazid-Kapseln 48.
 Bleierze 6.
 Bleitrintroresorzinat 48.
 Blinde Schächte 60, 62, 63.
 — Strecken 73.
 Blindörter 73.
 Blindschächte 199.
 Blockverband 133.
 Bobinen 211, 212.
 Bockweichen 182.
 Bohrbündel 18.
 Bohreinrichtung für Schächte 155 u. f.
 Bohrend wirkende Schrämmaschinen 37.
 Bohrhämmer 42 u. f., 148.
 Bohrkran nach Haniel & Lueg 20, 21, 25.
 — nach Wirth-Fauck 19, 20.
 Bohrlochabweichungen 159, 160.
 Bohrmeißel beim Tiefbohren 16, 18.
 — für Bohrarbeit 39.
 Bohrsäulen 41.
 Bohrstaubbeseitigung 43, 44.
 Bohrturm 15.
 Bolzenausbau 120, 122 u. f.
 Bolzenschrotzimmerung 138.
 Branddamm 227, 228.
 Brandgase 228.
 Brauner Jura 6.
 Braunkohle 6, 11.
 Braunkohlenbruchbau 68.
 Breilscher Ausbau 137.
 Breitauffahren 63, 109, 110.
 Breithaue 31.
 Breitkeil 31.
 Bremsberganschläge 64.
 Bremsberge 61, 64.
 — mit geschlossenem Seil 194 u. f.
 — mit offenem Seil 194 u. f.
 Bremsbergförderung 194 u. f.
 Bremsgestelle 197.
 Bremschachtförderung 194 u. f.
 Bremswerk 195.
 Brennstofflokomotiven 190 u. f.
- Briartsche Führung 207.
 Brisante Sprengstoffe 45.
 Brockenfänger 23.
 Bruchbau 66 u. f.
 Brückenglühzündung 50, 52.
 Buntsandstein 6.
 „Butzen“ 10, 12.
 Capell-Ventilator 100, 101.
 v. Carnallsche Regel 8.
 Casella-Anemometer 96.
 Ceag-Lampen 116.
 Cenoman 6.
 Chemische Verfestigungsverfahren 164.
 Chloratit 47, 49.
 Chloratsprengstoffe 45, 47, 49.
 Chlormagnesiumlauge 161.
 Constantin der Große, Steinkohlen-
 grube 211.
 Craelius, Bohrvorrichtung 28.
 Dämme gegen Brände 227.
 Dammtor 218, 219.
 Dampfwasserhaltung 222.
 Davy-Lampe 113.
 Deckgebirge-Sicherheitspfeiler 85.
 Deflagration 44.
 Demag, Bandförderungen 173.
 — Bohrmaschinensteuerung 40.
 — Preßluftlokomotive 192.
 — Säulenschrämmaschine 35.
 — Seilklemme 205.
 — Stoßbohrmaschine 41.
 Denudation 3.
 Depressionsformel 97.
 Depressionsmesser 95, 96.
 Detonation 44.
 Deutscher Gußringausbau 143 u. f.
 Deutscher Kaiser, Gewerkschaft 158.
 Deutscher Türstock 124.
 Deutsches Stoßbohren 15.
 Devon 6.
 Diabas 3.
 Diagonale Wetterführung 106.
 Diamantbohren 22 u. f.
 Dickspülung 17, 160.
 Diesel-Lokomotiven 190 u. f.
 Diluvium 6.
 Diskordanz 4.
 Dogger 6.
 Doppelkurbelantrieb 171.
 Doppelte Gußringsäulen 145.
 Drägerwerk, Atmungsgeräte 229, 231.
 Drahtkörbe an Lampen 113, 114.
 Drahtseile 202 u. f.
 Drehbohrmaschinen 38, 39.
 Drehbohrung beim Tiefbohren 14, 22 u. f.
 Drehendes Bohren mit Hand 38.
 Drehkopf 18.
 Drosseltüren 107, 108.
 Druckgefälle des Wetterstromes 95.

- Druckluftlokomotiven 190 u. f.
 Druckpumpen 220.
 Druckschlauchgeräte 228, 229.
 Druckverfahren 121.
 Druckwassersäulen 41.
 Druckwelle 70, 119.
 Düsterloh, Aufschiebevorrichtung 200.
 Duplexpumpen 222.
 Durchgangsöffnung 101.
 Durchhiebe 61, 64.
 Dynamite 45 u. f., 48.
 Dynamoelektrische Zündmaschinen 50.

 Eckführungen 206, 207. [221.
 Ehrhardt & Sehmer, Wasserhaltungen
 Eickhoff, Fliegende Bremse 196.
 — Rutschen 169 u. f.
 — Schlepperhaspel 185.
 Eigen, Seileinband 204.
 „Einbruch“ 55, 148.
 Einebnung 2.
 Einfallen 5.
 Einfallrohre 160.
 Einsatzspitzen für Keilhauen 31.
 Einstecklatten 110, 111.
 Einsturzbeben 2.
 Eintrümmige Bremsberge 194 u. f.
 Einziehender Schacht 104.
 Eisenausbau 119.
 Eisenbetonausbau 136 u. f., 141 u. f.
 Eisenblechlatten 110.
 Eisendrahtseile 203.
 Eisenerze 6.
 Eisen und Schlägel 31.
 Eiserner Türstock 131.
 Eiserne Spundwände 151.
 Elektrische Lampen 115 u. f.
 — Lokomotiven 190 u. f.
 — Signalgebung 216.
 — Stoßbohrmaschinen 41.
 — Zünder 51 u. f.
 — Zündung 49 u. f.
 Endgültiger Ausbau 120.
 Englischer Gußringausbau 143 u. f.
 Englischsches Stoßbohren 15.
 Eocän 6.
 Epigenetische Lagerstätten 10.
 Erdbeben 2.
 Erdöl 10, 11.
 Erdrinde 1 u. f.
 Erdwärmientiefenstufe 86.
 Erhärten des Zements 133.
 Erosion 2.
 Ersäufen von Bränden 227.
 Erschütterungsschießen 87.
 Erstarrungsgesteine 3.
 Eruptivgesteine 3.
 Erweiterungsbohrer 26.
 Expansionsventil 161.
 Exzentermeißel 26.

