

Kurzer Leitfaden
der
Bergbaukunde

Von

Dr. Ing. e. h. F. Heise
Professor u. Direktor der Bergschule
zu Bochum

und

Dr. Ing. e. h. F. Herbst
Professor u. Direktor der Bergschule
zu Essen

Zweite, verbesserte Auflage

Mit 341 Textfiguren



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1921

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

ISBN 978-3-662-23408-2 ISBN 978-3-662-25460-8 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-25460-8

Copyright 1921 by Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
Ursprünglich erschienen bei Julius Springer in Berlin 1921.

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 zweiten Auflage.

Der Erfolg der ersten Auflage hat uns gezeigt, daß der Wunsch nach einer verkürzten Ausgabe unseres Lehrbuches begründet war.

In der Tat gibt es wenige Gebiete der Technik, für die ein so weitgehendes Interesse in allen Kreisen vorhanden ist, über die aber anderseits so wenig gründliche Kenntnisse verbreitet sind, wie der Bergbau. Das Bedürfnis, sich über den Bergbau, seine Grundbedingungen und seine Technik zu belehren, dürfte in den letzten Jahren, in denen namentlich die ungeheure Bedeutung des Steinkohlenbergbaues für unsere Volkswirtschaft immer mehr in den Vordergrund getreten ist, noch wesentlich zugenommen haben. Wir hoffen daher, mit der Neuherausgabe des Leitfadens nicht nur den in der Ausbildung begriffenen Fachleuten, sondern auch weiten Kreisen von Laien ein erwünschtes Hilfsmittel zur Vertiefung ihrer Kenntnisse an die Hand zu geben.

Der neuzeitlichen Entwicklung ist gegenüber der ersten Auflage tunlichst Rechnung getragen worden. Bei den Gewinnungsarbeiten (Luftsprengverfahren), ferner im Abbau, in der Verwendung eiserner Stempel, in der Bekämpfung der Kohlenstaubgefahr und auf dem Gebiete der elektrischen Grubenlampen sind die neueren Fortschritte berücksichtigt worden. Jedoch haben diese Ergänzungen nicht zu einer nennenswerten Vergrößerung des Umfanges geführt, da wir diesen mit Rücksicht auf den Verwendungszweck des Buches möglichst gering zu halten bestrebt gewesen sind und diesen Zweck nicht nur durch sachliche Streichungen, sondern auch durch möglichst knappe sprachliche Fassung zu erreichen uns bemüht haben.

Möge auch diese Auflage wohlwollende Aufnahme finden! Für Hinweise auf Mängel und erwünschte Ergänzungen werden wir auch in Zukunft stets dankbar sein.

Bochum—Essen, im Juli 1921.

Heise. Herbst.

Inhaltsverzeichnis.

Erster Abschnitt.

Gebirgs- und Lagerstättenlehre.

	Seite
I. Gebirgslehre	1
Der Erdball.	
A. Die Kräfte des Erdinnern	1
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. Sprünge. — 15. Ausrichtung von Sprüngen. — 16. Überschiebungen oder Wechsel („Faltenverwerfungen“). — 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	14
25. Schürfarbeiten.	
II. Tiefbohrung	14
26. Anwendungsgebiet.	
A. Die Tiefbohrung in milden Gebirgschichten und geringen Teufen .	15
27. Bohreinrichtungen.	
B. Die Tiefbohrung in größeren Teufen und vorwiegend festem Gebirge .	16
a) Stoßendes Bohren	16
1. Das Gestängebohren	16
Ältere Bohrverfahren (englisches und deutsches Stoßbohren)	16
28. Wesen und Ausführung. — 29. Rutschschere und Freifallvorrichtung.	
30. Hilfsvorrichtungen. — 31. Das Bohren mit Wasserspülung.	

	Seite
Neuere Bohrverfahren	21
32. Die Schnellschlagbohrung.	
2. Seilbohren	23
33. Ausführung und Anwendung.	
b) Drehendes Bohren (Diamantbohrung)	23
34. Bohrkronen und Kerngewinnung. — 35. Die Antriebs- und Nachlaßvorrichtung.	
C. Besondere Einrichtungen und Arbeiten bei der Tiefbohrung. Leistungen.	26
36. Verrohrung. — 37. Überwachung des Bohrbetriebes. — 38. Die Bohrleistungen.	
D. Die Söhlig- und Schrägbohrung	28
39. Überblick. — 40. Ausführung der Bohrvorrichtungen. — 41. Überhau- und Aufbruchbohrmaschinen.	
Dritter Abschnitt.	
Gewinnungsarbeiten.	
I. Einleitende Bemerkungen	30
42. Gedinge, Schichtlohn. — 43. Tarifverträge. — 44. Grade der Gewinnbarkeit.	
II. Gewinnungsarbeiten ohne Verwendung von Sprengstoffen	31
45. Die Wegfüllarbeit. — 46. Die Keilhauearbeit. — 47. Die Abbauhämmer. — 48. Die maschinelle Schrämarbeit. Säulen-Schrämmaschinen. — 49. Streb-schrämmaschinen. — 50. Die Hereintreibarbeit. — 51. Kohlentränkverfahren.	
III. Sprengarbeit	35
A. Herstellung der Bohrlöcher	35
52. Drehendes Bohren. Bohren mit Hand. — 53. Handbohrmaschinen. — 54. Die mechanisch angetriebenen Drehbohrmaschinen für mildes Gestein. — 55. Die Brandtsche Bohrmaschine. — 56. Stoßendes Bohren. Bohren mit Hand. — 57. Bohrarbeit mit Maschinen. Preßluft-Stoßbohrmaschine. — 58. Die elektrischen Stoßbohrmaschinen. — 59. Verlagerung der Bohrmaschinen. — 60. Schlagendes Bohren. Bohren mit Hand. — 61. Bohrhämmer. Allgemeines. — 62. Die Steuerung. — 63. Die Umsetzvorrichtung. — 64. Vorschubeinrichtung. — 65. Bohrmehl- und Staubbeseitigung. — 66. Leistungen. Luftverbrauch.	
B. Die Sprengstoffe	43
67. Allgemeines über die Explosion. — 68. Auskochen der Sprengschüsse. — 69. Sprengkraft. — 70. Einteilung. — 71. Schwarzpulver. — 72. Dynamit. — 73. Allgemeines über Sicherheitssprengstoffe. — 74. Karbonite, gelatinöse und halbgelatinöse Sprengstoffe. — 75. Die Ammonsalpetersprengstoffe. — 76. Die Kaliumchlorat- und Kaliumperchloratsprengstoffe. — 77. Vernichtung von Sprengstoffen.	
C. Zündung der Sprengschüsse	47
78. Die Zündung durch einen offenen Zündkanal. — 79. Die Zündschnur. — 80. Die Sprengkapseln. — 81. Das Anzünden der Zündschnur. — 82. Elektrische Zündung. Allgemeines. — 83. Stromquellen. — 84. Die magnetoelektrischen Maschinen. — 85. Die dynamoelektrischen Maschinen. — 86. Elemente. — 87. Starkstromleitungen. — 88. Die elektrischen Zünder. — 89. Die Zeitzünder. — 90. Leitungen. — 91. Prüfung. — 92. Schaltung.	
D. Das Luft-Sprengverfahren	52
93. Allgemeines. — 94. Das Fertigmachen und Abtun der Schüsse. — 95. Aus-sichten des Verfahrens.	

	Seite
E. Allgemeines	54
96. Unglücksfälle bei der Schießarbeit. — 97. Betriebsmäßige Ausführung der Sprengarbeit.	

Vierter Abschnitt.

Die Grubenbaue.

98. Überblick.	
I. Ausrichtung	56
A. Ausrichtung von der Tagesoberfläche aus	56
99. Stollen. — 100. Bedeutung, Arten und Lage der Schächte. — 101. Der Schachtquerschnitt.	
B. Ausrichtung vom Schachte aus	58
a) Sohlenbildung	58
102. Bedeutung und Möglichkeiten der Sohlenbildung. — 103. Wettersohle.	
b) Die Ausrichtung auf den einzelnen Sohlen	59
104. Ausrichtungsbaue.	
II. Vorrichtung	59
105. Bauabteilungen. — 106. Gruppenbau. — 107. Baufelder.	
III. Das Auffahren der Aus- und Vorrichtungsbetriebe	61
108. Querschläge. — 109. Blinde Schächte. — 110. Grundstrecken. — 111. Teilsohlenstrecken. — 112. Hauptförderstrecken. — 113. Sonstige streichende Strecken. — 114. Überhauen und Abhauen. — 115. Bremsberge. — 116. Rolllöcher.	
IV. Abbau	64
117. Allgemeine Erfordernisse. — 118. Unterschiede. — 119. Verhieb.	
A. Abbauverfahren ohne Unterstützung des Hangenden	65
120. Pfeilerbau. — 121. Der streichende Pfeilerbau. — 122. Der schwebende und diagonale Pfeilerbau. — 123. Beurteilung. — 124. Der Pfeilerbau in einzelnen Abschnitten (Pfeilerbruchbau oder Bruchbau).	
B. Abbauverfahren mit Unterstützung des Hangenden	69
1. Allgemeines über den Abbau mit Bergeversatz	69
125. Vorteile. — 126. Verschiedene Ausführung des Versatzes. — 127. Wirkung des Versatzes beim Abbau. — 128. Beschaffung der Versatzberge.	
2. Der Strebbau	70
129. Wesen des Strebbaus. — 130. Der streichende Strebbau. — 131. Strebbau mit wandernden Bremsbergen. — 132. Der schwebende Strebbau.	
3. Der Firsten- und Strossenbau auf Erzgängen	72
133. Firstenbau. — 134. Strossenbau.	
4. Der Rutschenbau	72
135. Kennzeichnung. — 136. Abbau bei flacher Lagerung. — 137. Abbau bei steiler Lagerung.	
5. Abbau in einzelnen Streifen (Stoßbau)	75
138. Der streichende Stoßbau. — 139. Der schwebende Stoßbau.	

	Seite
6. Abbaufverfahren mit Vor- und Rückbau	77
140. Der Pfeilerbau mit Bergeversatz. — 141. Der vereinigte Streb- und Pfeilerbau.	
7. Besondere Ausbildung einzelner Abbaufverfahren für mächtige Lagerstätten	77
142. Vorbemerkung. — 143. Der Scheibenbau. — 144. Der Plattenbau.	
8. Der Abbau mit Spülversatz	79
145. Bedeutung des Spülversatzes. — 146. Versatzgut. — 147. Wasserzusatz. — 148. Mischanlagen. — 149. Rohrleitungen. — 150. Abbaufverfahren mit Spülversatz. — 151. Besondere Arten des Spülversatzes. — 152. Der Spülversatz im deutschen Kalisalzbergbau. — 153. Wasserklämung und -hebung. — 154. Die Kosten des Spülversatzes.	
9. Der Abbau mit Bergfesten	82
155. Erläuterung. — 156. Stärke und Abstand der Pfeiler. — 157. Der Abbau.	
C. Wirkungen des Abbaues auf das Gebirge	83
158. Allgemeiner Verlauf der Bodenbewegungen. — 159. Fortpflanzung der Senkungsvorgänge nach der Erdoberfläche hin. — 160. Sicherheitspfeiler.	

Fünfter Abschnitt.

Grubenbewetterung.

I. Die Grubenwetter	86
161. Allgemeines. — 162. Der Wetterbedarf einer Grube. — 163. Die atmosphärische Luft. — 164. Der Sauerstoff. — 165. Der Stickstoff. — 166. Der Wasserdampf. — 167. Die Kohlensäure. — 168. Das Kohlenoxyd. — 169. Der Schwefelwasserstoff. — 170. Das Wasserstoffgas. — 171. Das Stickoxyd. — 172. Das Grubengas. — 173. Gasausbrüche. — 174. Bläser. — 175. Der Übertritt des Grubengases aus dem alten Mann in die Grubenbaue. — 176. Die Schlagwetterexplosion. — 177. Erkennung der Schlagwetter. — 178. Die physikalischen Verhältnisse der Grubenwetter.	
II. Der Kohlenstaub	91
179. Die Kohlenstaubgefahr. — 180. Die Bekämpfung der Kohlenstaubgefahr. — 181. Verwendung des Wassers. — 182. Verwendung des Gesteinstaubes.	
III. Die Bewegung der Wetter und ihre Führung in der Grube	93
183. Gefälle des Wetterstromes. — 184. Die Messung des Gefälles. — 185. Messung der Stromgeschwindigkeit. — 186. Die hydrostatischen Geschwindigkeits- oder Volumenmesser. — 187. Die hauptsächlichsten Formeln für die Wetterbewegung. — 188. Überblick über die Mittel zur Erzeugung der Wetterbewegung. — 189. Natürliche Wetterführung. — 190. Die Wetteröfen. — 191. Die Wettermaschinen. — 192. Beispiele. — 193. Der mechanische Wirkungsgrad. — 194. Durchgangsöffnung. — 195. Die theoretische Depression. — 196. Das Zusammenarbeiten zweier Schleuderräder. — 197. Die Strahlgebläse. — 198. Zusammenwirken der natürlichen und künstlichen Wetterführung. — 199. Wetterumstellvorrichtungen. — 200. Wetterschächte. — 201. Schachtverschlüsse. — 202. Schachtdeckel. — 203. Hängebank-Schleusen. — 204. Schachtwetterscheider. — 205. Lage des Wetterschachtes. — 206. Teilströme. — 207. Wettertüren. — 208. Wetterdämme und Wetterkreuze. — 209. Wetterriß und Wetterstammaum.	
IV. Die Bewetterung der Streckenbetriebe	107
210. Einteilung. — 211. Der Begleitstreckenbetrieb. — 212. Betrieb mit Wetterscheidern. — 213. Die Bewetterung von Strecken mittels Breitauffahrens und	

Wetterröschchen. — 214. Die Luttenbewetterung mit Selbstzug. — 215. Die Sonderbewetterung.

V. Das tragbare Gelocht des Bergmanns 111

216. Offene Lampen. — 217. Die Sicherheitslampe. — 218. Die innere Zündung. — 219. Der Wolfsche Magnetverschluß. — 220. Mantellampen. — 221. Schlagwettersicherheit der Sicherheitslampen. — 222. Azetylen-Sicherheitslampen. — 223. Tragbare elektrische Lampen. — 224. Ausführungen.

Sechster Abschnitt.

Grubenausbau.

I. Der Grubenausbau in Abbaubetrieben und Strecken aller Art . 116

A. Allgemeine Erörterungen 116

225. Aufgaben des Grubenausbauens. — 226. Ausbaustoffe. — 227. Arten des Grubenausbauens.

B. Die Ausführung des Ausbaues 117

a) Der Ausbau in Holz 117

1. Eigenschaften und Behandlung der Grubenhölzer 117

228. Holzarten. — 229. Fäulniserscheinungen und ihre Bekämpfung. — 230. Die Tränkflüssigkeiten. — 231. Tränkverfahren.

2. Die Ausführung des Holzbaus 119

Einfacher Holzbaus (Stempelausbau) 119

232. Anwendung und allgemeine Ausführung. — 233. Nachgiebiger Stempelausbau. — 234. Stempelausbau mit Biegungsbeanspruchung.

Zusammengesetzter Holzbaus 120

235. Holzpfeiler. — 236. Türstockzimmerung. — 237. Verbindung zwischen den einzelnen Türstöcken. — 238. Nachgiebige Türstockzimmerung. — 239. Schalholzzimmerung. — 240. Verbindungen zwischen Türstock- und Schalholzzimmerung. — 241. Der Ausbau mit Firstenbänken. — 242. Die Schwalbenschwanzzimmerung.

Voreilender Ausbau (Getriebe- und Abtreibezimmerung) 126

243. Die Getriebezimmerung. — 244. Vortreibezimmerung im Abbau.

b) Der Ausbau in Eisen 127

245. Stempelausbau. — 246. Türstockausbau. — 247. Ausbau mit Gestellen.

c) Der Ausbau in Stein 129

1. Mauerung 129

248. Steine. — 249. Mörtel. — 250. Ausführung der Mauerung. — 251. Formen der Mauerung. — 252. Herstellung der Mauerung. — 253. Zusammengesetzter Ausbau. — 254. Nachgiebige Mauerung.

2. Betonausbau 132

255. Einfacher Betonausbau. — 256. Eisenbetonausbau. — 257. Nachgiebigkeit beim Betonausbau.

II. Der Schachtausbau 133

258. Vorbemerkung.

A. Der Geviert- und Ringausbau mit Verzug 133

259. Der Geviertausbau in Holz. — 260. Der Profileisenausbau. — 261. Ausbau runder Schächte.

	Seite
B. Geschlossener Ausbau von Schächten	135
262. Die Mauerung. — 263. Der Beton- und Eisenbetonausbau. — 264. Ausführungen. — 265. Gußringausbau (Küvelage). — 266. Englischer und deutscher Gußringausbau. — 267. Keilkränze. — 268. Der Einbau der Ringteile. — 269. Vergleich des englischen und des deutschen Gußringausbaues.	

Siebenter Abschnitt.

Schachtabteufen.

I. Das gewöhnliche Abteufverfahren	141
270. Das Abteufen in standhaftem (nicht schwimmendem) Gebirge. Allgemeines. — 271. Einrichtungen. — 272. Abteufarbeit und Leistungen. — 273. Das Weiterabteufen von Schächten unterhalb einer in Betrieb befindlichen Sohle. — 274. Abteufen im schwimmenden Gebirge. — 275. Das gewöhnliche Anstecken. — 276. Eiserne Spundwände.	
II. Das Senkschachtverfahren	146
277. Allgemeines. — 278. Die Senkkörper. — 279. Der Einbau der Senkkörper. — 280. Die eigentliche Abteufarbeit. — 281. Belastung der Senkkörper. — 282. Anschluß an das Gebirge. — 283. Die Leistungen und Kosten.	
III. Das Abteufen unter Anwendung von Preßluft	150
284. Allgemeines. Beschreibung. Kosten.	
IV. Das Schachtabbahren bei unverkleideten Stößen	151
A. Das Schachtbohrverfahren in festem Gebirge nach Kind-Chaudron	151
285. Allgemeines. — 286. Die Bohreinrichtung und die Bohrarbeit. — 287. Die Auskleidung des Schachtes. — 288. Schlußbemerkung.	
B. Das Schachtabbahren im lockeren Gebirge	155
289. Allgemeine Beschreibung.	
V. Das Gefrierverfahren	155
290. Wesen des Verfahrens. — 291. Vorbereitende Arbeiten. — 292. Die Kälteerzeugung. — 293. Der Frostkörper. — 294. Das Abteufen selbst. — 295. Der endgültige Ausbau. — 296. Leistungen. Kosten.	
VI. Die Versteinung (Zementierung) des Gebirges	159
297. Allgemeines. — 298. Die Zementdichtung von undichten Schachtwandungen. — 299. Die Versteinung beim Schachtabteufen. Zementtränkung von der Tagesoberfläche her. — 300. Absatzweise Zementtränkung von der Schachtsohle aus. — 301. Schlußbemerkung.	

Achter Abschnitt.

Förderung.

I. Die Förderung auf söhligler oder schwachgeneigter Bahn	163
A. Abbauförderung (bei flacher Lagerung)	163
302. Bedeutung. — 303. Alte Förderverfahren. — 304. Wagenförderung. — 305. Die Rutschenförderung. — 306. Maschinelle Abbauförderung. Überblick. — 307. Förderung mit Schüttelrutschen. Erläuterung. — 308. Bewegungsvorgänge. — 309. Ausführung der Rutschen. — 310. Antrieb. — 311. Bergförderung.	

	Seite
B. Streckenförderung	167
a) Förderwagen	167
312. Wagenkasten. — 313. Radsatz. — 314. Achsen und Räder. — 315. Besondere Wagenformen.	
b) Gestänge	170
316. Schienen. — 317. Wechselseitige Gestängeverbindungen.	
c) Die Betätigung der Wagenförderung	172
318. Das Tonnenkilometer. — 319. Förderung durch Menschen und Tiere. — 320. Förderverfahren mit feststehenden Maschinen. Überblick. — 321. Förderung mit schwebendem Seil ohne Ende. Antrieb. — 322. Seilführung. — 323. Mitnehmer. — 324. Förderbetrieb. — 325. Förderung mit schwebender Kette ohne Ende. Besonderheiten. — 326. Unterlaufende Ketten. — 327. Lokomotivförderung. Arten von Grubenlokomotiven. — 328. Allgemeines über Lokomotivförderung.	
II. Die abwärts- und aufwärtsgehende Förderung in der Grube	181
A. Bremsberg- und Bremschachtförderung	181
329. Wesen und Möglichkeiten der Bremsbergförderung. — 330. Gestänge und Anschläge. — 331. Das Bremswerk. — 332. Bremsgestelle. — 333. Bremschachtförderung.	
B. Rollochförderung	186
334. Bedeutung und Ausführung.	
C. Haspelförderung	186
335. Förderhaspel.	
D. Sicherheitseinrichtungen bei der Brems- und Haspelförderung	187
336. Fangvorrichtungen. — 337. Sicherheitsverschlüsse. Allgemeines. — 338. Selbstwirkende Verschußeinrichtungen.	
III. Die Schachtförderung	189
A. Gefäß- oder Kübelförderung	189
339. Ausführung und Anwendung.	
B. Gestellförderung	189
a) Die Förderseile	189
340. Überblick. — 341. Flechtarten. — 342. Tragfähigkeit, Leistungen und Kosten.	
b) Fördergestelle	191
343. Größe und Bauart.	
c) Die Verbindungstücke zwischen Seil und Fördergestell. (Das Zwischengeschirr)	191
344. Seileinband. — 345. Die eigentlichen Zwischengeschirteile.	
d) Schachtleitungen	193
346. Allgemeine Anordnung der Schachtleitungen. — 347. Ausführung.	
e) Die an Hängebank und Füllörter notwendigen Vorrichtungen	194
348. Aufsetzvorrichtungen (Schachtfallen, Keps). — 349. Schwenkbühnen.	
C. Der Betrieb der Gestellförderung	195
a) Die Bedienung der Fördergestelle an den Anschlägen	195
350. Allgemeines. — 351. Beschleunigung und Verrbilligung der Bedienung.	
b) Die Betätigung der Schachtförderung	197
352. Die Trommelförderung. — 353. Ausgleichung des Seilgewichtes. — 354. Die Treibscheibenförderung.	

	Seite
c) Sicherheitsvorrichtungen bei der Schachtförderung . . .	199
1. Fangvorrichtungen	199
355. Bedeutung und allgemeine Erfordernisse der Fangvorrichtungen. — 356. Ausführungsbeispiele.	
2. Vorrichtungen gegen das Übertreiben und zu harte Aufsetzen der Fördergestelle	200
357. Vorbemerkung. — 358. Einwirkung auf die Fördergestelle. — 359. Überwachung der Fördermaschine. — 360. Die Beeinflussung der Fördermaschine.	
d) Signalvorrichtungen	201
361. Überblick.	
e) Fördergerüste und Seilscheiben	202
362. Die Fördergerüste. — 363. Die Seilscheiben.	

Neunter Abschnitt.

Wasserhaltung.

I. Einleitender Teil	203
364. Maßnahmen und Vorrichtungen zur Fernhaltung der Wasser von den Grubenbauen. — 365. Sumpfanlagen. — 366. Das Gefälle der Strecken.	
II. Wasserhebevorrichtungen	205
A. Kolbenpumpen	205
367. Einteilung. — 368. Pumpenarten. — 369. Gestängewasserhaltungen. — 370. Die unterirdischen Wasserhaltungen. — 371. Die Dampfwaterhaltung. — 372. Die hydraulische Wasserhaltung. — 373. Elektrisch angetriebene Kolbenpumpen.	
B. Zentrifugalpumpen	208
374. Wirkungsweise, Bauart, Eigentümlichkeiten.	
C. Sonstige Wasserhebevorrichtungen	209
375. Wasserzieheinrichtungen. — 376. Strahlpumpen. — 377. Mammutpumpen. — 378. Pulsometer.	

Zehnter Abschnitt.

Grubenbrände, Atmungs- und Rettungsgeräte.

I. Grubenbrände	211
379. Wesen, Entstehung und Verhütung von Grubenbränden. — 380. Bekämpfung ausgebrochener Brände.	
II. Atmungs- und Rettungsgeräte	212
381. Überblick. — 382. Schlauchgeräte. — 383. Behältergeräte ohne Wiederbenutzung der Ausatmungsluft. Aerolith. — 384. Behältergeräte mit Wiederbenutzung der Ausatmungsluft. Sauerstoffgeräte. — 385. Geräte mit chemisch gebundenem Sauerstoffvorrat (Pneumatogene). — 386. Rückblick. — 387. Zentralstellen. — 388. Unterirdische Rettungs- und Sicherheitskammern.	

Sach- und Namenverzeichnis	217
---	------------

Gebirgs- und Lagerstättenlehre.

I. Gebirgslehre.

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

A. Die Kräfte des Erdinnern.

2. Gebirgsbildung. Da die Erdrinde, wenn man ihre Stärke zu 300 km annimmt, im Verhältnis zum Erddurchmesser nur eine Schicht darstellt, die der 2 mm starken Wandung eines Gummiballs von etwa 8 cm Durchmesser zu vergleichen ist, so hat sie den Kräften des Erdinnern nur einen verhältnismäßig geringen Widerstand entgegenzusetzen.

Durch die allmähliche Abkühlung und Zusammenziehung des glühenden Erdkerns entstanden in der starren Erdrinde gewaltige Spannungen, die zu Faltenbildungen in den Gebirgsschichten sowie zum Aufreißen von Spalten und

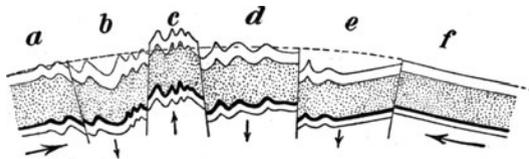


Abb. 1. Schema der Erdrindenschumpfung.

zu gegenseitigen Verschiebungen der dadurch getrennten Schollen der Erdrinde führten. Die Gesamtheit dieser Erscheinungen faßt man als „Schrumpfung“ der Erdrinde (Abb. 1) zusammen.

Schollenbildung und Faltung haben zur Entstehung der Gebirge geführt, die hiernach hauptsächlich als „Schollengebirge“ (stehengebliebene Schollen wie Harz und Thüringerwald) und „Faltengebirge“ oder „Ket-

tengebirge“ (Alpen, Pyrenäen, Himalaja u. a.) unterschieden werden. Durch allmähliche Abtragung der Faltengebirge entstanden die flachkuppigen „Rumpfgebirge“, für die das Rheinische Schiefergebirge ein gutes Beispiel gibt.

Die Schrumpfungsvorgänge haben außerdem zur Bildung zahlloser großer und kleiner Klüfte („Schnitte, Lösen, Schlechten“ u. a.) in den Gebirgsschichten geführt.

3. Erdbeben und Vulkanismus. Die starken Bewegungen innerhalb der Erdrinde lösen infolge des Aufreißen 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 dem Schrumpfungsvorgänge aufgerissenen Bruchspalten den glühenden Massen und heißen Dämpfen des Erdinnern Gelegenheit zum Aufsteigen an die Erdoberfläche bieten.

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

B. Die Einwirkung der Atmosphäre.

4. Verwitterung. 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, die in das Meer einmünden und ebenso wie dieses das Wasser nach und nach wieder in Gestalt von Wasserdampf an die Atmosphäre abgeben.

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

5. Talfurchung und Einebnung. Die unzähligen Wasserläufe schneiden sich stets 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 durch die allmähliche Zerstörung der Küsten infolge des Wellenschlages der Brandung. Findet gleichzeitig durch anderweitige Ursachen eine langsame Senkung des Festlandes statt, so dringt die Meeresbrandung immer von neuem vor, kann also schließlich ganze Gebirgszüge zerstören („Einebnung“ oder „marine Ab-
rasion“).

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 immer wieder ablagert. 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. Sie enthalten keine Versteinerungen und sind auch nicht geschichtet, sondern nur von Absonderungsklüften durchsetzt. Hierhin gehören: der Basalt, der Granit, der Diabas (Grünstein), der Melaphyr und die verschiedenen Porphyrrarten.

b) „Sedimentgesteine“ (= „geschichtete“ oder „abgelagerte Gesteine“). Sie sind in der Hauptsache aus dem Wasser niedergeschlagen worden. Die größte Rolle unter diesen spielen die mechanischen Ablagerungen (auch „Trümmergesteine“ genannt), die durch einfache Wirkung der Schwerkraft vom Wasser abgesetzt wurden. Sie bilden zunächst lockere Massen (Sand, Kies, Ton u. dgl.), werden aber nach und nach durch Druck, Wärme und mineralische Lösungen 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 haben sich z. B. Salz- und Gipslagerstätten und zahlreiche Erzablagerungen gebildet.

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 kalkige oder kieselige Abscheidungen von Wasserpflanzen (Kieselgur) und Wassertieren (Schreibkreide) entstanden sind.

9. Schichtenfolge. Die Schichtenfolgen von Ablagerungen in der Erdrinde werden ihrem Alter nach in „Formationen“ unterschieden. Eine Zusammenstellung dieser Alterstufen nebst ihren wichtigeren Mineralvorkommen 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. 2), so besteht zwischen ihnen „Konkordanz“. Ist dagegen zwischen der Ablagerung zweier Schichtfolgen (*e* und *f* sowie *k* und *l* in Abb. 2) eine

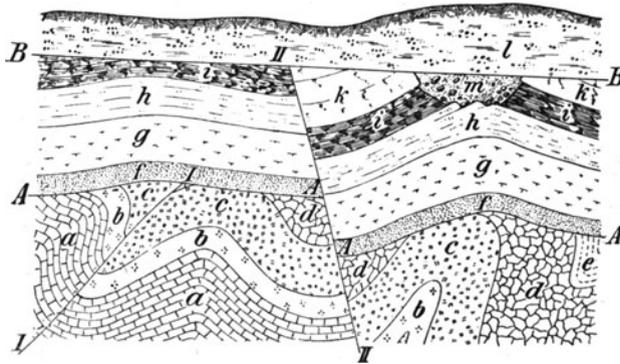


Abb. 2. Schichtenfolge mit 2 diskordanten Auflagerungen A—A und B—B.

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. 3) verstehen wir eine in der Ebene dieser Schicht sählig gezogene Linie oder, anders ausgedrückt, die Schnittlinie zwischen der Schicht und einer Horizontalebene.

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

Für Angaben im großen dient wegen des fortwährenden Wechsels des Streichwinkels in geringen Abständen nur der Durchschnitt einer größeren Anzahl von Streichwinkeln, das sog. „Generalstreichen“.

Die Fallinie ist eine Linie, die auf der Ebene der Schicht senkrecht zur Streichlinie gezogen ist, also die Schnittlinie zwischen der Schichtebene und einer zum Streichen senkrechten Vertikalebene oder die Bahn eines auf dem Liegenden herabrollenden Wassertropfens.

Der Winkel, den die Fallinie mit ihrer söglich 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. 4 auf dem Südsattel-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 Wellen oder „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. 4) oder in einem Sattel (*d*) besondere kleine Sättel oder Mulden auf, so bezeichnet man die ersteren als „Hauptmulden“ bzw. als „Hauptsättel“, die letzteren als „Spezialmulden“ bzw. „Spezialmulden“. Sind zwei früher zusammenhängende Flözflügel durch Abtragung der hangenden Gebirgschichten getrennt worden, so liegt ein „Luftsattel“ vor (*b* und *d* in Abb. 4). 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. 7). Die Verbindungslinien der tiefsten Punkte mehrerer übereinanderliegenden Mulden bzw. der höchsten Punkte mehrerer übereinanderliegenden Sättel werden als Mulden- bzw. Sattel-„Achsen“ bezeichnet (Abb. 4).



Abb. 3 Veranschaulichung der Begriffe „Streichen“ und „Fallen“.

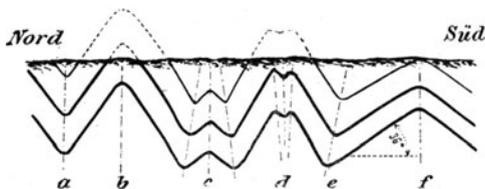


Abb. 4. Profil durch einen gefalteten Gebirgsteil.
— — — — — Mulden- oder Sattelachsen.

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	Steinsalz bei Wieliczka
		Miocän	Deutsche und böhmische Braunkohle
		Oligocän	Deutsche und böhmische Braunkohle; Bernstein im Samland; Bohnerze sowie Stein- und Kalisalze in Süddeutschland
	Eocän	Vereinzelte Braunkohlenflöze	
Mittellalter (Mesozoische Periode)	Kreide	Senon	Schreibkreide auf Rügen
		Turon	Brauneisenerze (Peine), Phosphorite
		Cenoman	
		Gault	
		Neocom	
	Jura	Wealden	Steinkohle Deister-Bückerberge
		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		Zinkerze 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. Norddeutschl.
		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
	Silur	Ober-, Mittel- und Untersilur	Alaunschiefer in Deutschland u. England; Griffelschiefer in Thüringen
Kambrium	Ober-, Mittel- und Unterkambrium	Alaunschiefer in Thüringen	
Vorzeit (Archaische u. protozoische Periode)	Algonium	—	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		

Im Querprofil (Abb. 4) 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 FlÖgel 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 FlÖgel und bilden die „Sattel- bzw. Muldenwendung“ (Abb. 7). Zweiseitig geneigte Sattel- und Muldenlinien haben das Auftreten der Sattel- und Muldenwendung auf beiden Seiten, d. h. die Entstehung „geschlossener“ Sättel und Mulden zur Folge.

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

1. SprÖnge: Der im Hangenden der ZerreiÖungskluft liegende Gebirgstheil ist an ihr entlang nach unten abgesunken.

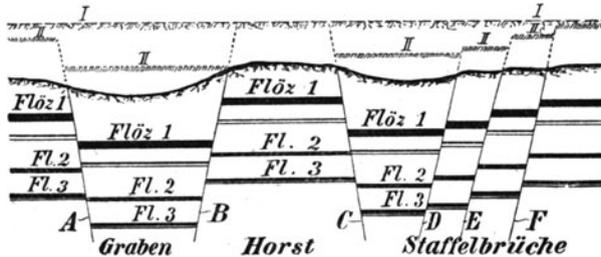


Abb. 5. SprÖnge und ihre verschiedenen Wirkungen.

2. Überschiebungen (Wechsel): Der im Hangenden der ZerreiÖungskluft liegende Gebirgstheil ist über den andern herübergeschoben.
3. Verschiebungen: Der bewegte Gebirgstheil ist in horizontaler Richtung gegen den andern verschoben.

14. SprÖnge. SprÖnge (Abb. 5) 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.

Die SprÖngklÖfte verlaufen sowohl im Streichen als auch im Einfallen unregelmÄÖig. Auch die MÄchtigkeit einer Kluftepalte ist ganz verschieden. GroÖe Verwerfungen werden hÄufig durch eine ganze Anzahl von einzelnen KlÖften gebildet („StÖrungszonen“). Die StÖrungsklÖfte entsprechen den Spalten der ErzgÄnge; zwischen beiden bestehen mannigfache Beziehungen. Die Verwurfs-hÖhe schwankt von wenigen Zentimetern bis zu Tausenden von Metern. Die Streichrichtung der Kluftepalten steht zu derjenigen der Schichten meist in einer gewissen Beziehung.

Haben mehrere benachbarte SprÖnge im gleichen Sinne gewirkt, so entstehen Treppen- oder Terrassen-Verwerfungen, auch „StapfelbrÖche“ (Abb. 5,

rechts) genannt. Ist eine Scholle zwischen zwei abgesunkenen stehen geblieben, so bildet sie einen „Horst“ (vgl. Abb. 5, Mitte), ist sie dagegen zwischen zwei stehengebliebenen Schollen abgesunken, so liegt ein „Graben“ (Abb. 5, links) vor.

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

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

Bei spießwinklig oder querschlägig durchsetzenden Sprüngen kommt man (vgl. Abb. 6) in den weitaus meisten Fällen mit der alten Regel von v. Carnall aus, die dieser durch die Zusammenfassung der vier Regeln von Schmidt er-

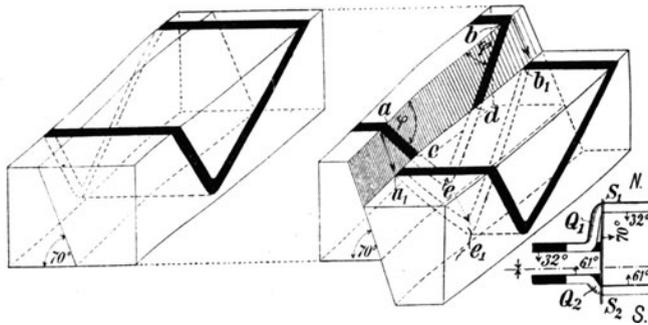


Abb. 6. Verwerfung einer Mulde durch einen Sprung.

hielt: Fährt man in der Lagerstätte das Hangende des Verwerfers an, so hat man hinter diesem ins Hangende der Gebirgsschichten aufzufahren; fährt man das Liegende des Verwerfers an, so hat man hinter ihm ins Liegende der Schichten aufzufahren.

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

Die Schnittlinie zwischen Verwerfer und Lagerstätte (ace bzw. bde in Abb. 6) wird Kreuzlinie genannt.

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

Sind Sättel und Mulden von jüngeren Querverwerfungen zerrissen worden, so ist in einer und derselben Höhe das gesunkene Stück durch größere Breite (bei Mulden, Abb. 6) oder geringere Breite (bei Sätteln) von dem stehengebliebenen zu unterscheiden (vgl. auch Abb. 7).

Bei geneigter Lage der Faltenachse, d. h. ungleichem Einfallen beider Flügel, kommt durch den Verwurf eine scheinbare söhliche Verschiebung der Faltenachse zustande, die sich im Grundriß der Abb. 7 durch ein Verspringen der ersten Muldenlinie und der zweiten Sattellinie (von Norden gezählt) äußert.

16. Überschiebungen oder Wechsel („Faltenverwerfungen“) sind dadurch gekennzeichnet, daß (Abb. 8) der im Hangenden der Kluft gelegene Gebirgsteil 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 Gebirgstiles bietet daher keine Schwierigkeiten.

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

Die wichtigsten Unterschiede der Überschiebungen gegenüber den Sprüngen ergeben sich aus umstehender Zusammenstellung.

17. Verschiebungen sind Gebirgstörungen, an denen entlang eine söhliche oder nahezu söhliche Bewegung eines Gebirgstiles 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 nach Suez als „Blätter“ bezeichnet, sind die wichtigsten. Ein Beispiel zeigt Abb. 9. Ein Sprung, bei dem ja allerdings gleichfalls eine seitliche Abweichung der Streichlinien auf beiden Seiten der Kluft vorhanden ist, kann hier nicht vorliegen, weil beide Teile des gestörten Sattels die gleiche Breite haben und weil außerdem beide Flügel trotz ihres entgegengesetzten Einfallens in demselben Sinne

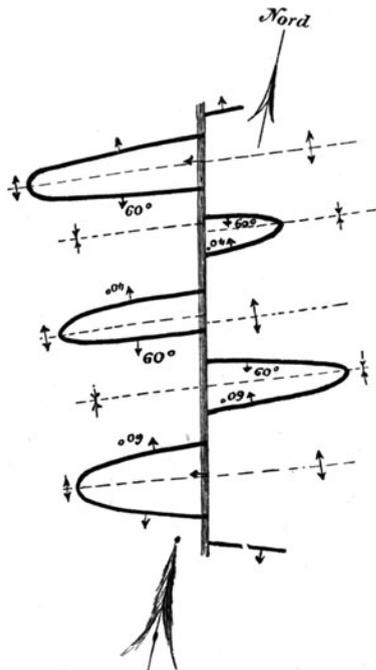


Abb. 7. Verwerfung einer Faltengruppe (Grundriß).

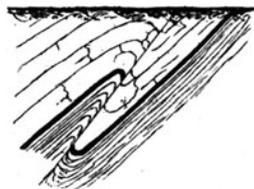


Abb. 8. Profil einer (recht-sinnigen) Überschiebung.

seitlich abweichen. In manchen Fällen lassen auch Kutschstreifen einen Schluß auf die Bewegungsrichtung zu.

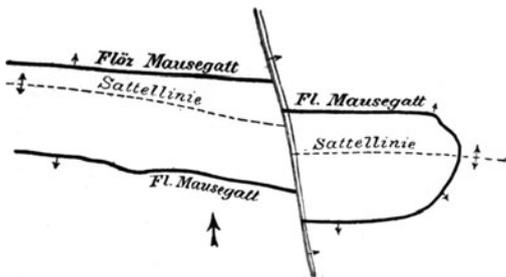


Abb. 9. Grundriß der Verschiebung von Zechen „Schleswig“ bei Dortmund.

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

	Entstehung	Einfallen	Streichen	Ausfüllung	Wasserführung
Sprünge	durch Zerrung (Streckung der Erdoberfläche)	steil	vom Schichtstreichen unabhängig	Gesteinstrümmer, Kristallkrusten, Erze	vielfach bedeutend
Überschiebungen	durch Pressung (Verkürzung der Erdoberfläche)	etwas steiler als das des Gebirges	dem Schichtstreichen nahezu gleichlaufend	zerriebenes Mineral und Nebengestein	meist spärlich

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 Übersichtstafel auf S. 11 Berücksichtigung.

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.).

Überblick über die wichtigsten Arten der Lagerstätten.

	Altersverhältnis zwischen Neben- gestein und Lagerstätte. Diese ist	Bezeichnung der Lagerstätten nach der Entstehung	Bergmännische Benennung nach der Gestalt der Lagerstätten	Inhalt der Lager- stätte an nutzbaren Mineralien
gleichalterige (syngenetische) Lagerstätten	gleichalterig mit dem Neben- gestein	1. Schmelzfluß- (magmatische) Ausscheidungen	Stöcke, Butzen, Nester	vorwiegend Magneisenerz und Magnetkies
	jünger als ihr Liegendes, älter als ihr Hangendes	2. Geschichtete Lagerstätten	Flöze, Lager, Linsen	Stein- u. Braun- kohle, Salze aller Art, ver- schiedene Erze
		3. Seifen	Seifen	Platin, Gold, Zinnstein, Edel- steine, Halbedel- steine, Magnet- eisenerz, seltene Erden
spätergebildete (epigenetische) Lagerstätten	jünger als das Nebengestein	1. Hohlraum- ausfüllungen	Lager, Gänge, Stockwerke, Stöcke, Butzen, Nester	Erze aller Art
	gleichalterig mit dem Eruptiv- gestein, jünger als das an- stehende Gebirge	2. Berührungs- (Kontakt-) Lagerstätten	Lager, Stöcke, Butzen, Nester,	Erze aller Art
	jünger als das Nebengestein	3. Austausch- (metasomatische) Lagerstätten	Stöcke, Stock- werke, Butzen, Nester	Erze aller Art
		4. Tränkungs- (Imprägnations-) Lagerstätten	Stöcke, Butzen, Nester, Lager, Flöze, Konkretionen	Erze aller Art, Salze, Erdöl

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. Das Einfallen der Flöze kann ganz verschieden sein, da die ursprünglich mehr oder weniger söhliche Lage vielfach später durch die gebirgsbildenden Kräfte mannigfach geändert worden ist.

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

20. Lager. Lager haben ihrer Entstehung und ihrem Verhalten nach Ähnlichkeit mit Flözen, unterscheiden sich von ihnen aber durch eine im Verhältnis zur Mächtigkeit geringe Flächenausdehnung und durch eine



Abb. 10 Schematischer Schnitt durch einen Teil der Minette-Ablagerungen.
Nach van Werveke.

unregelmäßige Gestalt. Ihre Mächtigkeit kann auf Hunderte von Metern steigen. Als Lager sind Stein- und Kalisalzvorkommen, manche Braunkohlenablagerungen, die lothringischen Minettelagerstätten (Abb. 10), die reichen schwedisch-norwegischen Eisensteinvorkommen u. a. zu bezeichnen.

21. Gänge sind durch Ausfüllung von Zerrungspalten, wie sie im Verlauf der Schrumpfung der Erdrinde aufgerissen wurden, entstanden. Die

Ausfüllung kann durch kalte oder warme, von oben niederfallende oder von unten aufsteigende Gebirgswasser oder auch durch heiße, aus dem Erdinneren aufsteigende Dämpfe erfolgt sein. Für den Bergmann sind die Erzgänge die wichtigsten Ganglagerstätten.

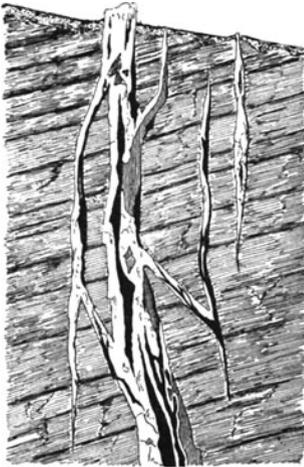


Abb. 11. Idealprofil eines Erzganges.

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

Einige derartige Unregelmäßigkeiten veranschaulicht Abb. 11, in der ein Hauptgang mit Seitenklüften dargestellt ist, die teils selbständig neben der Hauptspalte verlaufen, teils als „Bogentrümmer“ sich weiterhin mit der Kluft vereinigen („scharen“),

teils als „Diagonaltrümmer“ die Verbindung mit einem Nachbargang herstellen.

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

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

22. Stöcke und andere unregelmäßige Lagerstätten. Stöcke (Abb. 12) 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.

Unter Butzen, Linsen und Nestern versteht man Stöcke von geringem Umfange (Abb. 12).

Beispiele für Erzstöcke bieten außer Abb. 12 die Zinkerzlagerstätten (im Kalkstein) von Altenberg bei Aachen, Beuthen in Oberschlesien, Raibl in Kärnten.

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

Unter Stockwerken versteht man massige Gesteinstöcke, die netz-



Abb. 12. Spätes gebildete Eisenerz-lager-, -Stöcke und -Nester auf Elba. Nach Fabri.
e Erz, dk dolomitischer Kalkstein, gl Glimmerschiefer, kes Kalk-Eisen-Silikatgestein.

artig mit Erzadern durchsetzt sind. Die bekanntesten Stockwerke sind die Zinnerz-lagerstätten im sächsischen Erzgebirge.

23. Seifen. Seifen sind durch die zerstörende und wieder ablagernde Wirkung eines Gebirgswassers oder auch der Meeresbrandung gebildet worden, indem bereits vorhandene Lagerstätten nebst ihrem Nebengestein angegriffen und zernagt und Mineralien sowohl wie Gestein in größeren oder kleineren Bruchstücken als Geröll fortgeführt wurden, um an ruhigeren Stellen 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.

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

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

- a) der Gestalt nach als Anschwellungen (Abb. 13) und Verdrückungen („Auskeilen“, Abb. 14) sowie als mehr oder weniger große Schwankungen in der Mächtigkeit der eingelagerten Zwischenmittel,



Abb. 13. Die „grande masse“ von Ricamarie bei St. Etienne.
Nach Burat.

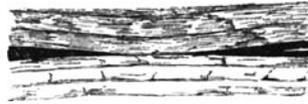


Abb. 14. Verdrückung.

- b) der Mineralführung nach als örtliche „Versteinungen“ oder „Vertaubungen“, Einlagerungen von Gesteinskeilen (sog. „Mauern“) u. dgl. Auch kommen vereinzelt Verkokungserscheinungen durch frühere vulkanische Ausbrüche vor.

Zweiter Abschnitt.

Schürf- und Bohrarbeiten.

I. Schürfen.

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

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

II. Tiefbohrung.

26. Anwendungsgebiet. Außer für Schürfzwecke findet die Tiefbohrung 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 Zustande (Petroleum, Sole, Erdgas u. dgl.), sowie zu Hilfsbohrungen bei bergmännischen Arbeiten, namentlich bei der Ausführung des Gefrierverfahrens.

A. Die Tiefbohrung in milden Gebirgsschichten und geringen Teufen.

27. Bohreinrichtungen. Für das Bohren in mildem Gebirge finden vorzugsweise drehend bewegte Bohrgezüge Verwendung. Das wichtigste, auch für größere Teufen brauchbare Drehbohrgezüge ist die Schappe (Abb. 15), die besonders für die Durchbohrung toniger Massen geeignet ist und das Gebirge in einem geschlitzten Hohlzylinder mit zutage fördert.

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

In wasserführendem sandigen Gebirge bevorzugt man das stoßende Bohren mit geschlossenen zylinderförmigen Behältern wie dem Ventilbohrer (Abb. 16), 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. 17, der mit

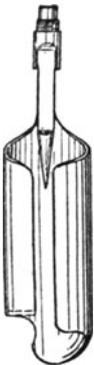


Abb. 15.
Schappe.



Abb. 16.
Ventilbohrer

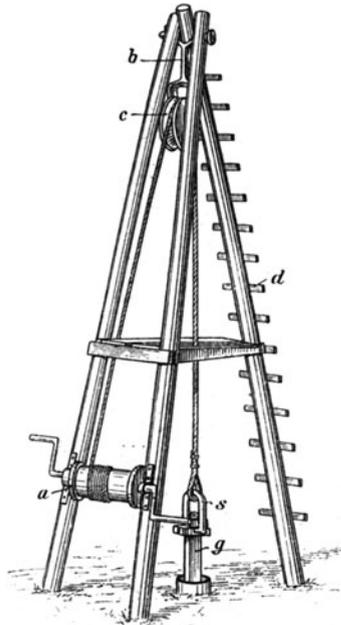


Abb. 17. Dreibein für kleine Drehbohrungen.

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

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

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

a) Stoßendes Bohren.

1. Das Gestängebohren.

Ältere Bohrverfahren (englisches und deutsches Stoßbohren).

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

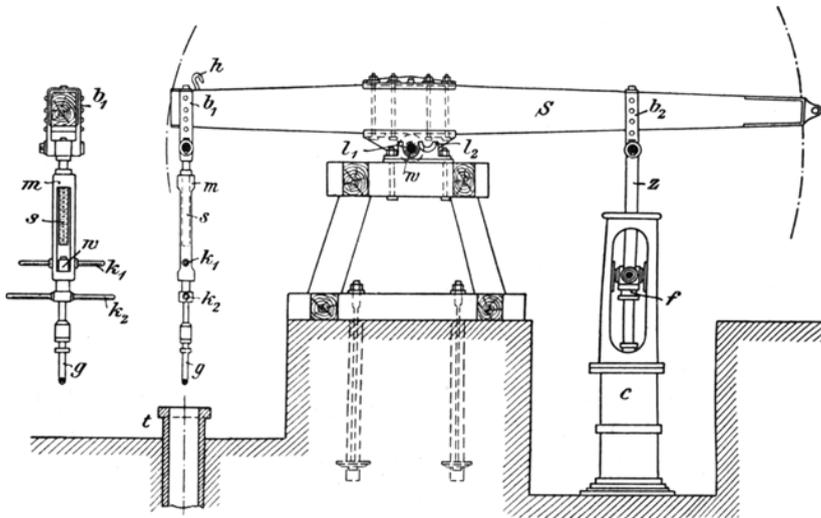


Abb. 18. Bohrschwengel mit Schlagzylinder.

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

Die stoßende Auf- und Abbewegung des Gestänges erfolgt bei geringen Teufen noch vielfach durch Menschenkraft. Die Leute greifen am hinteren Ende eines meist aus zähem Holz bestehenden Bohrschwengels, an dessen Kopf das Gestänge hängt, an 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. 18. 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. 29 auf S. 21 und Abb. 33 auf S. 25.)

Das Gestänge wird durch Vermittelung einer Nachlaß- oder Stellschraube, bestehend aus Spindel s und Mutter m , an dem Schwengelkopf aufgehängt. Für das Umsetzen nach jedem 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.



Abb. 19. Einfacher Bohrmeißel.



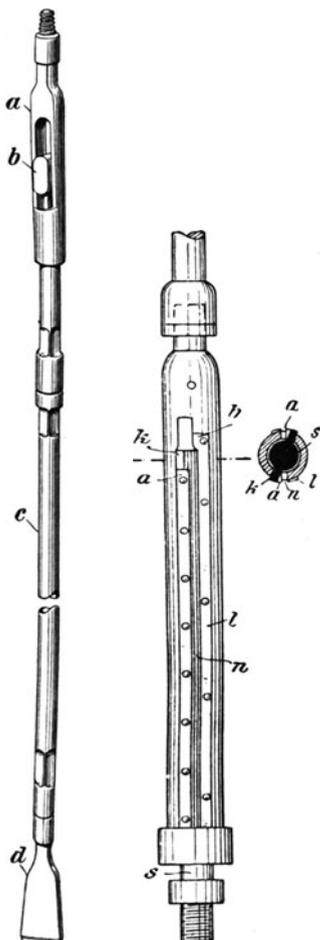
Abb. 20. Meißel mit Nachschneiden.



Abb. 21. Rutschschiere nach Fauck mit Schwerstange u. Meißel.



Abb. 22. Fabiansches Freifallgerät.



Das Gestänge besteht vorzugsweise aus Stahlrohren, da diese widerstandsfähiger als Vollgestänge sind. Die einzelnen Gestängestücke werden durch Verschraubung miteinander verbunden. Bei tieferen Bohrungen nimmt man sie möglichst lang, bis zu etwa 8—10 m, um mit möglichst wenig Verbindungsstellen auszukommen.

Das Bohrgestänge trägt unten den Meißel. Er hat in der Regel eine geradlinige, seitlich zugeschärfte Schneide (Abb. 19) und sollte immer aus

bestem Tiegelgußstahl hergestellt werden. In klüftigem oder steil einfallendem Gebirge benutzt man auch Meißel mit Nachschneiden, von denen Abb. 20 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. 21), einer Eisenstange mit etwa 300—1000 kg Gewicht.

29. Rutschscheren und Freifallvorrichtung. Zwischen Meißel bzw. Schwerstange und Bohrgestänge wird beim deutschen Bohren das untere Zwischenstück (Rutschscheren oder Freifallvorrichtung) eingeschaltet. Die Rutschscheren (Abb. 21) besteht aus zwei gegeneinander verschiebbaren Stücken, von denen das untere Stück unten die Schwerstange und den Meißel trägt und sich mit dem Kopfe *b* in dem Schlitz des oberen Stückes *a* führt. Das an dem letzteren durch Verschraubung befestigte Gestänge kann sich nach dem Meißelschlage unbehindert langsam nachsenken.

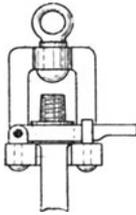


Abb. 23. Förderstuhl.



Abb. 24. Gestängeschlüssel für ein- und zweimännischen Angriff.



Abb. 25. Glückshaken.

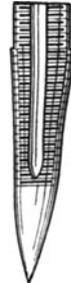


Abb. 26. Fangdorn.

Als Beispiel für die Freifallvorrichtungen diene das Gerät von Fabian (Abb. 22). 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 Rutschscheren kann die Schlagzahl gesteigert werden, da das Wiederanheben rascher erfolgen kann als bei den Freifallvorrichtungen. Im ganzen arbeitet man bei Verwendung der Rutschscheren mit einer größeren Anzahl leichterer, bei Verwendung der Freifallvorrichtungen mit einer geringeren Anzahl kräftigerer Schläge. Mit zunehmender Tiefe verringert sich wegen der großen Gestängelast die überhaupt mögliche Hubzahl, so daß die Rutschscheren gegenüber dem Freifall immer mehr zurücktritt.

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

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. 23 dargestellte Förder-

stuhl 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. 24), 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. 16 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 Betriebstörungen und Unfällen zur Verwendung kommenden Geräte:
- a) Der Glückshaken (Abb. 25). Er wird zum Fangen und Aufholen des Gestänges im Falle eines Gestängebruches und zwar dann verwendet, wenn der Bruch dicht über einem Bunde liegt, unter den der Haken fassen kann. Liegt dagegen die Bruchstelle hoch über einem Bunde, so benutzt man
 - b) die Schraubentute oder Fangglocke, die sich zunächst mit einem Fangtrichter über das abgebrochene Stück schiebt und dann in Drehung versetzt wird, wodurch sie mit Hilfe eines Fräsergewindes sich auf das Gestänge aufschraubt. Sie kann darauf mit dem Gestänge aufgeholt oder, falls die Widerstände zu groß sind, zum Abschrauben des gebrochenen Stückes benutzt werden. Handelt es sich um das Fangen von gebrochenem Hohlgestänge, so verwendet man
 - c) den Fangdorn (Abb. 26), eine Fräerspindel aus gehärtetem Stahl, die sich in das Gestängerohr hineinschneidet und dann mit diesem hochgezogen wird.

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

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

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

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

Eine besondere Art der Spülbohrung ist die sog. Dickspülung, bei der man als Spülflüssigkeit eine Aufschlämme 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 sofortige Nachsenkung 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

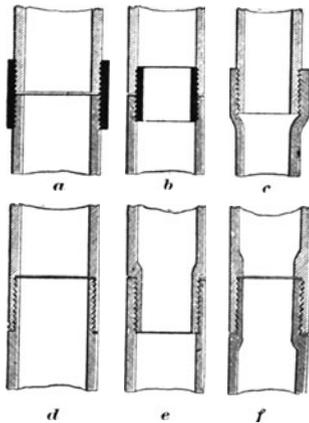


Abb. 27. Gestänge- und Bohrrohrverbindungen.

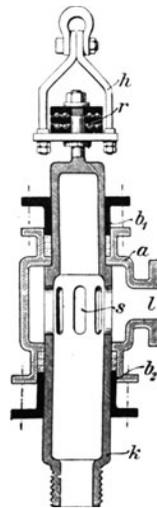


Abb. 28. Drehkopf.

Schlammstrom in dem ringförmigen Raume zwischen Gestänge und Bohrlochwandung aufwärts geführt. Jedoch kann in festem, kluffreiem Gebirge auch umgekehrt gespült werden. Diese sog. „Verkehrtspülung“ ermöglicht eine (namentlich für weite Bohrlocher wichtige) stärkere Wasserströmung im Gestänge und dadurch die Förderung größerer Stücke sowie das selbsttätige Hochsteigen von Kernstücken. Sie sichert auch die Bohrlochstöße besser durch den stärkeren Überdruck im Ringraum *e* und gibt

rascheren Aufschluß über die angebohrten Bergschichten.

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

Der Spülstrom wird bei Abwärtsspülung durch einen Drehkopf („Holländer“, Abb. 28) in das Gestänge geführt. Die Druckwasserleitung mündet mittels eines seitlichen Stützens *l* in das Mantelstück *a*, das oben und unten mit Stopfbüchsen *b₁* *b₂* an das Kopfstück *k* des im Kugellager *r* drehbar aufgehängten Hohlgestänges angeschlossen ist und das Umsetzen ohne Unterbrechung 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 Bohrlochsole selbst führen zu können, die Bohrung bis in die Schneide des Meißels durchführen.

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

Neuere Bohrverfahren.

32. Die Schnellschlagbohrung hat im letzten Jahrzehnt das Bohren mit Zwischenstücken stark zurückgedrängt. Es wird hierbei mit starrem

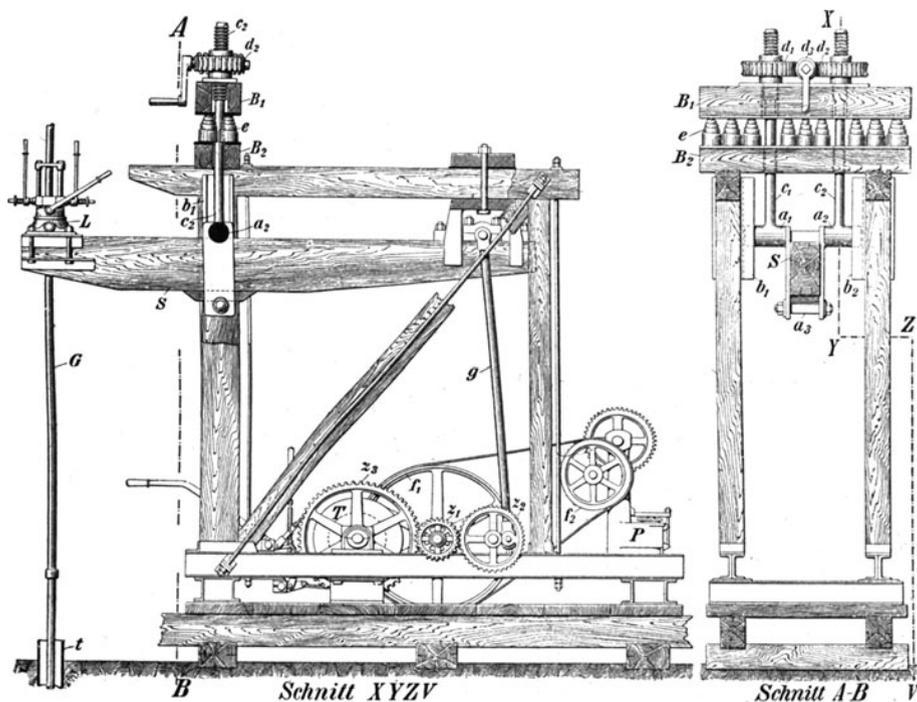


Abb. 29. Federnd aufgehängter Bohrschwengel nach A. Raky.

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 Bohrschwengels nach Raky wird durch Abb. 29 veranschaulicht. Der hölzerne Schwengel *S*, der am Kopfe mit einem eisernen Lager *L* zum Tragen des Gestänges *G* ausgerüstet ist, hängt drehbar an den Zapfen a_1 a_2 , die in den Führungsstücken b_1 b_2 verschiebbar sind, und wird von den Zapfen durch Ver-

mittlung zweier Wangenlaschen und des unteren Bolzens a_3 getragen. Die Zapfen sind mit Stangen c_1 c_2 versehen, die oben Gewinde tragen, so daß sie durch Drehung der als Mutter dienenden Schneckenräder d_1 d_2 mit Hilfe der Schnecke d_3 gehoben und gesenkt werden und damit die Lagerstellen des Schwengels nach Bedarf höher oder tiefer gelegt werden können. Das ganze Schwengelgewicht wird durch die Unterlegescheiben unter den Schneckenrädern auf den oberen Querbalken B_1 übertragen, der durch die kräftigen Pufferfedern e gegen den auf dem Schwengelgerüst ruhenden unteren Querbalken B_2 abgestützt ist. Die Einrichtung gestattet also die vollständige Abfederung des Gestänges und die genaue Einstellung der Höhenlage des Schwengelzapfens.

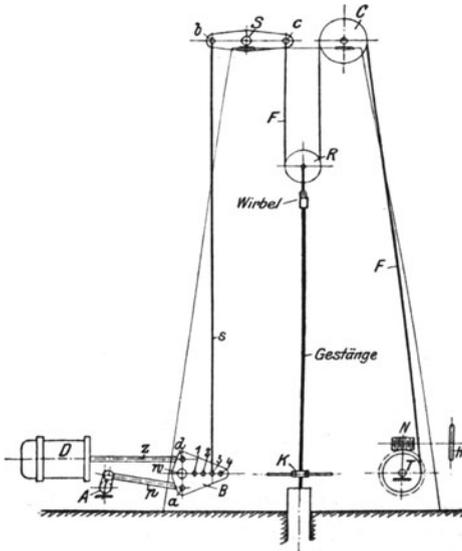


Abb. 30. Seilschlag-Bohrvorrichtung der Deutschen Tiefbohr-A.-G.

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

Die alte umständliche Nachlaßvorrichtung mittels Stellschraube hat Raky durch eine solche mittels zweier sogenannter „Spring-schlüssel“ ersetzt, d. h. Klemmen, wie sie in Abb. 29

links oben angedeutet sind und von denen abwechselnd die obere und die untere an das Gestänge angeklemt wird. Dadurch schiebt sich das Gestänge nach und nach durch diese Klemmbacken hindurch, kann also bis zur nächsten Verschraubung ununterbrochen nachgesenkt werden.

Die Grundzüge einer Seilschlagbohrvorrichtung der Deutschen Tiefbohr-A.-G. in Nordhausen werden durch Abb. 30 gegeben. Von der Antriebswelle A aus wird durch die Schwinde B die Zugstange p und damit das in einem der Bolzenlöcher 1—4 mittels Schäckels befestigte Zugseil s in hin- und hergehende Bewegung versetzt. Diese Bewegung wird durch einen Schwengel S auf die Flaschenzugrolle R und damit auf das Bohrgestänge übertragen. Zum Nachlassen des Gestänges wickelt man durch Drehung der Seiltrommel T mittels der Schnecke N nach und nach das Seil von der Trommel ab. Der Dampfpufer D wirkt außer der durch das Seil gegebenen Elastizität noch seinerseits federnd.

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

2. Seilbohren.

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

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

Wegen des mangelhaften Umsetzens des Bohrmeißels entstehen beim Seilbohren leicht unrunde Stellen im Bohrloch, weshalb hier das Nachbüchsen mit Holzylindern in größerem Umfange angewendet wird. Neuerdings wird bei dem Verfahren gleichfalls mit Rutschschere gebohrt, die Verklemmungen des Meißels verhüten soll, indem sie einen gewissen Ruck beim Anheben des Meißels nach dem Schlage veranlaßt.

Das Seilbohren ermöglicht ein sehr rasches Arbeiten, da die langwierige Zusammen- und Auseinanderschraubung des Gestänges beim Verlängern des letzteren und beim Aufholen und Einlassen des Meißels fortfällt. 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. Das Verfahren erfordert wie kaum ein zweites die genaueste Einarbeitung der Bohrmannschaft. Es wird in großem Umfange in Nordamerika zur Erbohrung von Erdöl verwandt (pennsylvanisches Seilbohren).

b) Drehendes Bohren (Diamantbohrung).

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

Von den Bohrdiamanten wird in erster Linie Zähigkeit (d. h. schwach ausgebildete Kristallisation) verlangt, die sie gegen Absplittern schützt.

Beim Einsetzen der Diamanten in die Bohrkronen muß besonders darauf geachtet werden, daß alle Spitzen in gleicher Höhe liegen, damit die einzelnen Diamanten nicht durch den Bohrdruck übermäßig stark beansprucht werden. Die Steine werden so verteilt, daß die von ihnen bestrichenen Ringflächen sich gegenseitig ergänzen (Abb. 31); außerdem läßt man die am inneren und am äußeren Rande der Krone eingesetzten Steine etwas vorragen, um Klemmungen der Krone beim Bohren zu verhüten.

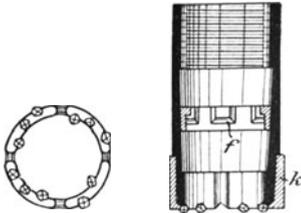


Abb. 31.
Diamantbohrkronen mit
Kernfänger.

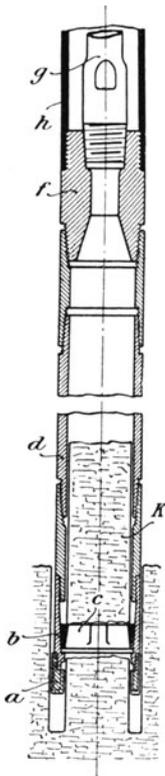


Abb. 32. Diamant-
bohrkronen mit
Kernrohr und
Hohlgestänge.

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

Nach Möglichkeit sucht man mit billigeren Bohrmitteln als Diamanten auszukommen. In mildem Gebirge werden vielfach Stahlbohrkronen mit besonders eingesetzten Stahlzähnen verwendet. In hartem Gebirge finden Schneidezähne aus besonders harten Legierungen Anwendung (Borsilizium u. dgl.). In konglomeratischem Gebirge kann auch mit Stahlschrott gebohrt werden, der lose in das Bohrloch hineingeworfen wird.

An die Bohrkronen schließt sich nach oben zunächst das Kernrohr an. Es hat einen größeren Durchmesser als die Gestängerohre und ist in der Regel bis 15 m lang. Mit dem Hohlgestänge *g* (Abb. 32) wird das Kernrohr durch das Übergangsgestänge *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. 31 (*c* in Abb. 32), eines innen mit scharfen Vorsprüngen versehenen, offenen und daher federnden Stahlringes.

35. Die Antriebs- und Nachlaßvorrichtung ist je nach der zu erwartenden Bohrtiefe verschieden. In allen Fällen ist eine sachgemäße Belastung der Krone erforderlich.

Der Druck auf diese muß so groß gehalten werden, wie ihn die Diamanten ertragen können (nicht mehr als etwa 300 bis 500 kg). Bei großen Tiefen muß daher das Gestängegewicht teilweise durch Gegengewichte oder durch gebremste Aufhängung ausgeglichen werden.

Bei den deutschen Diamantbohrereinrichtungen für größere Teufen ist besonders darauf Wert gelegt, daß man möglichst schnell von der Diamantbohrung zur Meißelbohrung (mit Rutschschere, Freifall oder Schnellschlag) und umgekehrt übergehen kann. Ein Beispiel für eine solche Bohreinrichtung zeigt Abb. 33 nach einer Ausführung der Kontinentalen Tiefbohr-

gesellschaft in Halle. In der gezeichneten Stellung ist der zur Kurbelscheibe unter dem Schwengel *S* führende Treibriemen abgeworfen und an seine Stelle ein Riemen- oder Seiltrieb *t* für die auf der zweiten Turmbühne über das Bohrloch gefahrene Drehvorrichtung *D* getreten. Das Bohrseil dient jetzt als Ausgleich- und Nachlaßseil. Damit das Gestänge während der Drehung nachgesenkt werden kann, wird es von der Drehvorrichtung nicht unmittelbar, sondern durch Vermittlung des sog. Arbeitsrohres *a* mitgenommen. Dieses ist seinerseits mit einer Nut versehen, durch die eine Rippe im Antriebskegelrad hindurchgeht, und mit dem Gestänge durch Klemmkuppelungen *k*₂ gekuppelt. Ist das Arbeitsrohr abgebohrt, so wird es vom Gestänge abgekuppelt, hoch-

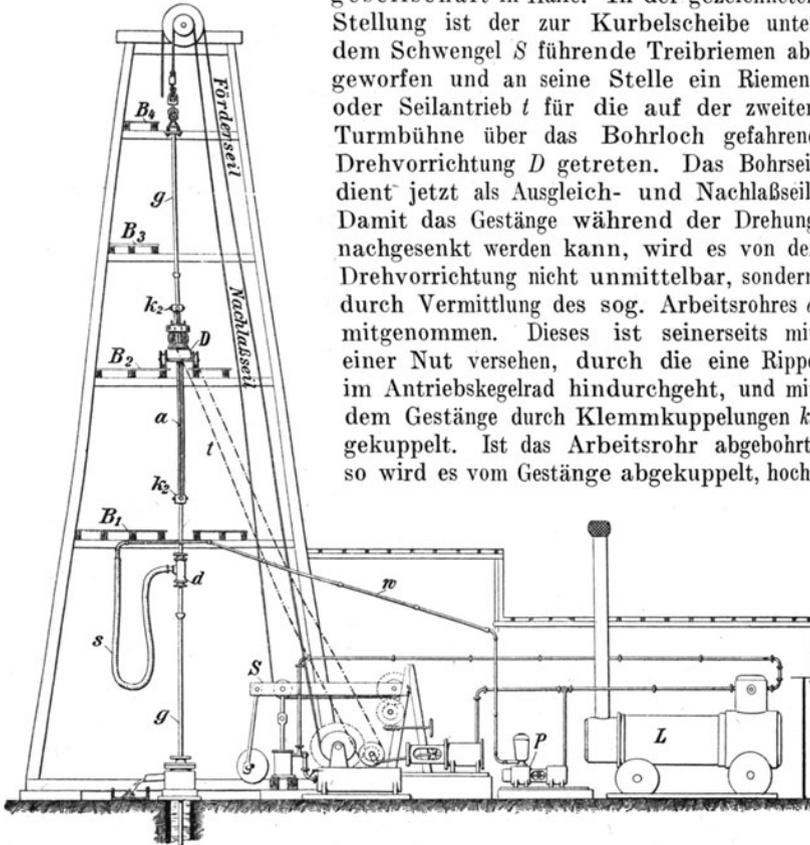


Abb. 33. Bohranlage der Kontinentalen Tiefbohrergesellschaft für abwechselnde Meißel- und Diamantbohrung.

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

Bei kleineren Teufen und entsprechend geringeren Gestängegewichten genügt für die Verlagerung des Antriebes ein einfaches Bock- oder Rahmengestell (vgl. Abb. 36, S. 28).

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

Die großen Vorzüge des Diamantbohrens sind: gute Kraftausnutzung und geringe Beanspruchung des Gestänges infolge der gleichmäßigen und ununterbrochenen Drehbewegung sowie besonders die vorzügliche Unter- richtung über das durchbohrte Gebirge durch die Kerngewinnung. Wegen dieser Vorzüge einerseits und der größeren Anlagekosten andererseits kommt das Verfahren im allgemeinen nur für größere Tiefen in Frage.

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

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

In der Regel werden für die Verrohrung schmiedeeiserne und Stahlrohre verwendet. Sie werden meist durch Verschraubung verbunden. Außen glatte Rohrverbindungen nach Abb. 27 *b* und *d-f* verdienen den Vorzug, da sie leicht nachgesenkt und herausgezogen werden können.

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

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

Kann eine Verrohrung nicht tiefer gebracht werden, so muß eine zweite, unter Umständen auch eine dritte, vierte usw. von jedesmal entsprechend geringerem Durchmesser eingebracht werden.

Doch kann man unter Umständen durch Unterschneiden eines Rohrsatzes mit Hilfe von Erweiterungsbohrern eine steckengebliebene Verrohrung noch tiefer bringen. Als Beispiel eines Erweiterungsbohrers sei der Exzentermeißel nach Abb. 35 erwähnt, der in schräger Lage durch die Ver-

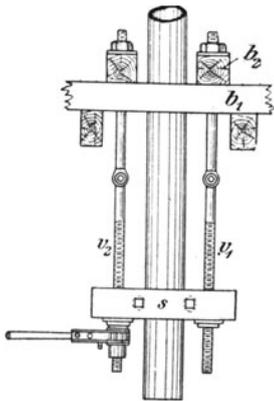


Abb. 34. Rohr-Ziehvorrichtung.



Abb. 35. Exzentermeißel.

rohrung hindurchgeht, unten aber infolge der seitlichen Lage seines Schwerpunktes sich in die gezeichnete Lage stellt.

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

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

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

Für Schürf- und Untersuchungsbohrungen ist 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 Bohrloch tiefsten 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 Bohrloch tiefsten eingenommen hatte, festgelegt wurde. Nachdem sich aber gezeigt hat, daß die Eisenverrohrungen der Bohrlöcher, auch bei Vermeidung von Eisen in der unmittelbaren Nachbarschaft der Magnetnadel, stark auf diese einwirken und dadurch Fehler herbeiführen, werden andere Hilfsmittel bevorzugt, bei denen die Verwendung von Magnetnadeln vermieden wird.

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 (D.R.P. 259427) arbeitende Lotverfahren der „Lotgesellschaft m. b. H.“ in Neumühlen bei Kiel erwähnt, bei dem die Abweichungen durch einen Kreiselkompaß der Richtung und durch ein Lot der Größe nach festgelegt und mittels elektrischer Übertragung sofort über Tage aufgezeichnet werden.

38. Die Bohrleistungen je Tag oder Stunde sind außer von der Härte des Gesteins auch von den durch Ein- und Ausfordern des Meißels oder Schlammloöffels, durch Verklemmungen, Gestängebrüche, Fangarbeiten, Stratametermessungen u. dgl. verursachten Zeitverlusten abhängig. Bei den stoßend wirkenden Bohrverfahren macht sich auch der Einfluß der Tiefe bedeutend stärker bemerklich als bei den drehenden, weil die Schlagzahl sinkt. Man rechnet im allgemeinen für die Schnellschlagbohrung 10—15 m durchschnittliche Tagesleistung je Teufen von 500—700 m und 15—20 m bei Teufen von 300—500 m, mittelfestes Gebirge vorausgesetzt. Für die

Diamantbohrung belaufen sich die durchschnittlichen Tagesleistungen, da das Kernziehen viel Zeit erfordert, auf etwa 3—8 m. Die besten Stundenleistungen können für die Schnellschlagbohrungen mit 7—10 m, für die Diamantbohrung mit 3—4 m angenommen werden.

D. Die Söhlig- und Schrägbohrung.

39. Überblick. Die Söhlig- und Schrägbohrung wird besonders für unterirdische Schürfarbeiten verwendet. Sie kann wesentlich billiger und schneller ausgeführt werden als das Auffahren von Untersuchungsquerschlägen.

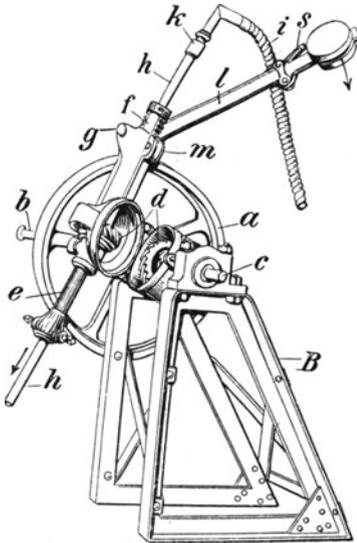


Abb. 36. Schürfbohrvorrichtung von Lange, Loreke & Co.

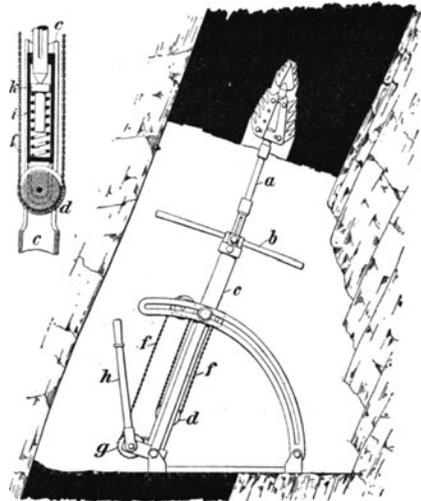


Abb. 37. Drehend arbeitende Überhau-bohrmaschine.

Der Erz- und Kalisalzbergbau mit ihren unregelmäßigen Lagerstätten machten daher mehr und mehr von diesem Verfahren Gebrauch. Die Möglichkeit der Kerngewinnung sichert hier der Diamantbohrung die Herrschaft.

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 Beengung 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.

Die Bohrvorrichtungen können auch für die Herstellung von senkrecht nach unten gerichteten Tiefbohrlöchern Verwendung finden, und zwar kann man Tiefbohrungen bis zu etwa 900 m mit solchen einfachen Bohreinrichtungen niederbringen.

40. Ausführung der Bohrvorrichtungen. Als Beispiel für ein solches Bohrverfahren sei dasjenige der Firma Lange, Lorcke & Co. in Mügeln i. Sa. angeführt, die die Bauart des schwedischen Ingenieurs Craelius weiter ausgebildet hat. Die in Abb. 36 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.

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 Verschiebung 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 (150–200 m). Die Kosten betragen etwa 8–20 *M* je Meter.

41. 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 Schwierigkeiten 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. 37 zeigt eine der am meisten gebrauchten Überhaubohrmaschinen. Dem Gestänge *a* mit dem

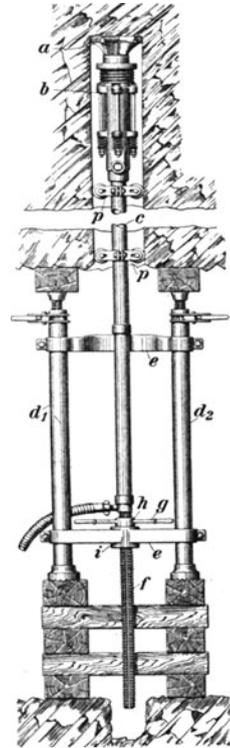


Abb. 38. Schlagend arbeitende Aufbruchbohrmaschine der Aufbruchbohrgesellschaft m. b. H. in Bochum.

Werkzeug wird durch den Hebel *b* die Drehbewegung erteilt. Der Vorschub geschieht dadurch, daß mittels der Ratsche *h* und des Windwerks *g—f* in einem Schlitz des Rohres *c* die Rolle *d* hochgewunden wird. Bei der Arbeit dreht sich der Fuß des Gestänges auf der federnd verlagerten Unterlageplatte *k* (s. linke Nebenzeichnung).

Für härteres Gestein benutzt man schlagend wirkende Maschinen (s. Abb. 38). Der Bohrmeißel *a* der Hammerbohrmaschine (s. S. 40 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 Drehung der mit Handhebeln *g* versehenen Schraubenmutter *h*, die unter Zwischenschaltung eines Kugellagers auf dem Mittelteil *i* des Querarmes *e* verlagert ist, bewirkt. In der achtstündigen Schicht erzielt man Leistungen von 0,5—2,0 m.

Dritter Abschnitt.

Gewinnungsarbeiten.

I. Einleitende Bemerkungen.

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

Da die Eigenart der bergmännischen Arbeit es mit sich bringt, daß eine dauernde Aufsicht unmöglich ist, erfolgt die Lohnzahlung tunlichst im Gedinge. Den Schichtlohn beschränkt man auf Fälle, wo der 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 Erreichung einer gewissen Leistung.

43. Tarifverträge sind Vereinbarungen über die Arbeitsbedingungen, die zwischen den Arbeitgebern eines gewerblichen Bezirks einerseits und den Arbeitern andererseits für einen längeren Zeitraum abgeschlossen sind. Sie legen die Lohnsätze für die vorkommenden Arbeiten fest, wobei ausbedungen werden kann, daß unter gewissen Umständen, z. B. bei steigenden oder fallenden Preisen für das Arbeitserzeugnis, auch die Lohnsätze eine gewisse Erhöhung oder Ermäßigung erfahren. Auch im Bergbau sind neuerdings überall Tarifverträge eingeführt, wobei man aber das Gedinge nicht ganz fallen ließ. Die Tarifverträge sehen deshalb neben einem festen Grundlohn,

der in jedem Falle, etwa in halber Höhe des zu erwartenden Verdienstes, voll gezahlt wird, Mindestlohnsätze vor, die mittels des Gedinges erreicht werden müssen.

44. 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, Konglomerat).

II. Gewinnungsarbeiten ohne Verwendung von Sprengstoffen.

45. Die Wegfüllarbeit geschieht mittels der Schaufel, des Spatens oder der Kratze mit Trog. Schaufel und Spaten (Abb. 39), 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. 40) wird bei grobstückigen Massen, die sich schlecht schaufeln lassen, vorgezogen.

46. Die Keilhauenarbeit wird zur Hereingewinnung milden Gebirges benutzt. Das Gezähe ist die einfache Keilhau (Abb. 41 *a* und *b*), bestehend aus Blatt und Stiel oder Helm, die doppelte Keilhau oder Kreuzhacke (Abb. 41 *e*), die Keilhau mit auswechselbaren Einsatzspitzen (Abb. 41 *c*) oder mit auswechselbarem Blatt (Abb. 41 *g*).

Die Auswechselbarkeit der Spitze oder des Blattes gestattet ein leichtes Schärfen, da nicht die ganze Keilhau zur Schmiede gebracht zu werden

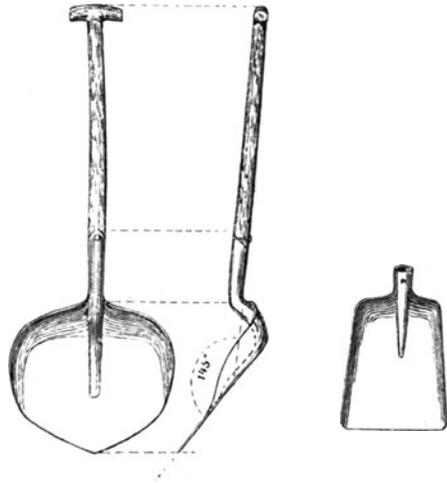


Abb. 39. Schaufel und Spaten.

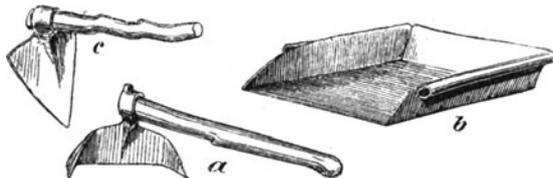


Abb. 40. Kratzen und Trog.

braucht. Die Schrämeisen (Abb. 42) 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 Schram-

packen. Für Arbeiten über Tage in milden Gebirgsarten gebraucht man die Breit- oder Rodehaue (Abb. 41f).

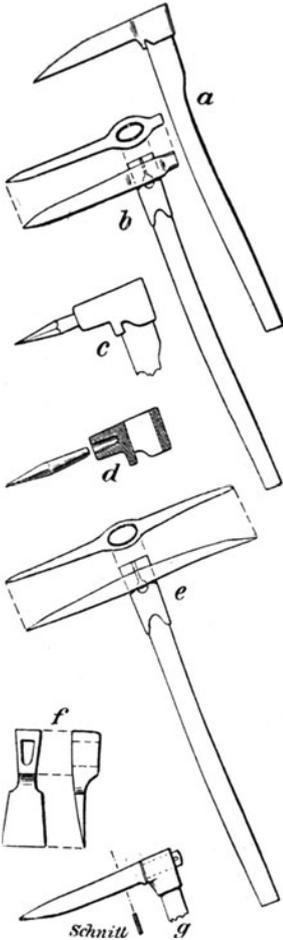


Abb. 41. Keilhauen.



Abb. 42. Schrämeisen.

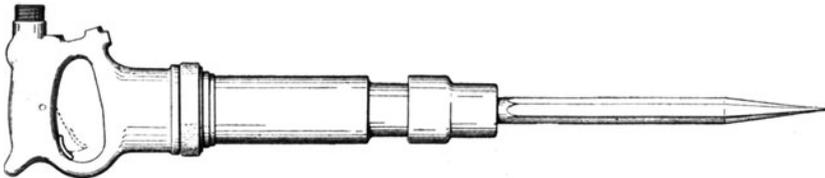


Abb. 43. Ansicht des Westfalia-Abbauhammers.

48. Die maschinelle Schrämarbeit. Säulen-Schrämmaschinen. Die Herstellung eines genügend tiefen Schrams mit Hand ist häufig schwierig und zeitraubend, so daß bei dieser Arbeit der Ersatz der menschlichen durch

47. Die **Abbauhämmer** werden nur auf Steinkohlengruben, und zwar entweder zum Schrämern und zu der darauffolgenden Hereingewinnung der Kohle oder unmittelbar lediglich für den letzteren Zweck benutzt. Am besten eignen sich Abbauhämmer dort, wo es nach der Härte der Kohle zweifelhaft bleibt, ob noch die Keilhauenarbeit oder schon die Sprengarbeit angebracht ist. Der Abbauhämmer ist eine Preßluftmaschine und besteht (Abb. 43) aus Griff, Zylinder und Werkzeug. Der Griff dient zum Halten der Maschine; an ihm ist der Luftanschluß mit der in der Abbildung punktiert angedeuteten Klinke des Absperrventils angebracht. Zwischen Griff und Arbeitszylinder befindet sich die Umsteuerung. Im Zylinder wird durch die wechselseitig eintretende Preßluft der Schlagkolben 1500—2000 mal in der Minute hin- und hergetrieben, wobei der in den Zylinder ragende Kopf des Werkzeugs ebensoviel Schläge empfängt. Dieses ist ein Spitz Eisen, das vorn fimmel- oder lanzenartig ausläuft. Bei der Arbeit setzt man das Werkzeug gegen die Kohle und drückt dauernd nach, wobei die Kohle abgesprengt wird. Bei günstigen Verhältnissen steigt die Leistung des Hauers durch Benutzung von Abbauhämmern um 25—50% und noch darüber.

maschinelle Kraft ein dringendes Bedürfnis ist. Im deutschen Steinkohlenbergbau sind am meisten verbreitet die um eine Säule schwenkbaren, stoßend wirkenden Schrämmaschinen.

In Abb. 44 ist eine Säulen-Schrämmaschine dargestellt. Die Einrichtung besteht aus einer beliebigen Stoßbohrmaschine mit Schrämstange und Schrämkrone, einer Spannsäule und dem Führungsektor mit Drehstück. Nachdem die Spannsäule aufgestellt ist, wird der Führungsektor

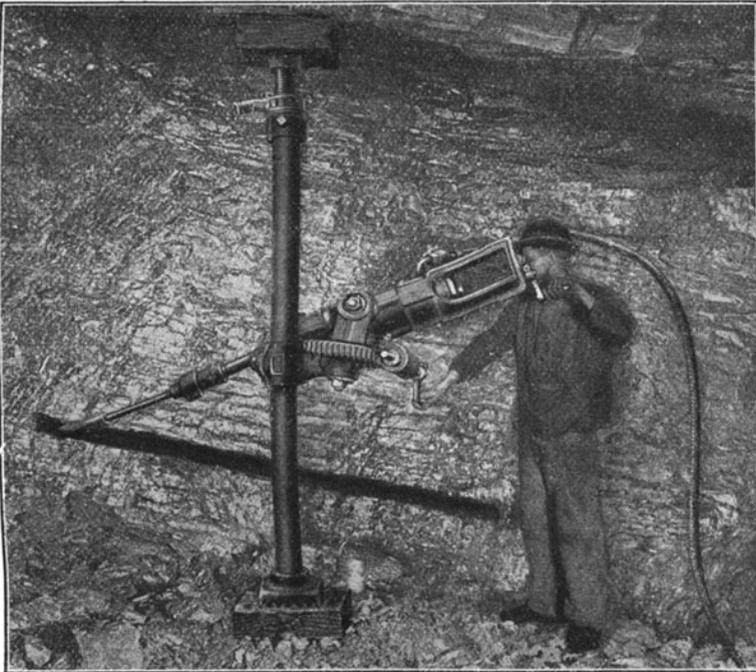


Abb. 44. Säulen-Schrämmaschine, Ausführungsform der Demag.

parallel zu dem herzustellenden Schram oder Schlitz in der an der Säule verschiebbaren Kluppe befestigt. In dem Auge des Sektors sitzt das Drehstück, in dessen Auge die Bohrmaschine angebracht wird. Geschwenkt wird die Maschine mittels einer Kurbel, deren mit Schneckengewinde versehene Achse im Drehstück eingelagert 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 usf., bis der Schram die genügende Tiefe hat.

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

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

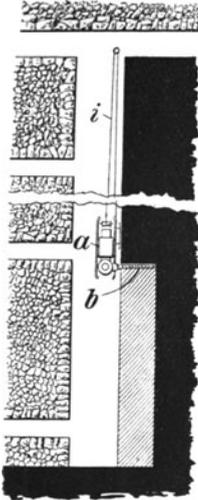


Abb. 45. Arbeitsweise der Strebschrämmaschinen.

49. Strebschrämmaschinen. Die Arbeitsweise dieser Maschinenart erhellt aus der Abb. 45. Die durch Preßluft oder Elektrizität angetriebene Maschine *a* fährt auf einem Schienengleis 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 ein Schrämrad sein kann, schneidet dabei den Schram auf etwa 1—1,25 m Tiefe in den Kohlenstoß ein. Um die Maschinen voll auszunutzen, ist es erforderlich, StREBBAU mit breitem Blick oder Abbau mit geschlossenem Versatz anzuwenden und möglichst lange Strebstöße von 80—120 m in einem Angriff abzuschrämen. In einer Schicht können etwa 100 qm unterschrämt werden.

Als Beispiel sei die Stangen-Schrämmaschine genannt, die mit einer mit Fräsern besetzten Schrämwelle arbeitet (Abb. 46). 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 Stell-schrauben die Stange etwas höher oder tiefer gelegt werden, um die

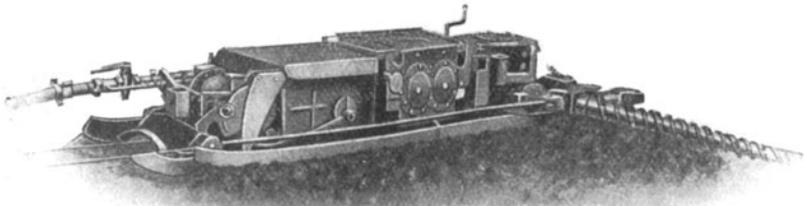


Abb. 46. Ansicht der Stangen-Schrämmaschine, Ausführung der Westfalia-A.-G.

günstigste Schrammschicht ausnutzen zu können. Bei Beginn der Arbeit läßt man die Stange in den Arbeitstoß hinein einschwenken, so daß sie sich selbst den Einbruch herstellt. Die 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 Fräsern beträgt. Hierdurch wird erreicht, daß in dem

Schram keine Rippen stehen bleiben und daß bei Bruch eines Fräasers dessen Arbeit von den Nachbarfräsern mitgeleistet werden kann.

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



Abb. 47. Fäustel.

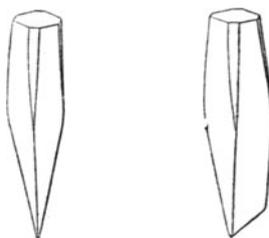


Abb. 48. Spitz- und Breitkeil.

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

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

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

III. Sprengarbeit.

A. Herstellung der Bohrlöcher.

Die Herstellung der Bohrlöcher erfolgt drehend, stoßend oder schlagend.

52. Drehendes Bohren. Bohren mit Hand. Beim drehenden Bohren muß das Werkzeug gedreht und gleichzeitig so stark gegen das Gestein gedrückt werden, daß die Schneiden fassen können. Man bohrt entweder

mit Hand (ohne und mit Benutzung von Handbohrmaschinen) oder aber mittels Maschinenkraft. Die Bohrer sind Schlangenbohrer, die aus stählernen Stangen mit rechteckigem (\square) oder rhombischem (\diamond) Querschnitt spiralig gewunden sind (Abb. 49). Das Bohren mit Hand erfolgt mittels des am hinteren Ende der Stange angebrachten Holzgriffs.

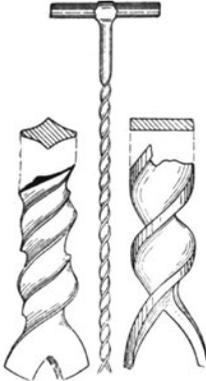


Abb. 49. Schlangenbohrer.

53. 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 Gebirgstöß und einem festen Widerlager eingespannt wird.

Die einfachste Handbohrmaschine (Abb. 50) 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; z. B. ist bei der Handbohrmaschine der Maschinenfabrik Westfalia zu Gelsenkirchen (Abb. 51) die Vorschub-

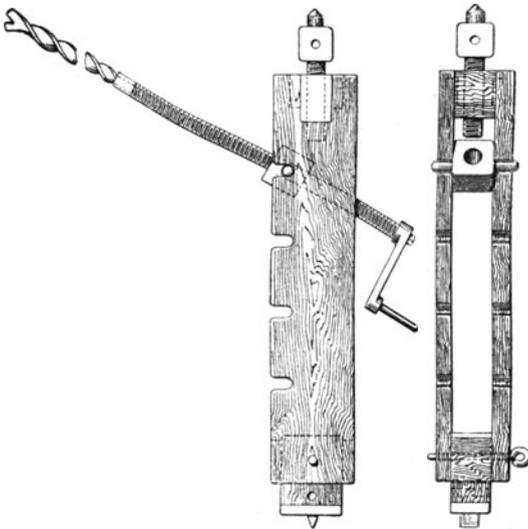


Abb. 50. Handbohrmaschine einfachster Art.

mutter *b* frei drehbar auf das Lagerstück *e* gesetzt und mit einem Handrade *c* versehen. Der Hauer kann das Rad und damit die Vorschubmutter festhalten oder teilweise oder ganz freilassen und dadurch die Maschine mit vollem oder vermindertem oder ohne Vorschub arbeiten lassen. Die Maschine wird während der Arbeit mit dem Zapfen *h* in ein Gestell gehängt oder mit dem gezahnten Fuße des Standrohres *d* gegen ein Widerlager (Stempel, Stoß o. dgl.) gesetzt.

54. 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 Bohrmaschine antreiben. Jetzt pflegt man fast nur noch Maschinen mit angebautem Motor an-

zuwenden. Die leichtesten dieser Maschinen werden während der Bohrarbeit vom Arbeiter selbst an 2 Griffen gehalten und mittels eines Brustbleches nachgedrückt. Abb. 52 stellt eine elektrisch betriebene Handbohrmaschine dar. Die etwa 1500 minutlichen Umdrehungen des Motors *m* werden durch ein Differentialrädergetriebe $d_1—d_4$ auf 250 der Bohrspindel *b* herabgesetzt. Abb. 53 zeigt eine mit Preßluft angetriebene Drehbohrmaschine dieser Art, die als sog. Drehkolbenmaschine gebaut ist. Für härtere oder ungleichmäßige Gebirgsarten werden die Maschinen schwerer gebaut und an Gestellen befestigt.

55. Die Brandtsche Bohrmaschine. Auch in sehr hartem Gebirge kann man drehend bohren, wenn man den Bohrer unter genügend hohem Drucke (mehrere 1000 kg) gegen das Gestein arbeiten läßt. Vorbedingung ist aber, damit die Schneide nicht glühend wird, daß die Umdrehung nur langsam erfolgt und für eine ausgiebige Kühlung Sorge getragen wird. Eine derartige Maschine ist die hydraulische Bohrmaschine von Brandt, die von der Maschinenfabrik Gebr. Sulzer in Winterthur geliefert wird. Die etwa 15 PS leistende Antriebsmaschine arbeitet mit einem Drucke von 60—80 Atm. Ein Teil des Abwassers tritt durch den Hohlbohrer (Abb. 54) in das Bohrloch, spült das Bohrmehl heraus und kühlt die Schneide. Die Anlagekosten für solche Bohreinrichtungen sind freilich sehr hoch.

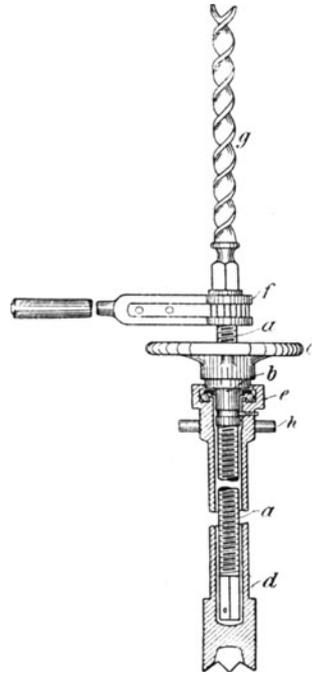


Abb. 51. Handbohrmaschine Westfalia.

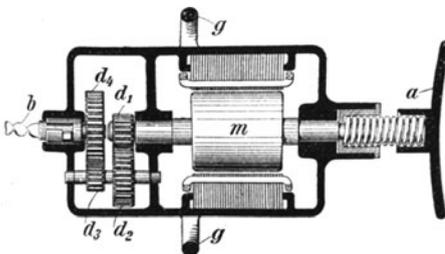


Abb. 52.
Elektrisch angetriebene Handbohrmaschine der Siemens-Schuckertwerke

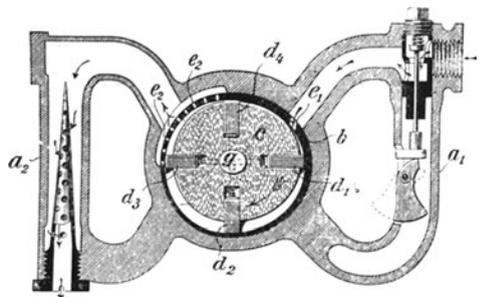


Abb. 53. Westfalia-Freihanddrehbohrmaschine im Schnitt.

56. Stoßendes Bohren. Bohren mit Hand. Die stoßende Hin- und Herbewegung des Bohrers erfolgt entweder unmittelbar mit Hand oder durch Maschinenkraft. Die Bohrer bestehen aus runden, sechs- oder achtkantigen Stahlstangen von 18—30 mm Dicke, an deren einem Ende die Schneide

als Meißel-, Doppelmeißel-, Kreuz-, Z- oder Kronenschneide ausgeschmiedet wird, wie dies die Abbildungen 55 *a—g* zeigen. Bei der Meißelschneide sind die beiden Schneidflächen unter einem Winkel von etwa 90° zugeschärft (Abb. 56). Je härter das Gestein ist, um so stumpfer kann man den Schneidenwinkel wählen. Beim Bohren mit Hand wird der als Bohrstange (Abb. 57) 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. 54.
Brandtscher
Hohlbohrer.

57. Bohrarbeit mit Maschinen. Preßluft-Stoßbohrmaschine. In den Preßluft-Stoßbohrmaschinen wird die Tätigkeit des Armes durch einen Treibkolben ersetzt, auf dessen Kolbenstange ein Meißelbohrer aufgesetzt ist. Der Kolben wird in einem Arbeitszylinder durch den Druck der über eine Steuerung abwechselnd auf dem einen und 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.

Es gibt zweierlei Steuerungsarten: Entweder fehlen bewegte Steuerungsteile gänzlich, und der Kolben steuert sich selbsttätig um, oder die

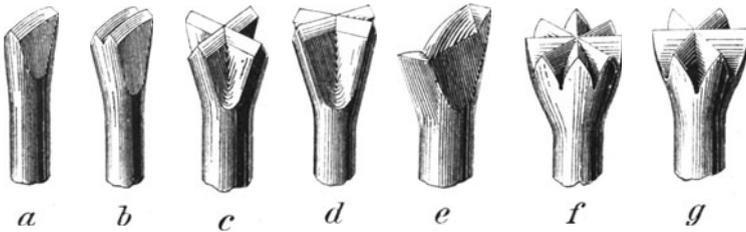


Abb. 55. Meißelformen für stoßendes und schlagendes Bohren.

Steuerungsteile werden durch die Preßluft angetrieben. Die Steuerung ohne bewegte Teile zeigt Abb. 58. Die einströmende Luft tritt bei der in der oberen

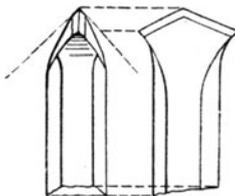


Abb. 56. Zuschärfung eines
Meißelbohrers.

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

Abb. 59 zeigt eine Kolbensteuerung. Der mit 3 Bunden a_1 — a_3 versehene Steuerkolben leitet die von $e_1 e_2$ zuströmende Preßluft abwechselnd durch die Kanäle c_1 und c_2 vor und hinter den Arbeitskolben. Der Auspuff erfolgt nach k hin. Der Steuerkolben wird seinerseits wieder durch die mittels der Bohrungen $i_1 i_2$ zugeführte Arbeitsluft umgesteuert.

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 Bohrers wird die Drallspindel an der Drehung durch das Gesperre nicht gehindert. Demzufolge dreht sich die Drallspindel, und der Kolben mit dem Bohrer fliegt ohne Drehung geradeaus. Bei der Rückwärtsbewegung wird die Drallspindel festgehalten, und der Kolben muß sich mit dem Bohrer auf den Drallzügen zurückbewegen, also eine gewisse Drehung erleiden.

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

Abb. 60 stellt die Maschine der Demag 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 Kraftbedarf einer Preßluft-Stoßbohrmaschine, ausgedrückt in der erforderlichen Arbeit des Luftkompressors, ist etwa 12—18 PS. Die Bohrleistung der größeren Maschinen beträgt in festem Granit 10—15 cm minutlich.

58. Die elektrischen Stoßbohrmaschinen, besonders die Kurbelstoßbohrmaschinen von den Siemens-Schuckert-Werken zu Berlin, arbeiten mit einem Kraftbedarf von nur etwa $1\frac{1}{2}$ PS, so daß sie in dieser



Abb. 57. Stoßbohrer.

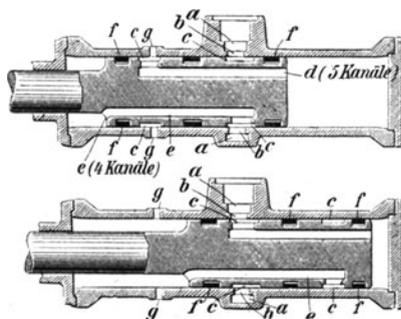


Abb. 58. Steuerung der Triumphbohrmaschine (Ruhrtthaler Maschinenfabrik).

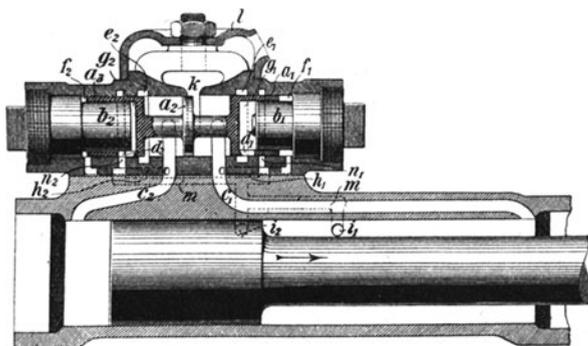


Abb. 59. Bohrmaschinensteuerung der Demag.

Beziehung den Preßluft-Stoßbohrmaschinen erheblich überlegen sind. Dafür sind sie aber nicht so schlagkräftig und leiden mehr unter Verschleiß, Brüchen und Betriebsstörungen, so daß ihnen in der Regel die Preßluftmaschinen vorgezogen werden.

59. Verlagerung der Bohrmaschinen.

Als Träger der Stoßbohrmaschinen bei der 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 Druckwasser-säulen möglich, bei denen zwei fernrohr-artig 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.

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

60. Schlagendes Bohren. Bohren mit Hand. Beim schlagenden Bohren wird die Meißelschneide durch Schläge gegen den Bohrerkopf mittels Fäustels oder Kolbens in das Gestein eingetrieben. Damit das Loch rund wird und keine „Füchse“ entstehen, muß der Bohrer ebenso wie beim stoßenden Bohren umgesetzt werden. Das Gezähe für das schlagende Bohren mit Hand ist das Fäustel (s. Abb. 47, S. 35) und der Bohrer. Außerdem benutzt man für abwärts gerichtete Bohrlöcher

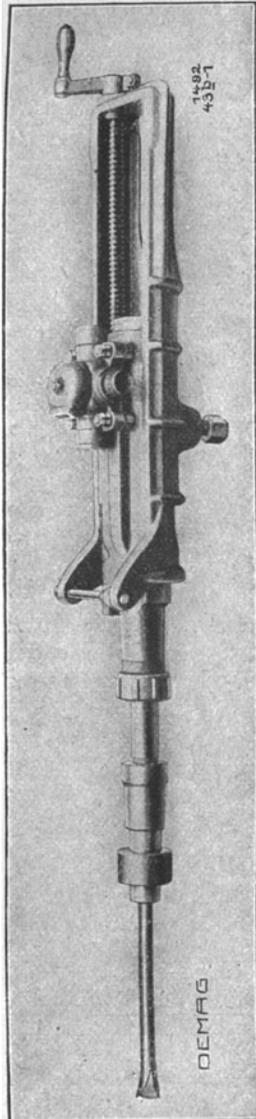


Abb. 60. Ansicht der Demag-Stoßbohrmaschine.

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

61. Bohrhämmer. Allgemeines. Bei den Bohrhämmern oder Hammerbohrmaschinen wird die Arbeit des Fäustelbohrens nachgeahmt.

Der Bohrmeißel bleibt ständig in Berührung mit der Bohrlochsohle, während er von einem in dem Arbeitszylinder durch Preßluft hin- und hergetriebenen Schlagkolben eine sehr große Zahl von Schlägen (1200—2500 minutlich) erhält. Die Maschine besteht aus dem Griff, dem Arbeitszylinder mit Steuerung, Schlagkolben und Umsetzvorrichtung und der Einsteckhülse zur Aufnahme des Bohrendes.

62. Die Steuerung kann ohne bewegte Teile arbeiten (s. Abb. 58 auf S. 39) oder solche besitzen. Abb. 61 zeigt die Einrichtung und Steuerung der Flottmannschen Maschine: In dem Zylinder *a* bewegt sich der Kolben *b* hin und her, dessen vordere Kolbenstange *c* als Schlagkopf ausgebildet ist, *g* und *h* sind die Einströmungskanäle für die frische Luft. Die Umsteuerung geschieht durch eine leicht bewegliche Kugel *d*, die zwischen den zwei nahe beieinander befindlichen kreisförmigen Öffnungen der Kanäle *g* und *h* hin- und herrollt und abwechselnd die eine oder andere dadurch verschließt, daß sie sich auf die Ringsitze auflegt. Der Auspuff erfolgt durch die Löcher

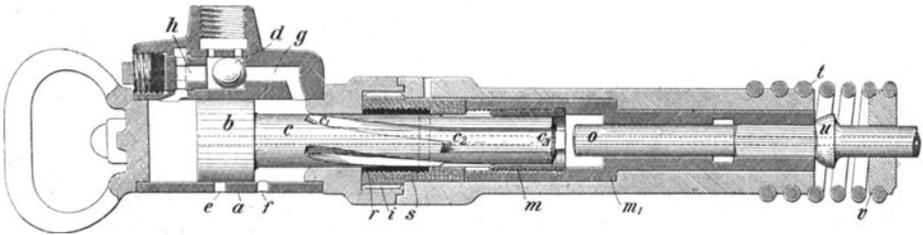


Abb 61. Flottmannscher Bohrerhammer.

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, wird die Steuerkugel *d* infolge der vor dem Kolben eintretenden Kompression und der hinter ihm wirkenden Druckentlastung herübergeschleudert, und das Spiel wiederholt sich von neuem. Andere ähnliche Steuerungen arbeiten mit Klappen, Scheiben, Linsen o. dgl.

63. 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. Das Sperrrad liegt entweder hinter dem Schlagkolben, und die Drallspindel taucht von hinten in eine Bohrung des Kolbens ein, oder aber das Sperrrad liegt vor dem Kolben, und die Züge der Drallspindel sind auf die Kolbenstange selbst geschnitten.

Den ersten Fall zeigt Abb. 62. Das punktiert angedeutete Sperrrad ist mit *i* und die Drallspindel, die durch eine im Kolben verlagerte Drallmutter hindurchgleitet, mit *k* bezeichnet. Die Übertragung der dem Kolben bei seinem Rückgange erteilten Drehbewegung auf die Bohrstange *o* geschieht durch die Hülse *m*, die mit vorspringenden Nasen in Längsnuten der Kolben-

stange *c* eingreift, so daß die Hülse an der Drehung des Kolbens teilnimmt. Der in die Hülse nach Art. eines Bajonettverschlusses eingesetzte Bohrer,

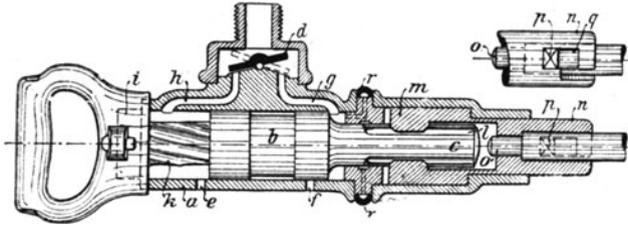


Abb. 62. Westfalia-Bohrhammer.

der durch die Nase *p* gehalten wird, muß der Drehung folgen. Die zweite Art der Umsetzvorrichtung zeigt Abb. 61.

64. Vorschubeinrichtung. Eine besondere Vorschubeinrichtung

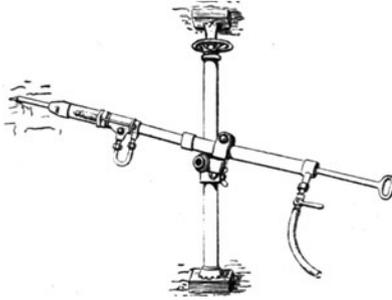


Abb. 63. Ansicht der Hoffmann'schen Preßluft-Vorschubvorrichtung.