 Fabiansches Freifallgerät 16.
 Fabrik elektrischer Zünder 52.
 Fäulnis des Holzes 120.
 Fäustel 31.
 Fahrdraktlokomotiven 191 u. f.
 Fahrtregler 215.
 Fahrung beim Schachtabteufen 147, 148.
 Fallen 5.
 Fallrohre 158 u. f.
 „Falscher Deckel“ 158.
 Faltung 1, 4 u. f.
 Fangdorn 19.
 Fanggeräte bei Bohrschächten 157.
 Fanglocke 19.
 Fanghaken 200.
 Fangstützen 214, 215.
 Fangvorrichtungen 200, 213, 214.
 Faucksche Rutschschere 16.
 Federweichen 182.
 Feste Rutschen 73.
 Filtergeräte 228.
 Fimmel 31.
 Firstenbänke 127.
 Firstenbau 72, 75.
 Firstengeriebe 128.
 Firstenverhieb 83.
 Fischschwanzbohrer 24.
 Flachbänder 173.
 Flache Bauhöhe 5.
 Flachkipper 180.
 Flanschenlatten 111.
 Fliegende Bremsen 167, 195, 196.
 Flözbrände 226 u. f.
 Flöze 10, 11.
 Flottmann, Bohrhammer 42.
 — Luttentventilator 112.
 — Rutschen 168 u. f.
 Flügelschienen 180 u. f.
 Flüssige-Luft-Sprengverfahren 46, 53, 54.
 Förderbänder 168, 172 u. f.
 Fördergerüste 216, 217.
 Fördergestelle 204 u. f.
 Förderhaspel 198 u. f.
 Förderkörbe 204 u. f.
 Förderkübel 147.
 Förderseile 202 u. f.
 Förderstuhl 18, 19.
 Förderturm 212, 217.
 Förderung 167 u. f.
 — mit geschlossenem Seil 184 u. f.
 — mit offenem Seil 184 u. f.
 Förderwagen 177, 178.
 Formationen 4 u. f.
 Formsteine 142.
 François, Zementierverfahren 166, 167.
 Freifallgerät 16, 17.
 Freifallvorrichtung 157.
 Freihand-Drehbohrmaschine 39.
 Friemann & Wolf, Lampen 116.
 Frölich & Klüpfel, Bandförderungen 173.

- Frostkörper 161 u. f.
 Führungsschlitten 147.
 Füllbeton 137.
 Füllort 207 u. f.
 Fußpfahl 124.
- Gänge** 11.
 Galvanoskop 52.
 Ganze Schrotzimmerung 138.
 Gasausbrüche 89.
 Gault 6.
 Gebirgsbildung 1 u. f.
 Gebirgstörungen 4 u. f.
 Gedinge 29, 30.
 Gefälle der Strecken 219.
 — des Wetterstroms 95.
 Gefäßförderung 197, 201, 202.
 Gefrierrohre 159 u. f.
 Gefrierverfahren 159 u. f.
 Gegengewichte 197.
 Gegenmotor 171.
 Gegenzylinder 171.
 Gelatinedynamit 46.
 Gelatinöse Sprengstoffe 45, 48, 49.
 Gelatit 45, 47.
 Geleuchte 112 u. f.
 Generalgedinge 30.
 Geothermische Tiefenstufe 86.
 Geschichtete Gesteine 3.
 Geschlossene Lager 179.
 — Rollen 197.
 Geschwindigkeitsmeser 97, 215.
 Gesellschaft für nautische Instrumente m. b. H. 26.
 Gesenk 60.
 Gestänge 180 u. f., 195.
 Gestängebohren 15 u. f.
 Gestängeschlüssel 18, 19.
 Gestängeverbindungen 181.
 Gestängewasserhaltungen 219 u. f.
 Gesteinsarten und Gebirgsdruck 118.
 Gesteinslehre 3 u. f.
 Gesteinsprengstoffe 45 u. f.
 Gesteinstaub gegen Grubenexplosionen 93 u. f.
 Gesteinstaubsperrern 94, 95.
 Gestellausbau 132.
 Gestellbremsberge 194 u. f.
 Gestellförderung 197, 202 u. f.
 Getriebearbeit 150.
 Getriebezimmerung 120, 128 u. f.
 Geviert 138, 139.
 Gewinnungsarbeiten 29 u. f.
 Gewölbe 134.
 Gittertürenverschluß 200.
 Gleichgewichtsboden 158.
 Gleichgewichtsrohr 158.
 Gleichschlagsseile 203.
 Gleichwertige Grubenöffnung 98.
 Gliederbänder 173, 174.
- Glimmerschieferformation 6.
 Glückshaken 18, 19.
 Granit 3.
 Greifbagger 153.
 Greiferscheiben 189, 190.
 Grenzläufige Wetterführung 106.
 Grubenausbau 117 u. f.
 Grubenbaue 56 u. f.
 Grubenbewetterung 86 u. f.
 Grubenbrände 226 u. f.
 Grubengas 88 u. f.
 Grubenlokomotiven 190 u. f.
 Grubentemperatur 91, 92.
 Grubenweite 98.
 Grubenwetter 86 u. f.
 Grünstein 3.
 Grundholz 128.
 Grundschwelle 124.
 Grundstrecken 61, 63.
 Gruppenbau 61.
 Gruppenbeleuchtung 117.
 Gurtbänder 173, 174.
 Gußeiserne Senkkörper 153.
 Gußringausbau 162.
 Gußringe 138, 142 u. f.
 Gußverfahren für Beton 136, 142.
- Hängebank** 207 u. f.
 Hängebank-Schleuse 105.
 Hängefahrt 148.
 Hängerutschen 168.
 Hakenkuppelung 184.
 Halbgelatinöse Sprengstoffe 45, 48.
 Hammerbohrmaschinen 42 u. f.
 Handbohrmaschinen 38.
 Handfeuerlöcher 227.
 Handlampen 116.
 Handversatz 69.
 „Handweiser“ 124.
 Haniel & Lueg, Aufsetzvorrichtung 209.
 — — Bohrkran 20, 21, 25.
 Hartmetallkronen beim Tiefbohren 22.
 Hasenclever, Aufschiebevorrichtung 210.
 — Tragerolle 187, 188.
 Haspel 198 u. f.
 Ha u h i n c o - G. m. b. H., Abbauhammer 32, 33.
 Hauptmulden 5.
 Hauptquerschläge 59.
 Hauptsättel 5.
 Hauptsperren 94, 95.
 Hausschwamm 120, 121.
 Heckel, Greiferscheibe 190.
 — Seilschloß 188.
 Hecker, Dr., Zündverfahren 54.
 Hellessen-Elemente 51.
 Herzbruchscher Keilsteinausbau 136.
 „Herzstück“ 182.
 Hilfsperrern 94, 95.