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 dies Verfahren versagt, wendet man Vorschubeinrichtungen an. Bei dem Vorschub durch Gegengewichte wird der Hammer durch Gewichte angedrückt, die man dadurch, daß man die Tragschnur über Rollen führt, in jeder Richtung

wirken lassen kann. Viel gebraucht ist der Preßluftvorschub. Ein Zylinder und ein Kolben stecken fernrohrartig ineinander. Dadurch, daß man Preßluft in den Zylinder führt, treibt man den Kolben heraus; der Bohrhammer

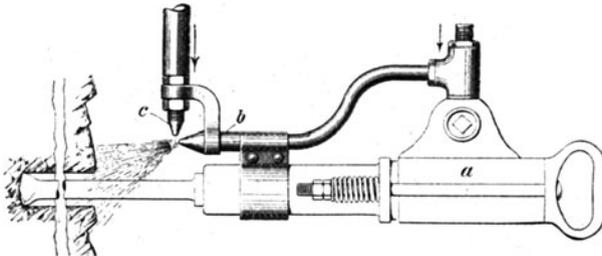


Abb. 64. Niederschlagung des Bohrstaubes.

mit dem Bohrer wird gegen das Gestein gedrückt und folgt dem Tieferwerden des Loches. Durch Abdrosseln des Luftdruckes oder durch Anbringung von

Bremsen kann man den Vorschubdruck regeln. Die Anwendung einer solchen Preßluft-Vorschubvorrichtung zeigt Abb. 63.

65. 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 wagerecht und schwach geneigten Löchern gebraucht man mit großem Vorteil Schlangensauger, 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 die Niederschlagung des Staubes durch einen mittels der Preßluft selbst fein zerstäubten Wasserstrahl, der seinen Sprühregen gegen die Bohrlochmündung richtet (Abb. 64).

66. Leistungen. Luftverbrauch. Die Leistungen der Bohrhämmer sind in mildem Gebirge außerordentlich hoch und erreichen vielfach 40, 60, ja 80 cm in der Minute. Je fester das Gestein ist, um so mehr sinken freilich die Leistungen, erreichen aber in festem Gestein 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 entspricht einer Kompressorarbeit von 4–5 PS. Dieser geringe Luftverbrauch und die leichte, bequeme Handhabung machen es erklärlich, daß die Bohrhämmer so schnell die Stoßbohrmaschinen verdrängt haben.

B. Die Sprengstoffe.

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

Es gibt bei der Explosion zwei verschiedene Arten der Fortpflanzung, nämlich Deflagration (Verbrennung) und Detonation. Man unterscheidet hiernach langsam explodierende (deflagrierende) und schnell explodierende (brisante) Sprengstoffe. Zu der ersteren Gruppe gehören insbesondere das Schwarzpulver und die damit verwandten Sprengstoffe. Zu den brisanten Sprengstoffen gehören die Dynamite und die Sicherheitsprengstoffe. Die 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.

68. 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 N_2O_3), die als unterscheidendes Kennzeichen auftreten. Diese Gase brodeln als gelbroter Qualm aus dem Bohrloche hervor. Von den Ursachen für das Auskochen von Sprengladungen sind am 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.

69. Sprengkraft. Die Arbeitsfähigkeit der Sprengstoffe ist aus physikalischen Gründen gleich der bei der Explosion entwickelten Wärmemenge.

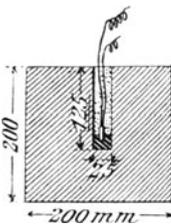


Abb. 65.
Trauzlscher
Bleimörser.

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 an. Sie wird in Bleizylindern, deren Maße sich aus der Abb. 65 ergeben, ausgeführt. In dem zylindrischen Hohlraum des Bleimörseres 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. Je 10 g ergeben als Ausbauchung: Sprengelatine 480 ccm, Gelatinedynamit 410 ccm, die Sicherheitssprengstoffe 160—230 ccm.

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

- A. Schwarzpulverähnliche Sprengstoffe
- B. Brisante Sprengstoffe
 - I. Dynamite (Nitroglyzerin mit Beimengung)
 - a) Mit unwirksamer Beimengung (Gurdynamit)
 - b) Mit wirksamer Beimengung (Sprenggelatine, Gelatinedynamit)
 - II. Sprengstoffe mit Ammonsalpeter, Chlorat- oder Perchlorat als Sauerstoffträger.

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

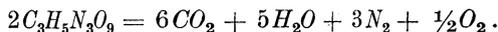
- a) Karbonite, gelatinöse und halbgelatinöse Sprengstoffe (abgeschwächte Dynamite)
- b) Ammonsalpetersprengstoffe
- c) Chloratsprengstoffe.

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

71. Schwarzpulver besteht aus Holzkohle, Schwefel und Kalisalpeter in innigstem, feinstem Gemenge. Holzkohle und Salpeter unterhalten die Verbrennung; der Zusatz von Schwefel erleichtert die Zündung und ist für die Gleichmäßigkeit der Verbrennung und ihrer Geschwindigkeit notwendig. Der Salpetergehalt schwankt von 65—75%, der Gehalt an Kohle von 15 bis 20% und derjenige an Schwefel von 10—15%. Man stellt Kornpulver und komprimiertes Pulver her. Die Sprengladungen aus komprimiertem Pulver sind handlich und bequem beim Laden und Besetzen.

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

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



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

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

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

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

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

73. Allgemeines über Sicherheitsprengstoffe. Durch Schwarzpulver und Dynamit werden Schlagwettergemische und Kohlenstaubaufwirbelungen überaus leicht zur Entzündung gebracht. Der übliche Besatz über der Schußladung erhöht zwar die Sicherheit beträchtlich, macht aber erfahrungsgemäß diese Sprengstoffe nicht schlagwetter- und kohlenstaub-

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

74. Karbonite, gelatinöse und halbgelatinöse Sprengstoffe. Die Karbonite sind im wesentlichen Gemenge von etwa 25—30% Sprengöl mit je 25—40% Getreidemehl und Kali- oder Natronsalpeter. Bei den gelatinösen und halbgelatinösen Sprengstoffen (wettersicheren Gelatinedynamiten) ist das Sprengöl gelatinisiert, so daß die Sprengstoffe ganz oder zum Teil gelatinöse Beschaffenheit annehmen; auch ist der Kali- und Natronsalpeter durch Ammonsalpeter ersetzt. Die Nachschwaden aller dieser Sprengstoffe führen stets in größeren Mengen das giftige Kohlenoxyd, so daß Vorsicht beim Betreten des Sprengortes geboten ist. Wegen des Nitroglyzeringehaltes gefrieren die Sprengstoffe leicht. Dagegen ist die Schlagwettersicherheit zumeist sehr groß. Als Beispiel sei von den Karboniten genannt das Kohlenkarbonit, bestehend aus 25% Sprengöl, 34% Kalisalpeter, 38,5% Weizenmehl, 1% Lohmehl, 1% Barytsalpeter, 0,5% Soda. Dieser Sprengstoff ist in der Versuchstrecke bis über 700 g sicher und erzeugt 170 ccm Ausbauchung. Als gelatinöser Sicherheitsprengstoff sei aufgeführt das wettersichere Gelatinedynamit 28, bestehend aus 30% gelatinisiertem Sprengöl, 33,5% Ammonsalpeter, 1,5% Naphthalin und 35% Chlorkalium. Die Sicherheit in der Versuchstrecke ist bis 600 g vorhanden; und die Ausbauchung im Bleimörser beträgt 219 ccm.

75. Die Ammonsalpetersprengstoffe werden nicht etwa ausschließlich in Schlagwettergruben, sondern auch in Erz- und Salzgruben, in Steinbrüchen und Tongruben viel benutzt. Sie bestehen in der Hauptsache aus Ammonsalpeter, dem brennbare oder explosive 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 Überstand des Gefrierens besteht nicht. Als Nachteil ist die hygroscopische Natur dieser Sprengstoffe hervorzuheben, ferner ist hier die geringe Ladedichte (der Sprengstoff liegt sehr locker) und deshalb eine nicht immer genügende Sprengwirkung zu nennen. Von den unzähligen verschiedenen Zusammensetzungen der Ammonsalpetersprengstoffe seien genannt: Donarit (kein Sicherheitsprengstoff), bestehend aus 80% Ammonsalpeter, 12% Trinitrotoluol, 4% Mehl, 4% gelatinisiertem Sprengöl, und Kohlenwestfalit I, bestehend aus 83% Ammonsalpeter, 9% Kali- und Barytsalpeter, 4% Sprengöl, 2% Trinitrotoluol, 2% Mehl. Das Kohlenwestfalit ist in der Versuchstrecke sicher bis 400 g und ergibt eine Ausbauchung von 233 ccm.

76. Die Kaliumchlorat- und Kaliumperchloratsprengstoffe benutzen als sauerstoffabgebenden Körper das Kaliumchlorat ($KClO_3$) und das Kaliumperchlorat ($KClO_4$). Ihre Handhabungssicherheit ist nicht so groß wie die der Ammonsalpetersprengstoffe, übertrifft aber immerhin noch die der Dynamite. Die Chloratsprengstoffe sind verhältnismäßig billig. Je nach der Zusammensetzung kann man auch ihnen Schlagwettersicherheit geben. Aus der Gruppe seien hier genannt das Miedziankit, bestehend aus 90% Kaliumchlorat und 10% Petroleum, und das Cheddit, bestehend aus wechselnden Gemengen von Kaliumchlorat, Rizinusöl und Nitrokörpern.

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

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

Karbonite, gelatinöse Sicherheitsprengstoffe und Chloratsprengstoffe sind wie Dynamit zu behandeln.

C. Zündung der Sprengschüsse.

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

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

Schwarzpulver und ähnliche Sprengstoffe werden unmittelbar durch die Stichflamme der brennenden Zündschnur zur Explosion gebracht. Zur sicheren Zündung der brisanten Sprengstoffe bedient man sich der Vermittlung der

Sprengkapseln, die auf die Zündschnur geschoben und an sie angekniffen werden.

80. Die Sprengkapseln sind zylindrische, an dem einen Ende geschlossene Kupferhülsen, die mit einem sprengkräftigen Zündsatze gefüllt sind. Früher bestand die Füllung gewöhnlich aus Knallquecksilber, und man gebrauchte Zündhütchen mit einer Ladung von 0,3–3 g, die mit Nr. 1–10 bezeichnet wurden. Abb. 66 zeigt Sprengkapsel Nr. 3 mit 0,54 g und Nr. 8 mit 2 g Füllung. Jetzt gibt man den Kapseln vielfach eine Füllung, die nur in ihrem oberen Teile *a* (Abb. 67) aus Knallquecksilber, darunter (bei *b*) aus Trotyl (Trinitrotoluol) oder noch häufiger aus Tetryl (Tetranitromethylanilin) besteht. Die Füllung ist durch eine gelochte Abschlußhülse *d* zusammengehalten, welche die Kapsel gegen das Eindringen von Feuchtigkeit, ebenso gegen Stoß und Schlag schützt. An Stelle des Knallquecksilbers verwendet man jetzt auch das Bleiacid.

81. Das Anzünden der Zündschnur erfolgt in schlagwetterfreien Gruben mit der offenen Lampe. In Schlagwettergruben pflegte früher das Anzünden mit Stahl, Stein und Schwamm bewirkt zu werden. Da aber die ersten, aus der Schnur aussprühenden Funken die Schlagwetter zu zünden vermögen, wendet man vielfach sog.



Abb. 66. Sprengkapseln Nr. 3 u. 8 in natürlicher Größe.



Abb. 67. Tetrylkapsel.



Abb. 68. Norresscher Anzünder.

Anzünder an, bei denen die Entzündung der Schnur in einer geschlossenen Hülse vor sich geht. Der Norressche Zünder z. B. besteht aus der Papierhülse *a* (Abb. 68), deren Ende zusammengewürgt und durch die Papierwickelung *b* verstärkt ist, und dem durchlochtem Zündhütchen *c* mit durchgeführtem Draht *d*. Beim Gebrauche wird die Zündschnur möglichst tief in die Hülse eingeführt und darauf der an seinem in der Hülse steckenden Ende spiralig aufgedrehte Draht mit kurzem Ruck herausgerissen. Durch die Reibung des Drahtes in dem Zündhütchen wird dessen Entflammung und damit diejenige der Zündschnur eingeleitet.

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

Art der Zündung	Der Widerstand des einzelnen Züners beträgt etwa Ohm	Ein Zünder erfordert	
		eine Stromstärke von etwa	eine Spannung von etwa
		Ampere	Volt
Funkenzündung . .	1 000 000 u. mehr	nicht meßbar, klein	3000
Spaltglühzündung . .	20—100 000	$\frac{1}{5000}$ — $\frac{1}{500}$	6—100
Brückenglühzündung	0,6—1,9	0,5—0,8	0,5—2

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

84. Die magnetelektrischen Maschinen liefern elektrische Ströme von niederer bis zu mittlerer Spannung, die von einigen wenigen Volt bis zu mehreren Hundert Volt und darüber hinaus steigen kann. Die Maschinen sind für Brücken- und Spaltglühzünder bestimmt. Gewöhnlich sind die Maschinen so gebaut, daß zwischen den Polen eines oder mehrerer Magnete ein mit isolierten Drahtwickelungen versehener **I**-Anker (Abb. 69) 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

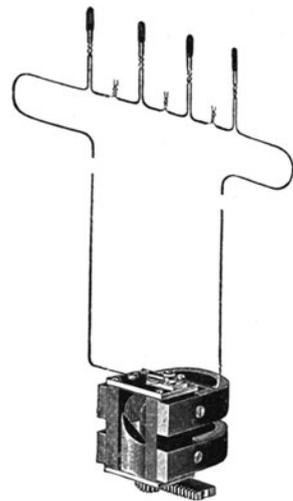


Abb. 69. Magnetelektrische Zündmaschine ohne Gehäuse

die Zünder zur Explosion. Abb. 70 zeigt das äußere Aussehen einer solchen Maschine; die für 1—3 Schuß bestimmt ist.

85. Die dynamoelektrischen Maschinen. Ein mit Drahtwickelungen versehener I-förmiger Anker T (Abb. 71) wird zwischen den Polen eines Elektromagneten m in Umdrehung versetzt. Infolge des in den Magnet-schenkeln vorhandenen sog. remanenten Magnetismus werden in den Ankerwickelungen Wechselströme induziert, die auf einem Kollektor C gleichgerichtet werden. Der Strom durchfließt entweder im Haupt- oder im Nebenschluß die Wickelungen des Elektromagneten und verstärkt so den Magnetismus und damit wiederum die Stromstärke. Im Augenblick der höchsten Erregung wird der innere Stromkreis (z. B. durch Niederdrücken eines Unterbrechers, wie in der Abbildung angedeutet) geöffnet, und der ganze ver-

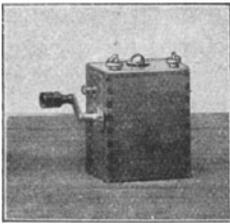


Abb. 70. Magnetelektrische Kurbelmaschine.

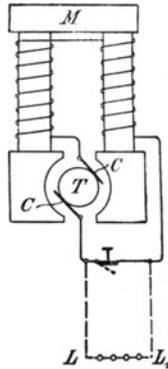


Abb. 71. Schema der dynamoelektrischen Zündmaschine.

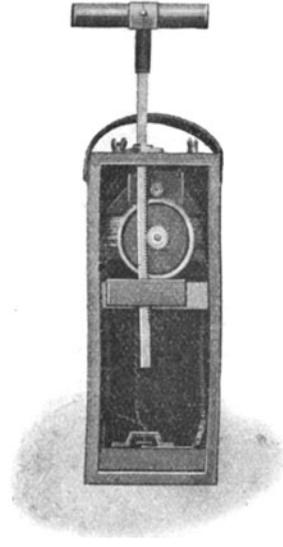


Abb. 72. Dynamoelektrische Zahnstangenmaschine.

fügbare Strom geht durch den äußeren Stromkreis LL_1 . Abb. 72 zeigt eine solche dynamoelektrische Maschine mit Zahnstangenantrieb von der Fabrik elektrischer Zünder zu Köln.

86. 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 transportiert werden können. Am verbreitetsten sind die Hellesen-Elemente mit Zink- und Kohlenelektroden und einem teigigen Elektrolyt. Abb. 73 zeigt eine solche Zündbatterie mit 5 Elementen, die eine Spannung von $6\frac{1}{4}$ — $7\frac{1}{4}$ Volt bei $2\frac{3}{4}$ bis 3 Ohm innerem Widerstand ergeben. Man kann damit drei Schüsse gleichzeitig zünden.

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

88. Die elektrischen Zünder bestehen aus den beiden Zuleitungsdrähten und dem Zündkopfe. In diesem ist der Zündsatz untergebracht, in den die beiden Drähte mit ihren Enden oder Polen münden. Hinzukommt für die Zündung brisanter Sprengstoffe die Sprengkapsel. Die Zünder

werden entweder in fester Verbindung mit der Sprengkapsel in den Handel gebracht oder sind so eingerichtet, daß die Kapsel erst am Orte der Sprengung

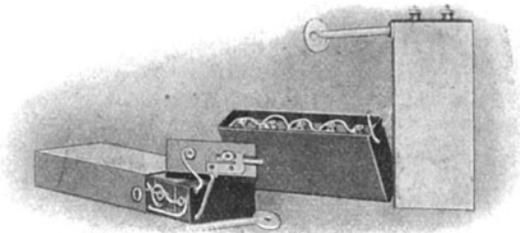


Abb. 73. Zündbatterie mit 5 Hellesen-Elementen.

von dem Arbeiter auf den Zünder gesetzt wird. Die Zuleitungsdrähte wählt man gewöhnlich 1,5—2 m lang. Der Zündsatz besteht in der Regel aus chlorsaurem Kali und Schwefelantimon.

Bei dem Brückenglühzünder der Fabrik elektrischer Zünder zu Köln (Abb. 74) sind auf eine Kartonpapierschicht *a* beiderseits Metallblättchen *bb* geklebt, die durch ein angelötetes, bügel förmig gebogenes Platindrähtchen *P* miteinander verbunden sind. Damit das Drähtchen *P* genügend lang wird, ist die Kartonpapierschicht *a* treppenförmig abgestuft, und das Drähtchen überspannt die so gebildete Stufe. Der Zündsatz *c* wird durch Eintauchen, ähnlich wie die 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.

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

90. **Leitungen.** Für die Leitungen kommt hauptsächlich Eisen- und Kupferdraht in Betracht. Die Drähte können entweder blank oder isoliert sein. Bei niedrigen Widerständen von Zündern und Leitungen darf man blanke Leitungen anwenden. Je höher die Widerstände sind und je mehr Zünder man hintereinander schaltet, desto notwendiger wird Isolation. Ferner ist in feuchten Strecken und bei hohen Spannungen wegen der Nebenschlußgefahr Isolation erforderlich. Sehr wichtig ist, daß die Verbindungen der Leitungen nicht durch einfaches Ineinanderhaken, sondern nach Abb. 75 durch sorgfältiges Verdrehen hergestellt werden.

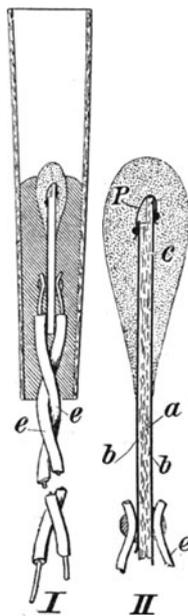


Abb. 74. Brückenglühzünder.

91. 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.

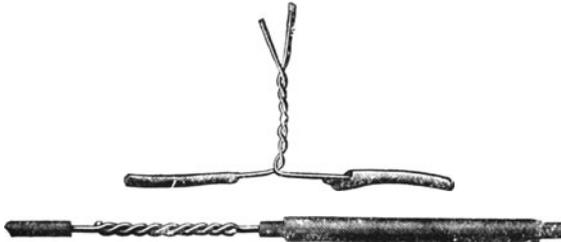


Abb. 75. Gute Leitungsverbindungen.

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

D. Das Luft-Sprengverfahren.

93. 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, Korkscheifmehl oder Kohlenpulver) 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. 76), aus denen die Flüssigkeit in die Tauchgefäße (Abb. 77) übergefüllt wird.

94. Das Fertigmachen und Abtum 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. 78) oder elektrische Zündung (Abb. 79) entzündet werden kann. Die Zündschnur muß zur Verhütung des vorzeitigen Zündens infolge Durchbrennens innerhalb der Pa-

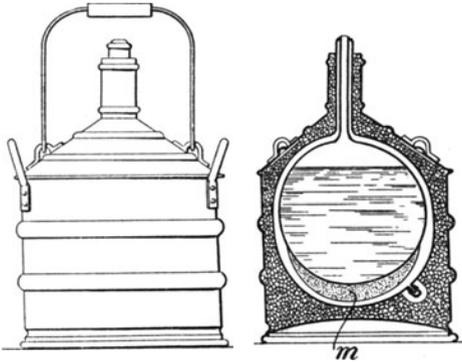


Abb. 76. Tragflasche für flüssige Luft.

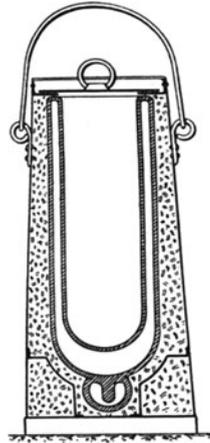


Abb. 77. Tauchgefäß.

trone durch eine Hülle *a* (Abb. 78) 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, hat Dr. Hecker die Zündung aus dem Bohrlochtiefsten (Abb. 80) vorgeschlagen, wobei man



Abb. 78. Zündung einer Luft-Patrone mittels geschützter Zündschnur und Sprengkapsel.



Abb. 79. Patrone mit einer Luft-Sprengkapsel.

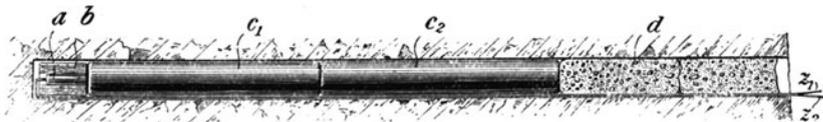


Abb. 80. Zündung aus dem Bohrlochtiefsten nach Dr. Hecker.

die Sprengkapsel *a* mit einer Verlagerung *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.

95. 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 schlagwettersicher nicht hat ausgestaltet werden können.

E. Allgemeines.

96. Unglücksfälle bei der Schießarbeit können durch frühzeitige Explosion beim Besetzen infolge zu rauher Behandlung der Ladung eintreten. Ferner entstehen sie dadurch, daß der Mann zu frühzeitig an den Sprengort zurückkehrt, noch ehe der Schuß gekommen ist, sei es, weil er an ein Versagen glaubt, oder sei es, weil er in dem Knall sich getäuscht hat. Auch das Zurückkehren zum Schußorte, noch ehe der Qualm sich verzogen hat, bringt dem Bergmann durch nachträglich fallendes Gestein oft den Tod. Versager können nachträglich Unglücksfälle hervorrufen, indem unexplodiert

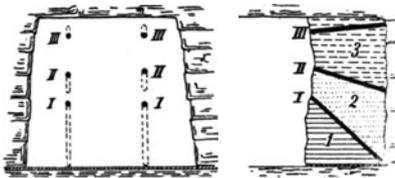


Abb. 81. Einbruch am Liegenden.

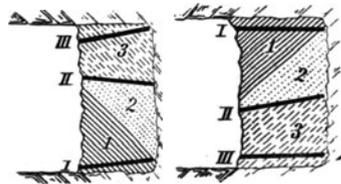


Abb. 82. Einbruch bei verschiedenem Einfallen der Schichten.

gebliebene Patronen zur Explosion gelangen, wenn sie vom Schläge der Keilhaue getroffen oder vom Bohrer angebohrt werden. In den giftigen Nachschwaden verschiedener Sicherheitsprengstoffe sind leicht Vergiftungen möglich, wenn der Mann zu früh in den dichten Qualm zurückkehrt. Auch die elektrische Zündung hat sich nicht als so sicher erwiesen, wie man gehofft hat.

97. Betriebsmäßige Ausführung der Sprengarbeit. Sind beim Ansetzen der Schüsse keine freien Flächen vorhanden, zu denen der Schuß annähernd parallel angesetzt werden kann, so sucht man entweder durch die Sprengarbeit selbst „Einbruch“ herzustellen, oder man schießt gänzlich „aus dem Vollen“. Beim Einbruchschießen setzt man einen Schuß oder mehrere so an, daß zunächst aus dem vollen Gebirge ein Stück herausgesprengt wird, nach dessen Lösung die weiteren Schüsse annähernd parallel zu den auf diese Weise bloßgelegten Flächen angesetzt werden können. Beim Schießen aus dem Vollen werden sämtliche Schüsse etwa senkrecht auf die zu sprengende Gesteinswand und parallel zueinander abgebohrt und gleichzeitig abgetan. Man sucht beim Einbruchschießen die Schichtung des Gebirges möglichst auszunutzen. Abb. 81 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. 82, links), dagegen oben, wenn sie dem Orte zufallen (Abb. 82, rechts). Fehlen gute Ablösungen, so legt man den Einbruch etwa in die Mitte des Ortes und hebt ihn mit mehreren Schüssen kegelförmig (Abb. 83) oder keilartig (Abb. 84) 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

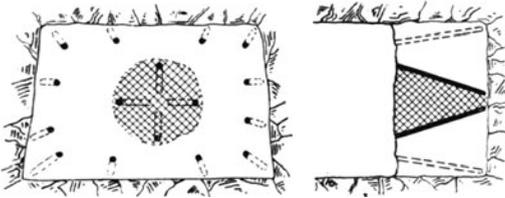


Abb. 83. Kegel-Einbruch.

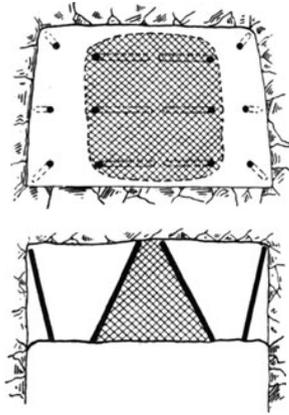


Abb. 84. Keil-Einbruch.

nicht allein von der Schießarbeit, sondern hauptsächlich von einer guten Überwachung des Betriebes und strengen Innehaltung der Ordnung bei der Arbeit ab.

Im Kalibergbau hat sich stellenweise das sog. kombinierte Schießen als vorteilhaft erwiesen, bei dem man in das Bohrloch tiefste 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.

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

Vierter Abschnitt. Die Grubenbaue.

98. Überblick. Die Grubenbaue fallen unter die Begriffe „Ausrichtung“, „Vorrichtung“ und „Abbau“.

Ausrichtungs- und Vorrichtungsbaue sollen den Abbau vorbereiten. Und zwar sollen Ausrichtungsbaue die Lagerstätten zugänglich machen und dauernd mit der Erdoberfläche in fahrbarer Verbindung halten, Vorrichtungsbaue sie in die einzelnen Abbauabschnitte zerlegen und gleichzeitig eine zweckmäßige Förderung, Fahrweg und Wetterführung ermöglichen.

Im allgemeinen liegen Ausrichtungsbaue außerhalb, Vorrichtungsbaue innerhalb der Lagerstätten; jedoch sind im neuzeitlichen Bergbau auch manche Gesteinsbetriebe, wie z. B. Stapelschächte und Abteilungsquerschläge, als Vorrichtungsbaue aufzufassen.

I. Ausrichtung.

A. Ausrichtung von der Tagesoberfläche aus.

(Stollen und Schächte.)

99. 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. 85, die auch erkennen läßt, daß man das Vortreiben des

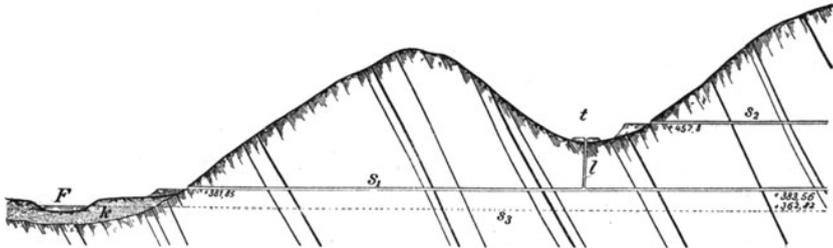


Abb. 85 Stollen mit Lichtloch.

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.

100. 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 seigere oder „Richtschächten.“

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

Seigere Schächte werden daher heute in den meisten Fällen bevorzugt.

101. 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. 86.

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

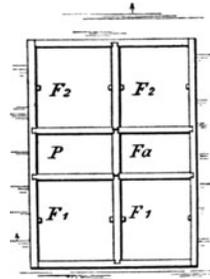


Abb. 86. Rechteckige Schachtscheibe für Doppelförderung.
 F_1 F_2 = Fördertrumme
 Fa = Fahrtrumm
 P = Pumpentrumm

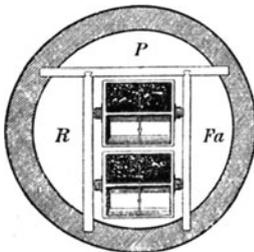


Abb. 87. Einfache Förderung,
 Schachtdurchmesser 5,0 m.

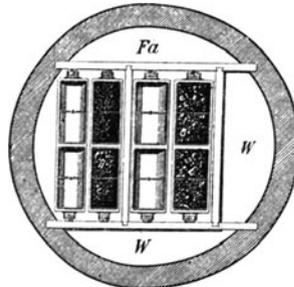


Abb. 88. Doppelförderung,
 Schachtdurchmesser 5,5 m.

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. 87 zeigt eine Schachtscheibe für die Förderung mit langen Fördergestellen, Abb. 88 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 6–6,5 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.

a) Sohlenbildung.

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

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

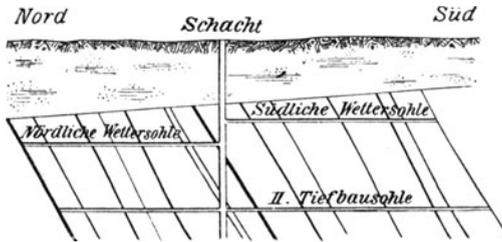


Abb. 89. Wettersohle unter dem Mergel in Westfalen.

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

Für die Sohlenabstände sind einerseits die auf einer Sohle zu erschließende Mineralmenge und andererseits die Anlage- und Unterhaltungskosten der verschiedenen Sohlenstrecken und Querschläge maßgebend. Im Steinkohlenbergbau betragen die Sohlenabstände bei flacher Lagerung 40 bis 80 m, bei steiler 80–200 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.

103. Wettersohle. In schlagwetterführenden Steinkohlenbergwerken mit Deckgebirge muß unter diesem für die erste Sohle eine Wettersohle (Abb. 89) 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. 89 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.

b) Die Ausrichtung auf den einzelnen Sohlen.

104. Ausrichtungsbaue. Die Ausrichtung erfolgt:

a) Durch Hauptquerschläge, die, vom Schacht ausgehend, das ganze Baufeld quer zum Streichen durchhörtern und Hauptförder- und Wetterwege sind.

b) Durch blinde Schächte, d. h. seigere Schächte, die nicht zutage ausgehen. Während der Herstellung heißen sie „Aufbrüche“, wenn sie von unten herauf, „Gesenke“, wenn sie von oben herab hergestellt werden.

Große blinde Schächte sind solche, die von einer Stollensohle aus abgeteuft sind und die gesamte Förderung der Grube dem Stollen zuzuheben haben, oder solche, die zwei Fördersohlen miteinander verbinden und zur Entlastung eines durch die Förderung stark in Anspruch genommenen Hauptförderschachtes dienen, auch zur Aus- und Vorrichtung einer neuen Sohle nutzbar gemacht werden können.

Kleine Aufbrüche oder Gesenke ergeben sich aus der Notwendigkeit, Lagerstättenteile zu lösen, die infolge einer Mulden- oder Sattelformbildung oder infolge einer Gebirgstörung oder ihrer Lage zur Markscheide nicht bis zur oberen oder unteren Sohle durchsetzen (Abb. 90).



Abb. 90. Lösung von nicht bis zur Sohle reichenden Flözteilen durch blinde Schächte.

II. Vorrichtung.

105. 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. 91, rechts) an streichende Hauptförderstrecken angeschlossen werden. Man vermeidet dadurch gleichzeitig das lange Offenhalten von Förder- und Wetterstrecken in den einzelnen Flözen, da diese Strecken nur während des Abbaues einer Abtei-

lung unterhalten zu werden brauchen, und ermöglicht die Bewetterung der einzelnen Abteilungen mit Teilströmen.

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

Bei geringer streichender Gesamtbaulänge, unbedeutender Grubengasentwicklung und festem Nebengestein kann (gemäß Abb. 91, links) von der Bildung von Abteilungen abgesehen werden, zumal wenn die Zahl der Flöze nur gering ist und sie nicht in ausgesprochenen Gruppen auftreten.

Bei flacher Lagerung tritt zur Bildung der Abteilungen in streichender Richtung noch die Zerlegung im Einfallen durch die Bildung von Teil-

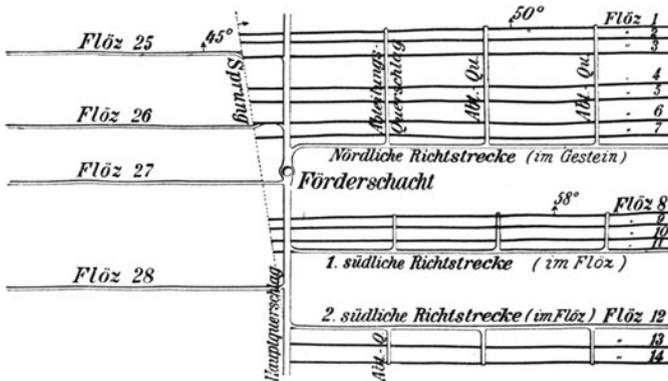


Abb. 91. Verschiedene Ausrichtung in einem festen, flözarmen (links) und einem druckhaften, flözreichen (rechts) Gebirgsmittel.

sohlen, die mit Hilfe von Blindschächten an die Abteilungsquerschläge angeschlossen werden. Die Blindschächte bilden dann gewissermaßen die seigere Fortsetzung der Abteilungsquerschläge.

Beim Rutschenbau (Ziff. 135 u. f.) ist die Bildung von Bauabteilungen weniger wichtig, weil die Kohlen unmittelbar am Stoß entlang abgefördert werden und jeder Abbaustoß größere Kohlenmengen liefert, so daß man mit einer geringeren Zahl von Angriffspunkten auskommt.

106. Gruppenbau. Der Gruppenbau gliedert die Lagerstätten, die gruppenweise auftreten, in querschlägiger Richtung; jede Gruppe wird zu gemeinsamer Vorrichtung durch einen blinden Schacht, der hier „Stapel“ oder „Stapelschacht“ heißt, zusammengefaßt. Ein Stapelschacht wird durch Abb. 92 veranschaulicht. Die einzelnen Flöze werden von sämtlichen Abbaustrecken aus durch sog. „Ortsquerschläge“ mit dem Aufbruch verbunden. Solche Stapelschächte sind bedeutend leistungsfähiger als Bremsberge, auch geraten sie weniger in Druck als diese. Bei stärkerer Belastung pflegt man sie durch Absetzung an einer Zwischensohle in zwei selbständige Stapel zu zerlegen, um ihre Leistungsfähigkeit zu erhöhen.

Der Abstand der Stapelschächte in der Streichrichtung entspricht demjenigen der Abteilungsquerschläge.

107. Baufelder. 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 Verhiebs.

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. Auch die Rücksicht auf die Schlepperförderung kommt in Betracht, die bei uns im allgemeinen Längen von mehr als 200 m als nicht erwünscht erscheinen läßt.

Beim Abbau mit wandernden Bremsbergen (Ziff. 131) sowie beim Rutschenbau (Ziff. 135 u.f.) tritt die Bedeutung der Einteilung des Baufeldes vor Eröffnung des Abbaus zurück.

Die flache Bauhöhe soll so groß sein, daß die Bremsberg- und Rutschenförderung genügend ausgenutzt wird, anderseits aber so niedrig bemessen werden, daß man die gewonnenen Massen rasch abfördern und die Verschlechterung und Erwärmung der Wetter bis zu den obersten Betrieben in mäßigen Grenzen halten kann. Im allgemeinen rechnet man mit flachen Bauhöhen von 80—150 m.

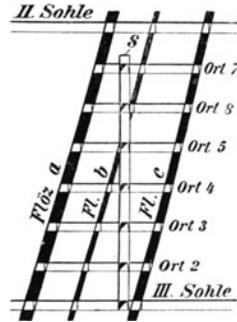


Abb. 92. Lösung einer kleinen Flözgruppe durch einen Stapelschacht.

III. Das Auffahren der Aus- und Vorrichtungsbetriebe.

108. 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.

Das Ansteigen würde, soweit die Förderung in Betracht kommt, zweckmäßig so gewählt werden, daß die Förderung eines vollen Wagens mit dem Gefälle die gleiche Kraft wie die eines leeren Wagens gegen das Gefälle erfordert. Dieser Regel entspricht bei guter Ausführung des Unterbaus und der Wagengleise ein Ansteigen von etwa 1:250. Doch wird infolge der Notwendigkeit, Versatzberge ins Feld fördern zu müssen, 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 Feldesgrenzen hin sich wenig ändert.

Bei den kleinen Hilfsquerschlägen fallen die Rücksichten auf die Förderung und den Wasserabfluß fort. Hierhin gehören die Sumpfquerschläge (Ziff. 365), die Ortsquerschläge (Abb. 92) und die Rohrquerschläge, die die Pumpenkammern mit dem Schacht verbinden und vielfach gleich deren Bewetterung vermitteln.

109. Blinde Schächte erhalten durchweg rechteckigen Querschnitt. Sie werden ein- und zweitrümmig ausgeführt. Einrümmig baut man in der Regel Stapelschächte aus, weil bei diesen durchweg mehrere Anschlagpunkte vorhanden sind. Solche Blindschächte brauchen außer dem Förder- und Fahrtrumm nur noch ein Trumm für das Gegengewicht, das hier der Raumerparnis 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

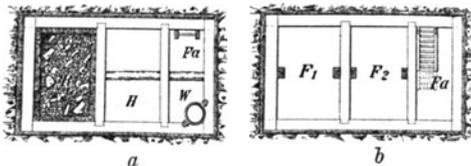


Abb. 93. Querschnitt eines zweitrümmigen Aufbruchs während (a) und nach (b) der Herstellung.

sie im Aufbruchplatz 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 (Abb. 93) entsprechend

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

110. 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. man gewinnt die Kohle in solcher Breite, daß die Berge vom Bahnbruch untergebracht werden können, und spart im Versatz je eine Fahr- und Wetterstrecke aus. Letzterer Betrieb (Abb. 94) 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.

Bei großer Mächtigkeit der Lagerstätte geht man vielfach mit den Strecken gänzlich aus der letzteren heraus ins Nebengestein und löst von den Strecken aus die Lagerstätte durch eine Reihe kurzer Querschläge.

111. Teilsohlenstrecken (vergl. Ziff. 105) 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.

112. Die Hauptförderstrecken, die ihre Hauptbedeutung für Steinkohlengruben mit zahlreichen Flözgruppen und großen streichenden Baulängen haben, sollen die Förderung der Abteilungsquerschläge sammeln und dem Hauptquerschläge zuführen (Abb. 91, 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 als „Richtstrecken“ treiben, was besonders bei flacher Lagerung vorteilhaft ist.

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

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

114. 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 aus.

115. Die Bremsberge (vgl. Ziff. 329 u. f.) sind die wichtigsten schwebenden Vorrichtungsbetriebe. Sie finden bei flacher sowohl wie bei steiler Lagerung Verwendung. „Örtbremsberge“ sind Bremsberge mit Zwischenanschlüssen, 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 ankommene Fördergut zur Hauptfördersohle herunterfördern, also länger betriebsfähig bleiben sollen.

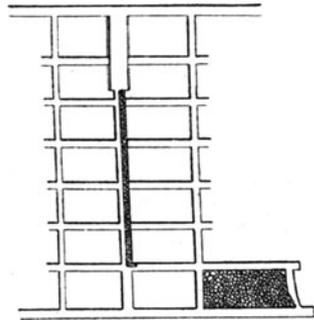


Abb. 94. Bremsbergherstellung und Breitauffahren einer Grundstrecke bei steiler Lagerung.

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 Lagerung)

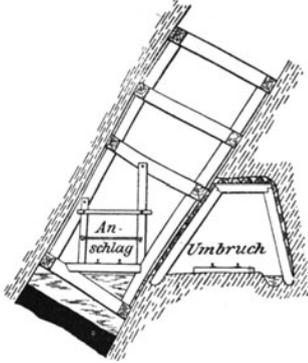


Abb. 95. Bremsberganschlag mit Umbruch im Liegenden bei steilerem Einfallen.

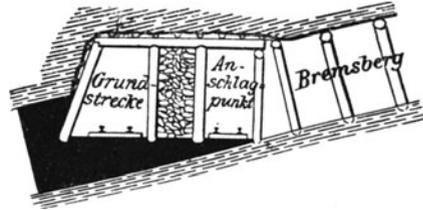


Abb. 96. Bremsberganschlag mit Bergemauer bei flacher Lagerung

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 für steiles Einfallen (Umbruch im Liegenden) zeigt Abb. 95, einen solchen für flaches Einfallen (Abschluß durch Bergemauer) Abb. 96.

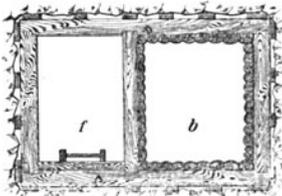


Abb. 97. Bergerolloch mit Fahrtrunn.

116. **Rollöcher** (Rollkasten, Rollen) bilden bei steilerer Lagerung einen billigen Ersatz für Bremsberge, eignen sich aber nur für Fördergut, das einer rauhen Behandlung ausgesetzt werden kann (Erze, Salze, Versatzberge, Braunkohle). Im Steinkohlenbergbau beschränkt ihre Verwendung sich fast ausschließlich auf die Bergförderung. Sie müssen mit einer Schutzverkleidung ausgerüstet und mit einer Fahrabteilung versehen werden, damit Verstopfungen gefahrlos beseitigt werden können. Ein Beispiel gibt Abb. 97.

IV. Abbau.

117. **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 unbedingt 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 Abbauverfahren mannigfache Ausnahmen.

Der Abbau soll der Vorrichtung so rasch wie möglich folgen.

118. 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. 131) und der Rutschenbau (Ziff. 135 u. f.).

Man unterscheidet drei Hauptgruppen von Abbauarten, nämlich:

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

Grundsätzlich verdient der Abbau mit Bergeversatz den Vorzug, da er bei nicht zu starker Beunruhigung des Gebirges den vollständigsten Abbaugestattet.

119. Verhieb. Beim Abbau werden durch die Abbaustrecken einzelne Stöße abgegrenzt, die gemäß Abb. 98 in verschiedener Weise angegriffen werden. Maßgebend ist dabei einmal der Verlauf der Schlichten in der Kohle (Ab-

lösungen; 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 Voranstellung des unteren Teiles, gegen den Kohlenfall durch Voranstellung des oberen Teiles des Stoßes. Der schwebende oder abfallende Verhieb eignet sich für flachere Flözneigung.

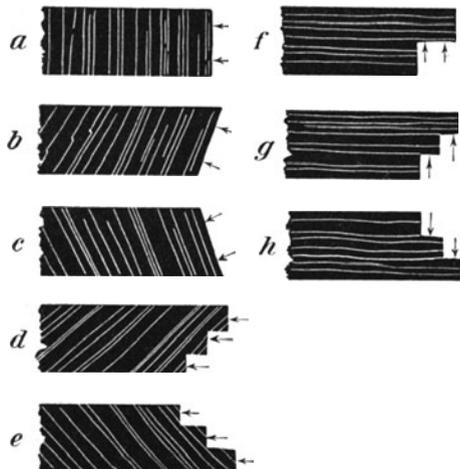


Abb. 98. Verschiedene Verhiebarten beim Abbau. Die Pfeile bezeichnen die Richtung des Verhiebes, die dünnen Linien die Schlichten.

A. Abbauverfahren ohne Unterstützung des Hangenden.

120. 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“.

121. Der streichende Pfeilerbau. Die Zahl der Abbaustrecken, d. h. die Stärke der Pfeiler richtet sich nach der Beschaffenheit des Nebengesteins sowie nach dem Fallwinkel und der Flözmächtigkeit. 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. 99 erkennen läßt, können die Strecken beim Auffahren durch Durchhiebe zwischen den einzelnen Strecken

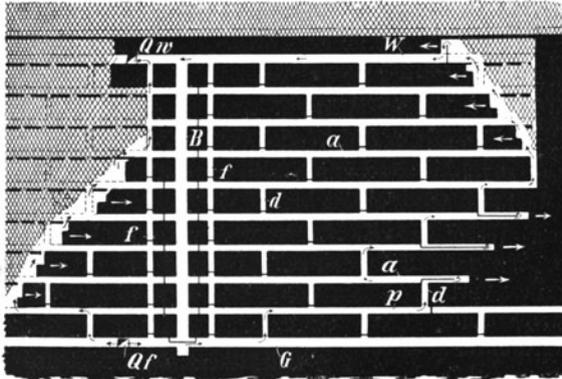


Abb. 99. Schema des Streckenbetriebes und Abbaues beim streichenden Pfeilerbau. *G* Grundstrecke, *p* Begleitort, *Qf* Förderquerschlag, *Qw* Wetterquerschlag, *B* Bremsberg, *f* Fahrüberhauen, *W* Wetterstrecke, *aa* Abbaustrecken, *dd* Durchhiebe.

mit angeschlossenen Wetterscheidern oder -lütten bewettert werden (vgl. Ziff. 214, 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. 99) 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 Abbaustrecke oder (in dünneren Flözen) durch die vom Nachreißen der Strecken stammenden Berge. Der Grundstreckenpfeiler wird, soweit er nicht schon bei der Vorrichtung mit Versatz abgebaut ist, zum Schutze der Grundstrecken und späteren Wetterstrecken anstehen gelassen. Auch der Bremsberg muß durch Sicherheitspfeiler geschützt werden, falls er nicht schon vorher in Bergeversatz gesetzt worden ist. Die Wiedergewinnung der Sicherheitspfeiler ist wegen des später immer mehr steigenden Gebirgsdruckes vielfach unmöglich, daher ihr Ersatz durch Bergeversatz stets anzustreben.

122. Der schwebende und diagonale Pfeilerbau. Beim schwebenden und diagonalen Pfeilerbau werden die Vorrichtungstrecken 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.

123. Beurteilung. Der Pfeilerbau hat den Vorzug der allgemeinen 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%

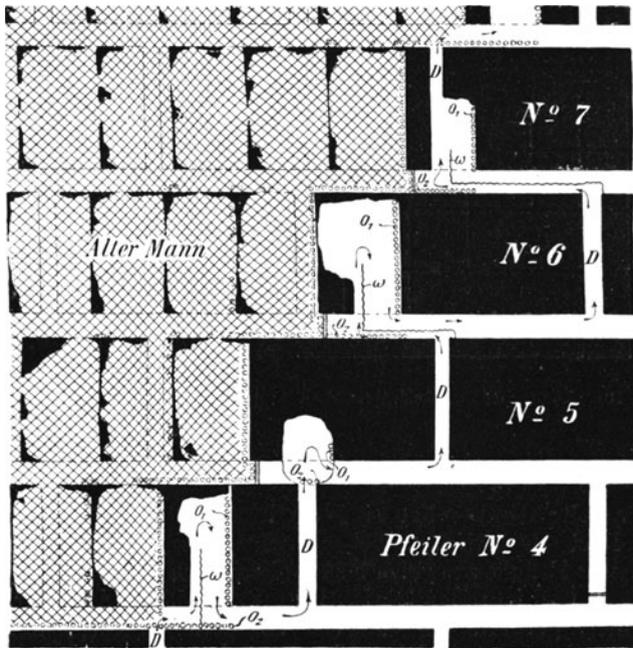


Abb. 100. Grundriß mehrerer Abbaubetriebe beim oberschlesischen Pfeilerbau.

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.

124. 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. 100) 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.

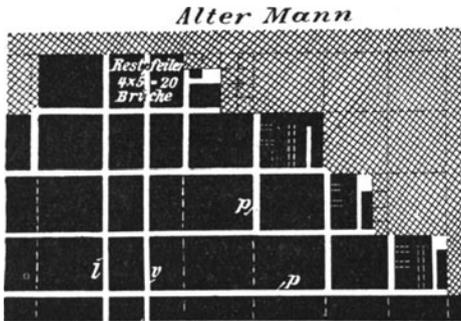


Abb. 101. Deutscher Braunkohlenbruchbau

Die vordere und untere Kante des Abschnittes wird nach der Abbildung durch dicht gestellte Stempel begrenzt, die sog. „Orgeln“ (O_1O_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 ander oberen und

hinteren Grenze jedes Abschnittes gegen die hereinbrechenden Massen des alten Mannes besonders abgesteift werden.

Im Braunkohlenbergbau sind die aus lockeren Gebirgsmassen bestehenden Deckgebirgsschichten 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. 101. Von der Hauptförderstrecke aus werden durch die mit Begleitstrecken l aufgefahrenen Hilfstrecken v , deren Abstand 100—300 m beträgt, Hauptabschnitte gebildet, die durch ein Netz von streichenden und querschlägigen Strecken $p p$ in eine Reihe von Bruchabschnitten geteilt werden. Der einzelne Bruch erhält etwa 12 bis 20 qm 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.

1. Allgemeines über den Abbau mit Bergeversatz.

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

Außerdem ermöglicht der Bergeversatz eine gute Zusammenhaltung des Wetterstroms und einen wesentlich reineren Abbau, verringert die Unfälle durch Stein- und Kohlenfall und den allgemeinen Gebirgsdruck 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.

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

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	85—95%
Handversatz bei steiler Lagerung	75—85%
Handversatz bei flacher Lagerung	60—75%
	40—60%
mit feinkörnigen Bergen	10—40%
mit grobkörnigen Bergen	
mit Zuführung fremder Berge	
mit Beschränkung auf eigene Berge	

127. Wirkung des Versatzes beim Abbau. Hinter dem Abbaustoß setzt sich das Hangende auf den Versatz, und zwar bei genügend raschem Vorrücken des Abbaues ohne Bruch; das Hangende folgt also in Gestalt einer „Welle“ dem Abbaustoß (Abb. 102). Es wirkt daher durch einen mäßigen Druck auf den Stoß im Sinne einer Erleichterung der Kohlegewinnung, wenn auf richtigen Fortschritt der Abbaustöße und richtigen Abstand zwischen Kohlenstoß und Versatz geachtet wird.

Auf Nachbarflöze wirkt der Abbau mit Bergeversatz in einem Flöze insofern ungünstig, als der Versatz, solange er noch nicht zusammengepreßt

ist, nachgibt und so einen stärkeren Druck des Hangenden in den Nachbarflözen und seine Ausnutzung für die Gewinnung verhindert. Man soll also den Abbau im Nachbarflöz nicht unmittelbar nachfolgen lassen.

128. Beschaffung der Versatzberge. Bei dem Versetzen der eigenen Berge muß das Schüttungsverhältnis, d. h. das Verhältnis zwischen dem

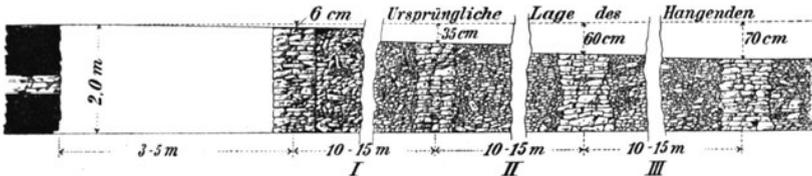


Abb. 102. Verlauf der Senkung des Hangenden beim Abbau mit Bergeversatz.

Raummaß der hereingewonnenen und dem der anstehenden Berge, in Rechnung gestellt werden, das etwa zwischen 1,5:1 und 2:1 schwankt. Man kann danach berechnen, wieviel Abbauraum z. B. mit dem Inhalt eines Bergmittels versetzt werden kann.

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

2. Der Strebbau.

129. Wesen des Strebbaus. Beim Strebbau wird die ganze Höhe des Abbaustofes einer Bauabteilung gleichzeitig, vom Bremsberge aus vorrückend, angegriffen. Die Förderung erfolgt nach rückwärts durch Strecken,

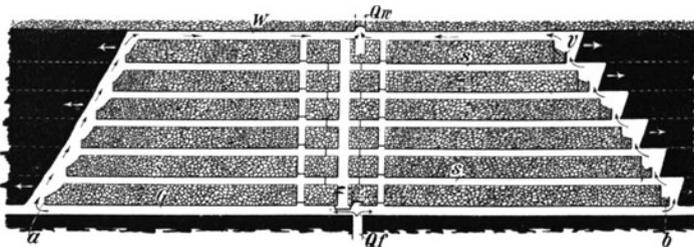


Abb. 103 Strebbau mit breitem Blick (links) und mit abgesetzten Stößen (rechts).

die im Versatz ausgespart werden. Wird der Verhieb entlang einer ununterbrochenen Linie geführt, so handelt es sich um den Abbau „mit breitem Blick“ (Abb. 103, links), andernfalls um denjenigen „mit abgesetzten Stößen“ (Abb. 103, rechts). Grundsätzlich verdient das Vorgehen mit breitem Blick den Vorzug wegen seiner günstigeren Wetterführung, der gleichmäßigen Nachsenkung des Hangenden und der Möglichkeit, maschinelle Schrämearbeit in großem

Maßstabe anzuwenden. Doch läßt es sich nur bei flacherer Lagerung durchführen.

130. Der streichende StREBBAU ist der in Abb. 103 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 Stempel-schlages („Bergekastens“) abgefangen werden.

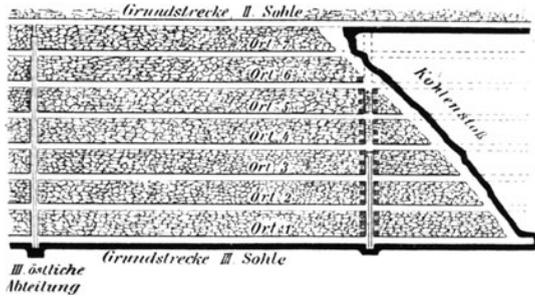


Abb. 104. StREBBAU mit wandernden Bremsbergen.

131. StREBBAU mit wandernden Bremsbergen.

Bei dem als „Aufrollen der Bremsbergfelder“ bezeichneten Abbaufahren (Abb. 104) ist keine vorherige Einteilung eines Flözflügels in Bauabteilungen erforderlich. Man läßt hierbei die Abbaustöße solange vorrücken, bis der Gebirgsdruck das

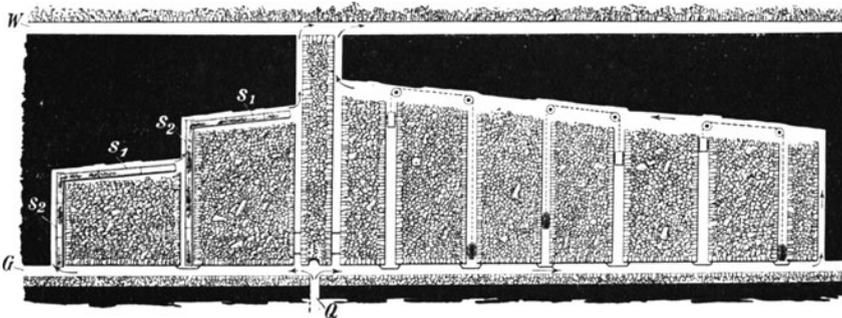


Abb. 105. Schwebender StREBBAU mit breitem Blick (rechts) und mit abgesetzten Stößen (links).

Offenhalten der Strecken und der Bremsberge zu sehr erschwert. Dann wird der neue Bremsberg nicht besonders hergestellt, sondern lediglich im Versatz durch Bergemauern und Holzpfeiler abgegrenzt, aber zugleich mit versetzt, damit er ganz gleichmäßig mit seiner Umgebung durch den Gebirgsdruck zusammengedrückt wird. Hat der Versatz sich gesetzt, so wird entsprechend dem Vorrücken der einzelnen Streben der Bremsberg ausgeräumt und fahrbar gemacht, so daß die Förderung allmählich von dem alten auf den neuen Bremsberg übergehen kann.