- Hinselmann, Rutschen 169.
 — Schleuse 106.
 Hintereinanderschaltung von Ventilatoren 102.
 Hobel-Fangvorrichtung 214.
 Hochdruck-Blasverfahren 176.
 Hochkipper 180.
 Hörsignalgebung 215, 216.
 Hoesch-Köln Neuessen A.-G. 151.
 Hoffmann, Hammerbohrmaschine 43.
 Hohendahlsche Gabel 188.
 Hohlkegelförmiger Mauerfuß 140.
 Hohlraumschießen 54, 55.
 „Holländer“ 18.
 Holzarten 120.
 Holzbausbau 119 u. f.
 Holzfeiler 123, 127, 128.
 „Holzschränke“ 123.
 Holztränkung 121.
 Honigmannsches Schachtbohren 158.
 Horst 8.
 Hubpumpen 220.
 Humboldt, Maschinenfabrik, Schachtschleuse 106.
 Hydraulische Mörtel 133.
 Hydro-Apparate-Bauanstalt 97.
 Hygrometer 87.

 Imprägnations-Lagerstätten 10.
 Innere Zündvorrichtung an Lampen 113, 114.

 „Jöcher“ 138.

Kabelseile 203.
 Kälteanlage 160, 161.
 Kälteträger 161.
 Känozoische Periode 6.
 Kalisalzbergbau und Spülversatz 81, 82.
 Kalisalze 6, 11.
 Kaliumchloratsprengstoffe 47, 49.
 Kambrium 6.
 Kammerbau 82, 84.
 „Kappen“ 138.
 Kappengewölbe 135.
 Karbon 6.
 Karlik, Geschwindigkeitsmesser 215.
 Karrenförderung 167.
 Kastenbänder 174.
 Kausche 205.
 Kegel-Einbruch 56.
 Keil 31.
 Keil-Einbruch 56.
 Keilhauen 30, 31.
 Keilkranz 143, 144.
 Keilsteinausbau 136.
 Keilvorrichtungen 32.
 Keps für Schächte 208, 209.
 Kernbohren 22 u. f.
 Kettenförderungen 184, 189, 190.
 Ketten-Greiferschleife 190.
 Kettenschrämmaschinen 36.
 Keuper 6.
 Kind-Chaudronsches Schachtbohren 155 u. f.
 Kindsche Freifallvorrichtung 157.
 Kippriegel 201.
 Kletterweichen 183.
 Kleversche Kuppelung 184.
 „Klinker“ 132, 133.
 Knallquecksilber 48.
 Knapp, Streckenvortriebsmaschine 37.
 Kniegelenkausbau 125, 126, 131.
 Königlicher Blaser-setzer 177.
 Königstange 205.
 Koepe-Förderung 212.
 Kohlenkalk 6.
 Kohlenoxyd 56, 88, 228.
 Kohlensäure 87, 88, 161.
 Kohlensäureausbrüche 87.
 Kohlenstaub 92 u. f.
 Kolbenpumpen 219 u. f.
 Kombiniertes Schießen 55.
 Kondensator 161.
 Konischer Mauerfuß 140.
 Konische Seilkörbe 212.
 Konkordanz 4.
 Konkretionen 10, 13.
 Kontakt-Lagerstätten 10.
 Kopfführungen 206, 207.
 Kopfkipper 180.
 Kopflampen 116.
 Korbbogen 132, 137.
 Korfmann, H., Ringausbau 132.
 — — Überhau-Bohrmaschine 29.
 — — Vorbaustempel 130.
 Kraftbedarf der Wetterführung 98.
 Kranzplatten 181.
 Kranzschüsse 148.
 Kratzbänder 168, 174.
 Krätze und Trog 30.
 Kreide 6.
 Kreiselpumpen 222 u. f.
 Kreiselwipper 180.
 Kreuzhacke 30.
 Kreuzlager 198.
 Kreuzschlagseile 203.
 Kreuzverband 134.
 Krüchelstuhl 18.
 Kübelförderung 197, 201, 202.
 Kühlanlage 160.
 Künstliche Wetterführung 98 u. f., 103.
 Kuvelage 142.
 Kugeldamm 218.
 Kugelrutschen 169.
 Kulm 6.
 Kupfererze 6, 10.
 Kuppelungen 184.
 Kurvenrollen 187, 190.

- Längsschlagseile** 203.
 „Läufer“ 133.
Lager 10, 11.
 — an Förderwagen 179.
Lagerstättenlehre 10 u. f.
La Houve, Steinkohlengrube 202.
Lange, Lorcke & Co., Bohrvorrichtung 27, 28.
Leichter Kohlenwasserstoff 88 u. f.
Leichtmetall-Förderkorb 204.
Leichtlokomotiven 190 u. f.
Leitbäume 207.
Lias 6.
Lichtloch 57.
Linsen 10, 12.
Litzen 203.
Löffelmaschine 155 u. f.
Löß 3.
Lokomotivförderung 190 u. f.
Luftmörtel 133.
Luftsattel 5.
Luft-Sprengkapsel 54.
Luft-Sprengverfahren 53, 54.
 „Lungenautomatische“ Speisung 231.
Lungenkraftgeräte 230 u. f.
Luttenbewetterung 109, 110, 147.
Luttenventilatoren 112.

Magmatische Ausscheidungen 10.
Magnesiazement 133.
Magnetelektrische Zündmaschinen 50, 51.
Magnetverschluß an Lampen 113 u. f.
Malm 6.
Mammutpumpen 159, 219, 224, 225.
Manometrischer Wirkungsgrad 102.
Mantellampen 115.
Markscheide-Sicherheitspfeiler 85.
Mauerdamm 227.
Mauerfüße 140.
Mauersenkshächte 152.
Mauerung 132 u. f., 138, 140 u. f.
Mauerverbände 133.
Mechanischer Wirkungsgrad 101.
Melaphyr 3.
Mesozoische Periode 6.
Meßbrücke 52.
Metallfunkenzündung 114.
Metasomatische Lagerstätten 10.
Methan 88 u. f.
Minette 6, 11.
Minimaxgerät 227.
Miocän 6.
Mischanlage für Spülversatz 80.
 „Mitnehmer“ 188.
Mönninghoff, Doppelriegel 201.
Mörtel 133.
Moll, Ausbau 131.
 — Kippriegel 201.
Moosbüchse 157, 158.
Mützenlampen 116.

Muffenverbindungen f. Lutten 110, 111.
Mulden 5 u. f.
Muldenbänder 173.
Muldenlinie 5.
Muldenwagen 178.
Mundatmung bei Atmungsgeräten 230.
 „Mundstück“ 230.
Muschelkalk 6.

Nachgiebiger Ausbau 119, 122, 125, 126, 127, 131, 132, 135, 138.
Nasenatmung bei Atmungsgeräten 230.
Natürliche Wetterführung 98, 99, 103.
Neigungsmesser 160.
Neocom 6.
Nester 10, 12.
Neufeldt & Kuhnke, Signalständer 216.
Niederdruckblasverfahren 176.
Nitroglyzerin 46.
Norresscher Reißzünder 49.

Oberirdische Wasserhaltungen 219.
Oberkarbon 6.
Ochwaldtscher Depressionsmesser 95.
Öllampe 112, 113.
Örterbau 83.
Örterbremsberge 64.
Offene Lager 179.
 — Lampen 112, 113.
 — Rollen 197.
Ohmmeter 52.
Ohnesorge, Ausgleichgetriebe 186, 198.
Oligocän 6.
Optische Signalgebung 215, 216.
Organische Ablagerungen 3.
 „Orgeln“ 68, 123.
Ortsfeste Beleuchtung 117.
Ortsquerschläge 61.

Paläozoische Periode 6.
Parallelschaltung von Ventilatoren 102.
Pendelrutsche 168.
Perchloratit 47, 49.
Perchloratsprengstoffe 45, 47, 49.
Perm 6.
Pfändlatte 129.
Pfändungsarbeit 120.
Pfeilerbau 66 u. f.
Phyllitformation 6.
Pieler-Lampe 91.
Pikotieren 144 u. f.
Plattenbänder 174.
Plattenbau 78.
Plattenweiche 182.
Pliocän 6.
Poetschsches Gefrierverfahren 159 u. f.
Polnischer Türstock 124.
Polygon-Ausbau 125, 126.
Porphyry 3.
Prämiengedinge 30.
Prellträger 214, 215.

Preßluftlokomotiven 190 u. f.
 Preßluftsenkschacht 154, 155.
 Preßverfahren für Beton 136.
 Produktives Karbon 6.
 Proterozoische Periode 6.
 Pulsometer 219, 224, 225.
 Pulversprengstoffe 45.

Quartär 6.
 Querbau 78.
 Querschläge 59, 62.

Räder an Förderwagen 179.
 Radsätze 178, 179.
 Rammkeile 32.
 Rateau-Ventilator 100.
 Raubbau 65.
 Refrigerator 161.
 Reißzünder 49.
 Rettungsgeräte 228 u. f.
 Rettungskammern 232.
 Ricamarie, Steinkohlengrube 13.
 Richtschächte 57.
 Richtstrecken 59, 62.
 Ringausbau 132, 138 u. f.
 Rippenversatz 69, 74.
 Rittinger-Sätze 220.
 Robinson-Schalenkreuz 96.
 Rodehaue 31.
 Rohrstempel 130.
 Rohr-Ziehvorrichtung 26.
 „Rolle“ 65.
 Rollenrutschen 168, 169.
 Rollkasten 65.
 Rollochförderung 197.
 Rolllöcher 61, 65.
 Rotary-Bohrung 24, 25.
 Rotliegendes 6.
 Rückläufige Wetterführung 106.
 Rumpfgebirge 2.
 Rundlitzenseile 203.
 Rundseile 203, 204.
 Rutschenantriebe 169 u. f.
 Rutschenbau 73.
 Rutschenförderung 167 u. f.
 Rutschenquerschnitte 169.
 Rutschscheren 16, 17, 157.