132. 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 Abbaue an.

Die Förderung erfolgt in den letzteren durch Abbremsen der Förderwagen (Abb. 105, rechts) oder durch Schüttelrutschen s_2 (Abb. 105, links). Im ersteren Falle kann man bei der gezeichneten Zusammenfassung je zweier Strecken für eine gemeinsame Bremsvorrichtung mit einspurigen Strecken auskommen, 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.

3. Der Firsten- und Strossenbau auf Erzgängen.

133. Firstenbau. Der seit Alters auf steil einfallenden Erzgängen übliche Firstenbau hat mit dem streichenden StREBBbau die Abbaurichtung, mit dem schwebenden StREBBbau die schwebend nachgeführten Förderwege gemeinsam. Nur werden die letzteren hier als Stürzrollen ausgebaut. Der

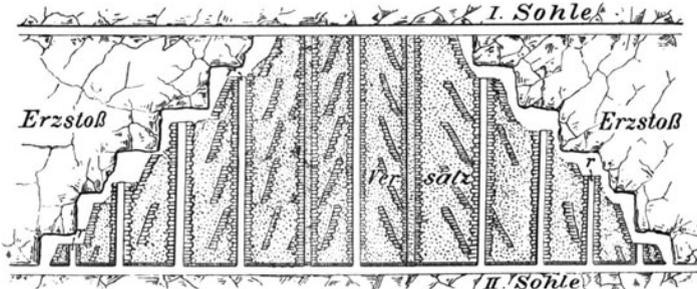


Abb. 106 Schema des Firstenbaues auf Erzgängen

Abbau rückt von einem Überbrechen aus an dessen unterem Ende zu Felde (Abb. 106). Da jeder Stoß dem nächst unteren in etwa 8—10 m Abstand folgt, so bildet sich in dem entsprechend hochrückenden Versatz eine Treppe heraus.

Die für die Förderung dienenden Rollöcher (r in Abb. 106) 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 tonnläufig, in mächtigeren Gängen seiger hergestellt und mit Schrotzimmerung, Bruch- oder Ziegelsteinmauerung oder auch mit Eisenblechzylindern ausgebaut.

134. 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 StREBBbau mit Voranstellung der oberen Stöße und hat heute kaum noch Bedeutung.

4. Der Rutschenbau.

135. Kennzeichnung. Wenn man die vor einem StREBBstoß gewonnenen Mineralien bis zur Sohle oder Teilsohle unmittelbar am Abbaustoße entlang durch geeignete Vorrichtungen herabfördert, kann man die Abbau-

strecken 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.

136. 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 Abbaufördereinrichtungen, in erster Linie der Schüttelrutschen, sofern nicht das Einfallen so flach und die Mächtigkeit so groß ist, daß Schlepperförderung 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. 107, die auch die Anwendung maschineller Schrämarbeit veranschaulicht. Es wird immer ein Feld der Zimmerung für die Kohlegewinnung, ein zweites für die Schrämmaschine *s*, ein drittes für die Schüttelrutsche *r* und ein viertes für das Einbringen des Versatzes benutzt. Die Schrämmaschine arbeitet abwechselnd aufwärts und

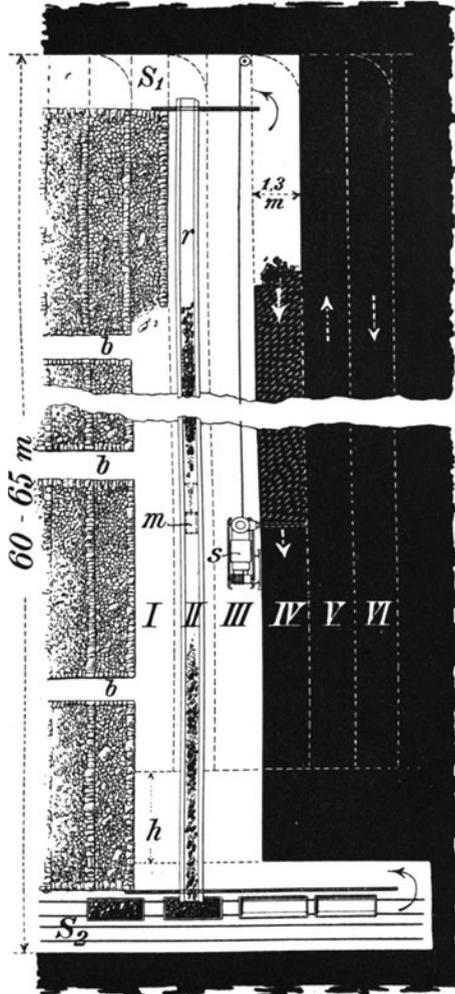


Abb. 107. Abbau mit geschlossenem Versatz, maschinellen Schrämbetrieb und Schüttelrutschenförderung auf Zeche König Ludwig, in Flözen von 0,6 bis 1,0 m Mächtigkeit.

abwärts. Unten angekommen, wird sie quer zum Abbaustoße um ein Feld weiter in ihre neue Arbeitstellung geschoben, zu welchem Zwecke der untere Teil des Stoßes in der Höhe h von Hand gewonnen wird.

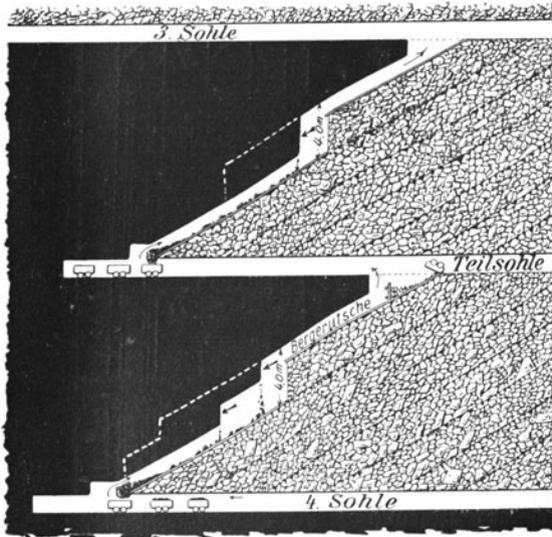


Abb. 108. Schrägbau.

137. 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.

Wird dieser Abbau mit breitem Blick geführt, so ergibt sich der Schrägbau. Für die Förderung dienen fest verlagerte offene Blechrutschen, die sowohl die Kohlenab-

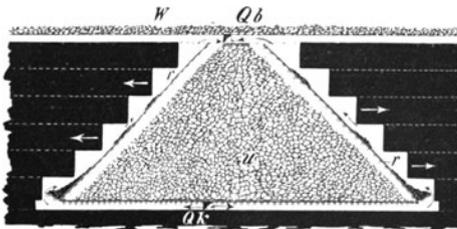
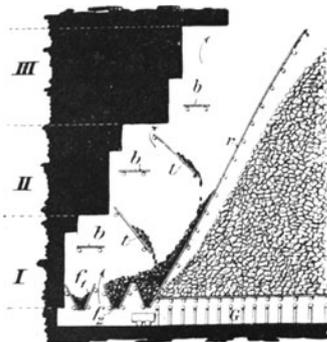
Abb. 109.
Firsenbau mit Kohlenrutschen

Abb. 110. Arbeitsbühnen und Kohlenrichter beim Firsenbau.

führung als auch die Versatzzuführung vermitteln und dem Vorrücken des Abbaues entsprechend in einzelnen Stücken nachgeschoben werden. Einen Schrägbau mit eingelegter Teilsohle zeigt Abb. 108. Das unterste Stück

(in 2—4 m Höhe) wird senkrecht angegriffen, um die Kohlensammeltrichter einbauen zu können. Der Verhieb erfolgt in Flözen mit Bergmittel in einem Stoß (Abbau oberhalb der Teilsohle), um die fallenden Berge auf besonderen Bühnen abfangen zu können; in bergmittelfreien Flözen kann (Abbau unterhalb der Teilsohle) mit zwei Stößen gleichzeitig vorgegangen werden.

Der Rutschenbau mit abgesetzten Stößen ist der Firstenbau in 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. Die Rutschfläche kann entweder durch die Böschung des Versatzes selbst oder durch eine besonders eingebaute Holzrutsche (Abb. 109) gebildet werden. Im letzteren Falle können Kohlenhauer und Bergeschlepper auf jedem Bauflügel gleichzeitig arbeiten, und daher kann der Versatz rascher nachgeführt werden, was für druckhaftes Gebirge günstig ist. Je nach dem größeren oder geringeren Einfallen des Flözes wird die Böschung durch entsprechende Abstufung des Verhältnisses zwischen Förderstoßhöhe und -breite flacher oder steiler genommen. Während der Arbeit stehen die Hauer auf Bühnen, die nach Bedarf verlegt werden (*b* in Abb. 110, die auch die Hilfsrutschen *t* und die Kohlensammeltrichter *f*₁ *f*₂ veranschaulicht).

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.

5. Abbau in einzelnen Streifen. (Stoßbau.)

138. 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-

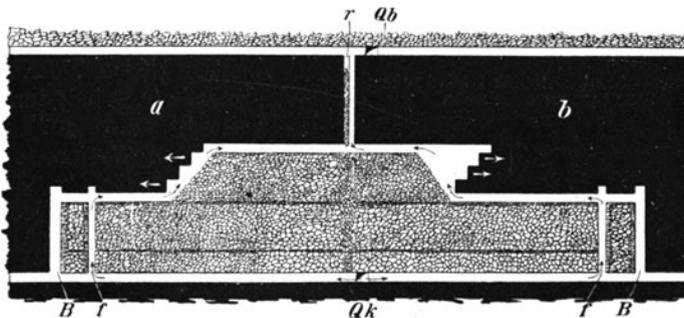


Abb. 111. Schema eines zweiflügeligen streichenden Stoßbaues. Kohlenbremsberge an beiden Seiten.

förderung der Kohlen dient (Abb. 111). 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 Bremsberge *B* an den Abbaugrenzen abgefördert. Die Wetterführung ist aus der Abbildung ersichtlich. Wird der Stoßbau in größerem Maßstabe

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

Die Wetterführung beim streichenden Stoßbau ist einfach und aus den Abbildungen ersichtlich. Durch die Trennung der einzelnen Betriebspunkte wird zwar eine günstige Teilung des Wetterstromes, dafür aber eine ungünstige und unübersichtliche Zersplitterung desselben bewirkt und der Erwärmung der Wetter Vorschub geleistet. Nur ausnahmsweise (z. B. bei ganz flacher Lagerung) kann auf Schlag-

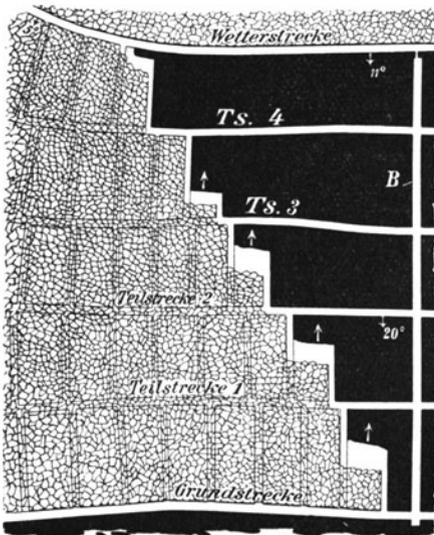


Abb. 112. Schwebender Stoßbau bei flacher Lagerung über mehreren Teilsohlen

wettergruben eine Reihe von Stößen von dem gleichen Wetterstromen betrieben werden, indem dieser abwechselnd aufwärts und abwärts geführt wird.

139. Der schwebende Stoßbau. Bei flacher Lagerung gehört zu jedem der schwebend von den einzelnen Teilsohlen aus vorrückenden Stöße (Abb. 112) eine nach unten (rechts) und eine nach oben (links) führende Förder- und Wetterstrecke. Dem Fortschritte des Abbaues entsprechend wird die erstere immer länger, die letztere, die mit versetzt wird, immer kürzer. Die Wetterführung ist einfach, die Gewinnung einer größeren Förderleistung durch Einlegung von Teilsohlen möglich.

In steil 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 verstimmt wird.

6. Abbauverfahren mit Vor- und Rückbau.

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

Nach Erreichung der Baugrenze erfolgt der Rückbau meist umgekehrt wie beim gewöhnlichen Pfeilerbau mit Vorausgehen der unteren Pfeiler (Abb. 113), so daß der Bergeversatz in schräger Böschung von oben her nachgestürzt werden kann.



Abb. 113. Pfeilerbau mit geschlossenem Versatz.

141. Der vereinigte Streb- und Pfeilerbau. Bei diesem Abbauverfahren werden zunächst Strebstöße ins Feld getrieben, die mehr oder weniger starke

Kohlenpfeiler zwischen sich lassen. Nach Ankunft der Strebstöße an der Abbaugrenze werden die stehengebliebenen Pfeiler rückschreitend verhauen. Der Bergebedarf der Strebstöße wird durch Nachreißen der Förderstrecken gedeckt.

7. Besondere Ausbildung einzelner Abbauverfahren für mächtige Lagerstätten.

142. 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

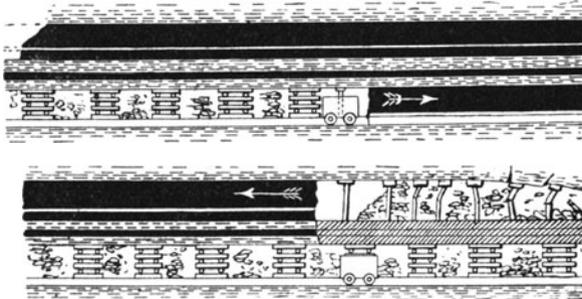


Abb. 114. Längsprofil durch einen Scheibenbau; Strebbau nach der Baugrenze hin in der Unterbank (oben), Pfeilerbau mit Versatz zum Bremsberge zurück in der Oberbank (unten).

Gebirgsdruckes, der Erschwerung des Ausbaues, der größeren Brandgefahr und schwierigeren Einbringung von Versatz (bei flacher Lagerung) und der größeren Kohlenfallgefahr (bei steiler Lagerung). Für solche Fälle wird eine Zerlegung der Lagerstätte in Streifen („Scheiben“ oder „Platten“) von so geringer Stärke erforderlich, daß sie ohne besondere Schwierigkeit gewonnen werden können.

143. Der Scheibenbau. Der Scheibenbau wird durch Zerlegung eines Flözes in streichende Bänke oder Scheiben gekennzeichnet, deren Zahl und

Mächtigkeit sich nach der Mächtigkeit und dem Verhalten des Flözes richtet, vielfach auch durch eingelagerte Bergmittel bestimmt wird.

Der Abbau kann in den verschiedenen Scheiben nahezu gleichzeitig zu Felde rücken, indem in jeder Scheibe der Stoß gegen die vorhergehende etwas zurückbleibt. Es kann aber auch mit der Inangriffnahme einer weiteren Scheibe bis nach Beendigung des Abbaues der vorhergehenden gewartet werden. Ein Beispiel für das letztere Verfahren liefert Abb. 114. Hier wird zunächst die Unterbank mittels Strebbaues abgebaut und sodann die Oberbank durch Pfeilerrückbau mit Bergeversatz gewonnen. Für den Versatz in der Oberbank dient das Bergmittel, das in der unteren Bank angebaut wird.

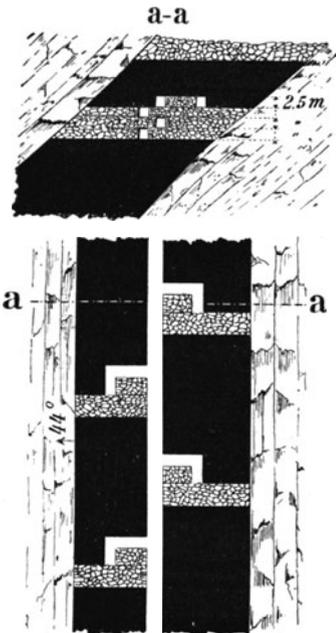


Abb. 115 Querbau von einer Mittelstrecke aus.

Bei der Anwendung von Pfeilerrückbau 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.

144. 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 vorgerieben 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. 115 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.

8. Der Abbau mit Spülversatz.

145. 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 der Spülversatz bringt vielfach schon für den Abbau Vorteile, da die Einbringung des Versatzes durch einen Wasserstrom sich bei flacher Lagerung und großer Flözmächtigkeit verhältnismäßig billig stellt und außerdem das sichere Tragen des Hangenden durch den Versatz die Steinfallgefahr verringert und eine erhebliche Holzersparnis ermöglicht.

Besonders wichtig ist der Spülversatz für den Abbau der mächtigen Sattelflöze Oberschlesiens — zumal hier große Sand- und Lehmablagerungen als Spülgut zur Verfügung stehen — und für den deutschen Kalibergbau.

146. 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, ganz oder doch größtenteils mit Waschbergen, Kesselasche, Lehm, granulierter Hochenschlacke usw. sich zu begnügen.

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

147. 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 cbm auf 1 cbm Versatzgut bezeichnet werden.

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

Wenn man Sand und Lehm als Versatzgut benutzt, kann man die Massen gleich durch den Wasserstrahl selbst über Tage abspritzen und auf diese Weise mit der Gewinnung die Mischung verbinden. Andernfalls werden diese Versatzmassen in große, wannenartige Behälter *B* (Abb. 116) gestürzt und aus diesen mittels eines Strahrohres 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 erfolgt die Mischung in einem Trichter, der in der Regel einen Rost zur Zurückhaltung von zu groben Stücken erhält und in dem durch Wasserstrahlen

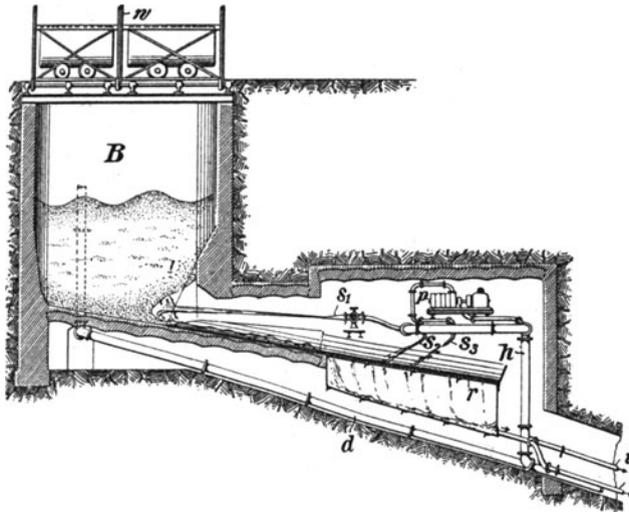


Abb 116. Wannen-Mischanlage mit Abspülvorrichtung.

oberhalb oder unterhalb des Rostes oder durch Erzeugung eines Sprühregens, durch den das Versatzgut hindurchfällt, eine gleichmäßige Durchmischung mit möglichst wenig Wasserzusatz erfolgt.

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

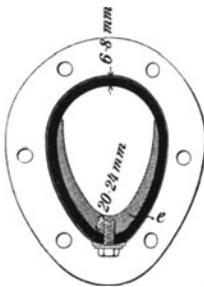


Abb. 117. Spülrohr mit eiförmigem Querschnitt und Walzeisenlage.

149. Rohrleitungen. Der Verschleiß der Rohrleitungen ist in söhligem oder schwachgeneigten Leitungen stärker als in seigeren Leitungen, in Krümmern stärker als in geraden Leitungsteilen, am erheblichsten in denjenigen Krümmern, die den Übergang zwischen Schacht- und Streckenleitungen vermitteln. Bei runden Leitungen kann der Verschleiß durch Ausfütterung mit Holz- oder Porzellanlagen verringert werden. Außerdem kann man

kreisrunde Rohre mehrfach drehen, da der Verschleiß sich auf den unteren Teil des Querschnitts beschränkt. Neuerdings werden vielfach eiförmige Rohre (Abb. 117) aus Flußeisen mit Walzeisenlagen verwendet, bei denen zwar das Drehen fortfällt, dafür aber die Einlagen mehrmals erneuert werden können.

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.

150. Abbauverfahren mit Spülversatz. Im Abbau ist gemäß Abb. 118 der ausgekohlte Hohlraum durch Verschläge $v_1 v_2$ abzugrenzen, die aus Brettern, Versatzleinen mit daran gespannten oder eingewebten Drähten u. dgl. bestehen und dem abfließenden Wasser den Durchgang gestatten müssen. Da das Offenhalten von Strecken im Versatz Schwierigkeiten macht, so sind für den Spülversatz am besten der Stoßbau (Abb. 118) und der Pfeilerbau mit Bergeversatz (Abb. 113) geeignet.

Die Verschläge verteuern den Abbau erheblich. Man sucht sie daher möglichst zu verbilligen und möglichst oft wieder zu benutzen und außer-

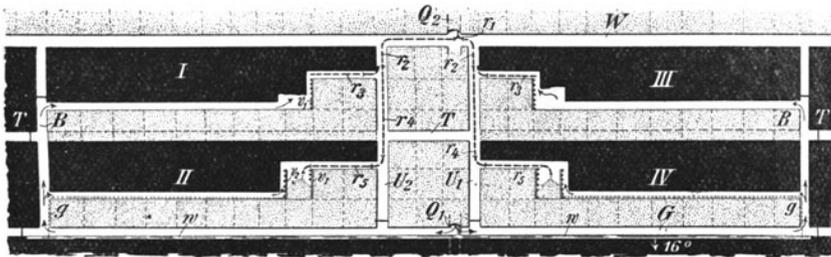


Abb. 118. Zweiflügeliger Stoßbau mit Spülversatz und eingelegerter Teilsohle.

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

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

152. Der Spülversatz im deutschen Kalisalzbergbau. Für den Kalisalzbergbau hat der Spülversatz große Bedeutung und wird daher hier in steigendem Maße angewandt, da er eine vollständige Mineralgewinnung aus den mächtigen Lagerstätten bei mäßiger und gleichförmiger Senkung des Hangenden ermöglicht, auch eine bequeme und billige Einförderung der als Versatzgut dienenden Fabrikrückstände gestattet. Er muß mit gesättigter Rohsalzlauge betrieben werden, damit die Lagerstätten nicht angefressen werden, und kommt einstweilen nur für die Hartsalz- und Sylvinitgruben in Betracht, da Carnallit zu leicht von der Lauge angegriffen wird. Die Verschläge werden wegen der großen Mächtigkeit der Lagerstätten in die Strecken gesetzt.

153. 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 (Sumpfkларung), 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. 151) verdichtet wird.

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

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

9. Der Abbau mit Bergfesten.

155. 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.

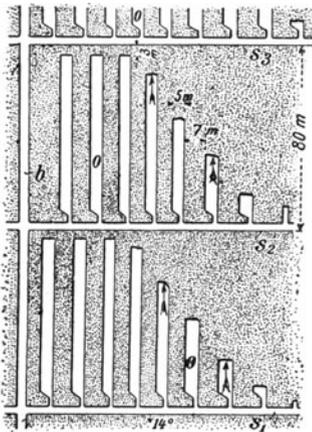


Abb. 119. Örterbau in einem Minettelager.

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

die Durchbiegung des Hangenden zwischen den Pfeilern und das seitliche Ausweichen der unter Druck stehenden Pfeiler verhindert oder abschwächt. Jedoch kann der Versatz diese Aufgabe nur erfüllen, wenn er entweder

Granit- und steinsalzartige Gesteine 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 Ablösung einzelner

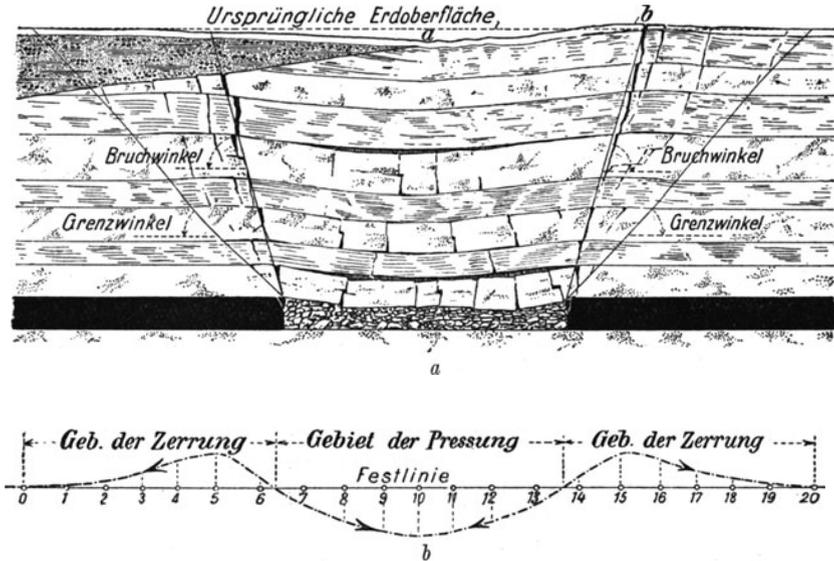


Abb. 122. Abbauwirkungen im Gebirge und an der Erdoberfläche.

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 Wirkung von Wasser und Luft auf den Tonschiefer verstärkt werden kann.

159. Fortpflanzung der Senkungsvorgänge nach der Erdoberfläche hin. Wechsellagerung verschiedenartiger Gebirgsschichten miteinander ab, so ergibt sich an der Oberfläche mit zunehmender Teufe immer deutlicher das Bild einer flachen, über die Ränder des Abbaugebietes hinaus ausgedehnten Senkungsmulde (Abb. 122). Die dabei auftretenden Spannungen führen an den Rändern

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

Die Größe der zerrenden und pressenden Kräfte ist in Abb. 122b 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. 123 bei steilem Einfallen Sicherheitspfeiler stehen geblieben sind und später durch den beim Abbau entstandenen Gebirgsdruck zerdrückt und zum Abrutschen gebracht werden.

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

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

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



Abb. 123. Tagebruch bei steiler Lagerung.

Fünfter Abschnitt.

Grubenbewetterung.

I. Die Grubenwetter.

161. 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.

162. Der Wetterbedarf einer Grube. Die Erfahrung lehrt, daß man für Zweck 1. mindestens $\frac{3}{4}$ cbm frischer Wetter je Kopf der Belegschaft minutlich bedarf, aber besser 1—2 cbm vorsieht. Ein Pferd braucht etwa 5 mal soviel Luft wie ein Mensch. Wie groß der Wetterbedarf für die beiden anderen Zwecke ist, läßt sich wegen der allzu großen Verschiedenheiten nicht zahlenmäßig angeben. Oft ist dieser Wetterbedarf mehrfach größer als derjenige für Zweck 1. Der Wetterbedarf insbesondere für Herabkühlung der Grubentemperatur hängt in erster Linie von der Tiefe der Grube und außerdem von der geothermischen Tiefenstufe (Erdwärmientiefenstufe) ab. Diese ist durchschnittlich 33 m, d. h. die Temperaturzunahme beträgt für je 33 m Tiefe 1° C. Außergewöhnliche Temperatursteigerungen können in den Grubenbauen durch Selbsterhitzung der Kohle und durch warme Quellen eintreten.

Im Oberbergamtsbezirk Dortmund werden in der Regel 3 cbm 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 cbm Wetter auf den Kopf in die Grube geleitet.

163. 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 cbm trockene Luft wiegt bei 0° C und 760 mm Druck 1,293 kg.

164. Der Sauerstoff (spez. Gewicht 1,1) ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas. Er verbindet sich leicht mit anderen Körpern unter Wärmeentwicklung (Oxydation, Verbrennung, Explosion). Beim Atmen gelangt der Sauerstoff der Luft in die Lunge, wird von den roten Blutkörperchen im Kreislaufe des Blutes in den Körper getragen, verbindet sich hier mit C zu CO_2 und wird als solche in der Lunge wieder ausgeschieden. 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 Sauerstoff-

gehalt werden bereits als recht matt empfunden. In der Grube findet ferner Sauerstoffverbrauch durch Oxydation des Holzes (Fäulnis) und der Kohle statt. Auf Steinkohlengruben pflegt der Sauerstoffverbrauch infolge dieser Ursachen wesentlich größer als derjenige durch das Atmen von Menschen und Tieren zu sein.

165. Der Stickstoff (spez. Gewicht 0,97) ist farb-, geruch-, geschmacklos und in chemischer Beziehung ein träges Gas, das nur schwer chemische Wirkungen ausübt. Außer in der Luft findet er sich manchmal in Bläsegasen und in den Nachschwaden einiger Sprengstoffe.

166. 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 über Tage ist an verschiedenen Orten sehr verschieden und beträgt bei uns etwa 75%. Gemessen wird er durch Hygrometer oder Schleuderthermometer.

Der Wasserdampfgehalt 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 durch den Wetterstrom ständig ausgetrocknet. Die Austrocknung ist im Winter stärker als im Sommer, weil eine stärkere Erwärmung der Wetter in der Grube stattfindet. Nur Kalisalzgruben zeichnen sich durch einen trockenen ausziehenden Strom aus.

167. 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.

Wegen ihrer Schwere sammelt sich die Kohlensäure vorzugsweise an tief gelegenen Punkten (in Schächten, Abbauen, Gesenken, Brunnen) an, so daß Vorsicht geboten ist. Erlischt die Lampe, so ist dringende Gefahr vorhanden. Stärkere Kohlensäureentwicklungen treten namentlich in Braunkohlengruben, aber auch auf manchen Steinkohlengruben (Waldenburg, Königreich Sachsen) auf.

168. Das Kohlenoxyd (CO) mit dem spez. Gewicht 0,97 ist die niedrigere Oxydationsstufe des Kohlenstoffs, es ist farb- und geruchlos, brennbar und sehr giftig. Es entsteht in der Grube bei Bränden, bei Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen und bei der Explosion mancher Sprengstoffe,

namentlich verschiedener Sprengstoffe. 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.

169. 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.

170. 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 nach Freiwerden zu Explosionen Veranlassung geben.

171. Das Stickoxyd (NO und N_2O_3) ist ein gelbroter, giftiger Qualm, der in der Grube nur entsteht, wenn Sprengstoffe auskochen, statt zu explodieren (s. S. 44). Die giftige Wirkung äußert sich erst einige Stunden nach der Einatmung.

172. 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 Verkohlungs pflanzlicher Stoffe; am häufigsten findet es sich in der Steinkohle, wo es die Poren und Hohlräume oft unter erheblichem Drucke erfüllt. Der Übertritt des Gases aus der Kohle oder dem Gestein geht vor sich 1. durch regelmäßiges Ausströmen, 2. durch plötzliche Gasausbrüche, 3. durch Bläser. Außerdem ist 4. der Übertritt des Grubengases aus dem alten Mann in die Grubenräume zu besprechen. Wegen der Leichtigkeit des Grubengases steigt es nach der Ausströmung zunächst nach oben und sammelt sich hier an. Es findet sich deshalb besonders häufig an den höchsten Punkten der Grubenbaue, in Auskesselungen der Firste, in Aufhauen und Aufbrüchen. Nach seinem Austritt mischt sich das Grubengas durch Diffusion mit den sonstigen Grubenwettern. Ein Gemisch von Grubengas mit Luft entmischt sich nicht wieder.

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

173. Gasausbrüche 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 Kohlenpeilern durch den Gebirgsdruck, wobei ebenfalls große Gasmengen mit einem Schläge frei werden können.

174. 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 Jahre lang 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).

175. Der Übertritt des Grubengases aus dem alten Mann in die Grubenbaue erfolgt durch die Diffusion der Gase, ferner durch das Niedergehen des Hangenden, wobei die Gase aus dem alten Mann gedrückt werden, und schließlich als Folge der Luftdruckschwankungen. Sinkt nämlich der Atmosphärendruck, so wird das Volumen einer gewissen Gasmenge, die wie das Gas im alten Mann an der Druckschwankung teilnimmt, entsprechend wachsen, und dieser Volumenzuwachs wird in die Grubenräume übertreten. Bei steigendem Barometer werden dagegen die Wetter im alten Mann zusammengedrückt, und frische Luft strömt aus den Strecken in den alten Mann nach. Daher müssen die Grubenwetter bei fallendem Barometerstande schlagwetterreicher und bei steigendem schlagwetterärmer werden. Dagegen ist ein Zusammenhang zwischen den Luftdruckschwankungen und den Schlagwetterexplosionen nicht sicher nachweisbar, da etwa ebensoviel 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.

176. 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 Kohlenstaubexplosionen verstärken, so daß diese weiter schlagen. Sind ferner irgendwo mehr als 14% vorhanden, so muß es auch eine Grenzzone geben, in der der CH_4 -Gehalt soweit herabgemindert ist, daß das Gemisch in diesem Teile ex-

plosibel wird. Bei der günstigsten Zusammensetzung des Explosionsgemisches kann die Flammentemperatur rechnermäßig auf 2650°C und der in einem allseitig geschlossenen Raume entstehende Gasdruck auf etwa 10 Atm. steigen. Die Entzündung der Gasgemische tritt bereits bei etwa 650°C ein, jedoch bedarf die Entzündung in diesem Falle einer Zeit von etwa

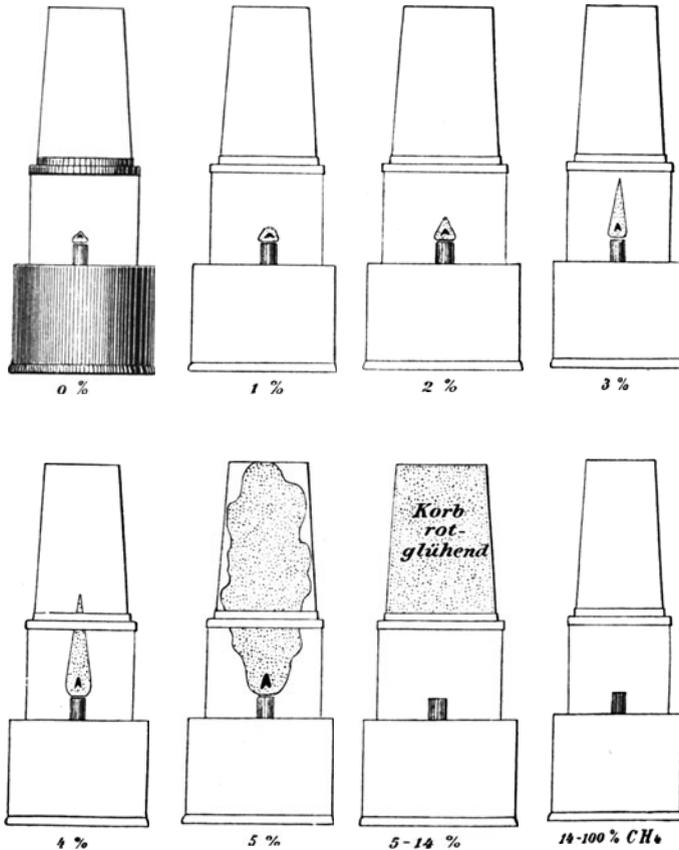


Abb. 124. Flammerscheinungen der Benzinlampe in Schlagwettergemischen.

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,
rd. 2 610 000	" "	" "	" " 1911—1918.

177. Erkennung der Schlagwetter. Trotz der mannigfachen Vorschläge, die für den Nachweis gefährlicher Schlagwettergemische auf Grund der chemischen oder physikalischen Eigenschaften des Methans gemacht worden sind, ist das einzige Erkennungsmittel, das sich bisher in der Hand des Bergmannes als brauchbar erwiesen hat, die gewöhnliche Sicherheitslampe geblieben. Über der eigentlichen Dochtflamme bildet sich infolge des Mitverbrennens des CH_4 eine Vergrößerung oder Verlängerung der Flamme, nämlich ein blaß hellblau gefärbter Flammenkegel (Aureole). Diese Flammenverlängerung ist bei Benzinlampen von 1% CH_4 an zu erkennen. Art und Größe der Flammerscheinungen zeigt Abb. 124. Noch schärfer zeigt die mit Alkohol gespeiste Pielerlampe den CH_4 -Gehalt an, wie dies Abb. 125 darstellt.

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

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 Luftdruckes an den Messungspunkten.

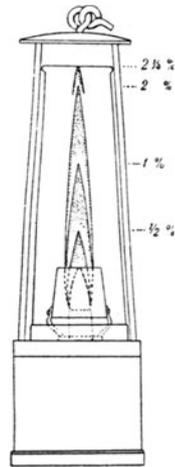


Abb. 125. Flammerscheinungen der Pieler-Lampe in Schlagwettergemischen.

II. Der Kohlenstaub.

179. 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 Gasflammkohlen-

staub, 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 Verkokung des Staubes gekennzeichnet sein. Fettkohlenstaub liefert große zusammenhängende Kokskrusten. Nicht backender Kohlenstaub fühlt sich nach der Explosion sandig an und hat seine Weichheit verloren.

180. Die Bekämpfung der Kohlenstaubgefahr kann durch Anwendung des Wassers (oder unter Umständen auch anderer Flüssigkeiten, z. B. der Chlormagnesiumlauge) oder des Gesteinstaubes geschehen. Außerdem unterscheidet man zwischen der allgemeinen Verwendung des Be-

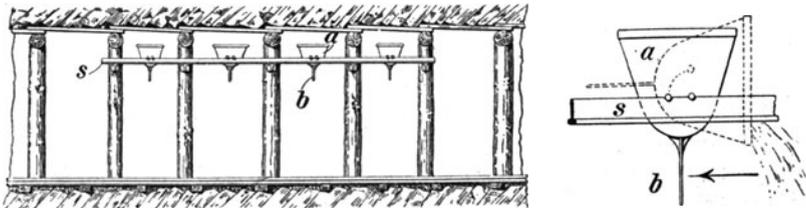


Abb. 126. Kruskopfsche Kippgefäße, unter der Firse angeordnet, mit Wasserfüllung.

kämpfungsmittels an allen Punkten, wo Staub entsteht oder vorhanden ist, und der sog. Zonensicherung. Während man mit jener die Entstehung jeder Staubexplosion zu verhüten beabsichtigt, soll diese die unbegrenzte Fortpflanzung der einmal entstandenen Explosion verhindern.

181. Verwendung des Wassers. Für die Benutzung des Wassers steht das Verfahren der Berieselung und der Stoßtränkung und dasjenige der Kippgefäße in Anwendung. Für die Berieselung werden die Gruben mit Spritzwasserleitungen ausgerüstet, mittels deren die Grubenbaue zur Vermeidung einer Ablagerung von trockenem Kohlenstaub nach Bedürfnis befeuchtet werden können. Neben der mit Hand vorgenommenen Berieselung werden in wichtigen Strecken auch Wasserbrausen angebracht, die entweder die Luft feucht halten sollen und dann mehr oder weniger dauernd arbeiten oder durch selbsttätige Vorrichtungen die unter ihnen herfahrenden Kohlenwagen berieseln. Der gesamte Wasserbedarf für Berieselungszwecke schwankt zwischen etwa 20—100 l je Tonne geförderter Kohle. Als Betriebsdruck an der Verwendungsstelle sind 5—10 Atm. zweckmäßig. Die Betriebskosten belaufen sich auf etwa 10 % je Tonne Förderung. Die schon auf S. 35 erwähnte Stoßtränkung soll den Staub vor seiner Entstehung unschädlich machen.

Die Verwendung des Wassers in Kippgefäßen fällt in das Gebiet der Zonensicherung. An bestimmten, sorgfältig ausgewählten Punkten des Grubengebäudes wird ein reichlicher Vorrat an Wasser in leicht kippbaren Gefäßen aufgespeichert, die infolge des Explosionstoßes umkippen, ihre Ladung in die Explosionsflamme ergießen und diese zum Erlöschen bringen.

Abb. 126 zeigt von der Firma G. u. E. Kruskopf zu Dortmund vertriebene Einrichtungen, die aus 4 unter der Firste auf Trageschienen angeordneten Kippgefäßen *a* bestehen. Jedes Gefäß trägt unten einen Flügel *b*, gegen den der Explosionstoß wirkt. Die Kippstellung des Gefäßes ist in der Nebenfigur punktiert angedeutet. Statt des Wassers kann man bei der Benutzung von Kippgefäßen Chlormagnesiumlauge verwenden, die wegen ihrer hygroskopischen Eigenschaften nicht verdunstet.

182. Verwendung des Gesteinstaubes. Gesteinstaub ist ebenfalls ein explosionshinderndes Mittel. Schon durch Zumischung von 40% wird dem Kohlenstaub seine Explosionsgefährlichkeit genommen. Man wendet den Gesteinstaub an: 1. als Außenbesatz, der darin besteht, daß man etwa

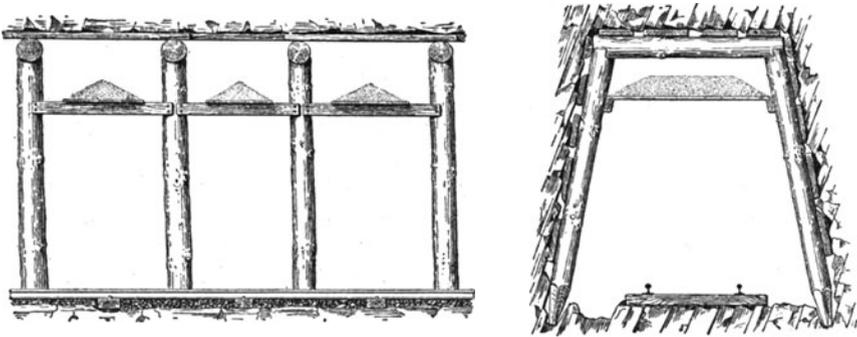


Abb. 127. Gesteinstaubschranken.

1 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; 2. in der Form der reichlichen Bestreuung des Arbeitspunktes und seiner unmittelbaren Umgebung bis auf eine Entfernung von etwa 10 m, 3. in der Schaffung von Streuzonen, wobei der Staub auf Streckenlängen von 80—100 m gestreut wird, um entstandene Explosionen aufzuhalten und 4. in der Form von Gesteinstaubschranken, ebenfalls zur Aufhaltung entwickelter Explosionen. Die Schranken, auch Gesteinstaubsperrern genannt, bilden Anhäufungen des Staubes an bestimmter Stelle, wie dies z. B. Abb. 127 darstellt.

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

183. 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.

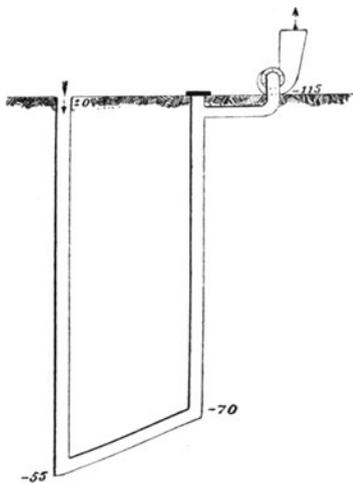


Abb. 128. Schema des Druckgefälles bei einer Grubenbewetterung.

Gemessen werden diese Druckunterschiede in Millimetern Wassersäule. Schematisch ergibt sich beispielsweise das Bild der Abb. 128. 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.

184. 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. 129) 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;

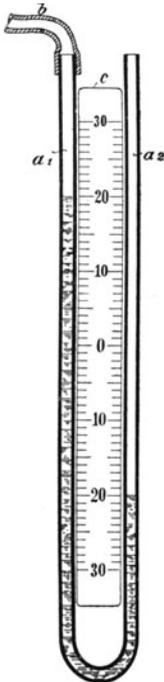


Abb. 129. Gewöhnlicher Depressionsmesser.

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 Ochwadt), bei denen mittels Schwimmer 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. 129) so in den Saugkanal münden lassen, daß der Strom in die ihm entgegengerichtete Öffnung des Schlauches oder Röhrens bläst.

185. Messung der Stromgeschwindigkeit. Zur Messung der Stromgeschwindigkeit bedient man sich gewöhnlich der Casella-Anemometer (Abb. 130). 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 (Korrektion), da das Anemometer nicht reibungsfrei läuft. Die Korrektion ist keine Konstante,

wie man früher glaubte, sondern ist für jede Geschwindigkeit verschieden. Sie muß durch Eichung festgelegt werden.

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

Die Geschwindigkeitsmessung wird in der Grube in der Regel an bestimmten Meßstellen vorgenommen, deren eine für jeden Sonderstrom vorhanden zu sein pflegt. Stöße und Firste der Strecke sind hier mit einem glatten Bretterverzuge auf 3—4 m Länge verschalt. Man legt die Meßstellen

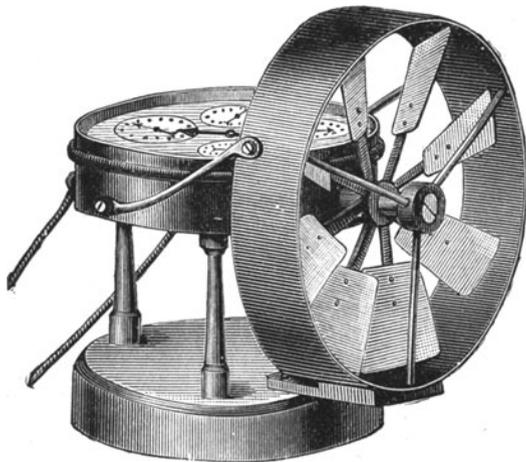


Abb. 130; Casella-Anemometer.

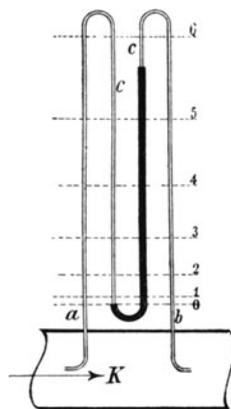


Abb. 131. Schema des Volumenmessers.

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.

186. Die hydrostatischen Geschwindigkeits- oder Volumenmesser sind schematisch in Abb. 131 dargestellt. In dem Kanal *K* bewegt sich ein Wetterstrom in der Pfeilrichtung. Läßt man ein mit seinem Ende dem Gasstrom entgegengerichtetes Rohr *a* und ein Rohr *b*, dessen Ende in der Stromrichtung umgebogen ist, in den Kanal münden, so werden beide Rohre verschiedene Drücke aus dem Gasstrom ableiten. Schaltet man zwischen Rohr *a* und *b* ein Manometerrohr *c*, 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. 132), 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. Im Raume *c* herrscht die Depression und im Raume *d* der statische Druck des Wetterkanals, während über dem Schwimmer *a* der äußere Luftdruck vorhanden ist.

187. Die hauptsächlichsten Formeln¹⁾ für die Wetterbewegung sind:

$$I. V = F \cdot v.$$

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

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

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

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

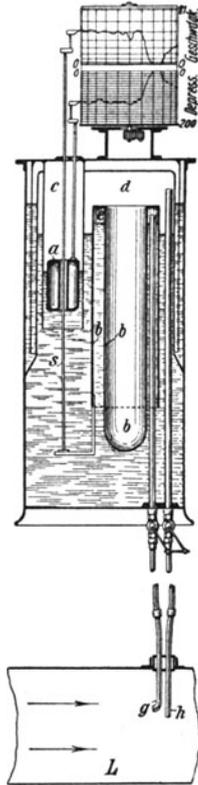


Abb. 132. Schreibender Geschwindigkeits- und Depressionsmesser.

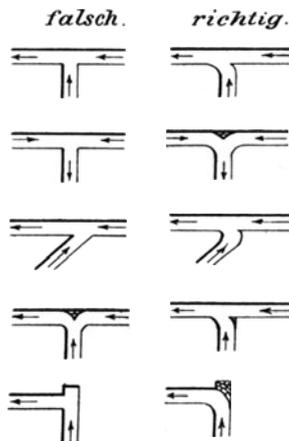


Abb. 133. Falsch und richtig angeordnete Streckenabzweigungen.

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

Abb. 133 zeigt in Gegenüberstellung unsachgemäß und richtig angeordnete Streckenabzweigungen. Besonders ungünstig ist es, wenn zwei Wetterströme mit entgegengesetzter Bewegungs-

richtung aufeinander prallen, wie dies in den drei mittleren Abbildungen der linken Seite dargestellt ist.

¹⁾ In diesen Formeln bedeuten:

- V*: die Luftmenge in Sekundenkubikmetern,
- F*: den Streckenquerschnitt in Quadratmetern,
- L*: die Streckenlänge in Metern,
- U*: den Streckenumfang in Metern,
- v*: die Geschwindigkeit in Sekundenmetern,
- h*: die Depression in Millimetern Wassersäule,
- k, k₁*: Konstanten.

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

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

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

189. 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. 134) ist im Sommer die im Schachte befindliche Luftsäule in-



Abb. 134. Wetterwechsel in einer Stollengrube.

folge 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). 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 eine Stockung 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.

190. Die Wetteröfen können über oder unter Tage stehen. Abb. 135 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

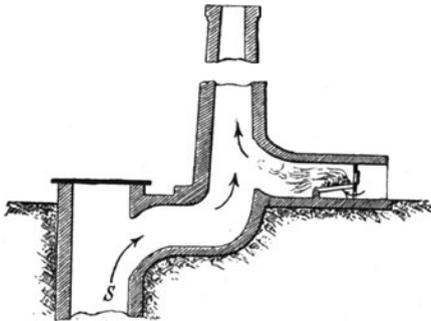


Abb. 135. Wetterofen über Tage.

sind sie wegen der Möglichkeit des Umschlagens der Stromrichtung der Wetter (z. B. im Falle von Grubenbränden) nicht ungefährlich. Häufig haben sie auch sogar Flözbrände veranlaßt.

191. Die Wettermaschinen werden jetzt 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. Diese ist entweder nur an einer Seite des Rades oder auch beiderseits vorgesehen. Bei der Drehung des Rades wird die Luft achsial angesaugt und tangential herausgeschleudert.

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

Die Ventilatoren können einseitig oder zweiseitig saugend eingerichtet werden. Bei nur einseitiger Einströmung (Abb. 136) ergibt sich der Übelstand, daß der Luftdruck das Schaufelrad zu verschieben trachtet. Bei einem zweiseitig saugenden Ventilator (Abb. 137) ist die Verlagerung der Achse schwieriger, da sie länger sein und mindestens durch einen Saugkanal oder aber durch beide hindurch geführt werden muß. Ferner ist die Herstellung der Zuführungskanäle verwickelter und umständlicher.

Um die in der herausgeschleuderten Luft steckende lebendige Arbeit nutzbar zu machen, muß der Ventilator ummantelt werden. Die Ummantelung (der Diffusor) besitzt die Form einer Spirale und läuft in einen

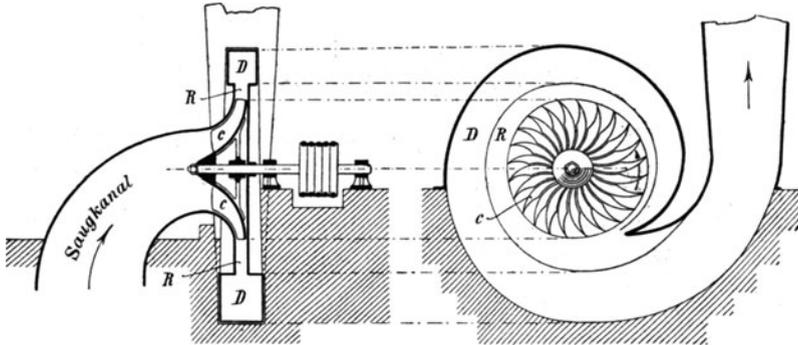


Abb. 136. Rateau-Ventilator.

Auslaufhals aus. Sie bewirkt, daß die Luft ohne stärkere Wirbelbildung in einem einheitlichen, geschlossenen Ströme mit allmählich verminderter Geschwindigkeit in die Atmosphäre übergeführt wird.

192. Beispiele. Als Beispiele seien der Rateau- und der Capell-Ventilator aufgeführt. Der Rateau-Ventilator (Abb. 136) saugt einseitig und

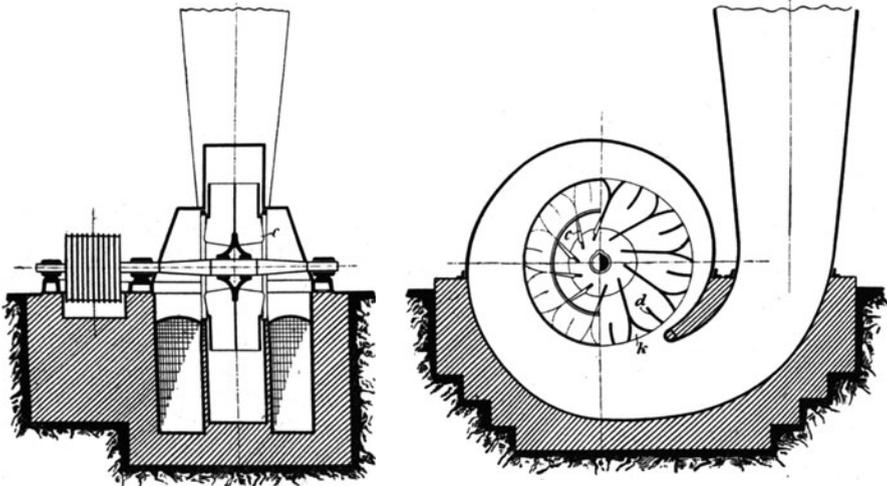


Abb. 137. Capell-Ventilator

besitzt einen stark aufgewölbten, auf der Achse sitzenden Radboden. Die doppelt gekrümmten und im Einlauf nach vorn gebogenen Schaufeln c verschmälern sich nach dem Radumfang hin. Die Ummantelung besteht aus dem schmalen Ringraum R und der äußeren Erweiterung D , welche letztere

in den Auslaufhals endigt. Der Capell-Ventilator (Abb. 137) 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 Radumfang, welche die Austrittsöffnungen der Luft aus dem Rade verkleinern, und die Anbringung der kleinen Zwischenschaufeln d . Die Auslaufspirale ist im Querschnitt einfach rechteckig.

193. Der mechanische Wirkungsgrad eines Ventilators ist das Verhältnis der tatsächlichen Nutzleistung (s. Formel IV, S. 97) 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.

194. 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.

195. 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:

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

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

196. Das Zusammenarbeiten zweier Schleuderräder. Man kann zwei Ventilatoren nebeneinander — in Parallelschaltung — arbeiten lassen, wobei also beide aus einem und demselben ausziehenden Schachte saugen. Die theoretisch erzielbare Depression bleibt hierbei aber dieselbe, die auch ein einziger der beiden Ventilatoren liefern würde, wenn er mit gleicher Geschwindigkeit allein liefe. Die Bewetterungsarbeit verteilt sich — wiederum rein theoretisch betrachtet — zur Hälfte auf die beiden Ventilatoren, von

denen also jeder die volle Depression und die halbe Wettermenge liefert. Ein Vorteil für die Bewetterung tritt praktisch freilich nur dadurch ein, daß die Durchgangsöffnung infolge des Vorhandenseins zweier Ventilatoren verdoppelt wird, so daß der erreichbare Nutzen gering ist und die Anordnung kaum ausgeführt wird.

Auf vielen Gruben findet man aber zwei oder mehrere in Betrieb befindliche Ventilatoren, die bei einem einzigen Einziehschachte nicht aus

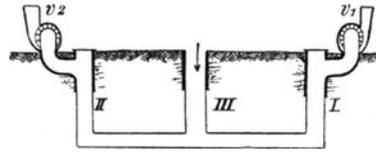


Abb. 138. Zwei Ventilatoren auf verschiedenen Wetterschächten derselben Grube.

einem und demselben Saugkanal saugen, sondern auf verschiedenen Wetterschächten eines einheitlichen Bergwerks stehen. Für die Ventilatoren ist dann ein Teil der unterirdischen Wetterwege gemeinsam (Abb. 138). 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 Hintereinanderschaltung 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.

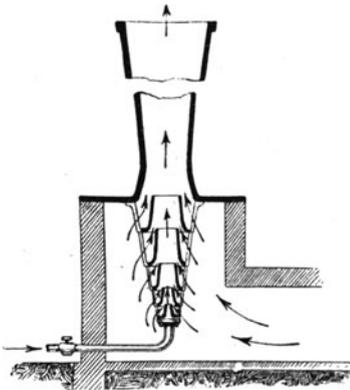


Abb. 139. Strahlgebläse.

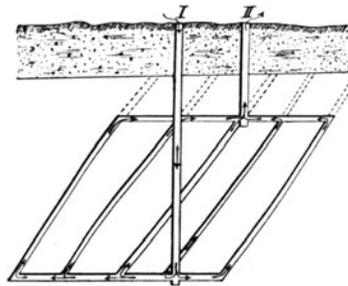


Abb. 140. Schema der aufsteigenden Wetterführung.

197. 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,

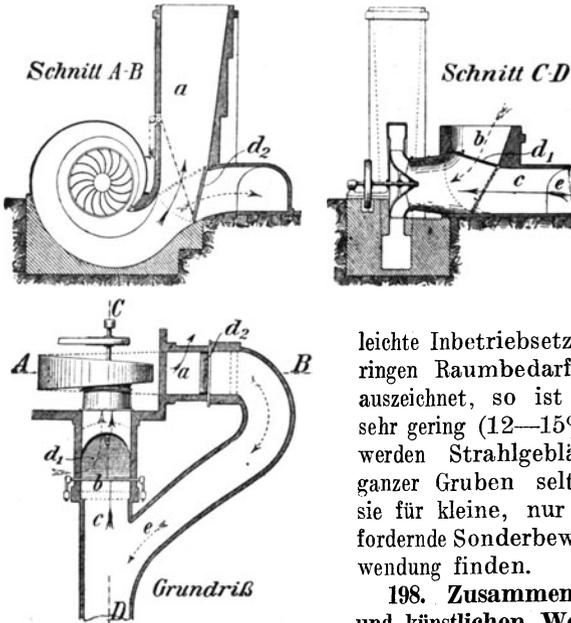


Abb. 141. Ventilator mit Umstellvorrichtung.

die bewirken, daß die Luft annähernd gleichmäßig auf dem ganzen Querschnitte eine nach vorn gerichtete Bewegung erhält (Abb. 139). 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 sehr gering (12—15%). Aus diesem Grunde werden Strahlgebläse zur Bewetterung ganzer Gruben selten gebraucht, wogegen sie für kleine, nur wenig Betriebskraft erfordernde Sonderbewetterungen vielfach Verwendung finden.

198. 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. 140 die Wetter auf dem kürzesten Wege in das Grubentiefste

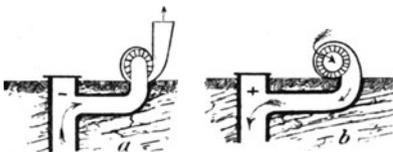


Abb. 142. Darstellung des saugend und des blasend angeordneten Ventilators.

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 Wetterstrom bestrichen werden, ist minder günstig und außerdem für Schlagwettergruben bedenklich.

199. Wetterumstellvorrichtungen an Ventilatoranlagen gestatten, daß man den Ventilator je nach Bedürfnis saugend oder blasend arbeiten lassen kann. Abb. 141 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 punktierte Lage gebracht, der die gestrichelten Wetterstrompfeile entsprechen, so saugt der Ventilator die Luft durch den kurzen Schlot b an und bläst sie durch e in die Grube. Wetterumstellvorrichtungen sind z. B. für Stollengruben empfehlenswert, um sowohl im Sommer wie im Winter die Vorteile des wechselnden natürlichen Wetterzuges auszunutzen. Sie werden aber auch gern für Gruben verwandt, die viel unter Brandgefahr leiden.

200. Wetterschächte. Wenn der Ventilator unter Tage aufgestellt wird, so bleiben der einziehende und der ausziehende Schacht unverschlossen,

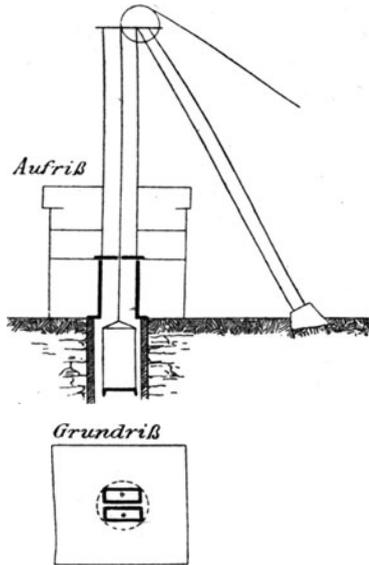


Abb. 143. Schachtdeckelverschluss.

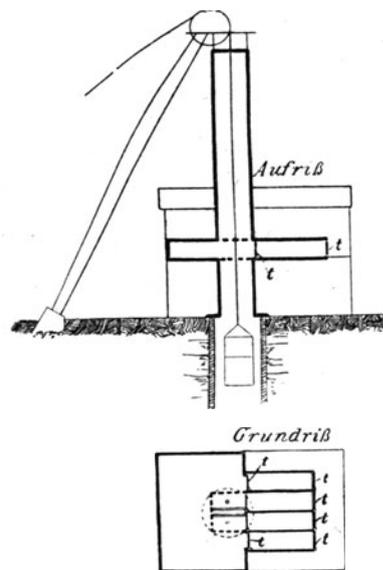


Abb. 144. Hängebank-Schleusenverschluss.

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. 142a), so erhält der ausziehende Schacht einen Verschuß, dagegen der einziehende, wenn der Ventilator blasend wirken soll (Abb. 142b). 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.

201. 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 Verschußhaube 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 Schachtkauē, die unmittelbar über der Rasenhängebank errichtet wird und mit unter Depression steht, verschlossen. Der Zugang zur Kauē erfolgt durch eine Schleuse. Dient der Schacht für die regelmäßige Förderung, so benutzt man als Verschuß Schachtdeckel oder Hängebank-Schleusen.

202. Schachtdeckel. Für den Verschuß mittels Schachtdeckels erhält jedes Fördertrumm wetterdichte Wandungen, die bis zur Höhe der Hängebank emporgeführt sind. Hier legt sich auf die so geschaffene Mündung des Trumms ein loser, ebener Deckel, der das Schachtinnere gegen die Atmosphäre abschließt. Kommt der Förderkorb oben an, so wird der Deckel von einem oberhalb des Seileinbandes angebrachten Querstücke mit angehoben und hochgenommen, während der den Maßen des Trumms genau angepaßte Boden des Korbes nun den Verschuß besorgt (Abb. 143). Der Deckel leidet unter den andauernden Stößen sehr; außerdem sind erhebliche Wetterverluste (durchschnittlich 15—20%) unvermeidlich.

203. Hängebank-Schleusen. Beim Hängebank-Schleusenverschuß (Abb. 144) stehen die Fördertrümmer bis dicht unter die Seilscheiben und außerdem ein mehr oder minder großer Teil der Hängebank unter Depression. Dieser Teil ist durch eine Wettertürensleuse *tt* mit der Förderabteilung einerseits und mit der übrigen Hängebank anderseits verbunden. Durch diese Schleusen werden die vollen Wagen nach außen, die leeren nach innen gefördert, wobei jedesmal mindestens eine Tür geschlossen ist. Die Wetterverluste sind bei gut ausgeführten und unterhaltenen Luftsleusen geringer als beim Schachtdeckelverschuß. Dafür wird aber die Förderung stark behindert, da das Öffnen der Türen entgegen der Depression lästig ist und Mühe und Zeit kostet. Zur Erleichterung der Bedienung können nach der Bauart der Maschinenfabrik Humboldt z. B. Schiebetüren durch Elektromotoren bewegt werden, die so miteinander verkuppelt sind, daß von zwei zusammengehörigen Türen stets nur eine geöffnet werden kann. Bei der Hinselmannschen Schleuseneinrichtung erfolgt das Durchschleusen der Wagen in senkrechter Richtung mittels eines kleinen Bremschächtehens.

204. 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. 145), weil sie wenig Raum beanspruchen, eine gewisse Elastizität besitzen und bei Ausbesserungen sich bequem bearbeiten lassen. Vorgeschlagen und stellenweise versucht sind ferner Schachtscheider aus Zement- oder Monierplatten und aus eisernen Blechen.

Im allgemeinen sind 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.

205. Lage des Wetterschachtes. Je nach der Lage des ausziehenden Wetterschachtes im Baufelde kann man zwei grundsätzlich verschiedene Arten der Bewetterung unterscheiden: die rückläufige (zentrale) und die grenzläufige (diagonale). Im ersteren Falle liegt der Wetterschacht in der Nachbarschaft des einziehenden Schachtes etwa in der Mitte des Baufeldes. Die Wetter ziehen also zunächst von dem einziehenden Schachte in der Richtung auf die Feldesgrenzen, um sodann nach Bewetterung der Baue wieder etwa nach dem Mittelpunkt 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

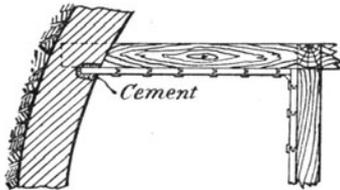


Abb. 145. Schachtwetterscheider aus Holz.

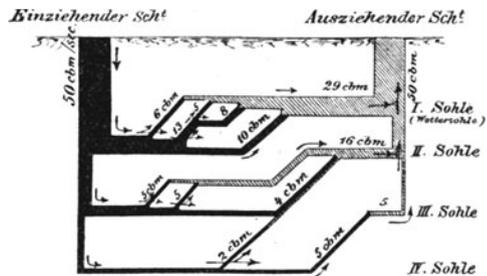


Abb. 146. Schematische Darstellung der Teilstrombildung.

günstig; je mehr sich aber die Baue von den Schächten entfernen und den Feldesgrenzen nähern, um so günstiger liegen die Bedingungen für die grenzläufige Wetterführung.

206. Teilströme. Für größere Gruben ist es unmöglich, daß ein einziger, ungeteilter Wetterstrom die sämtlichen Baue nacheinander bestreicht. Der Wetterweg würde zu lang werden, die Streckenquerschnitte 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 Querschlagen 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. 146 schematisch andeutet.

Das Stärkeverhältnis der Ströme ist andauernd dem Wetterverteilungsplane entsprechend zu regeln und zu überwachen. Die Mittel, die man bei der Regelung der Stromverteilung anwenden kann, haben eine Verstärkung zu schwacher und eine Schwächung zu starker Teilströme zum Ziel. Die

Verstärkung schwacher Ströme geschieht durch Erweiterung der Streckenquerschnitte, erneute Stromteilung und durch Anwendung der Sonderbewetterung (Abb. 147). Um zu starke Ströme zu schwächen, kann man sie durch Anhängung weiterer Betriebe belasten oder aber drosseln. Die

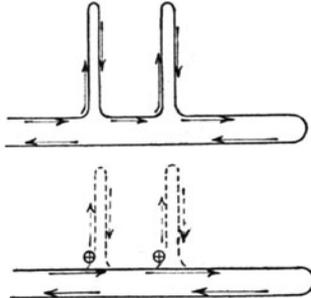


Abb. 147. Entlastung eines Wetterstromes durch Einrichtung von Sonderbewetterungen.

Drosselung besteht in dem Einbau eines künstlichen Widerstandes, der bewirkt, daß nur die beabsichtigte Wettermenge noch durch den verbleibenden Streckenquerschnitt zu ziehen vermag.

207. Wettertüren. Zur Durchführung der planmäßigen Wetterleitung dienen in erster Linie die Wettertüren. Man unterscheidet zwischen Türen, die den Querschnitt der Strecke vollkommen verschließen und den Strom lediglich leiten (Stromleitungs- oder Absperrtüren), und Türen, die gleichzeitig den Strom teilen und zu diesem Zwecke eine Durchgangsöffnung

für die Wetter besitzen (Stromverteilungstüren). 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. In Strecken mit Pferdeförderung pflegt man eine solche Entfernung der beiden Türen voneinander zu wählen,



Abb. 148. Stromverteilungstür.

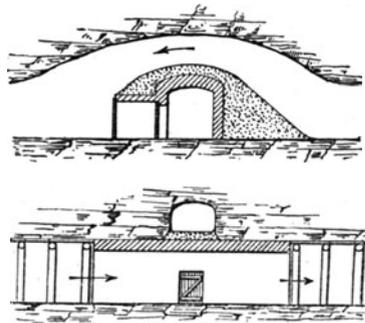


Abb. 149. Gemauertes Wetterkreuz.

daß ein ganzer Zug zwischen ihnen Platz findet. Von der größten Wichtigkeit sind bei rückläufiger Wetterführung z. B. die zwischen dem ein- und ausziehenden Schachte vorhandenen Türen, da sie einen besonders großen Depressionsunterschied auszuhalten haben und von ihrer Dichtigkeit die gesamte Bewetterung der Grube abhängt. An Punkten, wo es weniger auf einen dichten Wetterabschluß ankommt, ersetzt man die Türen durch Wettergardinen (Vorhänge aus Segelleinen). Besonders häufig geschieht

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

Die Drosseltüren (Abb. 148) besitzen in der Regel in dem festen Felde oberhalb des eigentlichen Türflügels eine Öffnung, deren freier Querschnitt durch einen Schieber beliebig eingestellt werden kann.

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

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

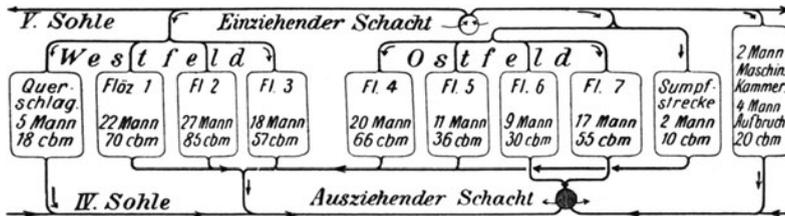


Abb. 150. Teil eines Wetterstammbaumes.

mittels sog. Wetterkreuze (Wetterbrücken), die in sehr verschiedener Ausführung angewandt werden. Nach Abb. 149 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.

209. Wetterriß und Wetterstammbaum. Um einen schnellen Überblick über die Bewetterung einer Grube zu gewinnen, pflegt man gewöhnlich 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. 150) sind die sämtlichen Teilströme mit der Stärke der Belegschaften sowie mit ihren Wettermengen in Kubikmetern angegeben.

IV. Die Bewetterung der Streckenbetriebe.

210. 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 Bewetterungseinrichtungen:
 5. die Sonderbewetterung.

211. Der Begleitstreckenbetrieb besteht darin, daß man eine einzelne Strecke nicht für sich allein, sondern in Begleitung einer Parallelstrecke ins Feld treibt, so daß dann die Begleitstrecke als Wetterabzugstrecke benutzt werden kann. Man gibt den beiden Parallelstrecken eine Entfernung von 10—20 m voneinander und verbindet sie alle 15—20 m durch Durchhiebe.

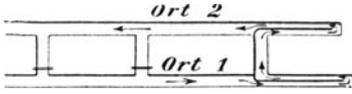


Abb. 151. Begleitstreckenbetrieb.

Von diesen ist stets nur der letzte für den Wetterdurchzug offen, während die rückwärts belegenen sorgfältig durch Wetterdämme verschlossen werden (Abb. 151). 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.

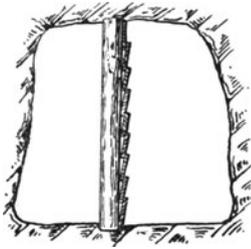


Abb. 152. Hölzerner Wetterscheider.



Abb. 153. Wetterrösche bei flacher Lagerung.

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.

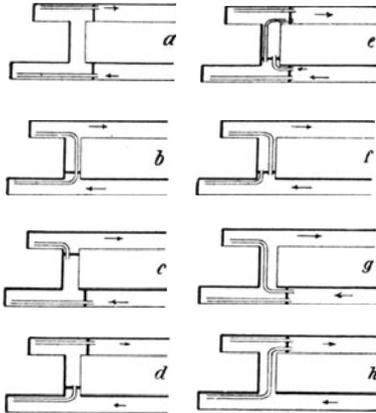


Abb. 154. Lutenbewetterung mit Selbstzug in verschiedener Anordnung.

212. Betrieb mit Wetterscheidern. Ein Wetterscheider 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. 152 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.

213. Die Bewetterung von Strecken mittels Breitauffahrens und Wetterröschern wird namentlich für kurze Entfernungen gern angewandt. Zu diesem Zwecke werden die Strecken in einer Breite von 8—15 m aufgefahren, um teilweise versetzt zu werden. In dem Versatz oder zwischen dem Versatz

und dem festen Stoß werden, wie dies Abb. 153 andeutet, die für den Betrieb und die Wetterführung erforderlichen Wege ausgespart. Soweit sie lediglich der Wetterführung dienen, heißen sie Wetterröschen. Eine solche Bewetterung ist einfach, bequem und billig und genügt vielfach auf 50—100 m, bisweilen auch bis 200 m.

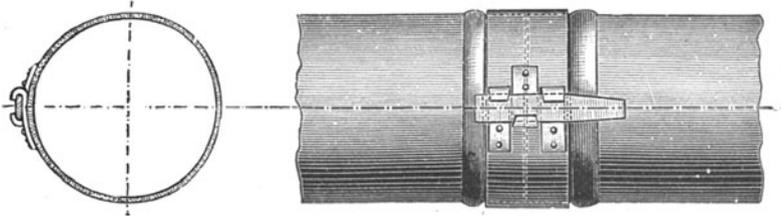


Abb. 155. Luttenverbindung mit Bandverschluß.

214. Die Luttenbewetterung mit Selbstzug besteht darin, daß in den vom Hauptventilator bewegten Wetterstrom im Anschluß an Wettertüren Luttenleitungen als Wetterwege eingeschaltet werden, die der Strom durchstreichen muß. Die Abb. 154 zeigt, wie auf verschiedene Weise zwei gleichzeitig vorangetriebene Strecken, auch Überhauen oder Schächte bewettert werden können. Nach Abb. 154*a* und *b* wirkt die eine Lutte saugend und die andere blasend, nach Abb. 154*c* wirken beide Lutten blasend und nach Abb. 154*d* beide saugend. Nach den Abbildungen 154*e—h* ist für die beiden Streckenbetriebe gleichzeitig eine Teilung des Wetterstromes vorgenommen; außerdem ergeben sich auch hier wieder die Verschiedenheiten nach der saugenden und blasenden Wirkung.

Die Lutten werden aus 1—2 mm starkem Eisen- oder Zinkblech gefertigt. Die Widerstandsfähigkeit wird durch Wellrohrform ganz bedeutend erhöht. Dafür lassen aber Wellblechlutten wegen der größeren Reibung, die der Luftstrom findet, bei gleichem Druckunterschied nur etwa halb soviel Wetter als glatte Lutten durch. Für die Wetterdichtigkeit einer längeren Luttenleitung entscheidend sind die Verbindungen der einzelnen, in der Regel 2 m langen Luttenstücke. Am undichtesten sind die sog. Muffenverbindungen. Bei diesen steckt man das eine, etwas zusammengezogene Ende der einen Lutte in eine schwach konische Erweiterung der nächsten. Die Verbindungstelle wird mit einer Kittmischung verschmiert. Besser ist die Bandverbindung, bei der die beiden gleichweiten Luttenenden stumpf voreinander stoßen. Die Enden werden durch ein herumgelegtes, mit Segeltuch gefüttertes, federndes Eisenblechband miteinander verbunden, das durch Keile (Abb. 155), Hebel oder Schrauben angezogen werden kann. Die dichteste und haltbarste Luttenverbindung ist jedoch die mittels Bunden und Flan-

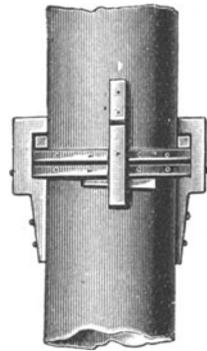


Abb. 156. Klammerverschluß. (Das obere Luttenende trägt eine Klammer, das untere deren dreh).

schen oder mittels Bunden und Klauen. Die Luttenstücke tragen an den Enden einen abgedrehten Bund und werden nach Zwischenlegung eines Gummi- oder Pappinges mittels lose aufsitzender Flanschen oder mittels Klauen und Keile (Abb. 156) sicher und fest zusammengezogen.

Bei jeder Luttenbewetterung — sowohl derjenigen mit Selbstzug als auch der Sonderbewetterung — unterscheidet man blasende und saugende Bewetterung (Abb. 157). Bei der blasenden Bewetterung wird der Arbeits-



Abb. 157. Wirkung der blasenden und der saugenden Luttenbewetterung.

ort durch den strahlartig austretenden Luftstrom kräftiger gespült als bei der saugenden, da sich in letzterem Falle die Saugwirkung nur in der unmittelbaren Nähe des Luttenendes bemerkbar macht. Andererseits hat die blasende Bewetterung den Nachteil, daß die vom Arbeitsorte fortgespülten Schlagwetter und Sprengstoffschwaden sich über die ganze Streckenlänge verbreiten.

215. 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. 158).

Als Antriebskräfte für die Sonderbewetterung benutzt man Druckwasser, Preßluft, Elektrizität oder Menschenkraft, als Vorrichtungen für

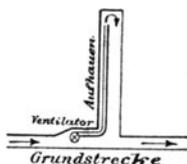


Abb. 158. Anschluß der Sonderbewetterung an den Hauptstrom.

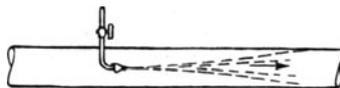


Abb. 159. Strahldüse in einer Lutte.

die Erzeugung der Wetterbewegung selbst Strahldüsen oder Ventilatoren. Die Anwendung einer Strahldüse für Druckwasser oder Preßluft zeigt Abb. 159. Der Wirkungsgrad solcher Düsen ist allerdings gering und wird kaum mehr als 10—15% betragen (s. S. 101). 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 Flügelradventilatoren, die mit Hand, mit Druckwasser, Preßluft oder Elektrizität angetrieben werden können. Diese Ventilatoren sind nach Art der besprochenen Zentrifugalventilatoren gebaut; ihr Wirkungsgrad beträgt etwa 30—50%. Der Antrieb des Ventilators mit Hand ist teuer und unzuverlässig. Hat man Druckwasser zur Verfügung, so verwendet man kleine Turbinen oder Peltonräder. Für Preßluft gebraucht man kleine Zylindermaschinen, während ein elektrisches Stromnetz die Verwendung von Elektromotoren gestattet.

V. Das tragbare Geleucht des Bergmanns.

216. Offene Lampen. Auf schlagwetterfreien Gruben stand früher fast ausschließlich die offene Rüböllampe in Anwendung. Eine Ausführungsform zeigt Abb. 160. Die Leuchtkraft solcher Lampen beträgt etwa 1,4 NK.¹⁾ Die Lampen sind einfach und billig in der Anschaffung, aber teuer im Betriebe, da die Ölkosten je Schicht 10—15 % ausmachen.

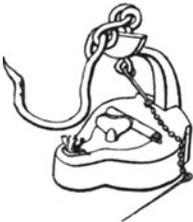


Abb. 160.
Offene Öllampe.

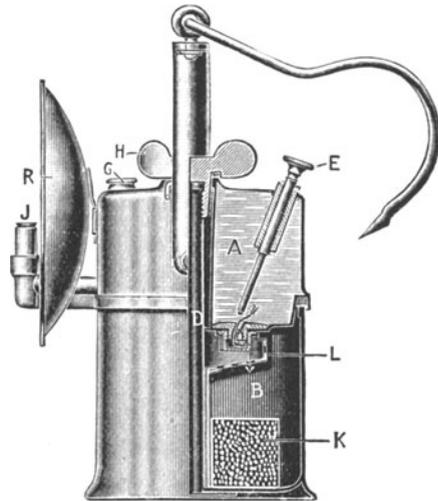


Abb. 161. Offene Azetylenlampe
von Seippel.

In den letzten Jahren haben sich auf schlagwetterfreien Gruben vielfach Azetylenlampen eingebürgert, deren eine in Abb. 161 dargestellt ist. Der Lampentopf *B* dient zur Aufnahme des zu einer Patrone zusammengepreßten Kalziumkarbids *K* und damit gleichzeitig als Gaserzeugungsraum. Dem Topfe ist der Wasserbehälter *A* aufgesetzt und mit ihm durch die Stange *D* und Flügelschraube *H* in Verbindung gebracht. *J* ist der Brenner, *R* der Leuchtschirm und *G* die Verschlussschraube für die Füllöffnung. Die Schraube *E* regelt den Wasserzutritt zum Karbid und kann je nach Bedarf geöffnet werden. Wird zu viel Gas entwickelt und kann dieses nicht sämtlich durch den Brenner austreten, so entweicht der Überschuß

¹⁾ Eine Normkerze (NK) ist eine Paraffinkerze von 2 cm Durchmesser bei 50 mm Flammenhöhe.

durch den Wasserbehälter und tritt durch eine in der Schraube *G* vorgesehene Sicherheitsöffnung ins Freie. Da also bei reichlicher Gasentwicklung im Gaserzeugungsraum ein Überdruck entsteht, wird das Ausfließen des Wassers aus *A* verlangsamt und, wenn der Gasdruck ebenso groß oder größer als der Druck der im Behälter stehenden Wassersäule wird, sogar gänzlich verhindert. Somit regelt sich bis zu einem gewissen Grade die Azetylenherzeugung selbsttätig. Die Lampe besitzt eine Leuchtkraft von 8—10 NK und eine Brenndauer von 8—10 Stunden.

217. Die Sicherheitslampe (1816 von Davy erfunden) war ursprünglich eine Öllampe mit aufgesetztem Drahtkorb. Zwischen Öltopf und Draht-

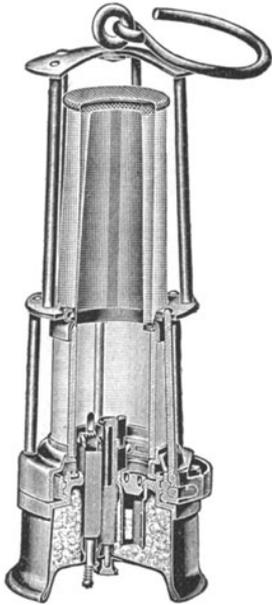


Abb. 162. Wolfsche Benzinsicherheitslampe.

korb 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. 162 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. Der aus gewöhnlichem, hellem, jedoch ausgeglühtem und sorgfältig gekühltem Glase bestehende Glaszylinder muß zur Vermeidung gefährlicher Undichtigkeiten genau parallel und rechtwinklig zur Achse der Lampe abgeschnittene Ränder besitzen.

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 qcm 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.

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

Nach der Art der zur Verwendung kommenden Zündstreifen kann man die Phosphorbandzündung und die Explosionspillenzündung, nach der Art der Betätigung die Reib- und die Schlagzündung unterscheiden.

Die bei den Phosphorbandzündungen verwendeten Zündpillen bestehen in der Hauptsache aus gelbem Phosphor und sind auf schmale, mit einer Paraffinmasse überzogene Leinwandstreifen aufgeklebt. Bei den Zündstreifen mit Explosionspillen sind auf ein schmales Papierband von einer gewissen Steifigkeit in regelmäßigen Abständen voneinander Pillen aus einer Explosionsmasse (chlorsaures Kali) geklebt, die durch Reibung oder Schlag unter Flammenerscheinung explodieren.

Als Beispiel einer Zündvorrichtung sei die Wolfsche Reibzündung für Phosphorbandzündstreifen aufgeführt (Abb. 163). 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.

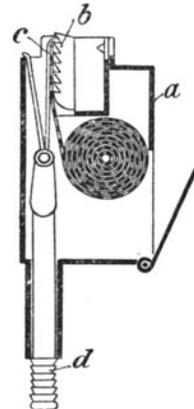


Abb. 163. Wolfsche Reibzündvorrichtung für Phosphorbandzündstreifen.

Bei der Cerfunkenzündung (Abb. 164) 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.

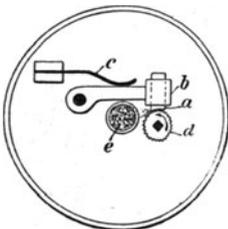


Abb. 164. Cerfunkenzündung.

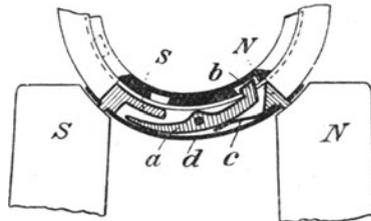


Abb. 165. Wolfscher Magnetankerverschluß.

219. Der Wolfsche Magnetverschluß ist in Abb. 165 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.

220. Mantellampen. Damit der Wetterstrom nicht unmittelbar gegen den Drahtkorb bläst und eine etwa darin entstandene Schlagwetterflamme durch das Drahtnetz treibt, umgibt man die Körbe wohl mit Blechmänteln (Mantellampen). Abb. 166 zeigt den Schlitzmantel von Friemann und Wolf, durch den der Luftstrom eine in der Nebenzeichnung besonders dargestellte, mehrfache Richtungsänderung erleidet, ehe er den Drahtkorb erreicht. Dadurch wird die Geschwindigkeit, mit der er auf den Drahtkorb stößt, stark vermindert.

221. 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.

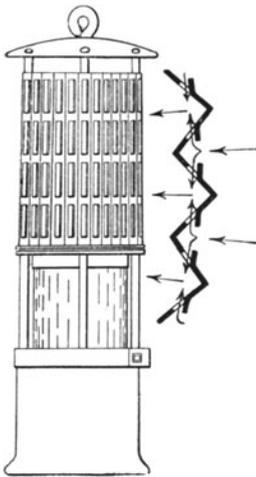


Abb. 166. Wolfsche Mantellampe.

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

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

223. Tragbare elektrische Lampen sind für Arbeiten mit Atmungsgeräten in unatembaren Gasen ein notwendiges Erfordernis. Darüber hinaus haben aber diese Lampen im Grubenbetriebe eine immer wachsende Bedeutung gewonnen, und namentlich in Gruben, die durch Schlagwetter und besonders durch plötzliche Gasausbrüche gefährdet sind, sind sie allgemein eingeführt. Die elektrischen Lampen sind den Benzinsicherheitslampen nicht allein hinsichtlich ihrer Schlagwettersicherheit, sondern auch bezüglich der Leuchtkraft überlegen. Freilich muß der Nachteil der elektrischen Lampen, daß sie Schlagwetter nicht anzuzeigen vermögen und daß sie in matten Wettern fortbrennen, also nicht warnen, mit in den Kauf genommen werden.

Zu einer elektrischen Grubenlampe gehören als Hauptteile die Stromquelle, die Glühbirne und das Gehäuse nebst Zubehör (Schalteinrichtung, Tragevorrichtung). Als Stromquellen werden gewöhnlich Akku-

mulatoren benutzt. Elemente haben sich bisher für Grubenlampen nicht einbürgern können. Der gebräuchlichste Akkumulator ist der Bleiplattenakkumulator. Die wirksame Masse der positiven Platte wird aus Bleisuperoxyd, die der negativen aus Bleischwamm gebildet. Als Elektrolyt verwendet man verdünnte Schwefelsäure. Neuerdings ist es gelungen, den Elektrolyt durch Zusatz von Wasserglas in feste Form zu bringen. Die Lampen mit festem Elektrolyt scheinen sich gut zu bewähren und schnell einzuführen. Neben den Blei-Akkumulatoren stehen auch Nickel-Kadmium-Akkumulatoren mit Nickel-Sauerstoff-Verbindungen als positiver Platte und schwamm-

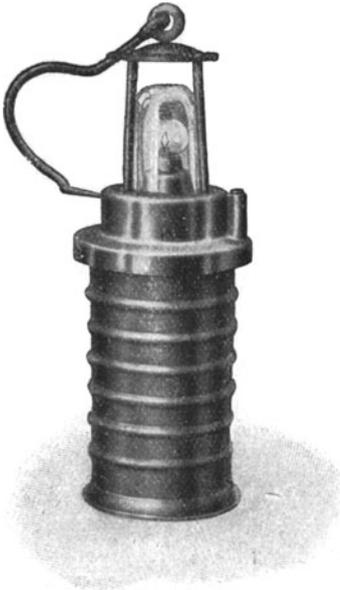


Abb. 167.
Ceag-Lampe mit Blei-Akkumulator.

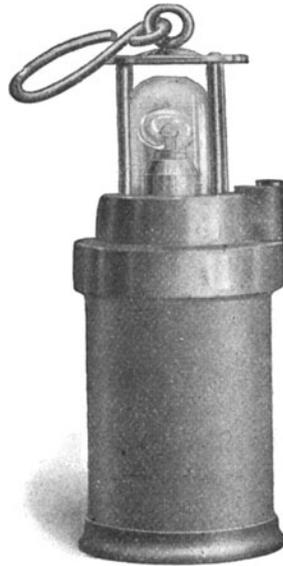


Abb. 168. Wolf-Lampe mit
alkalischem Akkumulator.

förmigem Kadmium als negativer in Anwendung. Der Elektrolyt ist in diesem Falle Kalilauge.

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

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

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

224. Ausführungen. Als Ausführungsform einer Blei-Akkumulatorlampe sei die Ceag-Lampe (Abb. 167) genannt, die 23 cm hoch ist, 2,25 kg wiegt und bei einer Brenndauer von 16 Stunden 1,5 NK entwickelt. Eine alkalische Lampe zeigt Abb. 168. Diese Lampe soll eine sehr hohe Lebensdauer besitzen. Die Leuchtkraft beträgt annähernd 2 NK, das Gewicht 2,1 kg und die Brenndauer 12 Stunden.

Sechster Abschnitt.

Grubenausbau.

I. Der Grubenausbau in Abbaubetrieben und Strecken aller Art.

A. Allgemeine Erörterungen.

225. Aufgaben des Grubenausbau. Der Grubenausbau soll in der Hauptsache einerseits die Bergleute gegen den Stein- und Kohlenfall schützen, andererseits 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 1896—1910 41,25% der entschädigungspflichtigen und 42,32% der tödlichen Unfälle in den unterirdischen Betrieben des Ruhrbezirkes 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.

226. 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. Als nachgiebiger Ausbau läßt er sich nur mit Schwierigkeiten und größeren

Kosten ausführen, eignet sich also nicht für stark druckhaftes Gebirge. Gegen matte Wetter ist er nicht empfindlich, wohl aber gegen Feuchtigkeit und besonders gegen saure und salzige Wasser.

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

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

227. 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 außerdem eine im Verhältnis gleiche Senkung des Hangenden erheblich mehr ausmacht als in Lagerstätten von geringerer Mächtigkeit.

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

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

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

B. Die Ausführung des Ausbaues.

a) Der Ausbau in Holz.

1. Eigenschaften und Behandlung der Grubenhölzer.

228. Holzarten. Für den deutschen Bergmann kommen im wesentlichen in Frage: von Laubhölzern die Eiche und untergeordnet die Rot- und die Weißbuche (Hainbuche), stellenweise auch die Akazie, von Nadelhölzern die Kiefer und die Fichte oder Rottanne.

Infolge der Preissteigerung 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 dagegen treten die Vorzüge des teureren Eichenholzes (Zähigkeit, Dauerhaftigkeit) in den Vordergrund.

Ein Festmeter trockenen Holzes wiegt etwa 500 kg (Fichtenholz) bis 800 kg (Eichenholz). Ein Stempel von 1,5 m Länge und 13 cm Dicke trägt ungefähr 30000—50000 kg.

Man unterscheidet bei den einzelnen Holzarten nach dem Zellenaufbau den „Splint“, das „Reifholz“ und das „Kernholz“, von denen der erstere unmittelbar unter dem Rindenbast folgt und am weichsten und großporigsten ist, die letztere Holzart dagegen ganz im Innern (bei manchen Bäumen überhaupt nicht) auftritt und sich durch das dichteste und festeste Gefüge auszeichnet.

229. Fäulnisercheinungen 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 Hauschwamm, 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 Tränkung des Holzes mit zerstörenden (antiseptischen) Stoffen geschehen. Dadurch wird eine längere Standdauer der Hölzer und damit eine Ersparnis nicht nur an Holzkosten, sondern auch an Zimmerhauerlöhnen ermöglicht.

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

230. Die Tränkflüssigkeiten sind entweder Salzlösungen oder phenolhaltige Lösungen. Zu den ersteren gehören Zink- und Quecksilberchlorid, Eisen- und Kupfervitriol, Fluorsalze, Kochsalz usw. Die Phenole oder Teersäuren werden als Teeröle bei der Teergewinnung erhalten, sie 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 Phenolverbindungen haben bei kräftiger fäulniswidriger Wirkung den Vorzug, der Auslaugung durch Wasser zu widerstehen. Sie werden jedoch von der Holzmasse nur langsam aufgenommen, greifen die Haut an, sind feuergefährlich und verschlechtern durch ihren Geruch die Wetter, erschweren auch die rechtzeitige Erkennung eines Grubenbrandes. Außerdem werden sie heute als Heiz-, Motor- und Schmieröle stark in Anspruch genommen.

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

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

Beim Saug- und Druckverfahren wird zunächst durch Herstellung einer Luftverdünnung der Saft und die Luft größtenteils aus dem Holze herausgesaugt und dann etwa 2—5 Stunden lang die Tränkflüssigkeit mit einem Drucke von mehreren Atmosphären in das Holz eingepreßt. Der Absaugung kann eine vorbereitende Behandlung mit Wasserdampf (jedoch am besten nicht von höherer Temperatur als etwa 80°) vorausgehen. Dieses Verfahren ist besonders für die Tränkung von Reifholz geeignet, das bei den anderen Tränkeinrichtungen die Flüssigkeit nicht genügend aufnimmt. (Das sehr dichte Kernholz läßt sich auch mit diesem Verfahren nicht tränken, wird aber auch nur selten von Pilzen angegriffen.) Andere ähnliche Verfahren arbeiten ohne Saugen, also nur mit Druckwirkung. Neuerdings gewinnt man auch, da die in den Porenräumen enthaltene Tränkflüssigkeit wirkungslos ist, diese durch nachträgliches Auspressen mit Druckluft wieder zurück, um nur die von der Holzfaser aufgenommene Flüssigkeit im Holz zu belassen.

Die Kosten der verschiedenen Tränkartens schwanken für ein Festmeter Holz etwa zwischen 2 $\%$ beim Kochsalz-Tauchverfahren und 5 $\%$ beim Fluorsalz-Saug- und Druckverfahren.

2. Die Ausführung des Holzbaus.

Einfacher Holzbaus (Stempelbaus).

232. Anwendung und allgemeine Ausführung. Der einfache Stempelbaus 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.

Kurze Stempel zur vorübergehenden Abstützung von überhängenden starken Kohlenbänken u. dgl. heißen „Bolzen“. Zwischen Stempel und Firste wird ein „Anpfahl“ aus Halb- oder Rundholz getrieben, der kleine Fehler bei der richtigen Bemessung der Länge des Stempels ausgleicht, eine größere Fläche des Hangenden abfängt und gleichzeitig als nachgiebige Einlage wirkt. Im deutschen Braunkohlenbruchbau werden die Anpfähle *a* (Abb. 169) länger genommen und noch mit Pfählen oder Brettern *b* verzogen.

Der einfache Stempel-

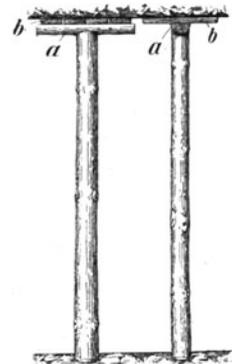


Abb. 169. Stempelausbau im deutschen Braunkohlenbruchbau.

233. Nachgiebiger Stempelausbau. Gebrochene Stempel sind wertlos, da sie nicht mehr tragen. Sie verengen außerdem den Querschnitt. Daher

verdienen in druckhaften Strecken, im Abbau mächtiger Flöze, der langsamer fortschreitet, und im Abbau mit maschineller Förderung und maschinellem Schrämbetrieb, wo gebrochene Stempel gefährlich und hinderlich sind, nachgiebige Stempel den Vorzug, die bei größerer Sicherheit ein gleichmäßiges Setzen des Hangenden ermöglichen und die Holzkosten wesentlich herabdrücken.

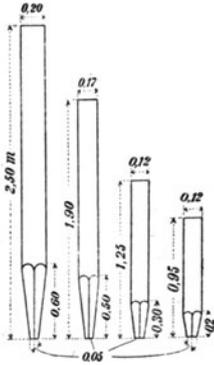


Abb. 170. Angespitzte Stempel verschiedener Länge.

Das wichtigste Mittel zur Erzielung einer ausreichenden Nachgiebigkeit ist das Anspitzen oder Anschärfen der Stempel am unteren Ende. Man schafft dadurch künstlich eine schwache Stelle, die dem Drucke zuerst nachgibt, so daß der Stempel am Fuße unter entsprechender Verkürzung quastartig auseinander gestaucht wird. Abb. 170 zeigt verschiedene Stempel mit den ihren Längen entsprechenden Anspitzlängen. Wichtig ist die dauernde Beobachtung der Stempel und ihr rechtzeitiges Nachspitzen.

234. Stempelausbau mit Biegebbeanspruchung. 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. 171 zeigt, wie man bei größerer Flözmächtigkeit solche Stempel durch Verspreizungen mit gegen die Stempel sich anlehnenen Rundhölzern sichert.

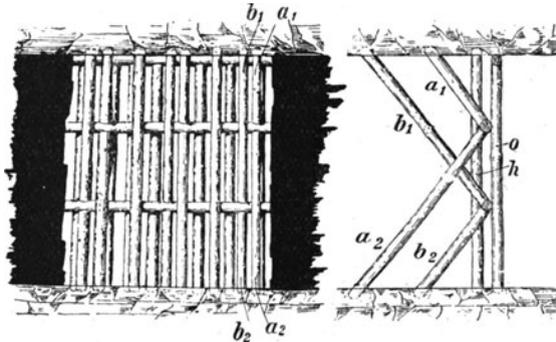


Abb. 171 Streckensicherung durch eine Orgel mit Versatzung im oberschlesischen Pfeilerbau.

Bei Stempeln, die den Bergeversatz abfangen sollen (Abb. 172), ist Nachgiebigkeit besonders wichtig. Sie wird außer durch Fußpfahl und Anpfahl (Abb. 175) auch noch dadurch erzielt, daß man die Stempel anspitzt; doch ist dann eine Verstärkung des Stempelschlages durch Mittelstempel u. dgl. erforderlich (vgl. Abb. 180 auf S. 123).

Zusammengesetzter Holzbausbau.

235. Holzpfeiler (Holzschränke, Scheiterhaufen, Kreuzlager, s. Abb. 176 auf S. 122 und Abb. 182 auf S. 124) werden aus kreuzweise gelegten Holzstücken gebildet und in der Regel im Innern mit klaren Bergen angefüllt,

um sie einigermaßen gegen Verschiebungen zu sichern, ohne ihre Zusammensetzung durch den Gebirgsdruck zu verhindern. Die Holzpfiler kommen in erster Linie bei flacher Lagerung in Betracht, können aber auch bei größeren Fallwinkeln eingebaut werden; sie müssen dann durch vorgeschlagene Stempel

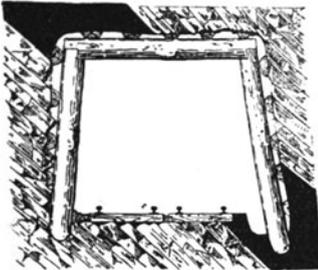


Abb. 172. Deutscher Türstock mit schrägen Beinen.

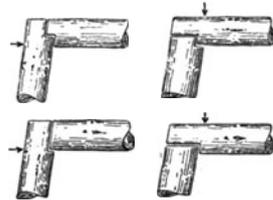


Abb. 173. Verschiedene Verblattungen bei deutschen Türstöcken.

vor dem Abrutschen gesichert werden. Ihr Hauptverwendungsgebiet finden die Holzpfiler 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.

236. Türstockzimmerung. Die häufigste Art der Türstockzimmerung ist diejenige mit Verblattung (deutsche Türstockzimmerung). Einen deutschen Türstock zeigt Abb. 172, verschiedene Verblattungen für die gleichzeitig durch Pfeile angedeuteten Druckrichtungen sind in Abb. 173 dargestellt.

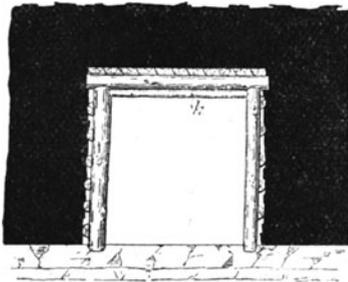


Abb. 174. Polnischer Türstock mit Kopfspreize.

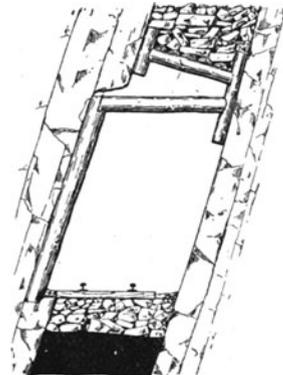


Abb. 175. Halber Türstock mit Fußpfahl am Liegenden und Abgang des Bergeversatzes.

Beim polnischen Türstock (Abb. 174) werden die Beine oben nur ausgekehlt, um der Kappe eine günstige Auflagefläche zu sichern. Die Verwahrung gegen Seitendruck muß durch eine sog. „Kopfspreize“ (*k*) erreicht werden.

Bei der schwedischen Türstockzimmerung treten an die Stelle der Verblattungen schräge Schnittflächen, die mit der Säge hergestellt werden.

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

In streichenden Strecken begnügt man sich bei steilerer Lagerung, wenn der Druck vom Hangenden her die Hauptrolle spielt, vielfach mit halben Türstöcken („Handweisern“, Abb. 175).

237. Verbindung zwischen den einzelnen Türstöcken. Um das Gebirge in den einzelnen Feldern zwischen den Türstöcken zu sichern, wird hinter den

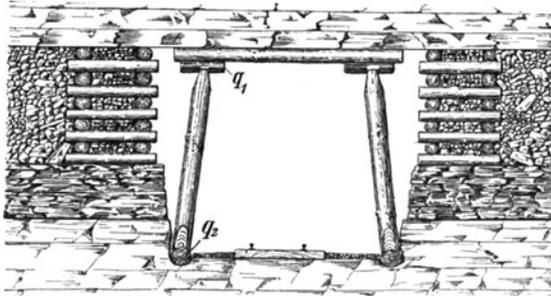


Abb. 176. Nachgiebiger Türstockausbau mit Quetschhölzern, freistehend.

Stempeln und Kappen Verzug (auch „Verpfählung“ genannt) eingebracht. Dieser besteht aus Schwarten (Scheiden) oder Pfählen (Spitzen); für die Firse werden in wichtigeren Strecken vielfach alte Grubenschienen verwandt. In erster Linie ist der Verzug der Firse wichtig, wogegen der Verzug der Stöße bei starkem Seitendruck zwecklos ist, da dieser durch Druck auf den Verzug die Türstockbeine knickt oder umwirft. Man hält daher neuerdings in druckhaftem Gebirge den Türstockausbau an den Stößen ganz frei



Abb. 177. Verstärkung einer Kappe durch ein eingezogenes Drahtseil.

(Abb. 176). Gegenseitig werden die Türstöcke in wichtigeren Strecken, besonders bei rutschendem und schiebendem Gebirge, durch Zwischentreiben von Bolzen abgesteift.

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

1. durch Schwächung der Stempel am unteren Ende. Diese wird, wenn die Stempel nicht ganz vom Seitendruck entlastet sind, nicht durch Anspitzen, sondern durch Anschärfen erreicht, wodurch die Stempel eine Schneide quer zum Seitendruck erhalten (Abb. 176);
2. durch Verstärkung 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 (Abb. 177) verstärken.

Außerdem können unter die Beine sowohl wie auch zwischen Beine und Kappen Quetschhölzer, meistens Rundhölzer, gelegt werden (Abb. 176).

239. 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

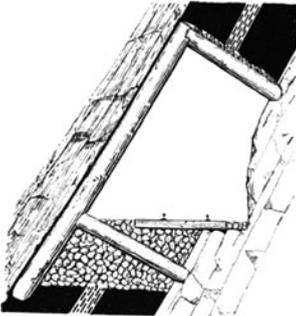


Abb. 178. Schalholzzimmerung mit untergeschlagenem Bahnstempel.

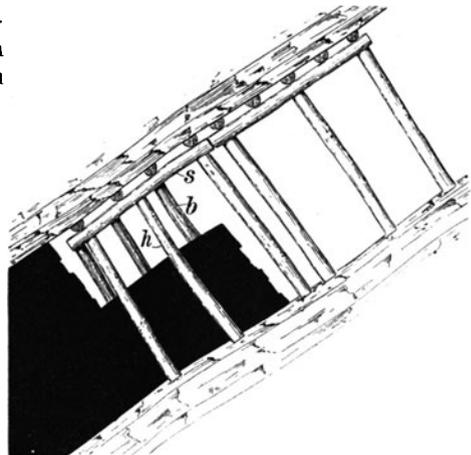


Abb. 179. Kappenzimmerung mit verlorenen Stempeln bei abfallendem Verhieb.

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. 178 ist das Schalholz oben

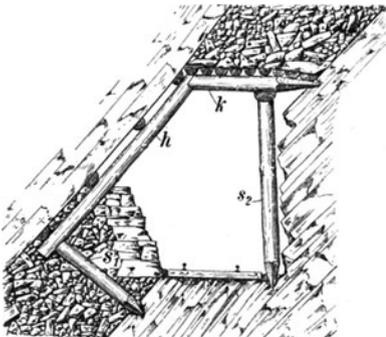


Abb. 180. Nachgiebiger Schalholzausbau mit Mittelstempel in Strecken.

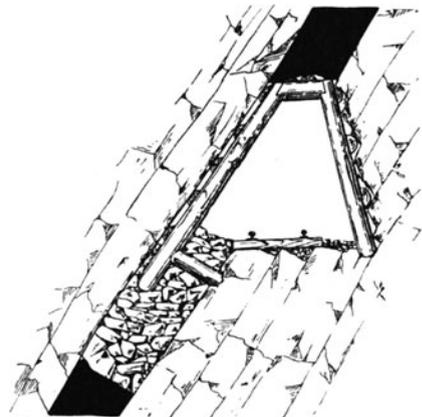


Abb. 181. Schalholz in Verbindung mit Türstock-Ausbau.

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. Abb. 179 veranschaulicht einen Schalholzausbau bei abfallendem Verhieb in zwei Bänken. Die Kappen (s) werden während der Gewinnung der Oberbank durch verlorene Bolzen b getragen; zwischen diese müssen nach Gewinnung der Unterbank die endgültigen Stempel h gesetzt

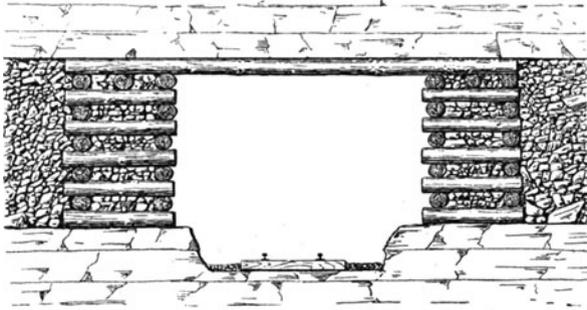


Abb. 182. Firstenbänke auf Holzpfelern.

werden. Auch die Schalholzzimmerung hat man nachgiebig ausgestaltet, indem man die abstützenden Stempel angespitzt oder angeschärft hat. Einen solchen Ausbau zeigt Abb. 180, 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 auskommen, falls man von vornherein für genügende Höhe der Strecke gesorgt hat.

240. Verbindungen zwischen Türstock- und Schalholzzimmerung werden in Flözstrecken angewendet, deren Hangendes nicht angegriffen wird und die mit Türstöcken ausgebaut werden sollen. Ein Beispiel zeigt

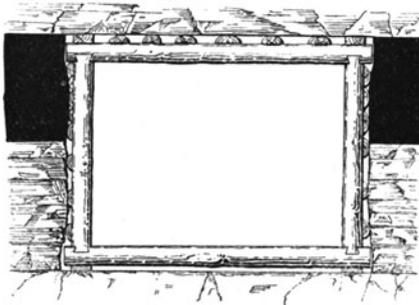


Abb. 183. Schwalbenschwanzzimmerung.

Abb. 181. Wegen der geringen Flözmächtigkeit ist die Kappe nur mit einer Verblattung für Seitendruck versehen.

241. Der Ausbau mit Firstenbänken ergibt sich aus der Schalholzzimmerung, indem man die Stempel ganz fortläßt und die Kappen beiderseits in das Gebirge einbühnt oder auf Holzpfelern (Abb. 182) oder Bergemauern aufrufen läßt.

Ein solcher Ausbau zeichnet sich durch große Nachgiebigkeit aus; die Kappen werden vor Bruch geschützt, da sie die ganzen Gebirgsbewegungen ohne weiteres mitmachen können.

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

schwanzzimmerung ersetzt. Diese besteht (Abb. 183) 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.

Voreilender Ausbau (Getriebe- und Abtreibezimmerung).

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

Ein Firstengetriebe wird durch Abb. 184 veranschaulicht. Von der Kappe $a_1—a_3$ eines Türstocks aus werden die Getriebe-pfähle $p_1—p_3$ 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 zugeschärft. 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.

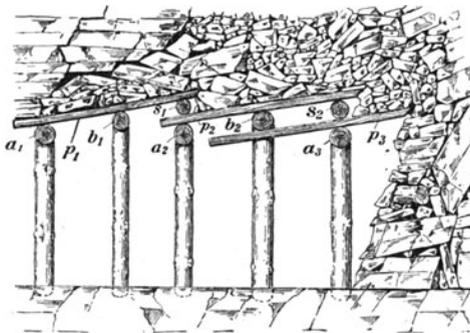


Abb. 184. Firstengetriebe mit Anstecken von einem Türstock aus.

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 „Verfäfelung“ sichern (vgl. Ziff. 275, S. 145).

244. Vortreibezimmerung im Abbau. Bei gebrächem Hangenden oder beim Vorhandensein eines Nachfallpackens über dem Flöze, der beim Abbau gehalten werden soll, ist das Hangende vor der Einbringung der endgültigen Zimmerung abzufangen, namentlich in Flözen von größerer Mächtigkeit mit bankweiser Gewinnung von oben nach unten. Gemäß Abb. 185 z. B. werden von der letzten Kappenreihe l_3 aus eiserne Pfähle vorgetrieben, die außerdem noch durch über ihnen eingetriebene Querpfähle das Hangende sichern. Nachdem für ein weiteres Feld Platz geschaffen ist, werden die Eisenpfähle

durch Holzpfähle ersetzt, die vorläufig durch verlorene Stempel abgestützt werden (oben in der Abbildung). Statt der eisernen Pfähle werden jetzt meist Holzpfähle verwendet, die man nicht wieder zu gewinnen braucht. Die Ab-

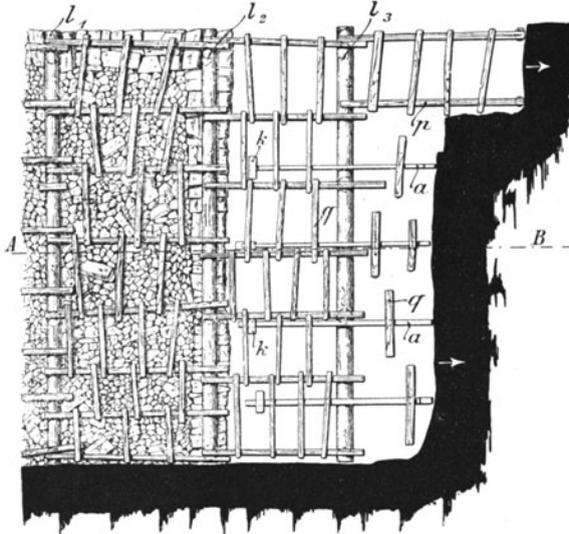


Abb. 185. Vortreibezimmerung im Abbau. Erhöhung der Sicherheit durch Querverzugpfähle q .

stützung der Pfähle am vorderen Ende kann auch durch Einbühnen ihrer Enden in den Kohlenstoß (Abb. 186), durch die neu einzubauende Kappe (Abb. 187) oder durch besondere Hilfskappen, die immer wieder weiter vor-

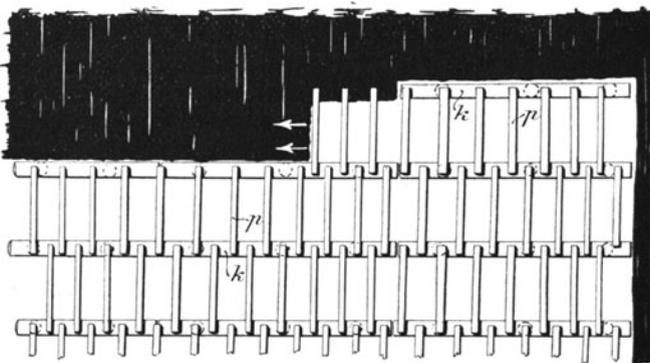


Abb. 186. Pfändungsbau.

geschoben werden, erfolgen. In Abb. 187 liegt die neue Kappe k_3 auf Unterzügen aus Rundholz, die in doppelt gekröpften Bügeln an der Kappe k_2 aufgehängt und am hinteren Ende durch „Zwickkeile“ gesichert sind.