Sättel 5 u. f.
 Sättigungsgrad 87.
 Säulenschrämmaschinen 34, 35.
 Salzlösungen für Holztränkung 121.
 Sammelrutsche 172.
 Sattellinie 5.
 Sauerstoff 86, 87.
 Sauerstoffgeräte 228 u. f.
 Saugende Luttenbewetterung 111.
 Saugschlauchgeräte 228, 229.
 Saug- und Druckverfahren 121.
 Schachtabteufen 146 u. f.

Schachtausbau 138 u. f.
 Schachtbohrverfahren 155 u. f.
 Schachtbrände 226.
 Schachtdeckel 105.
 Schachtfallen 208, 209.
 Schachtförderung 167, 201 u. f.
 Schachtgevierte 138.
 Schachtleitungen 206, 207.
 Schachtmauerung 140 u. f.
 Schachtringe 143, 146, 157.
 Schachtscheibe 58.
 Schachtverschlüsse 104, 105.
 Schachtwetterscheider 106.
 Schächte 57 u. f.
 Schalenkreuz 96.
 Schalholzausbau 120, 126, 127.
 Schaltung der Schüsse 53.
 Schappe 14.
 Schaufel 30.
 Schausignalgebung 215, 216.
 Scheibenbau 77, 78.
 Scheibenhaspel 199.
 Scheibenmauern 134.
 „Scheiterhaufen“ 123.
 Schichtenfolgen 4 u. f.
 Schichtlohn 29.
 Schienen 180 u. f.
 Schießarbeit 148.
 „Schlägel und Eisen“ 31.
 Schlagbohrmaschinen 42 u. f.
 Schlagendes Bohren 41, 42.
 Schlagpatrone 54.
 Schlagwetter 88 u. f.
 Schlagwetterexplosion 89 u. f.
 Schlammöffel 18.
 Schlangenbohrer 38.
 Schlauchgeräte 228, 229.
 „Schleppen“ 167.
 Schlepperhaspelförderung 184.
 Schleswig, Steinkohlengrube 9.
 Schleuderräder 99 u. f.
 Schleuderthermometer 87.
 Schneider-Radsatz 179.
 Schneidschuh 151 u. f.
 Schnellschlagbohrung 19 u. f., 160.
 Schönfeldsche Fangvorrichtung 213,
 214.
 Schollenbildung 1 u. f.
 Schrägbau 74, 75.
 Schrägbohrung 27.
 Schrägförderung 197 u. f.
 Schrämeisen 31.
 Schrämmaschinen 34 u. f.
 Schrapperförderung 168, 175.
 Schraubentute 19.
 Schrotkronen beim Tiefbohren 22.
 Schrotzimmerung 138.
 Schürfböhrvorrichtung 27.
 Schürfen 13 u. f.
 Schüttelrutschen 168 u. f.

- Schußbestäubung 93.
 Schwalbenschwanzzimmerung 128.
 Schwarzer Jura 6.
 Schwarzscher Stempel 130.
 Schwebende Kette 189 u. f.
 Schwebender Pfeilerbau 67.
 — Stoßbau 77.
 — StREbbau 71, 72.
 Schwedischer Türstock 124.
 Schwefelwasserstoff 88.
 Schwellen 180.
 Schwerlokomotiven 190 u. f.
 Schwimmendes Gebirge 150.
 Schwingbühne 201, 209.
 Sedimentgesteine 3.
 Sedimentrohr 23.
 „Seifen“ 6, 10.
 Seigerförderung 197 u. f.
 Seilbohren 21 u. f.
 Seilbruch 213.
 Seileinbände 204, 205.
 Seilförderungen 184.
 Seilführung 187, 207.
 Seilgewichtsausgleichung 211, 212.
 Seilklemme 205.
 Seilscheiben 217.
 Seilschloß 205.
 Seil-Schnellschlagbohrung 21 u. f.
 Seippel, Azetylenlampe 112, 113.
 — Turbinenlampe 117.
 Seitenführungen 206, 207.
 Selbstentzündung 226.
 Senkkörper 151 u. f.
 Senkrechtes Anstecken 150, 151, 154.
 Senkschachtverfahren 151 u. f.
 Senkschuh 151 u. f.
 Senon 6.
 Sicherheitsbühne 149, 150.
 Sicherheitskammern 232.
 Sicherheitslampe 113 u. f.
 Sicherheitspfeiler 85, 218.
 Sicherheitsverschlüsse 200, 201.
 Siegerner Maschinenfabrik-A.-G. 205.
 Siemens-Schuckertwerke, Handbohr-
 maschine 39.
 Signalanlage für Schächte 215, 216.
 — für Streckenförderung 189.
 Silur 6.
 Söhligbohrung 27.
 Sohlenabstände 59.
 Sohlenbildung 58, 59.
 Sohlenholz 124.
 Sohlenstrecken 61, 63.
 „Sommerstrom“ 99.
 Sonderbewetterung 107, 109, 111, 112.
 Spätzündungen 56.
 Spaltfunkenzündung 50.
 Spaltglühzündung 50.
 Spanssäulen 41.
 Spansscheiben 190.
 Spannwagen 186.
 Spaten 30.
 Sperrensicherung 93 u. f.
 Spezialmulden 5.
 Spezialsättel 5.
 Spiralseilkörbe 212.
 Spitzkeil 31.
 Sprengarbeit 38 u. f.
 Sprenggelatine 46.
 Sprengkapseln 48, 52.
 Sprengöl 46.
 Sprengpulver 45, 46, 48.
 Sprengsalpeter 45, 46.
 Sprengstoffe 44 u. f.
 Spritzbeton 136.
 Sprünge 7 u. f.
 Spülrohrleitungen 80, 81.
 Spülschächte 80.
 Spülversatz 69, 79 u. f.
 Spundwände 151.
 Spurlatten 207.
 Staffelbrüche 6.
 Stahlbandseil 203.
 Stahldrahtseile 202, 203.
 Stahlgliederband 174.
 Stahlkrone beim Tiefbohren 22.
 Stahlrohrstempel 130.
 Stampfbeton 135 u. f., 141 u. f.
 Standrohre 165, 166.
 Stangenschrämmaschinen 36.
 Stapelschacht 61.
 Starkstrom für Schußzündung 51.
 Starre Stempel 130.
 Stechkuppelung 188, 189.
 Steinkohle 6, 10, 11.
 Steinsalz 6, 11.
 Stempelausbau 120, 122 u. f., 130.
 Steuerung an Preßluftwerkzeugen 32, 33.
 Stickoxyd 56, 88.
 Stickstoff 87.
 „Stöcke“, „Stoekwerke“ 10, 12.
 Stollen 57.
 Stoßbau 76 u. f.
 Stoßbohrer 148.
 Stoßbohrmaschinen 40, 41.
 Stoßendes Bohren 39 u. f.
 — — (bei Tiefbohrungen) 15 u. f.
 Stoßhölzer 128.
 Stoßschüsse 148.
 Stoßweichen 181, 182.
 Strahldüsen 112.
 Strahldüsengeräte 230 u. f.
 Strahlgebläse 102, 103.
 Strahlpumpen 219, 224.
 Stratameter 26.
 Stratmann, P. & Co., 179.
 Strebbandanlagen 173.
 Strebbau 70 u. f.
 Strebbblasversetzer 177.
 Strebschrämmaschinen 35 u. f.

Streckenförderung 167, 177 u. f.
 Streckengerüstschuh 131.
 Streckengestelle 132.
 Streckengetriebe 128.
 Streckenventilatoren 112.
 Streckenvortriebsmaschine 36, 37.
 Streichen 5.
 Streichender Pfeilerbau 66.
 — Stoßbau 76.
 — Strebbau 71.
 Streifenversatz 69.
 Streuströme 56.
 Streuung des Gesteinstaubes 93.
 Stromleitungstüren 107.
 Stromverteilungstüren 107, 108.
 Strossenbau 72, 73.
 Stutzgewölbe 134.
 Sumpfanlagen 219.
 Sumpfgas 88 u. f.
 Syngenetische Lagerstätten 10.

Tagebrüche 85.
 Talfurchung 2.
 Tarifverträge 30.
 Taucherarbeiten 154.
 Tauchverfahren 121.
 Tauchwandung 157.
 Teeröle 121.
 Teilsohlen 61, 62, 63.
 Teilstrombildung 106, 107.
 Tektonische Erdbeben 2.
 „Temperament“ der Grube 98.
 Tertiär 6.
 Tetrylkapseln 48.
 Teufenzeiger 214, 215.
 Theoretische Depression 101.
 Tiefbaugruben 57.
 Tiefbohrung 13 u. f.
 — Leistungen 27.
 Tomsonsche Wasserzieheinrichtung 224.
 Tonnengewölbe 134.
 Tonnenkilometer 183.
 Tonnlägige Schächte 57.
 Torfdolomite 13.
 Torkretverfahren 136.
 „Totes Wasser“ 152, 153, 155.
 Tränkflüssigkeiten 121.
 Tränkung des Holzes 121.
 Tragerollen 187, 190.
 Tragflasche für flüssige Luft 53.
 Tragringe 145.
 Transportbremsberge 64.
 Traßmörtel 133.
 Trauzlscher Bleimörser 45.
 Treibscheibenförderung 212.
 Treibscheiben für endloses Seil 185.
 — für Haspel 198, 199.
 Trias 6.
 Trockenelemente 50, 51.
 Trogbänder 173.

Trog und Kratze 30.
 „Troll“, Abbaulokomotive 193.
 Trommelförderung 211, 212.
 Trommelhaspel 198.
 Trotylkapseln 48.
 Trümmergesteine 3.
 Trumme 58.
 Tübbings 138, 142 u. f.
 Türstockausbau 120, 123 u. f., 131.
 Turbopumpen 222 u. f.
 Turmfördermaschinen 212.
 Turon 6.

Überhaubohrmaschinen 27 u. f.
 Überhauen 61, 64.
 Überschiebungen 7 u. f.
 Übertreiben der Fördergestelle 214, 215.
 Umkehrscheiben 190.
 Unterhängeisen 130.
 Unterhängen der Gußringe 145.
 Unterirdische Wasserhaltungen 219 u. f.
 Unterkarbon 6.
 Unterkettenförderung 191.
 Unteilaufende Ketten 190.
 Unterseil 211.
 Unterwerksbau 59.
 Urgneisformation 6.
 Urschieferformation 6.

Ventilatoren 99 u. f., 112.
 Ventilbohrer 14.
 Verblatungen 124.
 Verbund-Tübbings 137.
 Verdampfer 161.
 Verdrückung 13.
 Vergaserlokomotiven 190 u. f.
 Verhiebart 65, 66.
 „Verkeilen“ 144 u. f.
 Verlorener Ausbau 120, 134.
 Versatz 69, 70.
 Versatzfördereinrichtungen 175 u. f.
 Versatzschleudern 175.
 Verschiebebetrieb 193.
 Verschiebungen 7, 9.
 Verschlämmen von Bränden 227.
 Verschlusshaube 105.
 Verstärkungsringe 144.
 Versteinung des Gebirges 163 u. f.
 Verwerfungen 7 u. f.
 Verwitterung 2.
 Verzug 124, 125.
 Verzugbleche 140.
 Vieleckausbau 125, 126.
 Viergespann 124.
 Volomit-Bohrkrone 23.
 Volumenmesser 96, 97.
 Vorbaustempel 129 u. f.
 Voreilender Ausbau 128 u. f.
 „Vorgabe“ 55.
 „Vorpfänden“ 130.