Bei dem geschilderten Verfahren schreitet die Gewinnung senkrecht zum Stoß vor, und der letztere wird in breiter Fläche angegriffen. Abb. 186 dagegen zeigt den sog. „Pfändungsbau“, bei dem der Kohlenstoß in einzelnen gleichlaufenden Streifen von je 1 Feld Breite in abfallender Richtung verhaufen wird. Die Verzugpfähle werden nach und nach vorgetrieben, sobald die Kohlegewinnung hinreichend Platz geschaffen hat, und durch Einbühnen in die Kohle vorläufig gesichert.

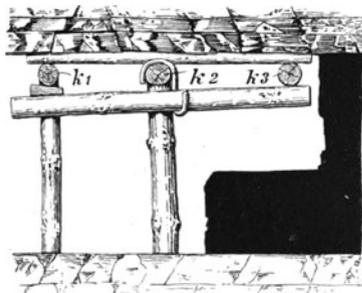


Abb. 187. Unterstützung der neuen Kappe durch Rundholz-Unterzüge.

b) Der Ausbau in Eisen.

245. Stempelausbau. Eiserne Stempel können nur im Abbau, nicht in Strecken verwandt werden, da sie wegen ihres hohen Preises immer wieder (mindestens 20—30mal) gewonnen werden müssen und daher nur als verlorener, nicht als endgültiger Ausbau zu benutzen sind.

Um wieder gewonnen werden zu können, müssen die Stempel sich ineinanderschieben lassen. Ein solcher Stempel ist derjenige von Schwarz in Kray (Abb. 188). Er besteht in der neueren Ausführung aus einem Unterstempel *a* von U-förmigem und einem Oberstempel *b* von gleichfalls U-förmigem Querschnitt; beide werden zusammengehalten durch das Schloß *c*, das aus einem eisernen Band mit eingelegtem Holzkeil *d* besteht und durch Drehen des Exzenterholzens *e* mit Splint *f* festgeklemmt wird. Das Schloß *c* wird mittels innerer Vorsprünge an der passenden Stelle in Aussparungen des Unterstempels gehalten. Der Oberstempel ist schwach keilförmig und der Stempel infolgedessen nachgiebig, da der durch den Gebirgsdruck belastete Oberstempel im Schloß herabgleiten und dabei den Holzkeil zusammenpressen kann.

Eisenstempel eignen sich im allgemeinen nur für den Abbau mit Bergeversatz und für ein gutartiges Hangendes, das nicht kurzklüftig ist und sich regelmäßig und im ganzen auf den Versatz setzt.

246. Türstockausbau. Beim eisernen Türstockausbau ist eine Verbindung durch Verblattung möglich; meist erfolgt die Verbindung aber durch besondere Winkel, die der gewünschten „Strebe“ entsprechend gebogen sind und mit Schrauben am Stempel (Abb. 189) oder an der Kappe befestigt werden. 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 anschräfft, damit sie sich in das Liegende hineindrücken

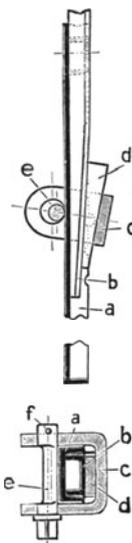


Abb. 188. Nachgiebiger Eisenstempel von Schwarz.

können, oder dadurch, daß man eine eiserne Kappe durch Holzbeine stützt (Abb. 190), welche letzteren wieder unten angeschärft werden können. Die Kappe hat in dem dargestellten Ausbau eine Durchbiegung nach oben erhalten,

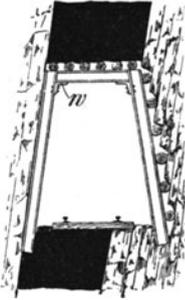


Abb. 189. Eiserner Türstock mit Winkeleisenverbindung.

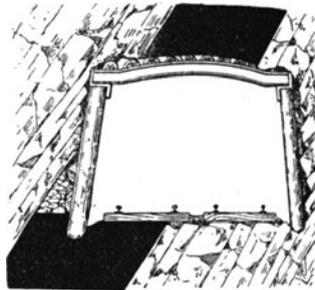


Abb. 190. Türstock aus Holz und Eisen mit Z-Eisen als Zwischenlagen.

so daß sie als ein Gewölbe den Firstendruck auf das zwischen Kappe und Stempel eingelegte Z-Eisen überträgt.

247. Ausbau mit Gestellen. Der Ausbau mit Streckengestellen besteht aus einzelnen, gegeneinander durch Bolzen abgesteiften Profileisenrahmen. Am widerstandsfähigsten sind die Kreisringgestelle. Abb. 191 zeigt einen geschlossenen Ausbau mit schweren, durch Verlaschung verbundenen, halbringförmigen U-Eisen und läßt gleichzeitig erkennen, wie man einen solchen Ausbau durch Hinterfüllung mit Rundholz nachgiebig gegenüber starkem Gebirgsdruck machen

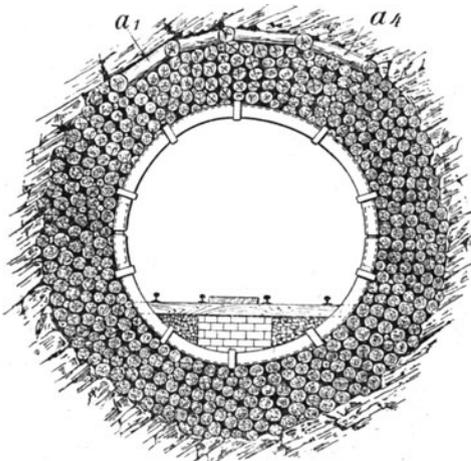


Abb. 191. Geschlossener Ringausbau in U-Eisen.

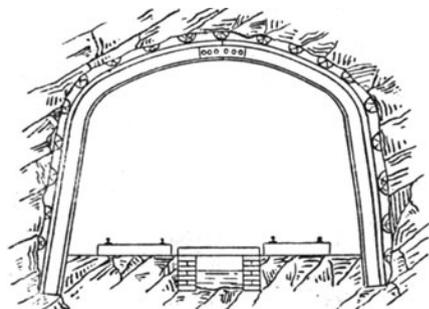


Abb. 192. Offenes Streckengestell (Korbbogen) aus Eisenbahnschienen.

kann. Andere geschlossene Gestelle werden in elliptischer Form hergestellt und eignen sich besser für schmale Strecken. Im Gegensatz zu derartigen geschlossenen Gestellen bestehen die offenen (Abb. 192) aus

flachen Bogen mit schrägen, bei geringem Seitendruck auch senkrechten Beinen. Sie werden meist aus zwei in der Mitte oben durch Verlaschung verbundenen Teilen zusammengesetzt.

Gegen starken Druck sind auch kräftige Profile bei einem derartigen Ausbau nicht genügend widerstandsfähig. Dieser Mangel kann durch nachgiebige Hinterfüllung gemäß Abb. 191 einigermaßen ausgeglichen werden. Jedoch ist im allgemeinen der Ausbau mit Gestellen nicht für druckhaftes Gebirge geeignet, da er Auswechslungsarbeiten zu sehr erschwert.

c) Der Ausbau in Stein.

1. Mauerung.

248. Steine. In Betracht kommen natürliche Bruchsteine und künstliche Steine, welche letzteren wieder Ziegel- (Back-) und Zementsteine sein können. Die Ziegelsteine (aus Lehm oder Schieferthon hergestellt) bilden die Regel. Die Kantenlängen des deutschen Normalsteines sind: $6,5 \times 12 \times 25$ cm. Auf 1 cbm Mauerung rechnet man 400 Steine und 0,3 cbm Mörtel.

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

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

249. Mörtel. Man unterscheidet „Luftmörtel“ und „hydraulischen Mörtel“. Ersterer besteht aus gelöschtem Kalk mit Sandzusatz (meist im Verhältnis 1:2), letzterer aus Verbindungen von Kalk, Kieselsäure und Tonerde, die durch Wasseraufnahme zu neuen Verbindungen umgesetzt werden und dadurch hohe Festigkeit erlangen. Sie werden für die Grubenmauerung bevorzugt. Solche Mörtelarten sind der Traß, der Wasserkalk, der natürliche oder „Romanzement“ und der künstliche oder „Portlandzement“, dem sich neuerdings die aus Hochofenschlacke hergestellten Zemente (Eisenportlandzement, Hochofenzement u. a.) beigesellt haben.

Bei Traßmörtel und Wasserkalk dauert die Erhärtung 4—6 Monate. Bei Zement ist das „Abbinden“, d. h. der Übergang aus dem breiigen in den festen Zustand, und das „Erhärten“ zu unterscheiden. Die Abbindung 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	Wasser- kalk	Traß	Zement	Sand
	Teile	Teile	Teile	Teile	Teile
I. Gewöhnliches Mauerwerk (Scheibenmauern)	1	1	1	—	4
II. Höher beanspruchtes Mauerwerk (Gewölbe, Fundamente u. dgl.), sehr fest	—	1	1	1	3

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

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

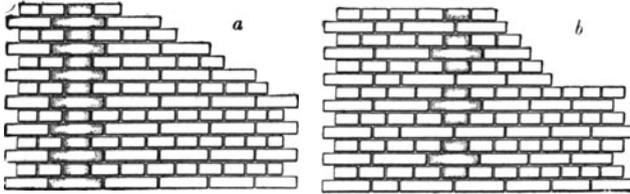


Abb. 193. Beispiele für Mauerverbände.

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. 193 a) und der Kreuzverband (Abb. 193 b). Die umrandeten Vertikalreihen zeigen, daß kreuzartige Figuren entstehen, und zwar haben beim Blockverband je zwei dieser Kreuze einen Balken gemeinsam, während sie beim Kreuzverband durch eine Läuferreihe voneinander getrennt sind.

Beim Mauern sind Hohlräume hinter der Mauer zu vermeiden, damit alle Teile der Mauerung gleichmäßig tragen.

251. Formen der Mauerung. Man unterscheidet Scheibenmauern und Gewölbe. Die ersteren sollen hauptsächlich den in ihrer Ebene wirkenden Druck aufnehmen, die letzteren sind für Druck senkrecht gegen die Mauerfläche bestimmt.

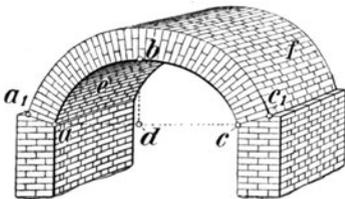


Abb. 194.
Stutzgewölbe auf Scheibenmauern.

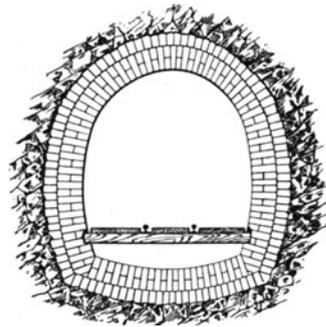


Abb. 195. Geschlossenes Gewölbe mit flacherem Sohlenbogen.

Als Gewölbe kommen für die Grubenmauerung durchweg 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 „Stutzgewölbe“ (Abb. 194), deren Widerlager zwei gegeneinander geneigte Ebenen bilden. Die letzteren kommen mit einem geringeren Nachbrechen in der Firste aus.

Die innere Gewölbefläche (e) eines Gewölbebogens (Abb. 194) 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. 195). 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. 195). Bei sehr starkem Druck verzichtet man aber besser auf das Sohlengewölbe, um der Sohle die Möglichkeit zu belassen, sich hochzudrücken und dadurch den Ausbau zu entlasten.

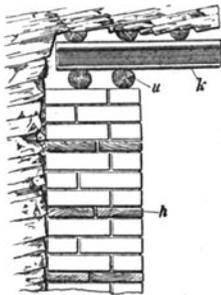


Abb. 196. Mauerung mit Holzeinlagen.

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



Abb. 197. Kappengewölbe

gewissen 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 Brettverschalung mit einem Mantel umgeben, auf den das Mauerwerk zu liegen kommt.

253. Zusammengesetzter Ausbau. Bei geringem Seitendruck kann man die Mauerung auf die Verwahrung der Stöße durch Scheibenmauern beschränken, auf die eiserne (Abb. 196) oder hölzerne Kappen gelegt werden. Man spart dann das schwierige und mit größeren Kosten herzustellende Gewölbe und erreicht doch einen Schutz der Stöße gegen den Luftzutritt.

Für größere Hohlräume ist das Kappengewölbe (Abb. 197) geeignet, das aus einer Verbindung von Γ -Trägern mit Mauerbogen besteht.

254. Nachgiebige Mauerung. Für sehr starken Druck muß das Mauerwerk nachgiebig gemacht werden, was durch Quetschhölzer ermöglicht wird, die in das Mauerwerk eingelegt werden. In Abb. 196 z. B. sind auf jede dritte Steinlage Bretter h von etwa 4 cm Stärke gelegt und zwischen diesen Luft Räume 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.

255. 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:

Lfde. Nummer	Verwendungszweck	Mischungsverhältnis			
		Zement	Sand	Kies	Kleinschlag
		Raumteile			
1.	Maschinenfundamente	1	2	—	3,0
2.	Stampfbeton in Strecken und Schächten bei stärkerem Druck	1	3	6	—

In der Regel wird der Beton durch Einstampfen hinter verschalteten Lehrgerüsten eingebracht (Stampfbeton). Diese bestehen aus einem hölzernen oder eisernen Gerippe mit Verschalung aus Holzbrettern oder Eisenblechen. Sie werden nach Erhärtung des Betons wieder entfernt und weiter vorn von neuem aufgestellt.

Die verlorene Zimmerung kann in stark druckhaften Strecken mit eingestampft werden.

256. Eisenbetonausbau. Beim Eisenbetonausbau tritt eine innige Verbindung des Ausbaues mit Eisenteilen, die in ihn eingelegt werden, ein. Da

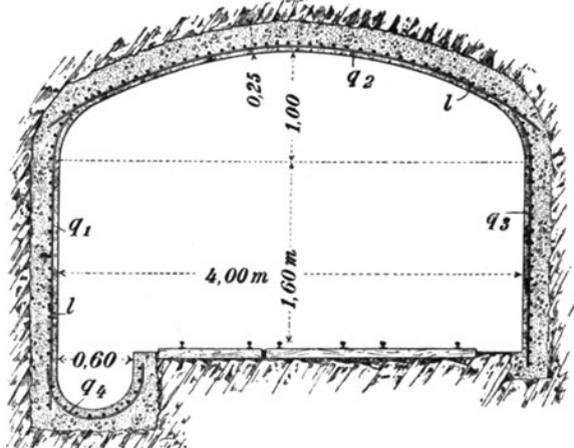


Abb. 198. Eisenbetonausbau in einem Hauptquerschlag.

die letzteren im Gegensatz zum reinen Beton stärkere 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 Korbogengewölbe, das sind Gewölbe nach mehreren Krümmungshalbmessern (Abb. 198), 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 der Einbringung des Betons die Herstellung einer Lehrverschalung voraus. Die Ausfüllung des Raumes zwischen dieser und dem Gebirge erfolgt durch Stampfen. Für den Anschluß an das Gebirge verwendet man vielfach aus Sparsamkeitsrücksichten einen mageren und grobstückigen gewöhnlichen Beton („Füllbeton“).

Abb. 198 zeigt den Querschnitt durch einen mit Eisenbeton ausgebauten Hauptquerschlag. Die in der Längsrichtung des Querschlags liegenden Rundeisen l sind durch Drahtumwicklungen q_1 — q_4 miteinander verbunden. Die Wasserseige bildet mit dem Ausbau einen einheitlichen Körper.

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.

257. Nachgiebigkeit beim Betonausbau kann man in unvollkommenem Maße durch Einstampfen von Holz erzielen. Besser ist die Umhüllung des Betons mit einer Quetschlage in Gestalt einer Rundholzpackung.

II. Der Schachtausbau.

258. 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.

259. Der Geviertausbau in Holz. Bei dem Holzausbau von Schächten bildet ein aus 4 Hölzern zusammengesetzter, rechteckiger Rahmen, das Geviert, den Hauptbestandteil der Zimmerung. Die langen Hölzer des Rahmens heißen „Jöcher“, die kurzen werden „Kappen“ (auch kurze Jöcher oder Heithölzer) genannt. Die Verbindung der einzelnen Hölzer zu Gevierten geschieht durch die Verblattung.

Der Ausbau ist entweder ganze Schrotzimmerung (Abb. 199) oder Bolzenschrotzimmerung (Abb. 200). Die ganze Schrotzimmerung besteht 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. 200) 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 Holz- ausbau nicht mehr anzuwenden. In großem Umfange

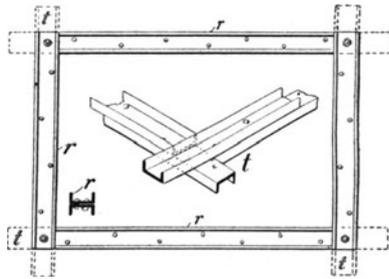
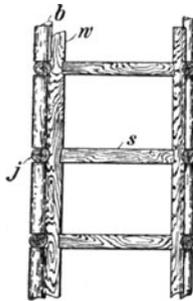
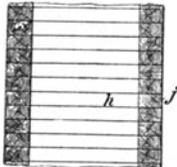
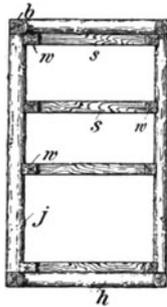
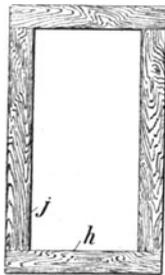


Abb. 199. Ganze Schrotzimmerung.

Abb. 200. Bolzen- schrotzimmerung.

Abb. 201. Schachtgeviert aus doppeltem U-Eisen.

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.

260. 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 aneinandergelenkten U-Eisen (Abb. 201) 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. 201) in das Gebirge eingebüht werden.

261. 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. 202), die später durch Schrauben ersetzt werden können, miteinander verbunden. Die Verbindung der einzelnen Ringe untereinander erfolgt durch eiserne U-förmige Streben s (Abb. 203 u. 204), deren Füße f mit den Ringen verschraubt werden, oder auch durch angeschraubte Flacheisen. Die Stöße werden in gewöhnlicher Weise mit eichenen Brettern (Abb. 205) oder auch mit eisernen Verzugblechen verzogen. Ein solcher Ausbau kann in gutem, standhaftem Gebirge ein endgültiger sein. Er wird als vorläufiger oder verloreener Ausbau angewandt, wenn der Schacht später durch Mauerung oder Gußringe endgültig ausgekleidet werden soll.

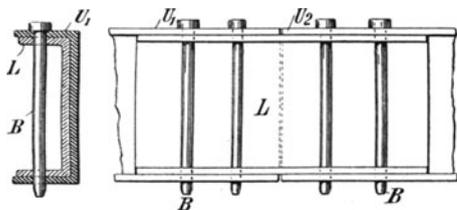


Abb. 202. Verbindung der Segmente bei Schachtringen

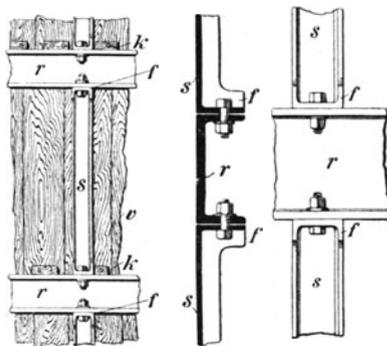


Abb. 203. Verbindung der Schachtringe durch eiserne Streben.

B. Geschlossener Ausbau von Schächten.

262. Die Mauerung. Vierböige 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. 101 erwähnten Vorteile. Als Mörtel verwendet man in trockenen Schächten Luftmörtel (1 Teil Kalk, 2—3 Teile Sand), im Falle von Wasserzuflüssen Zementmörtel (1 Teil Zement oder Wasserkalk, 2—3 Teile Sand) und, falls salzige Wasser vorhanden sind, Magnesiazement (s. S. 130).

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. 206), den doppelt konischen (Abb. 207) und den hohlkegelförmigen (Abb. 208) Mauerfuß.

Der Mauerung pflegt man gewöhnlich 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 ver-

meiden soll. Wasserdichtigkeit ist nur in den oberen Teufen (bis etwa 50 m) zu erzielen. Bei größeren Teufen kann man sie unter Umständen durch nach-

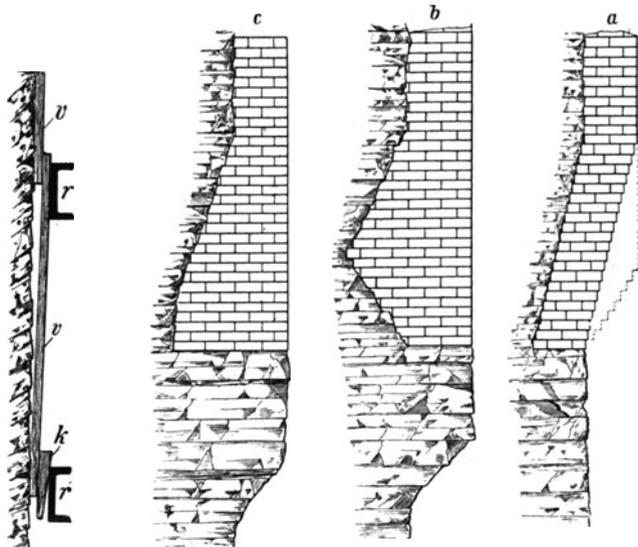


Abb. 205
Gewöhnlicher
Verzug der Stöße.

Abb. 206.
Einfach konischer
Mauerfuß.

Abb. 207.
Doppelt konischer
Mauerfuß.

Abb. 208.
Hohlkegelförmiger
Mauerfuß.

trägliche Zementeinspritzungen in das Gebirge (s. d. 7. Abschn., S. 159 u. f.) herstellen.

Bei der gewöhnlichen Art des Mauerns ruht unterdessen die Arbeit auf der Sohle des Schachtes. In neuerer Zeit hat man aber auch vielfach gleich-

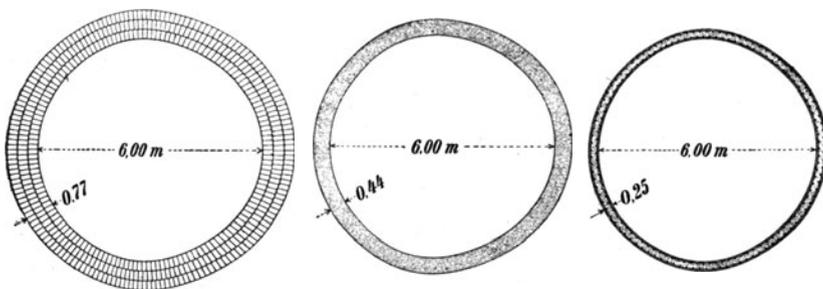


Abb. 209. Ziegelmauerwerk in Zementmörtel. (Zulässige Beanspruchung 12 kg/qcm.)

Abb. 210. Stampfbeton: (Zulässige Beanspruchung 20 kg/qcm.)

Abb. 211. Eisenbewehrter Stampfbeton. (Zulässige Beanspruchung 30 kg/qcm.)

zeitig ausgemauert und abgeteuft. Dieses Verfahren ermöglicht erheblich größere Abteufleistungen, ist jedoch in jedem Falle mit einer erhöhten Gefahr für die auf der Sohle arbeitenden Leute verknüpft.

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

263. Der Beton- und Eisenbeton-ausbau. Die höhere Festigkeit des Betons und namentlich die des Eisenbetons gestattet erheblich geringere Wand-

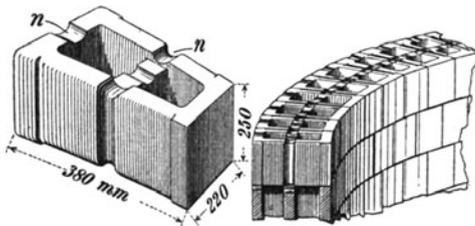


Abb. 212. Betonformstein, als Hohlkörper ausgebildet.

Abb. 213. Zusammenbau der Formsteine nach Abb. 212.

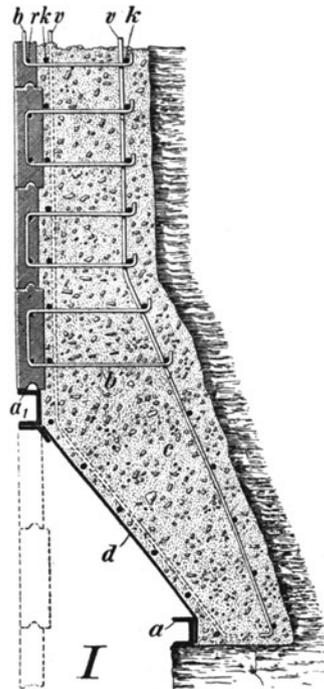


Abb. 214. Schachtausbau mit Eisenbeton unter Verwendung von Formsteinen als Verschalung.

stärken, als sie bei Anwendung der Mauerung notwendig sind. Einen Vergleich dieser Wandstärken gibt unter Voraussetzung gleicher Druckverhältnisse und gleicher Sicherheiten die Gegenüberstellung der Abbildungen 209—211. An Gebirgsaushub werden bei Wahl des Stampfbetons (Abb. 210) an Stelle des Ziegelmauerwerks (Abb. 209) 7,47 cbm und bei Wahl des eisenbewehrten Betons (Abb. 211) sogar 11,47 cbm je 1 m Schacht gespart.

264. 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 der geringe, zwischen der Wand und dem Gebirgsstoß verbleibende Raum mit flüssigem Beton ausgefüllt werden (Abb. 212 u. 213).

2. Auskleidungen mit verhältnismäßig dünnen Beton-Formsteinen, die als „Verschalung“ dienen, hinter der eine dickere Wand von Stampfbeton hochgeführt wird. Bei der Ausführung nach Abb. 214 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 Eisen-drähte r und außerdem zwei U-förmig gebogene Drähte b eingelegt, deren freie Enden nach der äußeren Seite herausragen und zusammen mit den ringförmig angeordneten Eisen k und den senkrechten Stangen v eingestampft werden.
3. Auskleidungen nach Abb. 215, die lediglich aus Stampfbeton bestehen und zu deren Herstellung die Einbringung eines Lehrgerüsts erforderlich ist. Die aus den Ringen R und den Blechen B zusammengebaute Verschalung wird nach Erhärten des Betons ausgebaut.

265. Gußringausbau (Küvelage). 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 fertiggegossen 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.

266. Englischer und deutscher Gußringausbau. Man unterscheidet den englischen und den deutschen Gußringausbau. Die Ringteile des englischen Ausbaues (Abb. 216) besitzen äußere Flanschen f , so daß die innere Schachtwand glatt erscheint. Neben den Flanschen sind gewöhnlich noch

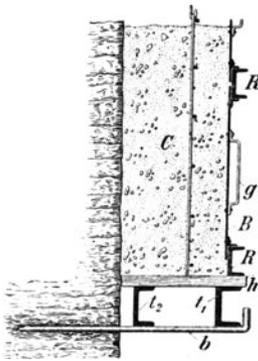


Abb. 215.
Fuß eines Eisen-Stampfbeton-
absatzes mit Verschalung.

Verstärkungsrippen r und r_1 , die senkrecht und wagerecht 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 Holzbrettchen und Holzkeile. Die Ringteile des deutschen Gußringausbaues (Abb. 217) 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 216 u. 217.

267. **Keilkränze** sollen gleichsam den stützenden Fuß des Ausbaues bilden und außerdem verhindern, daß das hinter der Schachtwandung stehende oder heruntersickernde Wasser unten 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 anderseits in wassertragendes Gebirge verlegt werden. Der Abstand der einzelnen Keilkränze voneinander pflegt 20—50 m zu betragen.

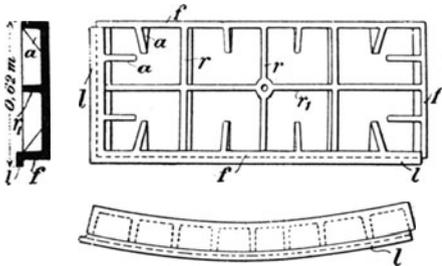


Abb. 216. Englischer Gußringausbau.

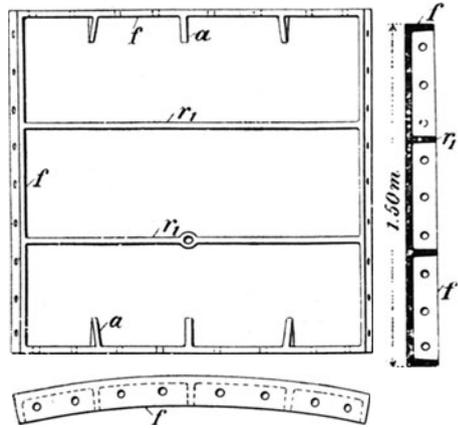


Abb. 217. Deutscher Gußringausbau.

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. 218 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 Keilhaue und mit Fäustel und Spitz-eisen genau wagerecht 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 Dichtungsbrettchen 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 Gebirgsstoße wird nun mit Holzklötzchen und Bretterstückchen möglichst dicht ausgefüllt und sodann verkeilt (pikotiert), indem man rund herum in mehrfach wiederholter Kreislinie zunächst Flachkeile und sodann Spitzkeile (picot = Spitzkeil) aus Pitchpine-Holz solange in die Holzlage eintreibt, als dies noch irgendwie möglich ist. Wenn

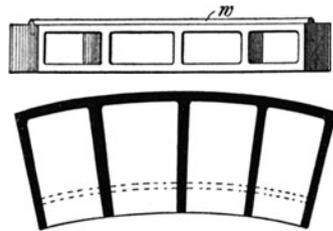


Abb. 218. Keilkranz für englischen Gußringausbau.

zum Schlusse der Holzkränze so fest geworden ist, daß hölzerne Keile nicht mehr einzutreiben sind, so pflegt man noch einen Kreis Stahlkeile folgen zu lassen. In mildem Gebirge, in dem die Verkeilung nicht ein genügend sicheres Widerlager am Gebirgstöße findet, empfiehlt es sich, auf sie gänzlich zu verzichten und die Keilkränze einzuzementieren.

268. Der Einbau der Ringteile. Beim Einbau werden die Ringteile des englischen Ausbaues dadurch zu Ringen zusammengefügt, daß die einzelnen Segmente lose nebeneinandergesetzt werden, wobei der unterste Ring auf den inneren Rand des Keilkränzes 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 Kiefernholz Brettchen 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 Gebirgstöße verbleibende Raum sorgfältig mit Beton (1 Teil Zement, 3—6 Teile Sand) verstampft. Das Unterhängen erfolgt in der Regel von einem Keilkränze 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 Gebirgstöße 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, Holzwolle od. dgl., oder man füllt den Ringspalt mit Bretterstücken aus und verdichtet die Holzlage durch Verkeilen (Abb. 219). Zum Einlaufenlassen der dünnflüssigen Zementtrübe durch die in den Ringteilen vorgesehenen Löcher benutzt man Trichter

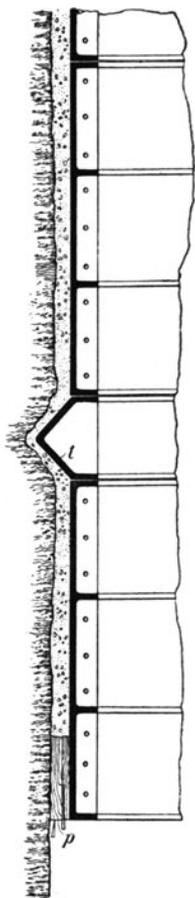


Abb. 219. Untergehängter Gußringausbau mit Tragring und Verkeilung des unteren Ringspaltes.

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 Trageringe (Abb. 219) werden die Schrauben der waggerichten Flanschen entlastet.

Das Unterhängen der Ringteile wird zumeist angewandt, um Wasserzünge möglichst schnell abschließen zu können. Außerdem gebraucht man

es, um die Gebirgstöße sobald als möglich zu sichern. Namentlich tut man dies beim Gefrierverfahren, wo sich diese Art des Ausbaues durchaus bewährt hat.

269. Vergleich des englischen und des deutschen Gußringausbaues. Der Vorzug der englischen Ausbauart ist, daß sie wegen ihrer Nachgiebigkeit 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. 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 Ausbau größere Schwierigkeiten als bei dem deutschen. Man verlagert die Einstriche entweder nach Abb. 220 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 wagerechten Flanschen gelegt werden.

Wegen des Ausbaues mit Schachtlingen s. S. 151 u. f. (Schachtbohrverfahren nach Kind-Chaudron).

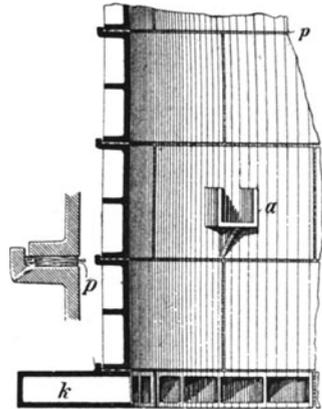


Abb. 220. Englischer Gußringausbau mit angegossenem Schuh.

Siebenter Abschnitt.

Schachtabteufen.

I. Das gewöhnliche Abteufverfahren.

270. Das Abteufen in standhaftem (nicht schwimmendem) Gebirge.
Allgemeines. Bei diesem Verfahren wird die Sohle des Schachtes durch unmittelbare Hand- oder durch Sprengarbeit vertieft, die zuzitzenden 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 zuzitzen, 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.

271. 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 Schreineri Sorge zu tragen.

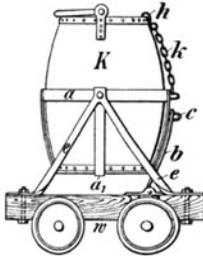


Abb. 221. Förderkübel auf einem Kippgestellwagen.

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

Die Abteuffördermaschinen, für die man Bobinen und Bandseile zu bevorzugen pflegt, sind etwa 50—200 PS stark. Als Fördergefäße benutzt man Kübel von 0,3—1,0 cbm Inhalt, die entweder auf besonderen Gestellwagen (Abb. 221) zur Halde gefahren oder über dem Schachte ausgekippt werden können. 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. 222) vermittelt, der in der Regel aus Flacheisen hergestellt ist und mit 4 Augen die Führungseile 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.

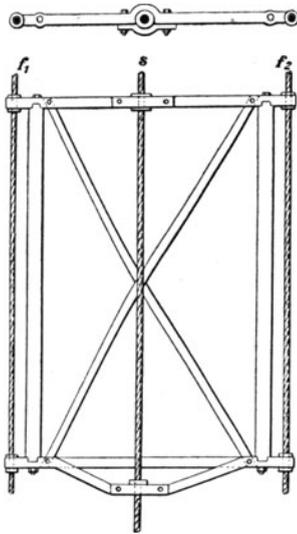


Abb. 222. Führungsschlitten.

Zur Sicherheit der Abteufmannschaft ist für eine doppelte Fahrsmöglichkeit Vorsorge zu treffen. Am einfachsten geschieht dies, wenn endgültige Einstriche, Bühnen und Fahrten eingebaut und neben der Kübelförderung für die Ein- und Ausfahrt der Belegschaft benutzt werden können. Soll der Schacht während des Abteufens ohne festen Einbau bleiben und ist eine 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.

272. Abteufarbeit und Leistungen. Die Abteufarbeit beginnt in den oberen, weichen Schichten mit dem Spaten oder der Schaufel, wobei die Hacke, die Keilhau und der Spitzkeil nebst Treibfäustel zu Hilfe genommen werden. In festem Gebirge wird die Sprengarbeit angewandt. Für die Herstellung der Bohrlöcher mit der Hand benutzt man in der Regel Stoßbohrer (s. S. 39) und nur in sehr festem Gestein Fäustel und Bohrmeißel (s. S. 40). Für maschinelle Bohrarbeit gebraucht man die Bohrhämmer (s. S. 41 u. f.).

Beim Schießen unterscheidet man in der Regel den Einbruch, den ersten Kranz und den zweiten Kranz (es sind dies die sog. Stoßschüsse). Der Einbruch wird, wenn nicht besondere Umstände mitsprechen, meist in die Mitte der Schachtsohle verlegt; er hebt die Schachtmitte kegelförmig heraus, und die zu ihm gehörigen Schüsse werden stets gleichzeitig durch elektrische Zündung abgetan. Im Einbruche pflegt man außerdem noch mehrere Löcher annähernd senkrecht herunterzubohren, deren Ladung im wesentlichen den Inhalt des Einbruchkegels zertrümmern soll (Zerkleinerungsschüsse).

Die Kranzschüsse kann man nach den Einbruchschüssen mittels Zeitzündern nacheinander kommen lassen, vielfach werden sie aber auch völlig gleichzeitig abgetan. Die Zündung der Schüsse wird beim Schachtabteufen 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 erfolgt durch sorgsames Abloten des Schachtes.

Die Leistungen bei dem 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 Wasserzuflüssen auf rund 1000 *M* je 1 m angenommen werden. Wasserzuflüsse verlangsamen und verteuern das Schachtabteufen ganz außerordentlich.

273. Das Weiterabteufen von Schächten unterhalb einer in Betrieb befindlichen Sohle kann mit und ohne Benutzung von Aufbrüchen geschehen. Die Benutzung von Aufbrüchen setzt selbstverständlich die Möglichkeit der Unterfahrung des Schachtes voraus. Die Unterfahrung kann von einem Hauptschachte oder von einem blinden Schachte oder auch Abhauen aus

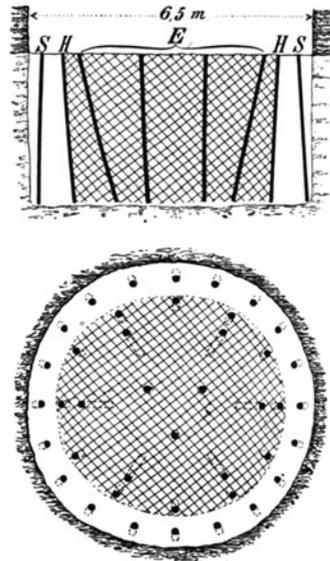


Abb. 223. Anordnung der Schüsse beim Schachtabteufen.

erfolgen (Abb. 224—226). 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

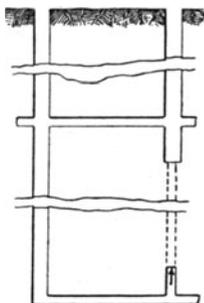


Abb. 224.
Unterfahrung von Schächten zum Zwecke des Weiterabteufens.

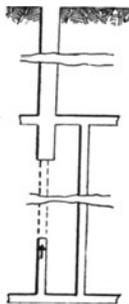


Abb. 225.

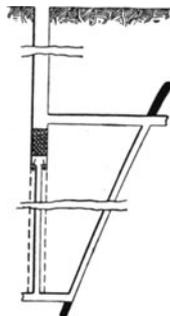


Abb. 226.

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,

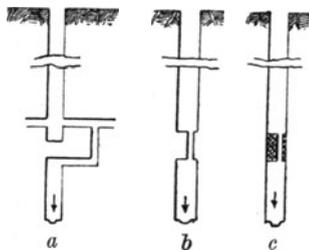


Abb. 227. Weiterabteufen von Schächten mit Belassung einer Bergfeste (a u. b) und mit Einbau einer Sicherheitsbühne (c).

so kann man, falls die Zeit nicht drängt, das Abteufen in die Nachtschicht oder auf eine Tageszeit, in der die Förderung ruht, verlegen. Ist dies nicht möglich, so muß man für den Schutz der Abteufmannschaft durch Stehenlassen einer Bergfeste oder durch Einbringung einer Sicherheitsbühne sorgen. Das Stehenlassen einer Bergfeste ist, von andern Gründen (Raumbeanspruchung im Schachttiefsten, umständliche spätere Gewinnung der Bergfeste) abgesehen, bei festem, sicherem Gestein, das Einbringen

einer Sicherheitsbühne bei unzuverlässigem Gebirge mehr zu empfehlen.

Bergfeste und Sicherheitsbühne können entweder die Schachtscheibe völlig verschließen (Abb. 227 a), oder sie können Öffnungen für die Fahrung und den Durchgang der Förderkübel freilassen (Abb. 227 b u. c). Im ersteren Falle muß in einiger Entfernung vom Hauptschachte ein Hilfschacht abgeteuft

und von hier aus der Hauptschacht unterfahren werden (Abb. 227a), was in Anlage und Betrieb umständlicher ist.

274. Abteufen im schwimmenden Gebirge. 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.

275. Das gewöhnliche Anstecken ist in Abb. 228 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

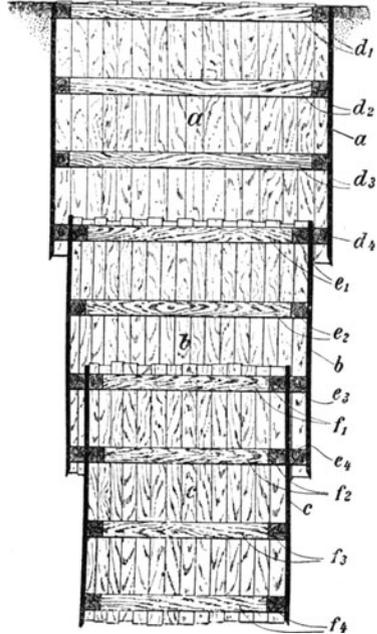


Abb. 229. Senkrechtcs Anstecken.

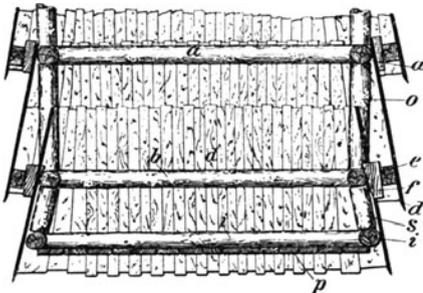


Abb. 228. Gewöhnliches Anstecken.

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 Bohlenbelag vertäfelt werden.

Während bei dem gewöhnlichen Anstecken die Weite des Schachtes infolge der Schrägstellung der Ansteckpfähle dauernd erhalten bleibt, geht bei dem senkrechten Anstecken mit jeder Wiederholung der Arbeit von dem Querschnitt des Schachtes ein Stück verloren. Man kann rechnen, daß man mit jedem neuen Anstecken mindestens 400—500 mm in der Länge und ebensoviel in der Breite des Schachtes einbüßt. Um diesen Nachteil zu verringern, wählt man die Ansteck-Absätze möglichst hoch (bei hölzernen

Pfählen 4—6 m, bei eisernen Spundwänden 10—15 m). Abb. 229 zeigt die Ausführung mit hölzernen Pfählen.

276. **Eiserne Spundwände.** In ähnlicher Weise werden auch eiserne Spundwände abgetrieben. Am bekanntesten ist die Haasesche Spundwand (Abb. 230)

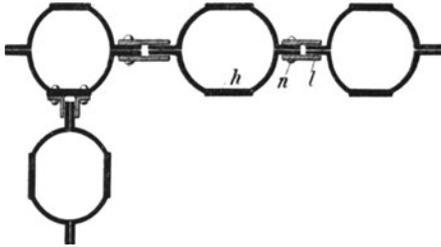


Abb. 230. Haasesche Spundwand.

geworden, bei der Profileisen h und Lappen l so zusammengenietet sind, daß einzelne Rohre entstehen, die sich gegenseitig führen. Für das Anstecken muß ebenso wie bei der hölzernen Spundwand für eine gute, genau senkrechte Führung Sorge getragen werden. Darauf erfolgt das Einpressen der einzelnen Rohre. Das

Verfahren ist in den Braunkohlenbezirken des öfteren zur Durchteufung der nahe unter der Tagesoberfläche befindlichen Schwimmsandschichten (bis etwa 20 m Teufe) mit Erfolg benutzt worden. Die Kosten werden auf 700—3000 \mathcal{M} je 1 m Schacht angegeben.

II. Das Senkschachtverfahren.

277. **Allgemeines.** Im Gegensatz zu der mit eisernen Pfählen oder Profileisen 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

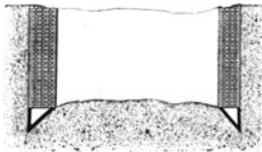


Abb. 231. Günstige Stellung des Schneidschuhes zur Schachtsohle.

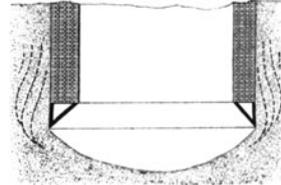


Abb. 232. Unterhöhnung des Schneidschuhes.

wird durch künstliche Belastung oder durch besondere Preßeinrichtungen begünstigt. Der Querschnitt des Senkschachtes ist stets kreisrund.

Die niedergehende Schachtwandung nennt man den Senkkörper, den untersten Ring des Senkkörpers den Senk- oder Schneidschuh, weil er das Gebirge durchschneiden muß.

Während 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. 280) vertieft. In jedem Falle soll möglichst der Schneidschuh nach Abb. 231 der Schachtsohle gegenüber voraus sein, damit nicht die Schachtstöße nach Abb. 232 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. 233 sind ein Mauersenkenschacht *m* und drei eiserne Senkzylinder *t*₁, *t*₂, *t*₃ dargestellt.

Wegen der mit der größeren Tiefe wachsenden Schwierigkeiten beschränkt sich das Verfahren meistens auf die oberen Teufen.

278. Die Senkkörper bestehen aus:

1. Mauerung,
2. eisenbewehrtem Beton,
3. einer Gußringwand,
4. einer Verbindung von Mauerung und Gußringwand.

Die Mauersenkenschächte werden auf einem das Einschneiden erleichternden, zumeist gußeisernen Schneidschuh (Abb. 234) errichtet. Solche Schneidschuhe sind aus 6–14 hohlen Segmenten *s*, die Verstärkungsrippen *p* besitzen, zusammengeschaubt. Nach dem Zusammenbau werden sie mit Zement oder Mauerwerk ausgefüllt. Den Außendurchmesser des gußeisernen Senkschachtes läßt man meist nach unten hin etwas zunehmen, 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. 234), der

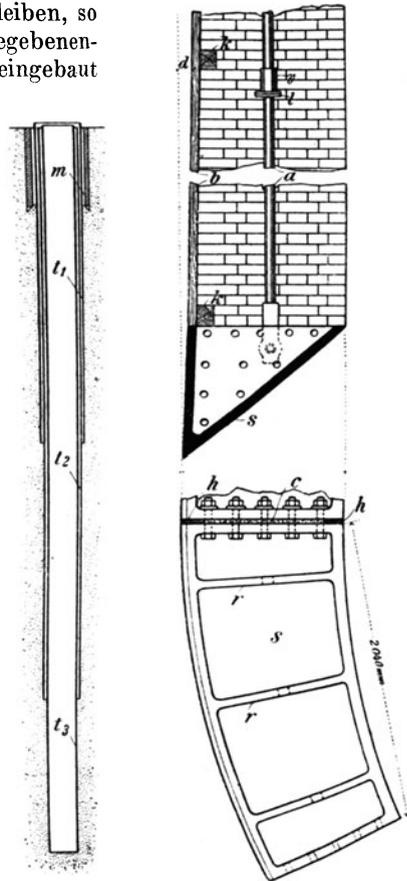


Abb. 233. Ineinanderschachtelung von 4 Senkkörpern.

Abb. 234. Eiserner Schneidschuh für Mauersenkenschächte mit Ankerstange.

Verschraubung v und den wagerechten Verbindungslaschen l besteht. Die Ankerstangen a sind mit ihrem unteren Ende an Rippen r des Schneidshuhes 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 Um-mantelung der Mauer mit 20—30 mm starken Holzbrettern oder an Stelle des Holzbelages auch ein schnellbindender 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 Mauersenk-schächten ähnlich.

Der „Verbundsenkkörper“ besteht nach Abb. 235 teils aus einer Gußringwand und teils aus Mauerwerk.

Bei den gußeisernen Senkkörpern besteht der Schneidshuh (Abb. 236) 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.

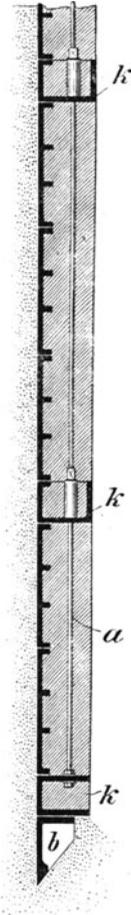


Abb. 235. Verbundsenkschacht.



Abb. 236. Schneidshuh für gußeiserne Senkschächte.

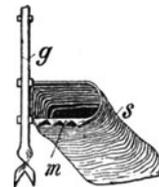


Abb. 237. Sackbohrer.

279. Der Einbau der Senkkörper. Als ersten Senkkörper pflegt man einen Mauerschacht zu benutzen. Die folgenden Senkkörper werden bei geringen Wasser- und Gebirgsschwierigkeiten unmittelbar auf der Sohle, bei schwierigen Verhältnissen auf einer losen Sand- oder Kiesschüttung oder aber auf einem Betonpfropfen aufgebaut. Die lose Anschüttung erhält eine Höhe, die je nach der Festigkeit des Gebirges und der Menge der zusetzenden Wasser $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$

der Höhe des Grundwasserspiegels über der Schachtsohle beträgt. Betonpfropfen (in einer Höhe von 7—15 m) werden bei tiefen Schächten vorgezogen, um nicht allzu große Sandmassen in den Schacht füllen zu müssen.

Während der erste Senkkörper in der Regel ohne Führung in das Gebirge eindringen muß, sucht man jedem folgenden Senkkörper in dem ihn umgebenden weiteren durch eingebaute Stangen eine sichere Führung zu geben, die ein lotrechtes Niedergehen des neuen Senkzylinders bezweckt.

280. Die eigentliche Abteufarbeit geschieht durch „Arbeit auf der Sohle“ unter Wältigung der zusitzenden Wasser, solange die zu durchteufenden, losen 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

die „Arbeit im toten Wasser“ dagegen hat den Vorzug, daß keine Wasserhaltung gebraucht wird und daß wegen des Gegendruckes

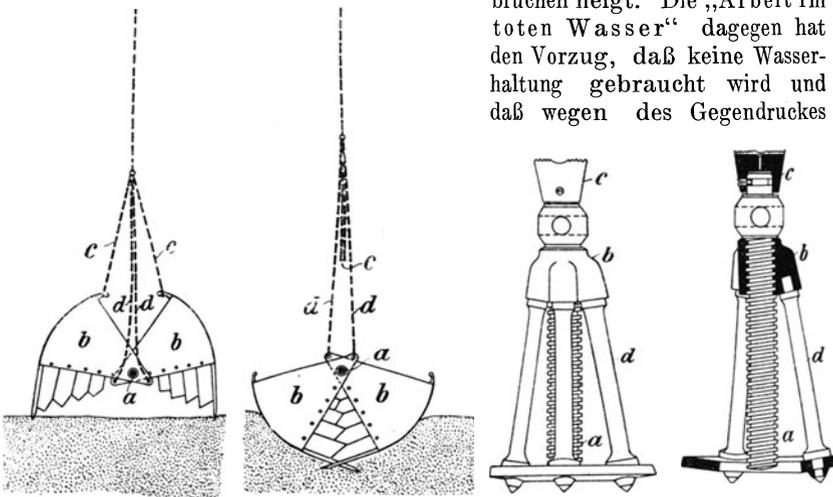


Abb. 238. Greifbagger in geöffnetem und geschlossenem Zustande

Abb. 239.

Abb. 240. Schraubenwinde.

der im Schachte befindlichen Wassersäule Gebirgsdurchbrüche und Gebirgsbewegungen um den Schacht weniger zu befürchten stehen und demgemäß die Belegschaft nicht gefährdet wird. Für die Hereingewinnung und Förderung des Gebirges im letzteren Falle bedient man sich des Sackbohrers, des Eimerbagger, des Greifbagger oder des Pattbergschen Stoßbohrers.

Einen einfachen Sackbohrer zeigt Abb. 237. Er wird gewöhnlich mit Hand gedreht und, sobald der Sack gefüllt ist, zwecks Entleerung aufgeholt. Der Eimerbagger ist eine Art Becherwerk und kann nur bis höchstens 20 m Tiefe benutzt werden. Für größere Tiefen geeignet ist der Greifbagger (Abb. 238 u. 239). Er wird in geöffnetem Zustande eingelassen, schließt sich, auf der Sohle des Schachtes angekommen, selbsttätig, indem er eine mehr oder minder große Gebirgsmasse faßt und in sich aufnimmt, und wird nun unmittelbar wieder zwecks Entleerung zutage gehoben. Der Pattbergsche Stoßbohrer ist ein großer Schachtbohrer, dessen Breite dem lichten Durchmesser des Schachtes entspricht. Er bearbeitet im Schnellschlag unter stetem Umsetzen die Schachtsohle, während das auf diese Weise aufgelockerte Ge-

birge gleichzeitig mit der Bohrarbeit und ununterbrochen durch 2 Mampumpen zutage gefördert wird.

281. Belastung der Senkkörper. Wird der Reibungswiderstand gegenüber dem Eigengewichte des Schachtes zu stark, so beschwert man den Schacht entweder unmittelbar durch Gewichte oder wendet Pressen (Schraubenwinden oder hydraulische Pressen) an. Abb. 240 zeigt eine solche Schraubenwinde, die aus der Schraubenspindel *a*, der Mutter *b*, dem drehbaren Kopfe *c* und den Füßen *d* besteht und einen Druck von 20—30 t zu erzeugen gestattet. Derartige Schraubenwinden, ebenso gegebenenfalls hydraulische Pressen, werden zwischen einem Widerlager und dem Senkkörper in größerer Zahl eingespannt und drücken letzteren nieder. Ein gutes Widerlager bildet für den zweiten Senkkörper der vorher niedergebrachte Mauersenschacht, für den dritten Senkschacht der zweite usf., namentlich wenn man durch Ankerstangen die Schächte miteinander verbindet.

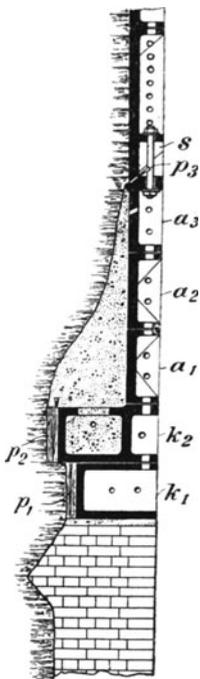


Abb. 241. Anschluß des Schneidenschuhes eines Senkschachtes an Anschlußgußringe mit Keilkranz.