- Vorrichtung 56, 61 u. f.
 Vortreibarbeit 120.
 Vortreibzimmern 129.
 Vulkanische Erdbeben 2.
 — Gesteine 3.
 Vulkanismus 2.
- Wagenbremsberge 194 u. f.
 Wagenförderung 183, 197.
 Wagenpark 180.
 Wagenumlauf 208, 209.
 Wagenwechselbetrieb 207 u. f.
 Walter-Henkel-Ausbau 137.
 Wandernde Bremsberge 71.
 Wandersperrn 94, 95.
 Wandruten 139.
 Warn Glocke 215.
 Wasserdamm 218.
 Wasserdampf 87.
 Wasserhaltung 218 u. f.
 Wasserhebevorrichtungen 219 u. f.
 Wasserkalk 133.
 Wasserspülung beim Tiefbohren 17.
 Wasserstoffgas 88.
 Wasserwagen 224.
 Wasserzieheinrichtungen 219, 224.
 Wealden 6.
 „Wechsel“ 7.
 — (Weichen) 181.
 Wegfüllarbeit 30.
 Weichen 181.
 Weißer Jura 6.
 Weiterabteufen von Schächten 149.
 Wendeplätze 181.
 Werwecke, van 11.
 Westrheinische Tiefbohr- und
 Schachtbau-G. m. b. H. 158.
 „Wetter“ 86 u. f.
 Wetterbedarf einer Grube 86.
 Wetterbrücken 108.
 Wetterdämme 108.
 Wetterdichte Schachtkau 105.
 Wettergardinen 108.
 Wetterkreuze 108.
 Wettermaschinen 99 u. f.
 Wettermenge 97.
- Wetteröfen 99.
 Wetterriß 108.
 Wetterröschen 109, 110.
 Wetterschächte 104, 106.
 Wetterscheider 109, 110.
 Wettersohle 59.
 Wettersprengstoffe 45, 47, 48.
 Wetterstammbaum 108, 109.
 Wettertüren 107.
 Wetterumstellvorrichtung 103, 104.
 White & Grant, Fangvorrichtung 213.
 Windwirkungen 3.
 Winkelverbindung 131.
 „Winterstrom“ 99.
 Wirth-Fauck, Bohrkran 19, 20.
 Wolfsche Benzinsicherheitslampe 113 u. f.
 Würfelprojektion 7.
- Zahnstangen-Zündmaschine 51.
 Zechstein 6.
 Zeitzünder 52.
 Zement 132, 133.
 Zementieren 163 u. f.
 Zentrale Wetterführung 106.
 Zentralstellen f. Rettungswesen 232.
 Zentrifugalpumpen 219, 222 u. f.
 Zentrifugalventilatoren 99 u. f.
 Ziegelmauerwerk 133 u. f., 141.
 Ziegelsteine 132.
 Zimmerungsbrände 226.
 Zinkerze 6.
 Zubringeförderungen 186.
 Zündkopf 51.
 Zündleitungen 52, 53.
 Zündmaschinen 50, 51.
 Zündsatz 51.
 Zündschnurzündung 49.
 Zündung der Sprengschüsse 49 u. f.
 Zündvorrichtung an Lampen 113, 114.
 Zungenweichen 181, 182.
 Zusammengesetzter Ausbau 120, 123 u. f.
 Zwangschienen 182.
 Zweitrümmige Bremsberge 194 u. f.
 Zwischenanschlüge 195.
 Zwischengeschirr 204 u. f.
 Zwieselketten 206.

Lehrbuch der Bergbaukunde mit besonderer Berücksichtigung des Steinkohlenbergbaues. Von Dr.-Ing. e. h. **F. Heise**, Professor und Bergschuldirektor a. D., und Dr.-Ing. e. h. **F. Herbst**, Professor und Direktor der Bergschule zu Bochum.

*Erster Band: Sechste, verbesserte Auflage. Mit 682 Abbildungen im Text und einer farbigen Tafel. XXI, 716 Seiten. 1930. Gebunden RM 22.50

Zweiter Band: Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 864 Abbildungen im Text. XIX, 805 Seiten. 1932. Gebunden RM 24.—

Grundzüge der Bergbaukunde einschließlich Aufbereiten und Brikettieren. Von Dr.-Ing. e. h. **Emil Treptow**, Geheimer Bergrat, Professor i. R. der Bergbaukunde an der Bergakademie Freiberg, Sachsen. Sechste, vermehrte und vollständig umgearbeitete Auflage.

I. Band: **Bergbaukunde**. Mit 871 in den Text gedruckten Abbildungen. X, 636 Seiten. 1925. Gebunden RM 18.—

II. Band: **Aufbereitung und Brikettieren**. Mit 324 in den Text gedruckten Abbildungen und 11 Tafeln. X, 338 Seiten. 1925. Gebunden RM 21.—

Lehrbuch der Markscheidkunde. Von Dr. phil. **P. Wilski**, o. Professor der Markscheidkunde an der Technischen Hochschule zu Aachen.