282. Anschluß an das Gebirge. Derjenige Senkkörper, mit dem man das Senkschachtverfahren beendet, ist an das Gebirge anzuschließen oder mit dem nach unten folgenden Schachtausbau zu verbinden. In erster Linie ist das Einpressen des Senkschachtes um ein gewisses Stück in das feste Gebirge zu empfehlen. Nach genügender Einpressung kann man bei gußeisernen Senkschächten den Schneidenschuh abschrauben und nun unter Verwendung von Unterhängegußringen weiter abteufen. Häufiger teuft man unmittelbar weiterab, legt den Keilkranz auf den nächsten Maueratz (Abb. 241) und baut die Gußringe bis an den Schneidenschuh auf. Die Verbindung mit diesem kann durch besonders nach Maß gegossene Paßstücke (*a*₃ in Abb. 241) hergestellt werden.

283. Die Leistungen und Kosten schwanken bei dem Senkschachtverfahren in sehr weiten Grenzen.

Je nach der Schachttiefe hat man monatliche Leistungen von etwa 1,5—15 m erzielt. Bei Verwendung des Pattbergschen Stoßbohrverfahrens hat man dagegen auch Leistungen von 30—40 m monatlich erreicht. Die Kosten betragen bei 10—20 m tiefen Mauersenschächten nur 1200—2200 \mathcal{M} je 1 m, steigen aber bei tieferen Schächten sehr schnell und haben in manchen Fällen 10000 \mathcal{M} und mehr je 1 m erreicht.

III. Das Abteufen unter Anwendung von Preßluft.

284. 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.

Für die Ausführung des Verfahrens bestehen zweierlei Möglichkeiten: die Schachtabdeckung mit Schleuseneinrichtung wird entweder fest in das Gebirge oder aber in die Auskleidung eines Senkschachtes eingebaut. Im ersteren Falle bleibt die Schachtabdeckung während der Dauer des Abteufens unverrückt, im letzteren Falle, der heute die Regel bildet, geht sie mit dem Senkkörper nieder. Abb. 242 zeigt schematisch eine solche Einrichtung. In dem gemauerten Senkkörper ist etwa 2,2 m über dem Schneidschuh die Abdeckung *a* mit dem Mauerwerk fest verbunden. Auf die Abdeckung wird ein Rohr *r* gesetzt, das zur Förderung und Fahrung dient und sich oben zur Schleusenkammer *K* erweitert. Die Fahrung wird durch die Vorkammer *V* und die Türen *t*₁ und *t*₂ vermittelt. Für die Förderung dient der Haspel *h*, mittels dessen das gewonnene Gebirge bis in die Kammer *K* gehoben wird. Hier wird der Förderkübel in eine der Materialschleusen *s*₁ oder *s*₂ entleert. Sobald diese gefüllt ist, wird der obere Deckel (*d*₁ oder *d*₃) geschlossen, der untere (*d*₂ oder *d*₄) geöffnet und so der Inhalt auf die Bühne *b* entleert, von wo aus er weiterbefördert wird.

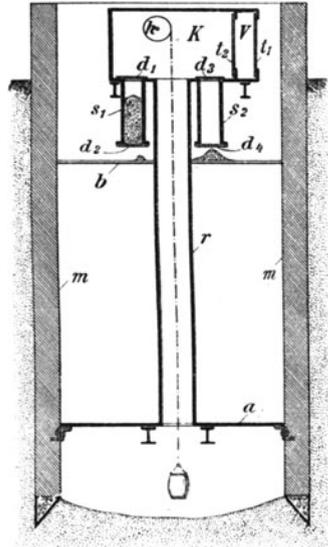


Abb. 242. Senkschacht mit Schleuseneinrichtung für Anwendung von Preßluft.

Das Verfahren ist bis zu Teufen von 20–30 m anwendbar, seine Kosten sind auf etwa 2000 *M* je 1 m zu schätzen. Es führt zumeist sicher zum Ziele. Vorteilhaft ist, daß der Grundwasserspiegel nicht niedergezogen wird und keine Bodenbewegungen um den Schacht herum eintreten.

IV. Das Schachtabbohren bei unverkleideten Stößen.

A. Das Schachtbohrverfahren in festem Gebirge nach Kind-Chaudron.

285. Allgemeines. Das Verfahren besteht darin, daß der Schacht in voller Weite durch die wasserreichen Schichten im „toten Wasser“ abgebohrt wird, wobei die Schachtstöße zunächst unverkleidet bleiben. Nach Erreichung wassertragender Schichten beendet man das Bohren und läßt eine wasserdichte Schachtauskleidung ein, deren Wandung unter Wasser gegen das Gebirge abgedichtet wird. Hierauf wird der Schacht gesümpft und, falls die Arbeiten gelungen sind, mit Hand weiter abgeteuft. Das Verfahren verlangt also eine gewisse Standfestigkeit des Gebirges, da die Stöße während der Bohrarbeit nicht hereinbrechen dürfen, und setzt ferner voraus, daß man nach Durchbohren des wasserreichen Gebirges wassertragende

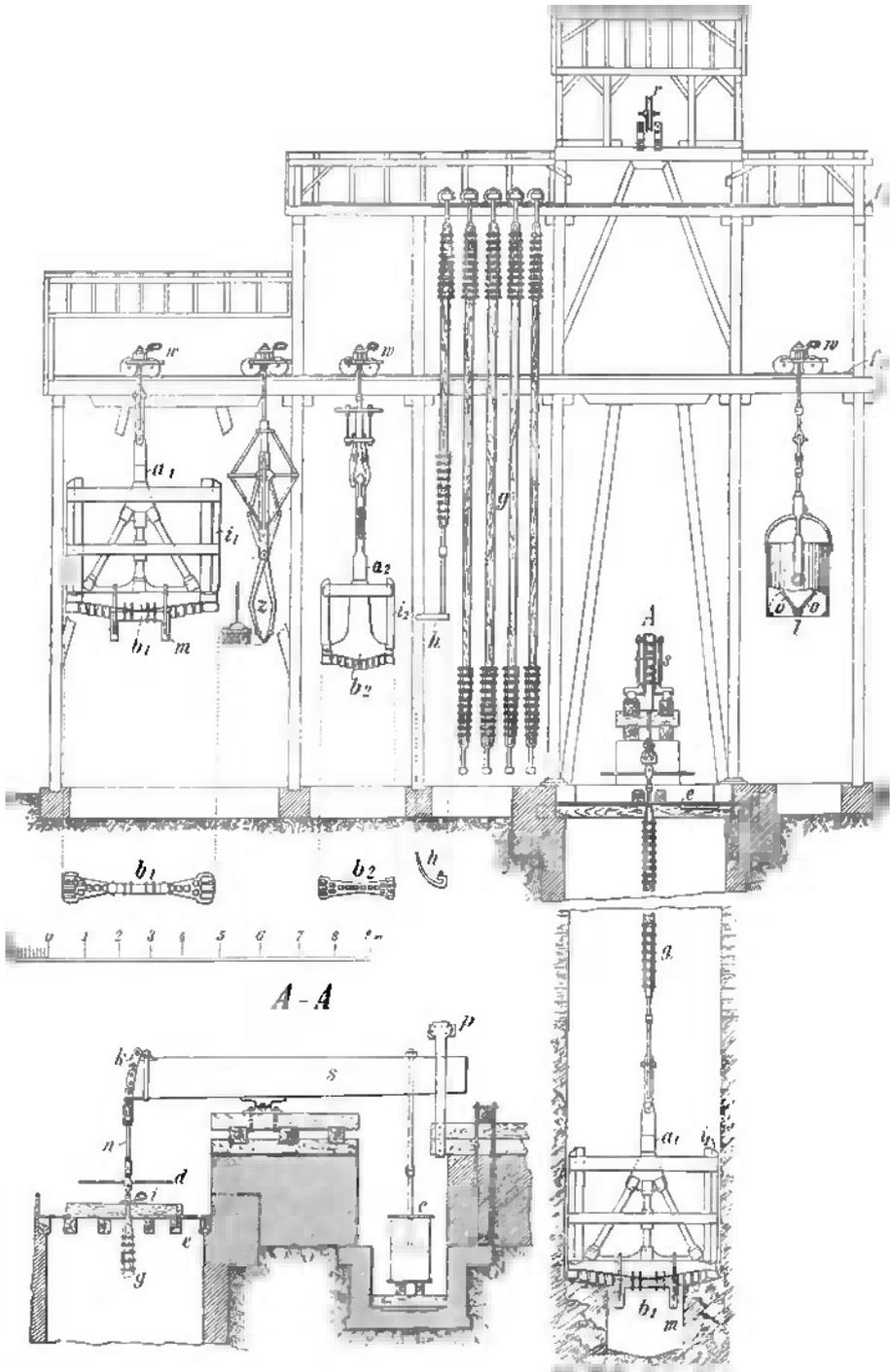


Abb. 243. Bohrerüst mit den Bohrgäten für eine Schachtbohrung nach Kind-Chaudron.

Deckgebirgsschichten erreicht, in denen eine Abdichtung des Raumes zwischen der Schachtauskleidung und dem Gebirge möglich ist.

286. Die Bohreinrichtung und die Bohrarbeit. Für eine Schachtbohrung nach Kind-Chaudron ist über Tage erforderlich ein 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. 243). Die Bohrvorrichtung (s. Nebenzeichnung links unten zu Abb. 243) besteht aus Bohrschwengel 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 Krückels *d* umgesetzt werden kann. Die Löffelmaschine dient zum Fördern des Bohrschlammes mittels des Löffels *l*, eines großen Ventilbohrers (Abb. 243), 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 (Abb. 243), 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

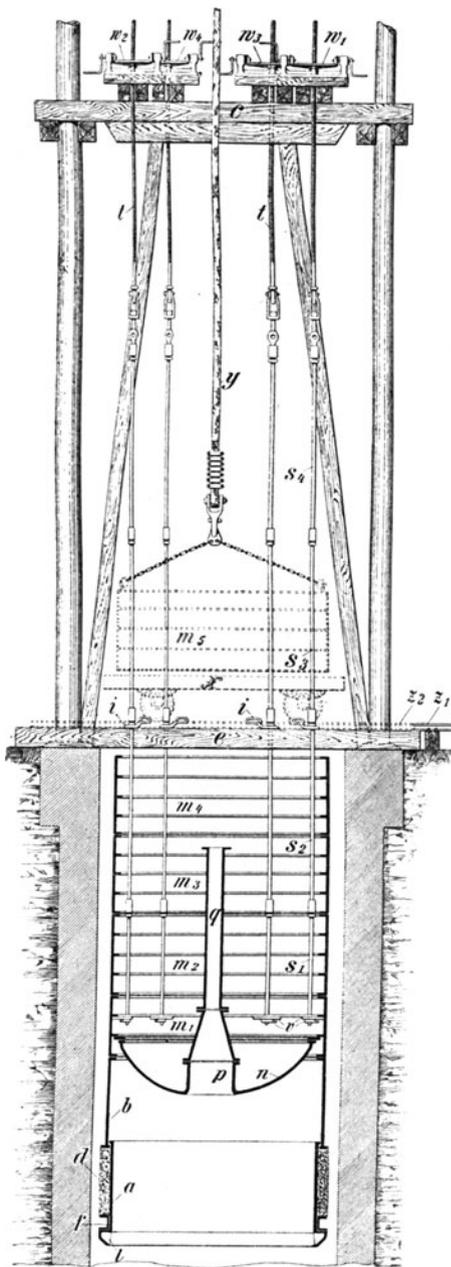


Abb. 244.

Das Einlassen der Gußringwandung in Bohrschächte.

wird von Zeit zu Zeit nach Aufholung des Bohrers und des Gestänges mittels des Schlammlöffels gefördert.

Als Zwischenstück zwischen Bohrer und Gestänge wird die Kindsche Freifallvorrichtung und die Rutschschere verwendet (s. S. 18). Die Freifallvorrichtung benutzt man mehr für den kleinen und die Rutschschere für den großen Bohrer.

Fangeräte (h, z in Abb. 243) sind notwendig, da Betriebsstörungen durch Gestänge- und Meißelbrüche oder durch Gegenstände, die auf die Schachtsohle fallen, trotz aller Vorsicht nicht zu vermeiden sind.

287. Die Auskleidung des Schachtes. Die Wandung besteht aus ganzen Schachtringen von 1,2—1,5 m Höhe mit außen glatter Wand und inneren, wagerecht verlaufenden Flanschen und Verstärkungsrippen. Die Flanschen sind genau abgedreht. Die einzelnen Ringe werden durch Schrauben unter Benutzung von Bleidichtungen miteinander verbunden. Den Fuß der Wandung bildet die Moosbüchse, die in Einrichtung und Wirkung einer Stopfbüchse an Maschinen ähnlich ist. Sie besteht (Abb. 244) aus dem inneren Ringe a , über den sich der Mantelring b schieben läßt. Zwischen den Fuß des Mantelringes und den angeschraubten Fuß f des inneren Ringes wird eine Moospackung eingebracht, die beim Aufsetzen des Fußringes auf die Schachtsohle durch das Gewicht der Eisenwandung zusammengedrückt und nach außen fest gegen den Gebirgstöß gepreßt wird. Kurz über der Moosbüchse wird der Gleichgewichtsboden n eingebaut und über diesem 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 $s_1—s_4$ und Senkwinden $w_1—w_4$, bis sie im Wasser schwimmt. Alsdann senkt man sie allmählich durch Einlassen von Wasser.

Nachdem die Eisenwand sich fest auf die Schachtsohle gesetzt hat, wird der zwischen der Wandung und dem Gebirgstöße 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 Magnesiaement.

Nachdem man dem Beton oder Zement etwa 6 Wochen Zeit zum Erhärten gegeben hat, beginnt das Sumpfen des Schachtes. Es geschieht mit zylindrischen Blechgefäßen mit Bodenventil, die sich beim Eintauchen füllen. 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 Anschlußauskleidung hergestellt.

288. Schlußbemerkung. Die Leistungen bei diesem Schachtabteufverfahren sind sehr niedrig, etwa 2—5 m monatlich. Nur in einem Falle ist eine durchschnittliche Monatsleistung von 10 m bekannt geworden. Die Kosten sind hoch und auf etwa 5000—10000 \mathcal{M} je 1 m zu schätzen. Dafür zeichnet sich aber das Verfahren durch große Erfolgssicherheit aus.

B. Das Schachtabbohren im lockeren Gebirge.

289. Allgemeine Beschreibung. Das von dem Bergwerksbesitzer Honigmann zu Aachen zuerst angegebene, später von der Gewerkschaft Deutscher Kaiser und dem Ingenieur Stockfisch 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. Die Verkleidung der Stöße erfolgt erst, wenn der Schacht wassertragende Schichten erreicht hat, und geschieht durch Einlassen einer eisernen Schachtwand etwa ebenso, wie dies für das Kind-Chaudronsche Verfahren beschrieben ist.

Das Verfahren hat sich für enge Schächte (bis etwa 1 m Durchmesser), wie sie bei Spülversatz gelegentlich gebraucht werden, gut bewährt. Auch Förderschächte mit geringem Durchmesser (bis 3,5—4 m) sind mit Erfolg niedergebracht worden. Für weite Schächte ist das Verfahren weniger geeignet, so daß sich über die Anwendbarkeit im allgemeinen, über Leistungen und Kosten bestimmte Angaben nicht machen lassen.

V. Das Gefrierverfahren.

290. Wesen des Verfahrens. Nach dem von Pötsch in Aschersleben im Jahre 1883 erfundenen Verfahren werden gemäß Abb. 245 in einem gewissen Abstände von dem äußeren Umfange des abzuteufenden Schachtes Bohrlöcher in Entfernungen von etwa 0,9—1,0 m voneinander durch die zu durchteufenden, wasserreichen Schichten bis ins wassertragende Gebirge abgebohrt und sodann 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 Kälteträger durch eine Kältemaschine von neuem abgekühlt, um im Kreislaufe wieder nach den Einfallrohren geführt zu werden. Es bildet sich, wie in Ziff. 293 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.

291. Vorbereitende Arbeiten. Die Arbeit beginnt in der Regel mit der Herstellung eines kurzen Vorschachtes, der einen genügenden Durchmesser erhält, um den Gefrierrohrkreis darin unterzubringen. Der Durchmesser dieses Kreises wird je nach der erforderlichen Stärke der Frostmauer 2—5 m größer gewählt als der in Aussicht genommene Schachtdurchmesser. Über dem Vorschachte wird ein Gerüst errichtet, das zunächst die Bohr- und später die Fördereinrichtungen aufnimmt.

Die Bohrlöcher werden jetzt meist durch Schnellschlagbohrung (in lockeren und rolligen Schichten mit Dickspülung, Ziff. 31) niedergebracht.

Nach Erreichung der erforderlichen Tiefe werden die unten geschlossenen Gefrierrohre mit etwa 100 mm l. W. eingelassen. Werden mit Hilfe eines

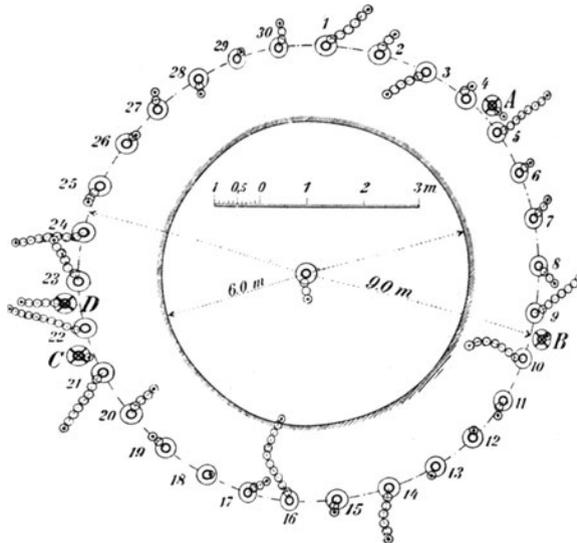


Abb. 245. Gefrierrohrkreis mit Darstellung der Bohrlöcherabweichungen bei einem 130 m tiefen Schacht.

Neigungsmessers erhebliche Bohrlöcherabweichungen aus der Senkrechten festgestellt, so werden Ersatzlöcher gestoßen. Abb. 245 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.

In die Gefrierrohre *G* (s. Abb. 246) 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 Kälteanlage 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 Kälteflüssigkeit durch eine gemeinsame Rückleitung wieder zur Kälteanlage geführt wird.

292. Die Kälteerzeugung. Die Kälte wird in den Kälteerzeugungsanlagen der Gefrierschächte stets durch Verdunstung oder Verdampfung von Flüssigkeiten mit niedrigem Siedepunkte (Ammoniak, Kohlensäure) erzeugt, wobei die Verdampfungswärme der Umgebung der verdampfenden Flüssigkeit entzogen wird. Die entstandenen kalten Dämpfe werden wieder verdichtet. Der Kälteträger ist eine schwer gefrierbare Flüssigkeit (z. B. Chlormagnesiumlauge, Chlorkalziumlauge, Alkohol), die im „Refrigerator“ die aus dem Gebirge entnommene Wärme an den verdampfenden Kälteerzeuger abgibt. Kälteerzeuger und Kälteträger werden in geschlossenem Kreislauf immer wieder benutzt. Die bei der Verdichtung der kalten Dämpfe entstehende Kompressionswärme und die bei der Verflüssigung freiwerdende Verdampfungswärme werden durch Kühlwasser nach außen abgeführt.

Hiernach setzt sich die Kälteerzeugungsanlage hauptsächlich zusammen aus Kompressor, Kondensator, Expansionsventil und Verdampfer oder Refrigerator (Abb. 247). Vom Kompressor *C* wird die verdampfte Flüssigkeit (hier Ammoniak) angesaugt und unter starker Erwärmung auf etwa 9 Atm. 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 Atm. zurück, wobei eine lebhafte 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 Kälteerzeuger Kohlensäure, so lassen sich tiefere Kältegrade (bis -45° erzielen); man muß aber erheblich höhere Kompressionsdrücke (bis 75 Atm.) anwenden. Meist zieht man, wenn es nicht wie bei dem sog. Tiefkälteverfahren auf besonders tiefe Kältegrade ankommt, Ammoniak vor.

Als 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.

293. Der Frostkörper. Sobald die Kälteerzeugung beginnt, gefriert das Gebirge zunächst in gleichmäßigen, kreisförmigen Schichten um die einzelnen

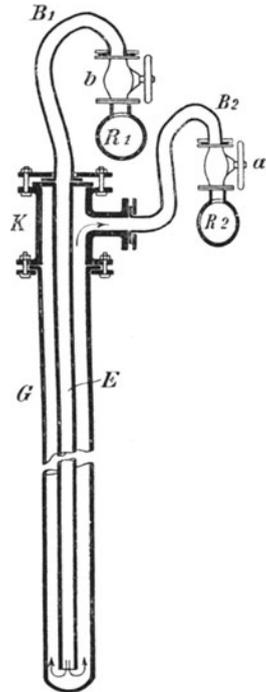


Abb. 246. Gefrier- und Fallrohr nebst Kopfstück, Sammel- und Verteilungsring.

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 allmählich an Stärke zu, nur im Tiefsten verschwächt er sich etwas (Abb. 248). Im Innern des Frostkörpers bildet sich schließlich oben und unten die Gestalt

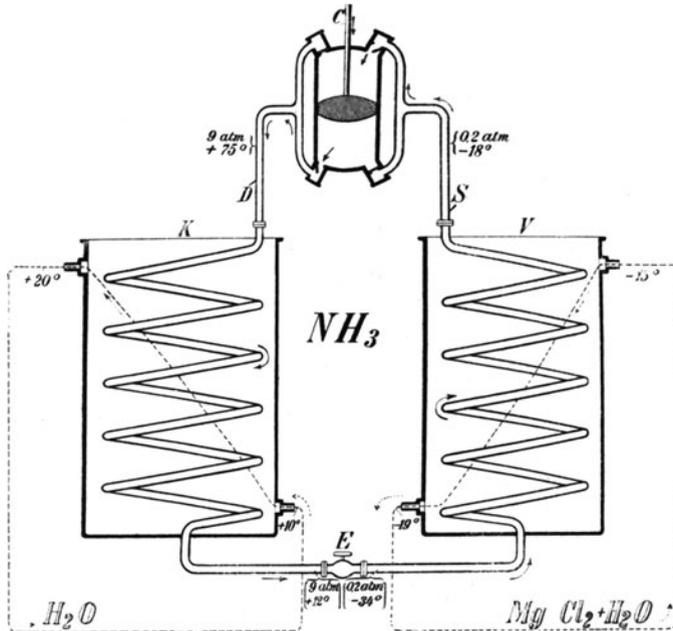


Abb. 247. Schematische Darstellung des Kreislaufs des Ammoniaks, des Kühlwassers und der Chlormagnesiumlauge unter Angabe der Temperatur- und Druckverhältnisse.

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.

294. Das Abteufen selbst. Nach Schließung der Frostmauer pflegt man mit dem Abteufen zu beginnen, um mit dem Schachte so tief wie möglich zu kommen, 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 Keilhaue hereingewonnen. Ist der Kern fest, so wendet man in vorsichtiger Weise Schießarbeit an. Als Sprengstoffe eignen sich besonders die nicht gefrierenden Ammonsalpetersprengstoffe.

295. 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. Neuerdings baut man häufig die Gußringe durch Unterhängen ein und schützt hierdurch die Belegschaft nicht allein vor dem etwaigen Fall von Frostschalen, sondern auch gegen plötzliche Wasserdurchbrüche aus den Stößen. Das Unterhängen der Gußringe hat ferner den Vorteil, daß bei Wasserdurchbrüchen aus der Sohle der Schacht bis zum jeweiligen Tiefsten gesichert bleibt.

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. 140).

Nachdem man den Frostzylinder durchteuft hat, werden die Gefrierrohre gezogen.

296. Leistungen. Kosten. Die Leistungen bei dem Gefrierverfahren sind auf etwa 9—11 m monatlich zu veranschlagen. Die Kosten hängen in hohem Maße von der Schachtteufe ab. Wird der Gefrierschacht nur 100 m tief, so betragen sie etwa 3500—4000 *M* je 1 m, bei 200 m Teufe 4000—6000 *M*, bei 300 m 5800—7000 *M* und bei 400 m Teufe 7000—9000 *M*. Die tiefsten nach dem Gefrierverfahren bisher niedergebrachten Schächte sind die Wallachschächte der Deutschen Solvaywerke in Borth, die 547 m Teufe im Frostkörper erreichten.

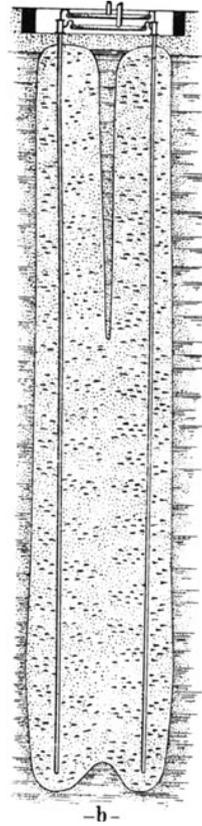


Abb. 248. Frostkörper im senkrechten Schnitt.

VI. Die Versteinung (Zementierung) des Gebirges.

297. Allgemeines. Das Verfahren besteht darin, daß man durch Bohrlöcher Zementmilch in das klüftige, wasserführende Gebirge preßt. Je weiter sich die Zementtrübe vom Bohrloche entfernt und in den Hohlräumen des Gebirges ausbreitet, um so mehr wird die Strömungsgeschwindigkeit verlangsamt und der mitgeführte Zement abgelagert. Die Zementniederschläge binden nach einer gewissen Zeit ab, werden fest und verschließen so die Spalten, Klüfte, Risse und Hohlräume, die bisher dem Wasser einen Weg boten. Die Anwendungsmöglichkeit des Verfahrens ist zweifach. Einerseits handelt es sich um die Sicherung bereits abgeteufter Schächte, die unter Wasserschwierigkeiten leiden, und andererseits um das Schacht-abteufen selbst. Nicht jedes Gebirge ist für die Zementtränkung geeignet.

Am besten liegen die Vorbedingungen, wenn es sich um klüftiges, im übrigen aber festes Gebirge handelt. In tonigem, schlammigem Gebirge oder auch in feinem Schwimmsande versagt das Verfahren. Wo es nötig und möglich ist, spült man die Zementierbohrlöcher zwecks Entfernung von Schlamm

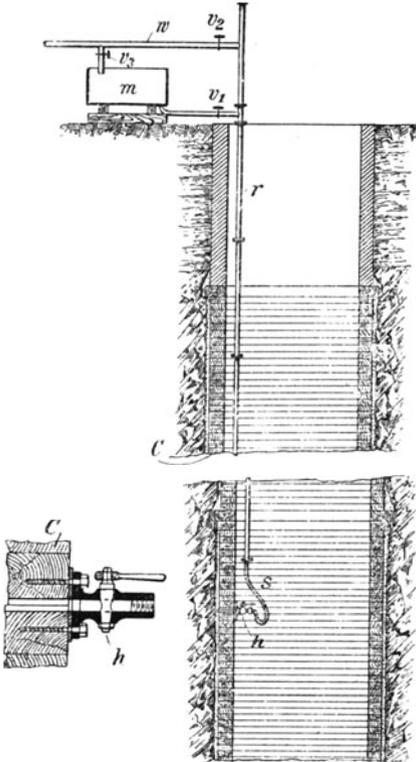


Abb. 249. Zementieren einer undichten Schachtwandung.

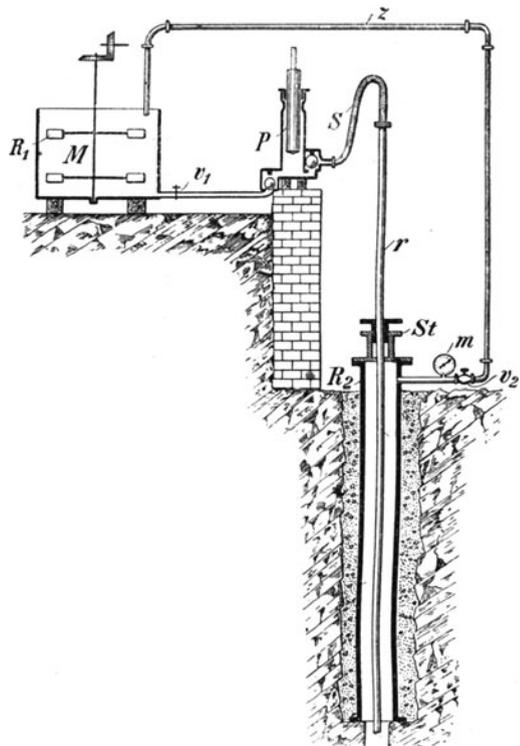


Abb. 250. Einrichtungen für das Zementierverfahren von Tage aus.

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—30% Zementbeimischung zum Wasser ansehen kann.

298. Die Zementdichtung von undichten Schachtwandungen erfolgt dadurch, daß die durchlässige Schachtauskleidung angebohrt wird, wobei man das Bohrloch zweckmäßig bis in das Gebirge selbst vertieft, um die wasserführenden Klüfte unmittelbar aufzuschließen und etwaigen Schlamm durch Ausströmlassen des Wassers abzuzapfen. Die Bohrung muß sodann durch ein mit einem Hahn versehenes Anschlußrohr wieder verschlossen werden. Abb. 249 zeigt die Zementierung eines in ganzer Schrotzimmerung ausgebauten Schachtes. An das Anschlußrohr mit dem Hahn *h* wird 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 sowohl das Mischgefäß speist als auch mit dem Spülrohr in Verbindung steht. Man kann den Druck der Flüssigkeitsäule im Spülrohr noch durch Einschaltung einer Pumpe dicht hinter dem Mischgefäß erhöhen. Auch kann man Mischgefäß und Pumpe im Schachte selbst aufstellen. Besser ist aber wegen der Gefahr von Rückströmungen die Ausnutzung des natürlichen Gefälles.

299. Die Versteinung beim Schachtabteufen. Zementtränkung von der Tagesoberfläche her. Die Zementtränkung kann entweder von der Tagesoberfläche her oder absatzweise von der Schachthohle 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. 250). Im übrigen bleiben die Bohrlöcher am besten unverkleidet oder werden, wenn Nachfall zu befürchten ist, mit gelochten Rohren besetzt. Das Futterrohr kann unmittelbar als Zuleitung für die Zementtrübe in das Bohrloch benutzt werden, indem man solange Flüssigkeit in das Gebirge pumpt, als dieses sie aufnimmt. Man kann aber auch, wie in Abb. 250 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.

300. Absatzweise Zementtränkung von der Schachthohle aus. Diese Art der Zementierung wird stets dann angewandt werden, wenn die wasserführenden Schichten unter einem trockenen Deckgebirge von größerer Mächtigkeit lagern oder wenn im festen Gebirge nur vereinzelte Klüfte ausnahmsweise und unregelmäßig als Wasserzubringer auftreten, so daß das Niederbringen der Bohrlöcher von Tage aus einen erheblichen und an sich unnützen Aufwand an Kosten und Zeit bedingt.

Um nicht von Wasserdurchbrüchen überrascht zu werden, bedient man sich für die Herstellung der Zementierlöcher der sog. „Standrohre“, die den schon in Abb. 250 dargestellten Bohrlochverschlüssen ähnlich sind. Die 70—80 mm weiten und 2—3 m tiefen Standrohlöcher werden mit Bohrhämmern abgebohrt und mit flüssigem Zement gefüllt, worauf das unten mit einem Zementpfropfen verschlossene Standrohr eingeschoben wird. Die Rohre R (Abb. 251) besitzen an ihrem Kopfe einen Verschuß h_2 , der einerseits die Fertigstellung des Zementierbohrloches nicht hindert, aber andererseits auch nach Anbohren des Wassers dieses ohne Gefahr abzuschließen gestattet. Nach Verfestigung der Standrohrenbettung geht man an die Fertigstellung der

Zementierlöcher. Ihr Durchmesser wird auf 28—45 mm, ihre Tiefe auf 8—12 m bemessen. Das Abbohren erfolgt mit Bohrhämmern (Abb. 251). Die Löcher werden etwas schräg, und gleichzeitig auswärts gerichtet, abgebohrt. Das Zementieren kann von Tage aus erfolgen, wie dies auf der linken Hälfte der

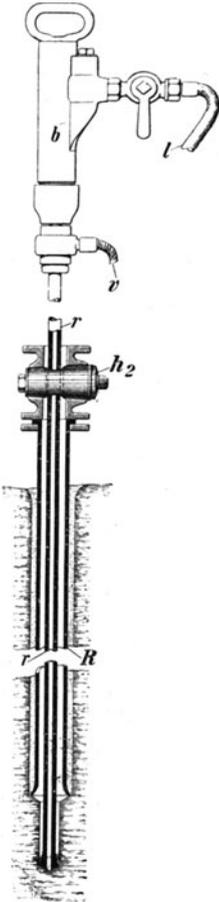


Abb. 251. Standrohr mit Bohrhämmer.

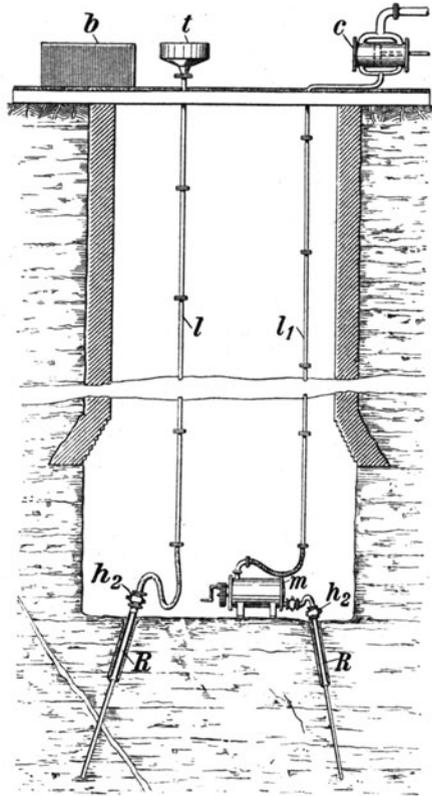


Abb. 252. Tränkung der Zementierlöcher von Tage und von der Schachtsohle aus.

Abb. 252 dargestellt ist. Die Zementtrübe wird durch einfaches Umrühren in dem Behälter *b* bereitet und mit Eimern in den Trichter *t* übergefällt. 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. 252). Die Zementtrübe wird in dem Mischgefäße *m* hergestellt und durch Preßluft (Kompressor *c*, Preßluftleitung *l*₁) in das Gebirge gedrückt.

Nachdem alle Löcher des Absatzes mit Zement gesättigt sind, gibt man diesem 4—5 Tage Zeit zum Abbinden. Sodann wird der Absatz in gewöhn-

licher 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.

301. Schlußbemerkung. Über Leistungen und Kosten läßt sich nur sagen, daß das Verfahren bisher sich bereits unter verschiedenen Umständen und verschiedenen örtlichen Verhältnissen bewährt hat, daß sich aber Angaben, die allgemein gültig wären, nicht machen lassen.

Achter Abschnitt. Förderung.

I. Die Förderung auf sölhlicher oder schwach- geneigter Bahn.

A. Abbauförderung (bei flacher Lagerung).

302. Bedeutung. Die Abbauförderung soll die im Abbau gewonnenen Massen bis zur nächsten Förderstrecke schaffen. Sie ist besonders für den Steinkohlenbergbau wichtig und kommt für diesen in erster Linie dann in Betracht, wenn die Lagerung so flach ist, daß das Fördergut nicht mehr auf dem Liegenden rutscht.

303. Alte Förderverfahren sind: das Tragen der gewonnenen Massen, ihr Schleifen („Schleppen“) in Körben oder Kästen auf Schlitten und die Karrenförderung. Die letztere, die mit einräderigen Karren arbeitet, wird nur noch im Erzbergbau und untergeordnet im Braunkohlenbergbau verwendet. Sie beschränkt sich auf die Förderung vom Abbaustoß bis zur nächsten Stützrolle.

304. Wagenförderung. Bei genügend flachem Einfallen kann in mächtigen Lagerstätten einfache Schlepperförderung bis an den Abbaustoß stattfinden. Größere Neigungen machen den Einbau fliegender Bremsen erforderlich (Abb. 253).

In Flözen von geringer Mächtigkeit kann man besonders niedrige Wagen benutzen, die durch Schlepper oder besser durch Seilzug bewegt und auf den Abbaustrecken in die Förderwagen umgeladen werden.

305. 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 10—15° noch nützlich sein, indem das Fördergut von den Hauern leichter in Bewegung gesetzt werden kann.

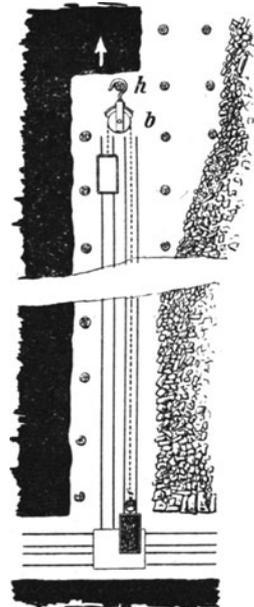


Abb. 253.
Fliegende Bremse im Abbau.

Derartige Rutschen können auch für die Zuführung von Bergen von oben her Verwendung finden. Sie eignen sich im allgemeinen nicht für größere Förderhöhen.

Man kann sie auch an Ketten oder Seilen aufhängen und von Hand in Schwingung setzen lassen. Sie bilden dann den Übergang zu den Schüttelrutschen (Ziff. 306).

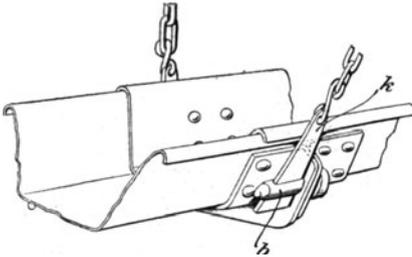


Abb. 254. Keilverbindung nach Flottmann für Pendelrutschen.

306. Maschinelle Abbauförderung. Überblick. Man unterscheidet Förderungen mit:

1. Schleppkette oder Schleppseil (Mitnehmerrutschen),
2. Förderbändern (Gurtförderern),
3. Schüttelrutschen (Schüttelrinnen, Schwingrutschen).

Jedoch haben sich im Steinkohlenbergbau bis jetzt nur die Schüttelrutschen behaupten können.

Die Verwendung solcher Fördereinrichtungen macht in dünnen Flözen die Kohlenförderung mit der Schaufel entbehrlich und erspart in mächtigeren Flözen die Verwendung von Schleppern oder fliegenden Bremsen. Außerdem ermöglicht dieses Förderverfahren den Abbau mit geschlossenem Versatz und hohen Stößen mit seinen in Ziff. 135 genannten Vorzügen.

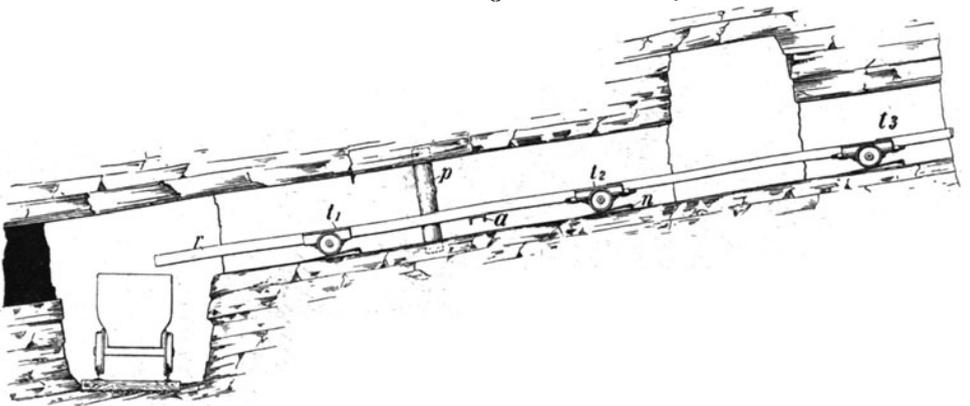


Abb. 255. Rollenrutsche nach Hinselmann.

307. Förderung mit Schüttelrutschen. Erläuterung. Bei dieser Förderung werden Blechrutschen verwendet, die zu einem mehr oder weniger langen Strange verbunden und durch einen Motor in hin- und hergehende Bewegung versetzt werden. Dabei wird der Rutschenstrang zunächst mit zunehmender Geschwindigkeit in der Förderrichtung bewegt und sodann mit einem Ruck zurückgezogen. Bei jedem Ruck rutscht das Fördergut in der Rutsche um ein entsprechendes Stück weiter.

308. Bewegungsvorgänge. Man unterscheidet Pendelrutschen, die an Ketten oder Seilen aufgehängt, und Rollenrutschen, die auf Rollen verlagert werden.

Bei den Pendelrutschen (vgl. Abb. 254) kann die Aufhängung an der Zimmerung oder in besonderen Tragböcken erfolgen.

Für die Rollenrutschen gibt Abb. 255 ein Beispiel. In Abständen von etwa 4 m sind Tragschalen t_1-t_3 untergebaut, die gleichzeitig die Stoßfugen zwischen den einzelnen Rutschen unterstützen. Die Tragschalen sind mit Gleitlagern versehen, in denen die Achsen der Laufrollen sich frei verschieben können. Die letzteren stützen sich oben gegen den umgebogenen Rand der Tragschale, unten gegen die Laufbleche n , so daß die Achse entlastet und die Reibung lediglich von den Laufrollen aufgenommen wird. Bei geringem Fallwinkel unterstützt man die Wirkung des Motors durch Schrägstellung der Laufbleche und entsprechend raschere Abwärtsbewegung der Rutsche. Die Bogenführung nach Eickhoff, Flottmann u. a. (Abb. 256) arbeitet mit gekrümmten Lauf- und Tragflächen und verstärkt dadurch sowohl die Höhe des Anhubes wie auch den Rückstoß am Hubende.

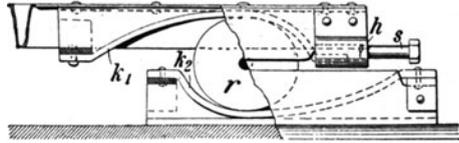


Abb. 256. Bewegungsvorgang bei der Eickhoffschen Rollenrutsche.

309. Ausführung der Rutschen. Die Rutschen erhalten einen flachtrapezförmigen Querschnitt, dessen Abmessungen zwischen etwa 30–40 cm unterer Breite und 8–20 cm Höhe schwanken. Die Verbindungen der einzelnen Rutschen müssen kräftig, aber leicht lösbar sein. Zwei Beispiele liefern die Abbildungen 254 und 257, von denen die erstere die Aufhängung mittels

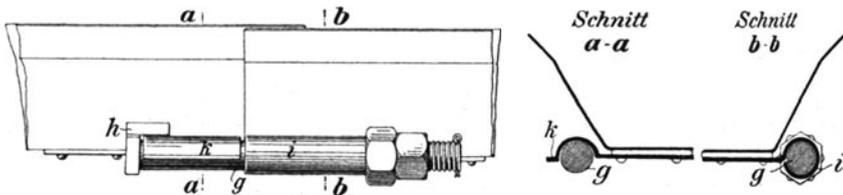


Abb. 257. Rutschenverbindung mit Schraubenbolzen nach Hinselmann.

eines Keilstückes k und eines Bolzens b veranschaulicht, der die beiden Rutschen zusammenhält, wogegen bei der Verbindung nach Abb. 257 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 Verlorengelien der Muttern wird durch Splinte verhütet.

310. Antrieb. Bei söhliger oder nahezu söhliger Lagerung muß der Motor kräftiger ausgeführt und für zweiseitige Wirkung gebaut werden, da er der Rutsche einen starken Stoß erteilen muß, um eine genügende Wurfweite zu erzielen. Bei größeren Fallwinkeln dagegen genügt das Anheben des Rutschenstranges durch einen nur einseitig wirkenden Motor, worauf ein einfaches Fallenlassen folgen kann.

Im Steinkohlenbergbau werden meist Preßluftmotoren verwandt. Einen solchen Motor für zweiseitige Wirkung zeigt Abb. 258. Er ist mit der

Flottmannschen Kugelsteuerung (s. Abb. 61 auf S. 41) versehen und als Differentialmotor gebaut. Die volle Kolbenfläche dient zum Anheben des Rutschenstranges, die ringförmige Gegenfläche zur Beschleunigung des Rückganges.

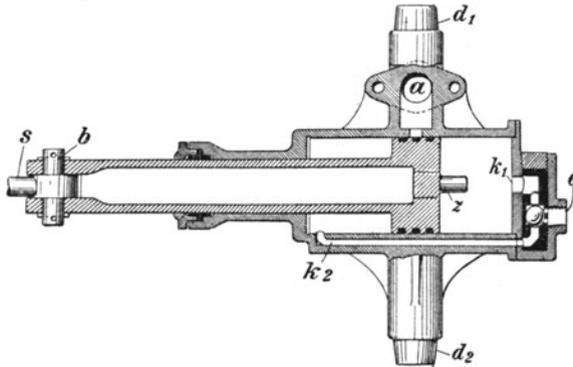


Abb. 258. Schüttelrutschenmotor von Flottmann & Co.

Beim Eickhoffschen Motor mit einseitiger Wirkung (Abb. 259) trägt die Kolbenstange vorn und hinten je einen Nocken, der mittels eines Doppelhebels den Schieber umsteuert und zur Regelung des Hubes verstellt werden kann.

Der Motor kann entweder unmittelbar mit der Rutsche gekuppelt oder getrennt von dieser aufgestellt werden. Im ersten Falle steht der Motor unterhalb der Rutsche und greift mit seiner Schubstange unmittelbar an Winkelleisen an, die an einem Rutschenstück angenietet sind. In Lagerstätten von geringer Mächtigkeit zieht man jedoch, um das Nachreißen des Liegenden zu vermeiden, die seitliche Aufstellung vor. Diese finden wir z. B. bei dem in Abb. 260 dargestellten Motor *M* von Gebr. Eickhoff in Bochum, dessen Kolbenstange auf das Querhaupt t_1 wirkt. Dieses nimmt mittels des Umföhrungsgestänges *u* das Querhaupt t_2 und damit den einarmigen Hebel *h* mit, der um den Stahlstempel *s* schwingt und an dem die Zugstange *z* für den

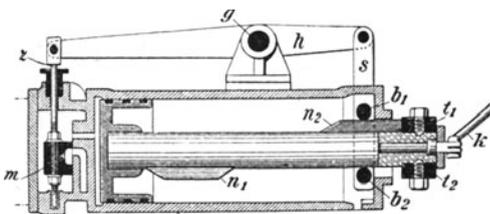


Abb. 259. Eickhoffscher Motor für Schüttelrutschen.

Rutschenstrang *R* angreift. Auch kann der Motor ganz von der Rutsche getrennt aufgestellt werden und diese mit Hilfe eines Seiles bewegen (Antrieb von Hinselmann), so daß er dem Vorschube 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

wählt man bei größeren Rutschenanlagen (50–100 m), um die oberen Rutschenverbindungen nicht zu stark beanspruchen zu müssen, den Mittelweg, den Motor etwas oberhalb der Mitte des Stranges angreifen zu lassen.

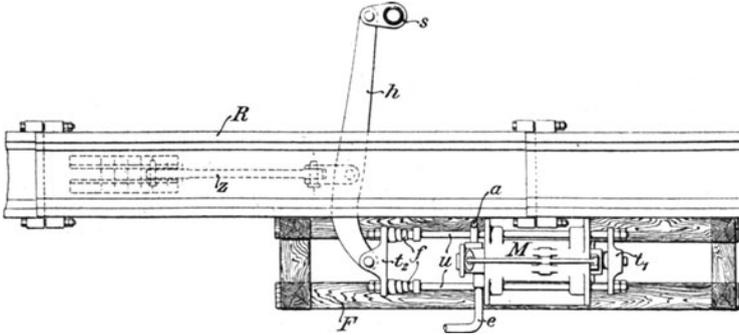


Abb. 260 Schüttelrutschenantrieb mit einarmigem Hebel.

311. Bergförderung. Alle Abbauförderungen erfordern, da sie für den Rutschenbau d.h. einen Abbau mit geschlossenem Versatz (Ziff. 135 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 oder breite Rutschen verwendet, die eine Kohlen- und eine Bergeabteilung haben. 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. 261 durch angeklebte Tröge mit ansteigendem Boden ermöglicht werden.

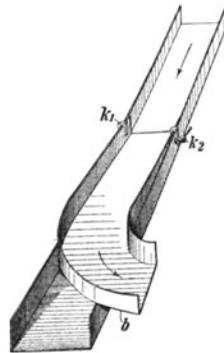


Abb. 261. Seitlicher Berge-
austrag bei Schüttelrutschen.

B. Streckenförderung.

a) Förderwagen.

312. Wagenkasten. Ein guter Förderwagen soll billig sein, geringes Gewicht bei großem Fassungsraum besitzen, widerstandsfähig gegen Stöße, Verschleiß, saure Wasser sein, leicht vom Schlepper gehandhabt werden können, Kurven leicht und sicher durchfahren, genügende Standfestigkeit besitzen und möglichst bequem gefüllt werden können. Außerdem muß der Wagen der Mächtigkeit der Lagerstätten einerseits und dem Schachtquerschnitt andererseits nach Möglichkeit angepaßt sein. Da alle Bedingungen nicht gleichzeitig erfüllt werden können, müssen die Verhältnisse der einzelnen Gruben über die Bauart der Wagen entscheiden,

Die wichtigsten Bauarten werden durch Abb. 262 veranschaulicht. Den Vorzug verdienen die von einspringenden Ecken freien, wegen der Lage des Wagenkastens zwischen den Rädern standsicheren Wagen *b* und *c* sowie der Muldenwagen *d*, der den Vorteil guter Raumausnutzung mit den weiteren der Standsicherheit, des geringen Verschleißes, der leichten und vollständigen Entleerung und der bequemen Reinigung vereinigt und immer mehr die Oberhand gewinnt.

In Gruben mit flacher Lagerung und großen Flözmächtigkeiten kann man Wagen mit 1—1,5 t Fassungsraum verwenden, wogegen Gruben mit

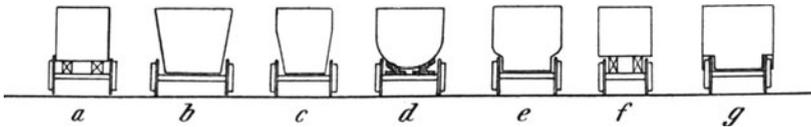


Abb. 262. Verschiedene Förderwagenformen.

geringen Flözmächtigkeiten und starker Bremsberg- und Bremssehachtförderung sich mit Wagen von 500—800 kg Fassungsraum begnügen müssen.

Der Wagenkasten wird aus Holz oder Stahlblech hergestellt. Hölzerne Kasten sind billiger, aber verhältnismäßig groß und schwerfällig. Auf Steinkohlengruben wird im allgemeinen der Stahlblechwagen bevorzugt, der gegen

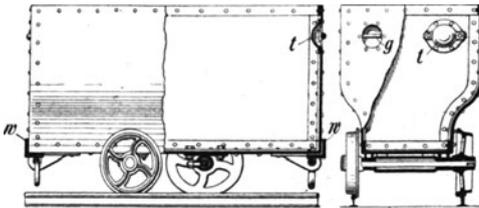


Abb. 263. Stählerner Förderwagen.

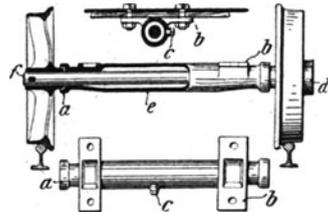


Abb. 264. Achslagerbüchse.

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.

Abb. 263 zeigt einen Stahlförderwagen, der mit Schutztaschen *t* für den Schlepper und mit Winkelblechen *w* als Prellvorrichtung versehen ist und an dem die Achslagerbüchsen unmittelbar befestigt sind. Als Puffervorrichtungen werden sonst auch auswechselbare Prellhölzer oder besondere Stahlköpfe verwendet.

313. Radsatz. Man kann die Achsen in ihren Lagern oder die Räder um ihre Achsen sich drehen lassen. Im ersten Falle lassen sich Kurven schwerer durchfahren, weil beide Räder voneinander abhängig sind, bei lose laufenden Rädern dagegen ergeben sich große Schmiereverluste und eine starke 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. 264 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. 264 beispielsweise zeigt, läuft jede Achse in einer Büchse, die durch die Öffnung *c* 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 Rollenlager (Abb. 265). Hier laufen die Achsen an den Lagerstellen in Rollen *r*, die nach der Abbildung mit Spitzen zwischen den beiden Ringen *s*₁, *s*₂ aufgehängt sind. Die Abdichtung nach außen erfolgt durch den Filzring *f* und den die Nabe umfassenden Ringansatz *n*.

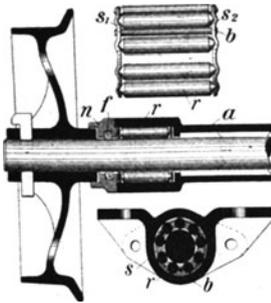


Abb. 265. Rollenlager der Wittener Stahlformgießerei.

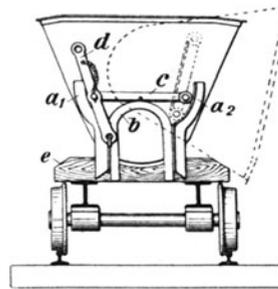


Abb. 266. Muldenkippwagen.

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.

314. Achsen und Räder. Die Achsen bestehen meist aus Stahl. Für die Achsbüchsen kommt getempertes Gußeisen oder getemperter Stahlguß in Betracht. Die Räder werden jetzt meist aus getempertem Gußstahl hergestellt. Man unterscheidet Speichenräder und Scheibenräder, bei welchen letzteren die Nabe mit dem Laufkranz durch eine volle Scheibe verbunden ist, die jedoch mit kreisförmigen Löchern versehen ist.

Der Durchmesser der Räder wird zur Verringerung der Umlaufzahlen möglichst groß genommen. Er schwankt im Ruhrbezirk zwischen etwa 270 und 400 mm. Die Spurweite beträgt etwa 50—65 cm. Je größer sie ist, um so standsicherer sind die Wagen, um so schwerer dagegen sind sie durch Kurven zu bringen.

315. Besondere Wagenformen. Für die Förderung von Versatzbergen finden wohl Wagen Verwendung, bei denen die Kopfwand oder eine Seitenwand oder auch der ganze Wagenkasten (z. B. bei den Muldenkippwagen,

Abb. 266) beweglich ist. Doch sucht man nach Möglichkeit mit den gewöhnlichen Kohlenförderwagen auszukommen, um die entleerten Bergewagen gleich wieder als Kohlenwagen benutzen zu können. Für diese müssen dann besondere Kippvorrichtungen (Kopf- oder Kreiselwipper) eingebaut werden, oder die Wagen müssen einfach umgeworfen werden, was man durch Hochziehen der Schiene auf der gegenüberliegenden Seite in Verbindung mit Hebel- und anderen Hilfsvorrichtungen erleichtern kann.

b) Gestänge.

316. Schienen. Als Schienen werden jetzt fast überall stählerne Flügelschienen verwendet. Die im Ruhrbezirk hauptsächlich gebräuchlichen Profile ergeben sich aus Abb. 267.

Die Schienen ruhen auf Schwellen, die in Hauptförderwegen 70—90 cm, in Abbaustrecken etwa 1,0—1,2 m Abstand haben, unter wichtigen Kreuzungen

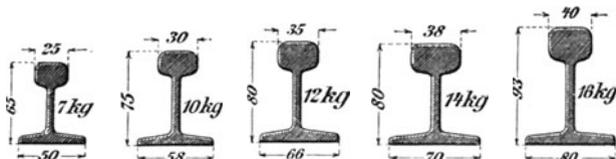


Abb. 267. Westfälische Flügelschienen-Normalprofile mit Angabe der Gewichte für das lfd. Meter.

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.

317. Wechselseitige Gestängeverbindungen. Die einfachste Verbindung ist eine solche durch *Wendeplätze*, die mit *Wechselplatten* belegt werden. Diese werden meist als *Kranzplatten* (Abb. 268) ausgeführt. Auch finden besonders für schwere Förderwagen *Drehscheiben* Verwendung, die auf Kugeln oder Rollen laufen.