*Erster Teil. Mit 131 Abbildungen im Text, einer mehrfarbigen und 27 schwarzen Tafeln. VIII, 252 Seiten. 1929. Gebunden RM 26.—

Zweiter Teil. Mit 101 Abbildungen im Text, 7 mehrfarbigen und 16 schwarzen Tafeln. VI, 272 Seiten. 1932. Gebunden RM 34.—

***Beobachtungsbuch für markscheiderische Messungen.**

Herausgegeben von **G. Schulte** und **W. Löhr**, Markscheider der Westf. Berggewerkschaftskasse und Lehrer an der Bergschule zu Bochum. Fünfte, durchgesehene Auflage. Mit 18 Textabbildungen und 15 ausführlichen Messungsbeispielen nebst Erläuterungen. IV, 144 Seiten und 8 Seiten Schreibpapier. 1929. RM 5.40

Markscheidkunde für Bergschulen und den praktischen Gebrauch. Von **G. Schulte** und **W. Löhr**, Markscheider der Westf. Berggewerkschaftskasse und Lehrer an der Bergschule zu Bochum. Mit 186 Abbildungen im Text und 4 farbigen Tafeln. XI, 242 Seiten. 1932. Gebunden RM 13.—

***Lehrbuch der Bergwerksmaschinen** (Kraft- und Arbeitsmaschinen). Zweite, verbesserte und erweiterte Auflage. Bearbeitet von Dr. **H. Hoffmann** †, Bergschule Bochum, und Dipl.-Ing. **C. Hoffmann**, Bergschule Bochum. Mit 547 Textabbildungen. VIII, 402 Seiten. 1931. Gebunden RM 24.—

***Billig Verladen und Fördern.** Die maßgebenden Gesichtspunkte für die Schaffung von Neuanlagen nebst Beschreibung und Beurteilung der bestehenden Verlade- und Fördermittel unter besonderer Berücksichtigung ihrer Wirtschaftlichkeit. Von Dipl.-Ing. **Georg v. Hanffstengel**, a. o. Professor an der Technischen Hochschule zu Berlin. Dritte, neubearbeitete Auflage. Mit 190 Textabbildungen. VIII, 178 Seiten. 1926. RM 6.—

* Auf alle vor dem 1. Juli 1931 erschienenen Bücher des Verlages Julius Springer-Berlin wird ein Notnachlaß von 10% gewährt.

***Bergbaumechanik.** Lehrbuch für bergmännische Lehranstalten, Handbuch für den praktischen Bergbau. Von Dipl.-Ing. **J. Maereks**, Bergschule Bochum. Mit 455 Textabbildungen. IX, 451 Seiten. 1930. RM 19.50; gebunden RM 21.—

Bekämpfung hoher Grubentemperaturen. Von Dr. mont. **B. Stočes**, Ingenieur, Professor an der Montanistischen Hochschule in Příbram, und Dr. mont. **B. Černík**, Ingenieur, Dozent an der Montanistischen Hochschule in Příbram. Mit 110 Textabbildungen und 2 Tafeln. XII, 311 Seiten. 1931. Gebunden RM 36.—

***Lehrbuch der Bergwirtschaft.** Von Dipl.-Bergingenieur **K. Kegel**, o. Professor für Bergbau und Bergwirtschaft an der Bergakademie Freiberg, Direktor der bergtechnischen Abteilung des Braunkohlen-Forschungs-Institutes. Mit 167 Abbildungen und 20 Formularen im Text und auf einer Tafel. XV, 653 Seiten. 1931. Gebunden RM 48.—

Organisation, Wirtschaft und Betrieb im Bergbau. Von **Bartel Granigg**, o. ö. Professor an der Montanistischen Hochschule in Leoben, Dr. mont. und Docteur ès sc. phys. der Universität Genf. Mit 70 Abbildungen im Text und auf 11 Tafeln sowie 3 mehrfarbigen Karten. VI, 283 Seiten. 1926. Gebunden RM 28.50

Leitfaden der Tiefbohrtechnik. Von **Paul Stein**, Tiefbohr-Ingenieur. Dritte, neu ausgearbeitete und erweiterte Auflage von „Verfahren und Einrichtungen zum Tiefbohren“. Mit 61 Abbildungen im Text und auf einer Tafel. IV, 52 Seiten. 1932. RM 4.20

Technische Gesteinkunde für Bauingenieure, Kulturtechniker, Land- und Forstwirte, sowie für Steinbruchbesitzer und Steinbruchtechniker. Von Ing. Professor Dr. phil. **Josef Stiny**, Wien. Zweite, vermehrte und vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 422 Abbildungen im Text und einer mehrfarbigen Tafel, sowie einem Beiheft: „Kurze Anleitung zum Bestimmen der technisch wichtigsten Mineralien und Felsarten“ (mit 11 Abbildungen im Text, 23 Seiten). VII, 550 Seiten. 1929. Gebunden RM 45.—

Gefügekunde der Gesteine. Mit besonderer Berücksichtigung der Tektonite. Von Professor Dr. **Bruno Sander**, Innsbruck. Mit 155 Abbildungen im Text und 245 Gefügediagrammen. VI, 352 Seiten. 1930. RM 37.60; gebunden RM 39.60

Ingenieurgeologie. Herausgegeben von Professor Dr. **K. A. Redlich**, Prag, Professor Dr. **K. v. Terzaghi**, Cambridge, Mass., Privat-Dozent Dr. **R. Kampe**, Prag, Direktor des Quellenamtes Karlsbad. Mit Beiträgen von Direktor Dr. **H. Apfelbeck**, Falkenau, Ingenieur **H. E. Gruner**, Basel, Dr. **H. Hlauscheck**, Prag, Privat-Dozent Dr. **K. Kühn**, Prag, Privat-Dozent, Dr. **K. Preclik**, Prag, Privat-Dozent Dr. **L. Rüger**, Heidelberg, Dr. **K. Scharer**, Weihenstephan-München, Professor Dr. **A. Schoklitsch**, Brünn. Mit 417 Abbildungen im Text. X, 708 Seiten. 1929. Gebunden RM 57.—

* Auf alle vor dem 1. Juli 1931 erschienenen Bücher des Verlages Julius Springer-Berlin wird ein Notnachlaß von 10% gewährt.