An Kreuzungen können 4 *Kranzplatten* (Abb. 268) zusammgelegt werden.

Größere *Wendeplätze* werden an den *Kreuzungen* mehrgleisiger Förderstrecken sowie an den *Füllörtern* der Schächte und an den *Anschlägen* von *Stapelschächten* erforderlich.

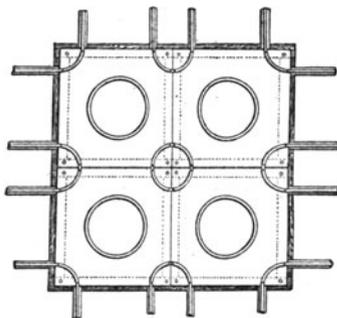


Abb. 268. Wendeplatz mit 4 Kranzplatten.

Die Weichen (Wechsel) ermöglichen eine Verbindung ohne Gestängeunterbrechung und eignen sich daher für die Förderung mit Pferden oder Maschinen und für die Förderung in flachen Bremsbergen.

Man unterscheidet feste Wechsel (Abb. 269) und solche mit beweglichen Teilen. Die letzteren können Zungenweichen und Stoßweichen sein.

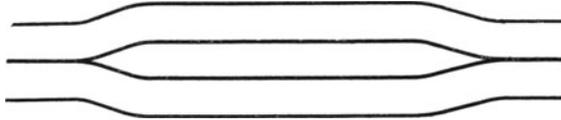


Abb. 269. Dreischieniges Gestänge mit Ausweichestelle.

Bei den Zungenweichen legen sich zugeschärfte Zungenspitzen an die Innenseite des betreffenden Gestänges, während die beweglichen Stücke der Stoßweichen (*g* in Abb. 270) eine Lücke im Gestänge ausfüllen und stumpf zwischen die zu verbindenden Gestängestücke gelegt werden. Bei den von Hand umzustellenden Weichen unterscheidet man Bockweichen, die mittels eines Hebels mit Gegengewicht umgelegt werden, und Federweichen, bei denen die Umstellung selbsttätig mit Hilfe einer federnden Zugvorrichtung erfolgt.

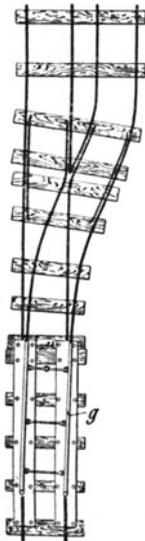


Abb. 270. Rechtsweiche (Stoßweiche) einer Ausweichstelle.

Eine einfache seitliche Abzweigung zeigt Abb. 270. Bei wichtigeren Weichen werden die inneren Übergangsstücke durch ein aus Stahlguß hergestelltes „Herzstück“ (Abb. 271) ersetzt. Eine größere Weiche für zweisepurige Strecken ist aus Abb. 272 ersichtlich. Hier sind zur Vereinfachung der Weiche je zwei Mittelschienen zu einer einzigen zusammengezogen.

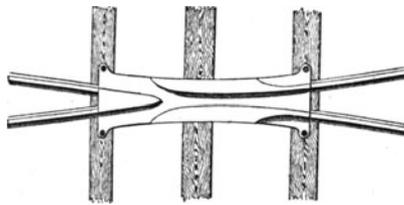


Abb. 271. Herzstück.

Die Befestigung der Weichenschienen auf Eisenplatten, die auf einem Holzrahmen ruhen, gewährleistet Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit.

An Füllrörtern werden wohl 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. 273 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.

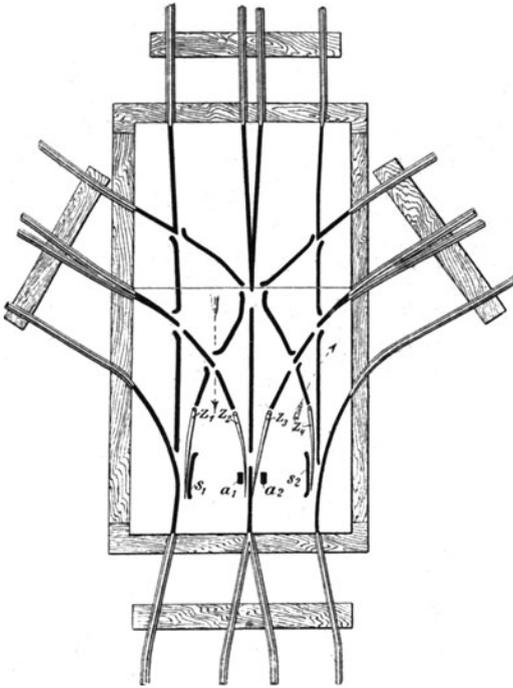


Abb. 272. Plattenweiche für zweispurige Strecken.

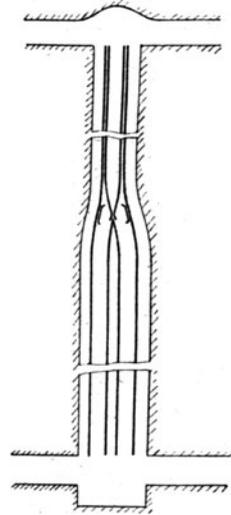


Abb. 273. Zusammenziehung eines Doppelgestänges im druckhaften oberen Teile eines Bremsbergs.

c) Die Betätigung der Wagenförderung.

318. Das Tonnenkilometer. Zur Beurteilung von Förderleistungen und Förderkosten dient als Einheit das Tonnenkilometer, d. i. eine Förderleistung, die das Produkt aus der 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.

319. Förderung durch Menschen und Tiere. Die Menschenförderung beschränkt sich heute durchweg auf die Bewegung der Wagen vom Abbauorte bis zum Bremsberg, Stapelschacht, Rolloch oder Abhauen bzw. (auf der Sohle)

bis zum nächsten Förderquerschlag. Ein Schlepper leistet in der 7stündigen Schicht etwa 3—7 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.

In den Strecken und Querschlägen, in denen Pferdeförderung umgeht, muß die Sohle entweder mit Hirnholzplaster versehen oder mit Sandsteinkleinschlag oder Ziegelschrot mit einer darüberliegenden Lage von Kesselasche beschüttet werden. Die Wasserseige wird am besten auf die Seite der leeren Wagen gelegt, damit keine vollen Wagen durch Entgleisung in sie geraten können. Für die Verbindung der Wagen zu Zügen werden Kuppelhaken oder Kuppelketten benutzt. Eine einfache Kuppelkette mit Sicherung gegen das Herausfallen durch lose Ringe zeigt Abb. 274. Bei der in Abb. 275 dargestellten Kuppelung sind lose Teile, die leicht verloren gehen, vermieden. Jede Hälfte der Kuppelung besteht aus einem am Wagenboden befestigten und den Wagenring ersetzenden Schäckel (s_1 und s_2) mit einem Haken (h_1 und h_2), der sich um einen Mittelbolzen im Schäckel dreht.

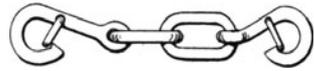


Abb. 274. Kuppelkette.

Die Leistungen der Pferdeförderung schwanken etwa zwischen 15 und 50 tkm in der 7stündigen Schicht und betragen im Durchschnitt etwa 30tkm.

320. Förderverfahren mit feststehenden Maschinen. Überblick. Man unterscheidet Seil- und Kettenförderungen, die beide wieder mit

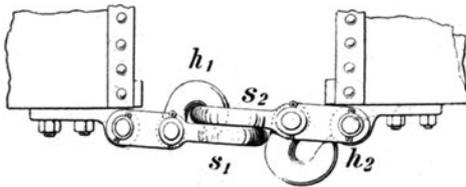


Abb. 275. Feste Hakenkuppelung nach Klever.

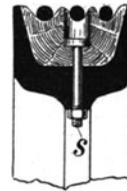


Abb. 276. Holzfutter bei Treibscheiben für endloses Seil.

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 Hauptfördersohlen nur noch die Förderung mit schwebendem Seil ohne Ende und mit schwebender oder unterlaufender Kette ohne Ende von Bedeutung; auf Teilsohlen wird verschiedentlich mit offenem Seil gefördert.

321. Förderung mit schwebendem Seil ohne Ende. Antrieb. Das Seil wird von der Antriebsmaschine durch Reibung mitgenommen. Zur Vergrößerung derselben und zur Schonung des Seiles werden die Treibscheiben mit Holz (Abb. 276) oder Leder ausgefüllt.

Für größere Leistungen sind mehrillige Treibscheiben oder mehrere einrillige Treibscheiben erforderlich. Es müssen dann den Treibscheiben Gegenscheiben vorgelagert werden, die das Seil umlenken und der nächsten Rille

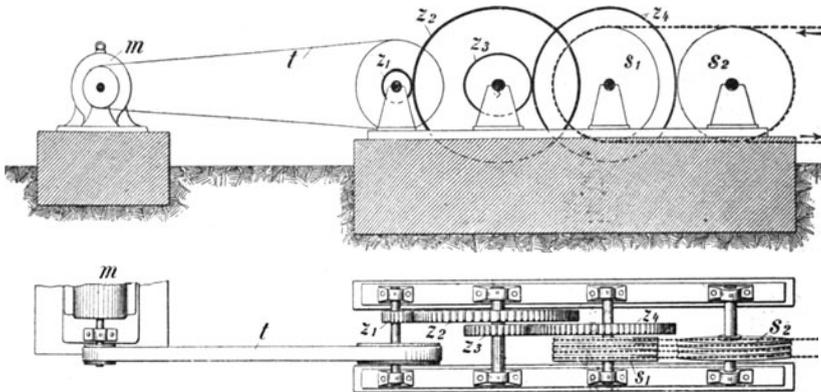


Abb. 277. Antrieb einer Streckenförderung durch Elektromotor und Treibrriemen.

zuführen. Die Gegenscheiben (s_2 in Abb. 277) 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 letzterem die Verdrehung der Treibscheiben gegeneinander gestatten.

Das Seil darf nur eine Geschwindigkeit von etwa 0,5—1,2 m in der Sekunde

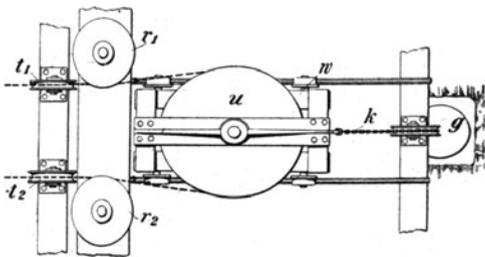


Abb. 278. Spannwagen mit Gegengewicht.

erhalten, daher müssen die Maschinen mit starken Übersetzungen arbeiten. So wird bei dem in Abb. 277 dargestellten Antrieb die Geschwindigkeit des treibenden Elektromotors m durch eine Riemenübertragung t und ein doppeltes Zahnradvorgelege $z_1—z_4$ ins Langsame übersetzt. Die Treibscheibe s_1 hat hier 4

Rillen; die dreirillige Gegenscheibe s_2 ist auf schrägliegender Achse verlagert.

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. 278 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

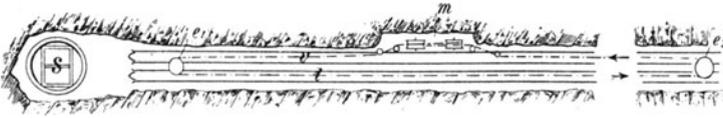


Abb. 279. Seilförderung mit seitlichem Antrieb.

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 liegenden Maschinenraum zeigt Abb. 279. 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. 277).

Für größere Förderanlagen müssen Zubringeförderungen geschaffen werden, die die Fördermengen aus den Zwischenstrecken hereinholen. Abb. 280 veranschaulicht eine Hauptförderung mit der Maschine m_1 und 2 Zubringeförderungen mit den Maschinen m_2 und m_3 .

322. Seilführung. Auf gerader Strecke sowie an Zwischenanschlängen und vor allen wagerechten Rollen und Scheiben muß das Seil getragen werden, damit es nicht auf der Streckensohle schleift und das Anschlagen der Wagen gestattet und damit das Abfallen von den wagerechten Rollen verhütet wird. Dabei ist auf den Durchgang der Mitnehmer Rücksicht zu nehmen.

Abb. 281 veranschaulicht eine Doppeltragerolle, 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. 282 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,

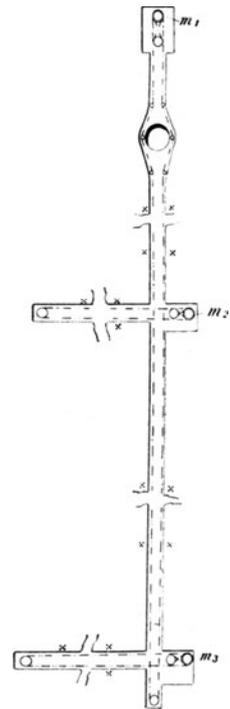


Abb. 280. Seilförderung mit 2 Zubringeförderungen.

um die Seilablenkung möglichst sanft zu gestalten. Abb. 283 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.

323. Mitnehmer. Als Kuppelvorrichtungen oder „Mitnehmer“ können Zugketten mit Seilschlössern oder Gabelmitnehmer dienen. Die ersteren sind besonders für Strecken mit starker Steigung, namentlich für Bremsberge

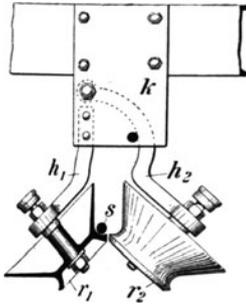


Abb. 281. Doppel-Tragerolle nach Hasenclever.

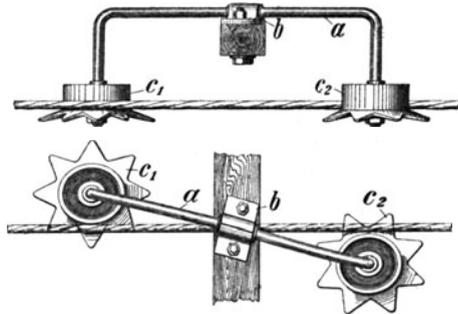


Abb. 282. Paarweise angeordnete Sternrollen als Tragerollen.

mit endlosem Seil, geeignet. Abb. 284 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 verhindert, daß der Keil verloren geht. Auch können einfache Ketten benutzt werden, die mehrmals um das Seil gewickelt und dann durch einen Knebel gesichert werden.

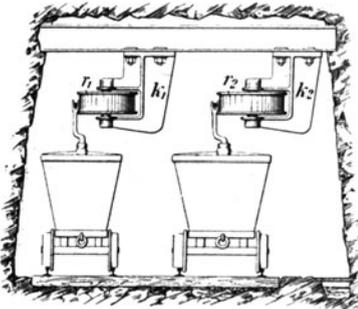


Abb. 283. Kurvenrollen nach Hasenclever.

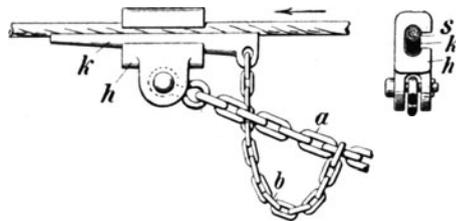


Abb. 284. Seilschloß mit Keil nach Heckel.

Die Gabelmitnehmer werden in besondere Bügel gesteckt, die an dem Wagen, in der Regel in dessen Mitte, angenietet werden (b in Abb. 285). Sie werden entweder durch eine gerade Gabel oder durch eine Klemmgabel gebildet. Für die erstere muß das Seil mit Knoten versehen werden. Nach Abb. 286 z. B. ist auf das Seil eine Muffe m geklemmt, die mittels einer Hülse h aus weichem Holz dicht an das Seil anschließt und durch eine Schwalbenschwanzeinlage s gesichert wird. Bei wechselndem Gefälle sind für jeden Mitnehmer 2 Knoten erforderlich, die den Mitnehmer zwischen sich nehmen.

Knotenseile verschleßen stark wegen der Knickung des Seiles beim Übergange über Rollen und Scheiben.

Glatte Seile werden durch exzentrisch klemmende Mitnehmer gefaßt. Diese Gruppe wird beispielsweise durch die Hohendahl'sche Gabel (Abb. 287) vertreten, die nach Einlegung des Seiles etwas gedreht wird, bis die Klemmung in dem schräg gestellten Gabelmaul eintritt (s. auch Abb. 283). Bei diesen Gabeln fallen die Übelstände der Knoten fort, andererseits ergibt sich ein stärkerer Verschleiß der Gabeln selbst.

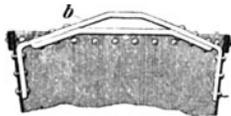


Abb. 285. Mitnehmerbügel.

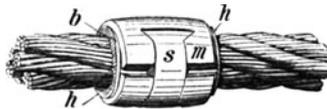


Abb. 286. Boeckersche Seilmuffe mit Schwalbenschwanz-Einlage.



Abb. 287. Hohendahl'sche Gabel.

Man kann mehrere Wagen durch einen Mitnehmer vom Seile ziehen lassen, indem man sie durch die gewöhnlichen Kuppelhaken oder (Abb. 288) durch besondere Steckkuppelungen 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.

324. Förderbetrieb. An den Anschlagstellen ist das Seil durch Tragrollen genügend hochzuhalten, um die Bewegung der anzuschlagenden Wagen unter dem Seil zu ermöglichen. Zur Erleichterung des Aus- und Einwechsels der Wagen sind Wechsel oder Bühnen erforderlich. Für die Bewegung der leeren Wagen

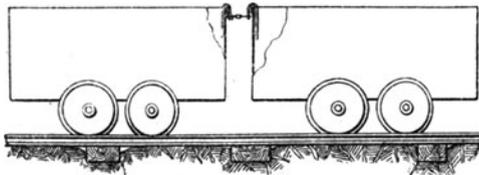


Abb. 288. Steckkuppelung zum Mitnehmen mehrerer Wagen.

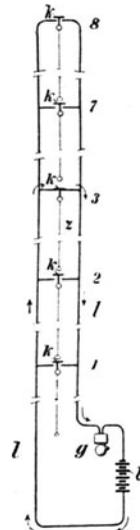


Abb. 289. Anordnung einer Signalanlage für die Streckenförderung.

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. 289 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.

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.

325. Förderung mit schwebender Kette ohne Ende. Besonderheiten.

Die Bewegung der Kette kann wie beim Seil durch Reibung erfolgen, indem

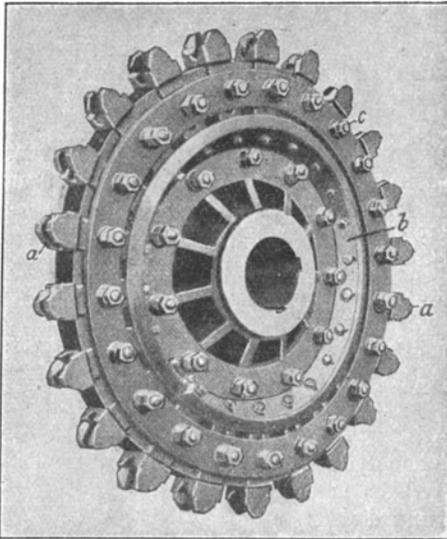


Abb 290. Ketten-Greiferscheibe von Heckel.

man eine Scheibe mit Gegenseibe verwendet. Jedoch kann man auch mit einer einzigen Scheibe auskommen. Diese kann bei glatter Oberfläche kegelige Form erhalten; die einzelnen Kettenumschläge verschieben sich dann fortgesetzt nach der Seite des kleineren Durchmessers hin. Oder man verwendet Scheiben mit einzelnen Greifern (Abb. 290). Wichtig ist dabei eine sehr genaue Herstellung der Kette und eine gleichmäßige Längung der einzelnen Kettenglieder, damit bei der Bewegung keine Stöße in die Kette kommen. Da mit der Längung der Kette sich die Abstände der Greifer vergrößern müssen, so müssen die Greiferscheiben so 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 (b in Abb. 291).

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.

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 besonders für schwerere Wagen oder ansteigende Förderstrecken wichtig ist.

326. Unterlaufende Ketten sind besonders für Tagesförderzwecke geeignet, da sie einen freien Verkehr über die Förderwege hinweg ermöglichen. Sie werden aber auch für die Wagenbewegung an größeren Schachtfüllörtern mehr und mehr benutzt. Bei solchen Ketten erfolgt die Mitnahme der Wagen durch Haken (*h* in Abb. 292), die in bestimmten Abständen an den Kettengliedern befestigt sind und in die Ringe oder auch hinter die Achsen der Wagen fassen.

327. Lokomotivförderung. Arten von Grubenlokomotiven. Die für die Grubenförderung bestimmten Lokomotiven können durch Benzin, Benzol,

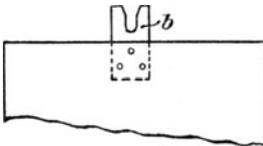


Abb. 291. Einfache Blechscheibe als Mitnehmer bei der Kettenförderung.

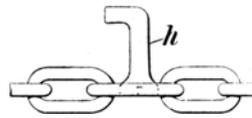


Abb. 292. Hakenglied einer unterlaufenden Kette.

Spiritus und andere Brennstoffe, durch den elektrischen Strom oder durch Preßluft betrieben werden.

Die mit flüssigen Brennstoffen betriebenen Lokomotiven arbeiten nach Art der Gasmotoren. Sie erfordern besondere Vorsichtsmaßregeln wegen der Feuergefährlichkeit der Brennstoffe, indem bei der Überfüllung des Brennstoffvorrates Verluste verhütet werden müssen und der Motor mit Sicherungsvorrichtungen ausgerüstet werden muß, die das Austreten von schlagwettergefährlichen 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 werden kann.

Die elektrisch angetriebenen Lokomotiven können ihren Strom durch eine Zuführungsleitung oder aus einem Akkumulator erhalten.

Die Fahrdrahtlokomotiven werden in der Regel durch 2 Motoren getrieben, die von einer Oberleitung mit Hilfe von Bügeln, Schleifschuhen, Rollen oder Walzen Gleichstrom, Drehstrom oder einphasigen Wechselstrom abnehmen. Wegen der 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. Eine Drehstromlokomotive mit Schleifschuh-Stromabnehmer zeigt Abb. 293.

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 aufrollenden, frischgeladenen Platz zu machen.

Preßluftlokomotiven (Abb. 294) erhalten einen Energievorrat von hochgespannter Preßluft, die mit einem Drucke von 120—170 Atm. in den Behältern B_1 — B_3 untergebracht wird. Aus diesen wird die Luft durch ein Druckminderungsventil in einen Zwischenbehälter, die „Arbeitsflasche“

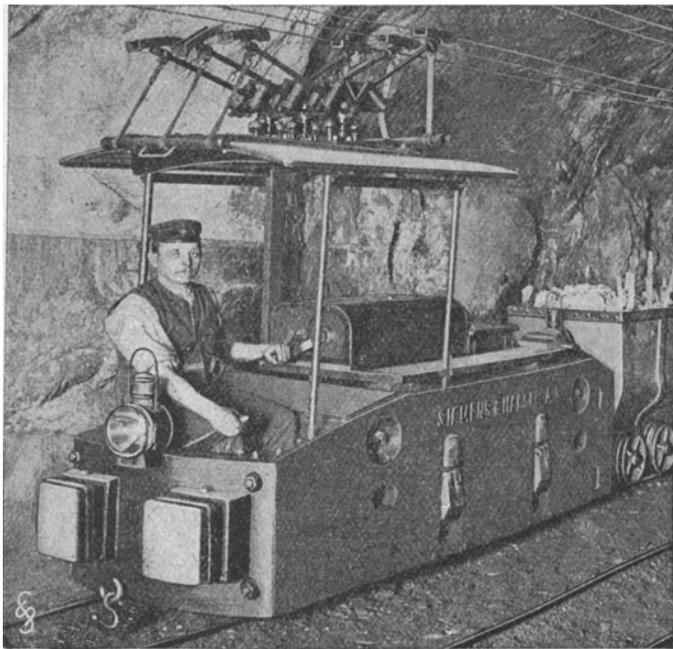


Abb. 293 Drehstrom-Lokomotive der Siemens-Schuckert-Werke.

übergeführt, die in Abb. 294 unter den Vorratsbehältern, hinter dem Zwischenwärmer z liegt. Aus der Arbeitsflasche erhalten die Zylinder mittels eines weiteren Druckminderungsventils Luft von 9—10 Atm. Druck. Die Motoren sind als Verbundmaschinen gebaut; die aus dem Hochdruckzylinder tretende Luft wird in dem Zwischenwärmer z durch Grubenluft angewärmt und gelangt dann in den Niederdruckzylinder.

Unter Tage ist mindestens eine Füllstelle erforderlich, bei der die Lokomotive nach je 1—2 Fahrten ihren Luftvorrat erneuert.

Im Vordergrund stehen heute die Fahrdrabt- und die Preßluftlokomotiven. Erstere sind betriebsicherer und für beliebige Leistungen (bis zu 100 PS und darüber) geeignet, haben aber den Nachteil, daß sie die teure, umständliche und in druckhaftem Gebirge schwierig in der richtigen Lage zu haltende Oberleitung verlangen; außerdem gefährden sie Gewinnung und

Abbau durch die unvermeidlichen Nebenströme („Streuströme“), gegen die man sich durch häufige Erdung der benachbarten Rohrleitungen möglichst zu schützen sucht. Die Preßluftlokomotiven haben sich daher mehr und mehr Eingang verschafft, wenngleich sie wegen der Füllpausen weniger ausgenutzt werden können.

Die Brennstofflokomotiven werden für kleinere Leistungen (etwa 10 bis 20 PS) gebaut. Sie erfordern wegen des verwickelten Getriebes und des feuergefährlichen Betriebstoffes eine sorgsame Behandlung.

Die Akkumulatorlokomotiven kommen gleichfalls nur für kleinere Leistungen in Betracht. Sie haben sich wegen ihrer Empfindlichkeit gegen vorschriftswidrige Ladung und Entladung und gegen mechanische Erschütterungen wenig bewährt.

328. Allgemeines über Lokomotivförderung. Der Verschiebetrieb auf den Bahnhöfen am Füllort und im Felde kann durch die Lokomotiven selbst mit Hilfe von Verschiebegleisen erfolgen. Jedoch nimmt man größeren Lokomotiven, um sie besser ausnutzen zu können, zweckmäßig den Verschiebetrieb ab, indem man eine kleine Seil- oder Kettenbahn (mit unterlaufender Kette) am Füllort einrichtet, die die Wagen übernimmt und wieder abgeliefert, oder eine Gefällestrecke herstellt, von der man die durch die Lokomotive heraufgeschobenen Wagen zum Schachte ablaufenläßt. Letzteres Hilfsmittel empfiehlt sich besonders für die Bedienung der blinden Schächte und Bremsberge.

Eine Lokomotive leistet 3—5 Nutz-Tonnenkilometer je PS-Stunde. In der Schicht werden mit einer Lokomotive unter gewöhnlichen Verhältnissen Leistungen von etwa 150—350 Nutz-Tonnenkilometern erzielt.

Die Lokomotiven werden mit Vorteil auch zur Beförderung der Leute benutzt. Diese werden dann entweder in gewöhnlichen Förderwagen, in die Sitzbretter gelegt werden, oder in besonders dazu gebauten Mannschaftswagen von größerer Länge und mit 2 Drehgestellen untergebracht. Bei Fahrdraktlokomotiven sind die Fahrenden durch ein Holzdach gegen den Draht zu schützen.

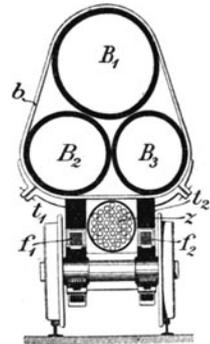


Abb. 294. Schwartzkopf-Lokomotive.

II. Die abwärts- und aufwärtsgehende Förderung in der Grube.

A. Bremsberg- und Bremsschachtförderung.

329. Wesen und Möglichkeiten der Bremsbergförderung. In einem Bremsberge läuft der volle Wagen auf einer geneigten Ebene abwärts. Die dabei entwickelte Zugkraft wird zum Hochziehen des leeren Wagens, manchmal auch noch zur Hochförderung von Versatzbergen ausgenutzt. Die Geschwindigkeit der Bewegung wird durch ein Bremswerk geregelt, das die überschüssige Kraft vernichtet.

Man unterscheidet Wagen- und Gestellbremsberge, je nachdem die Wagen unmittelbar an das Seil angeschlagen oder auf besondere Fördergestelle aufgeschoben werden. 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.

Zweitrümmige Bremsberge mit offenem Seile können bei gutem Zustande der Fördereinrichtungen noch bei Fallwinkeln von $4\text{--}5^\circ$ benutzt werden. Durch den Betrieb mit endlosem Seile kann man wegen der größeren Anzahl der beiderseitig laufenden Wagen und wegen der Ausgleichung des Seilgewichtes noch bei einem Gefälle von $2\text{--}3^\circ$ fördern.

Außer durch die Erhöhung der Wagenzahl und die Ausgleichung des Seilgewichtes kann man die Förderung bei geringem Gefälle auch dadurch ermöglichen, daß man die Schienen am Kopfe des Bremsberges aufhört und am Fuße ein Stück ganz oder nahezu söhlig legt, um die Einleitung der Bewegung zu erleichtern.

Kettenbremsberge mit Kette ohne Ende können zur Verwendung der überschüssigen Kraft des Bremsberges benutzt werden, indem man gemäß Abb. 295 auf die Achse der Endscheibe a des Bremsberges das Treibseil für die Streckenförderung mit der Umkehrscheibe e_2 legt. g_1 und g_2 sind Gegenschleiben.

330. 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.

An den Zwischenanschlängen kann man das Anschlagen durch Herstellung söhligler Flächen erleichtern. Abb. 296 zeigt drei Möglichkeiten; im Falle *c* sind die Verbindungstücke *b* eingelegt, die während des Anschlagens vorübergehend herausgenommen werden. Andere Einrichtungen sind bewegliche Schwenkbühnen, die durch Drehen oder Kippen in die horizontale 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 hergestellt 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 und Kette ohne Ende betrieben, so ist nur ein ganz kleiner Wechsel erforderlich.

Wagenbremsberge werden in der Regel durch eine söhligle, mit Platten belegte Bühne und eine kurze Anschlußdiagonale, in welche die Wettetür gestellt wird, mit der Grundstrecke verbunden.

331. Das Bremswerk besteht aus der Trommel oder Scheibe für das Seil und aus der Bremsvorrichtung. Wegen ihres geringen Raumbedarfs und Gewichts werden Scheibenbremsen bevorzugt. Eine solche zeigt Abb. 297; in dieser bedeutet *b* die Seilrille, *a* den Bremskranz. Die Scheiben werden bei steilem Einfallen 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. 298 ein Beispiel zeigt. Die Bremse hängt

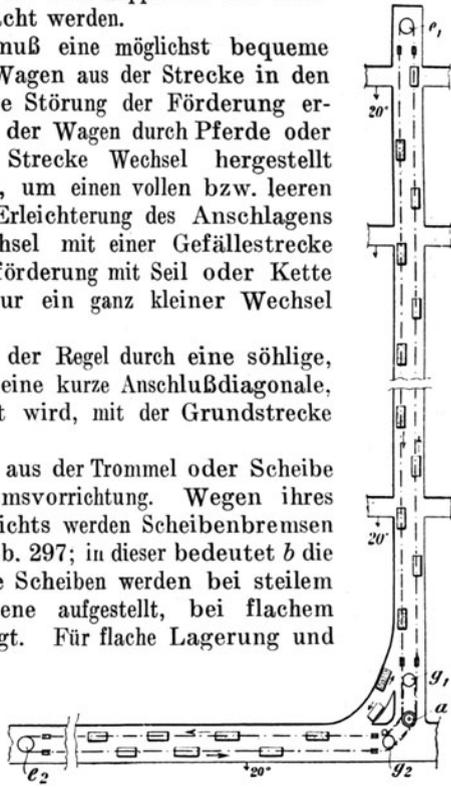


Abb. 295. Antrieb einer Strecken-Seilförderung durch einen Kettenbremsberg.

mit Schäckel und Kette an einem Stempel und kann mit Hilfe der Zugstange *e* durch den Bremshebel *d* angehoben werden, so daß der letztere nur zum Lüften der Bremse dient und diese stets selbsttätig geschlossen ist.

Die Bremsvorrichtung selbst wirkt in der Regel vermittelt eines angegossenen Bremskranzes auf die Trommel oder Scheibe. Sie ist durchweg eine Bandbremse, d. h. der Bremskranz wird (Abb. 297) von einem eisernen Bande *e₁e₂* umgeben, das mit Hilfe der Winkelübertragung *k i h f₁ f₂* angezogen oder gelockert werden kann. Der Bremshebel *k* greift rechtwinklig zum Hebel *h* an, damit der Bremsler seitlich stehen kann und für den Fall eines Übertreibens gesichert ist. Zur Erhöhung der Reibung und Verringerung der Abnutzung wird das Bremsband mit Holzklötzen *c* ausgefütert, die nach

Verschleiß erneuert werden. Das Gegengewicht l muß so angebracht sein, daß es die Bremse schließt, so daß sie nur vermittelt einer besonderen Anstrengung des Bremsers geöffnet werden kann.

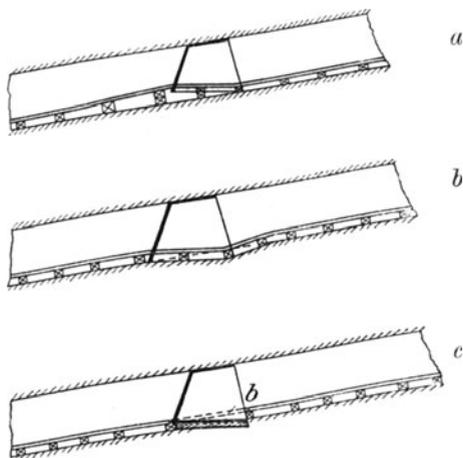


Abb. 296. Gefälle-Ausgleich an Zwischenanschlügen.

332. Bremsgestelle. Die für die Bremsförderung benutzten Gestelle oder Bremsböcke werden aus Holz oder Profileisen nach Abb. 299 zusammgebaut. Sie erhalten eine Bühne b , die in söhlicher Lage auf dem Rahmen r einerseits und der Stütze s anderseits ruht. Ein Bremsgestell für flache Lagerung zeigt Abb. 300. Hier ist die Bühne d um den Zapfen z drehbar, so daß sie mittels des Bolzens p in dem Bogenstück b verstellt und ihre Neigung dadurch

wechselnden Fallwinkeln angepaßt werden kann. Um die Begegnung des Gestelles mit dem unterlaufenden Gegengewicht zu ermöglichen, muß für eine genügende Höhenlage der Achsen (z. B. gemäß Abb. 299 durch Befestigung

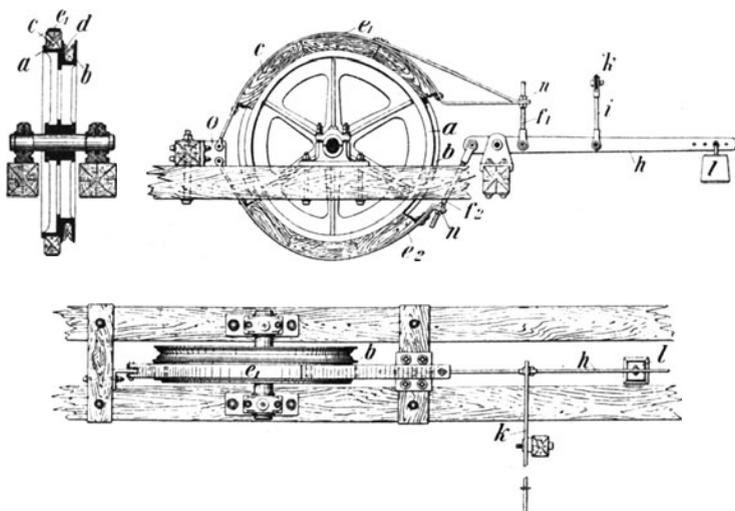


Abb. 297. Scheiben-Bandbremse.

der Lager oberhalb statt unterhalb der Seitenholme) gesorgt oder durch Hochführung der Gestellschienen oder entsprechende Senkung der Schienen für das Gegengewicht Raum geschaffen werden.

Ein Gegengewicht für Gestellbremsberge veranschaulicht Abb. 301. Es besteht aus 2 Winkleisen w , die durch Querverbindungen $q_1 q_2$ zu einem Rahmen vereinigt sind und zwischen die eine Anzahl von Gußstücken g gelegt werden kann, die gegen das Herausfallen durch aufgeschraubte Laschen f gesichert werden.

333. 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 Heißflächen des Bremsbandes und Bremskranzes erforderlich (eiserne statt hölzerner Klötze, Berieselung oder innere Wasserkühlung).

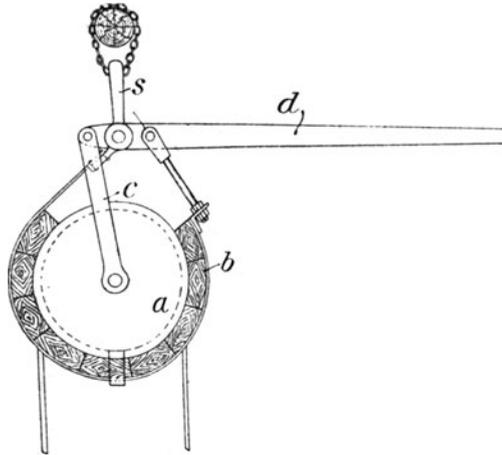


Abb. 298. Fliegende Scheibenbremse von Gebr. Eickhoff.

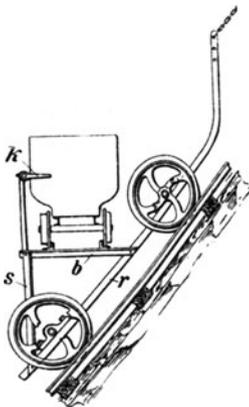


Abb. 299. Eisernes Bremsgestell für steiles Einfallen.

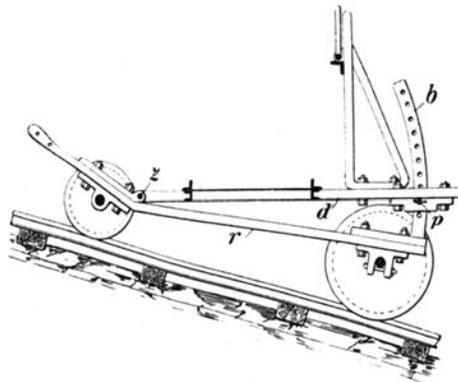


Abb. 300. Bremsgestell mit verstellbarer Bühne für flache Lagerung.

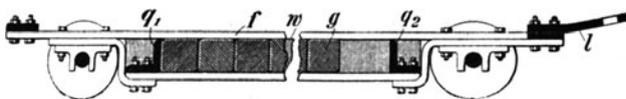


Abb. 301. Gegengewicht für Gestellbremsberge.

B. Rollochförderung.

334. Bedeutung und Ausführung. Die Förderung mit Rollöchern hat ihre Hauptbedeutung für den Erzbergbau und für die Zuführung von Versatzbergen beim Steinkohlenbergbau. Die Füllung der Rollen erfolgt auf Steinkohlengruben mit Hilfe von Kopf- und Kreiselwippern oder mittels besonderer Wagen (Ziff. 315), auf Braunkohlen- und Erzgruben durch Karren oder Tröge.

Ein Rollochbetrieb mit Lutten nach Abb. 302 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 durch einen Schieber oder (bei starker Belastung besser) durch eine Drehklappe.

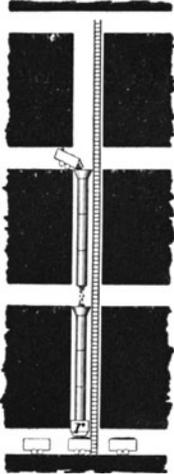


Abb. 302. Rolloch mit Lutten des Kuntze-Werks in Bochum.

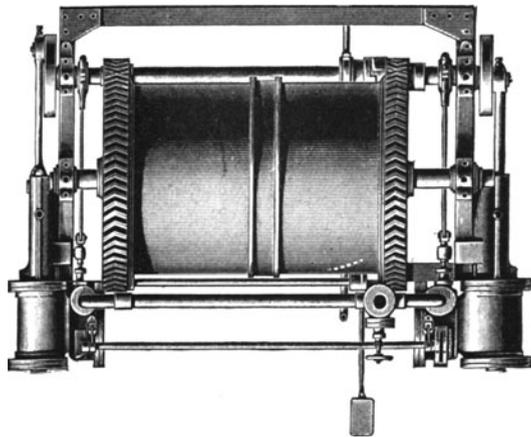


Abb. 303.
Zwilling-Trommelhaspel mit doppeltem Getriebe

C. Haspelförderung.

335. Förderhaspel. Die Haspel können mit Preßluft, Druckwasser und elektrischem Strome getrieben werden. Die Preßlufthaspel spielen im Steinkohlenbergbau heute immer noch die Hauptrolle. Jedoch haben sich neuerdings vielfach auch elektrisch betriebene Förderhaspel eingebürgert.

Nach der Bauart unterscheidet man einfache und Zwillinghaspel (Abb. 303), ferner Haspel mit feststehenden Zylindern und solche mit oszillierenden Zylindern, sowie Trommelhaspel (Abb. 303) einerseits, Scheibehaspel andererseits. Letztere haben sich wegen ihres geringen Raumbedarfs vielfach eingeführt, sie erhalten für die seigere Förderung senkrecht gestellte Scheiben,

wogegen Haspel, die für die Förderung aus Abhauen bestimmt sind, vorteilhafter mit einer in der Flözebene liegenden Scheibe gebaut werden.

Die Haspel werden meist am oberen Ende des Bremschachtes oder Abhauens aufgestellt; doch bevorzugt man für die Förderung in seigeren Schächten vielfach auch die Aufstellung am unteren Ende, um die Brandgefahr und die Gefahr der Schlagwetterzündung durch Funken zu verringern und den Anschläger am Fuße des Schachtes gleichzeitig als Haspelführer benutzen zu können.

D. Sicherheitseinrichtungen bei der Brems- und Haspelförderung.

336. 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.

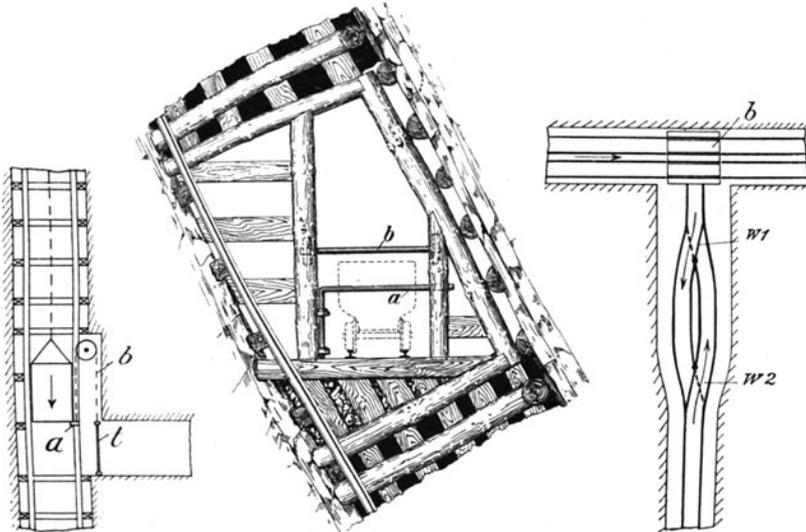


Abb. 304. Selbsttätiger Gittertürverschluss am unteren Anschlag eines Bremschachtes.

Abb. 305. Bremsberganschlag mit Drehverschluss und Schutzstange.

Abb. 306. Schutzweiche als selbsttätiger Bremsbergverschluss.

337. Sicherheitsverschlüsse. Allgemeines. Die Sicherheitsverschlüsse sollen den Absturz von Anschlägern und anderen Personen verhüten. Am Fuße und Kopfe von Bremschächten genügen einfache Schiebetüren, die durch das Fördergestell am oberen Anschlag unmittelbar, am unteren gemäß Abb. 304 durch Vermittlung eines Seiles geöffnet und geschlossen werden können.

Ein einfaches Schutzmittel für Zwischenanschlänge ist die in Abb. 305 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.

338. Selbstwirkende Verschlusseinrichtungen sollen eine größere Sicherheit bieten, indem sie gegen Unachtsamkeiten der Anschläger schützen. Eine einfache Vorrichtung ist eine Schutzweiche (Abb. 306) mit nur je einem Wechselbaum w_1 bzw. w_2 am vorderen und hinteren Ende. Diese bewirkt

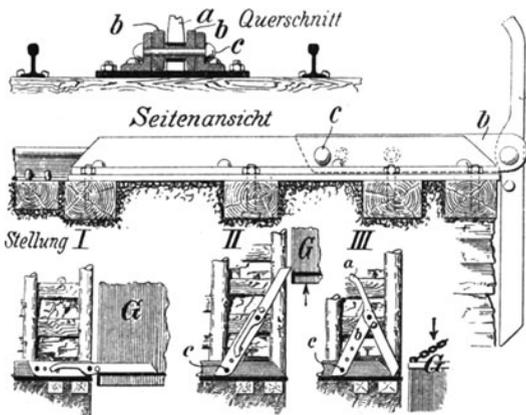


Abb. 307. Kippriegel von F. W. Moll Söhne in Witten.

die selbsttätige Sperrung der Zufahrt zum Bremsberge durch die Förderung selbst, indem immer einer der beiden Wechselbäume in Verschlussstellung sich befindet.

Gut bewährt haben sich Verschlüsse, die auf der Mitwirkung des Fördergestelles beruhen. Der einfache Moll'sche Kippriegel nach Abb. 307 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.

Auch der Bestsche Schubriegel (r in Abb. 308) gehört hierher, der in der gezeichneten Stellung die Schiene sperrt, in der punktiert angedeuteten aber unter eine Klaue am Gestell faßt und dieses festhält. Seine Verschiebung erfolgt mittels des Handgriffs g .

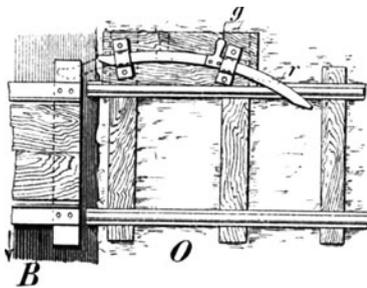


Abb. 308. Bestscher Schubriegel.

Noch weiter gehen andere Verschlussvorrichtungen, die eine Förderung überhaupt unmöglich machen sollen, so lange nicht alle Verschlüsse auf den einzelnen Anschlägen gesperrt sind. Man erreicht diesen Zweck durch Verbindung der Verschlussvorrichtung mit dem Bremshebel, indem von diesem ein Seil oder eine Stange ausgeht und an den einzelnen Anschlägen die Verschlusseinrichtung betätigt, so daß der Bremshebel solange gesperrt ist, bis sämtliche Verschlüsse hergestellt sind. Solche Verschlüsse haben sich aber als zu verwickelt und nicht genügend betriebsicher erwiesen.

III. Die Schachtförderung.

A. Gefäß- oder Kübelförderung.

339. Ausführung und Anwendung. Bei der Gefäßförderung wird das Fördergut am Füllort in ein Gefäß gekippt und dieses über Tage durch Umstürzen entleert. Bei der Ausführung nach Abb. 309 hängt das Fördergefäß *f* mittels eines Bügels *b* am Seile und läuft mit seinen Rädern auf den Schienen *s*₁ *s*₂. Über Tage angekommen, laufen die vorderen Räder auf den zurückgebogenen Schienen *s*₂ nach außen und ermöglichen so das Kippen des Gefäßes. In ähnlicher Weise läßt sich auch bei der Förderung in seigeren Schächten die Entleerung bewerkstelligen.

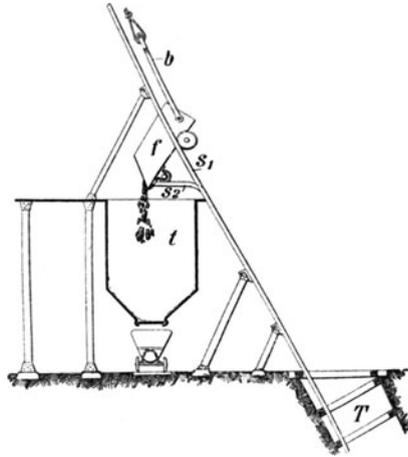


Abb. 309 Entleerung der Fördergefäße bei tonnlagiger Förderung.

Die Gefäßförderung stellt das älteste Schachtförderverfahren dar. Sie hat vor der bei uns üblichen Gestellförderung außer anderweitigen Vorzügen eine erhebliche Verringerung der toten Förderlast voraus, da die Streckenförderwagen nicht mitgefördert werden. Das Verhältnis der toten Last zur Nutzlast beträgt daher hier nur etwa 0,7—0,9 gegenüber 1,5—1,8 bei der Gestellförderung. Wegen der rauen Behandlung des Fördergutes eignet sich dieses Förderverfahren in erster Linie für den Erz- und Salzbergbau, besonders dort, wo es sich um große Tiefen und Förderleistungen handelt.

B. Gestellförderung.

a) Förderseile.

340. Überblick. Man unterscheidet nach dem Stoffe Pflanzenfaser- und Drahtseile, nach der Art der Flechtung Band- und Rundseile, Litzenseile, Kabellese usw. Die aus Pflanzenfasern hergestellten Seile sind durchweg sog. „Aloeseile“. Derartige Seile werden durch Tränkung mit Teer vor Fäulnis geschützt. Sie eignen sich vorzüglich als Band- oder Flachseile, so daß sich mit ihnen alle diejenigen Vorteile, die mit der Verwendung von Bandseilen verknüpft sind, erzielen lassen. Ihre Tragfähigkeit ist aber verhältnismäßig gering (650—900 kg je qcm Querschnitt gegen 14000—22000 kg bei Stahldraht). Größere Teufen erfordern daher die Verwendung von verjüngten Seilen, d. h. Seilen, deren Querschnitt nach dem Förderkorbe hin in dem Maße abnimmt, wie das zu tragende Seilgewicht sich verringert.

Die Drahtseile sind durch den Clausthaler Oberbergrat Albert im Jahre 1835 erfunden worden. Sie werden heute durchweg aus Stahl, und

zwar aus bestem Siemens-Martin-Stahl hergestellt. Zum Schutze gegen Rost werden Drahtseile mit säurefreier Schmiere eingefettet oder auch verzinkt.

341. Flechtarten. Bandseile werden in der Weise hergestellt, daß (Abb. 310) eine Anzahl kleiner Seile („Schenkel“, 1—6), in der Regel aus je 4 Litzen bestehend, nebeneinandergelegt und durch Nählitzen oder Nähdrähte n zu einem breiten Seile verbunden werden.

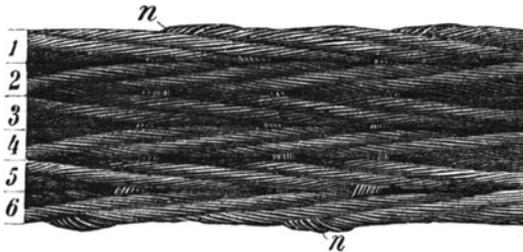


Abb. 310. Sechsschenkeliges Stahlbandseil.

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 Seilkörbe, da sie sich übereinander aufwickeln lassen, und einen einfachen Ausgleich des Seilgewichtes infolge verschiedener Seilkorbdurchmesser (s. Ziff. 353). Für größere Lasten sind sie nicht geeignet, da die gleichmäßige Verteilung der Last auf die einzelnen Schenkel zu schwierig ist.

Rundseile sind meist gleichfalls aus einzelnen Litzen hergestellt. Man kann die Drähte (Abb. 311a) in den Litzen nach derselben Richtung verlaufen lassen wie die Litzen im Seile oder diese beiderseitigen Windungen nach Abb. 311b entgegengesetzt richten. Die erstere Flechtart heißt „Längsschlag“ oder „Albertschlag“, die letztere „Kreuzschlag“.

Der Albertschlag bewirkt einen starken Drall, weil keine Ausgleichung der Windungen vorhanden ist, dafür ist andererseits wegen der glatteren Oberfläche der Verschleiß geringer.

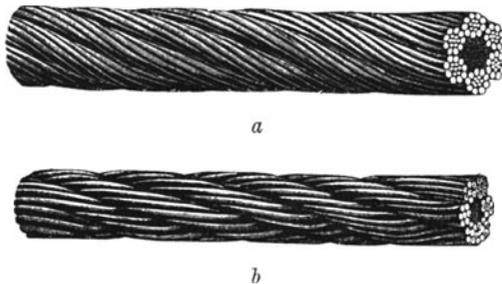


Abb. 311. Längsschlag (a) und Kreuzschlag (b) bei Drahtseilen.

Die Litzendrähte werden um Hanfseelen oder um Kerndrähte (Abb. 311a und b) gewickelt; ihre Verbindung zum Seile erfolgt unter Zwischenlagerung einer Seelenlitze, die in der Regel (Abb. 311) aus geteilter Jute besteht, um die gegenseitige Reibung der Litzen im Seile möglichst zu verringern.

Die Zahl der Litzen beträgt durchweg 6—7, die Drahtdurchmesser schwanken im großen und ganzen zwischen 1,7 und 2,8 mm.

Durch eine besonders große Auflagefläche und einen dementsprechend geringen Verschleiß sind die flachlitzen und die dreikantlitzen Seile ausgezeichnet, bei denen an Stelle der Kerndrähte in den Litzen flach-ovale oder dreikantige Drähte benutzt werden.

342. Tragfähigkeit, Leistungen und Kosten. Die Tiefe, bei der ein nicht verjüngtes Seil noch sein Eigengewicht mit 8facher Sicherheit tragen kann, berechnet sich für:

Aloeseile (Zugfestigkeit z. B. 7 kg je qmm) zu 810—820 m,

Eisendrahtseile (Zugfestigkeit etwa 60 kg je qmm) zu 830—850 m,

Stahldrahtseile (Zugfestigkeit z. B. 160 kg je qmm) zu rd. 2100 m.

Die Leistungen von Förderseilen während ihrer Aufliegezeit erreichen in tieferen Schächten 400000—500000 Nutz-Tonnenkilometer und darüber.

Die Seilkosten je tkm 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.

b) Die Fördergestelle.

343. Größe und Bauart. Die Fördergestelle (Förderkörbe, Förderschalen, Fördergerippe) können für einen oder mehrere Wagen gebaut werden. Im letzteren Falle sind noch ein- und mehrbödiqe 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 einzeln 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 Festhalten der Förderwagen kann durch Klinken in mittlerer Wagenhöhe oder auf dem Schienenbelag der einzelnen Korbböden oder durch Erhöhungen oder Vertiefungen auf den letzteren erreicht werden. Während der Seilfahrt ist für einen Verschuß der offenen Seiten des Fördergestells zu sorgen. Man benutzt dazu leichte Türen, die nur nach innen aufgehen dürfen, oder Faltschlüsse, die zur Seite geschoben oder hochgezogen werden.

c) Die Verbindungsstücke zwischen Seil und Fördergestell. (Das Zwischengeschirr.)

344. Seileinband heißt das oberste Stück des Zwischengeschirrs. Die Befestigung des Seiles in diesem Stücke kann mittels einer sog. „Kausche“ oder mittels eines Seilschlusses oder einer Seilklemme erfolgen. Eine Kausche zeigt Abb. 312. Das Seil wird hier über eine halbkreisförmige Blechrinne um einen birnenförmigen Holzkern *s* geführt und zwischen 2 Blechplatten *b*

durch die Schrauben *s* eingeklemmt. Sodann wird das umgebogene Stück durch eine Anzahl von Klemmbändern, die je nach der Belastung des Seiles mehr oder weniger groß ist, mit dem tragenden Seile verbunden. Ein Seilschloß veranschaulicht Abb. 313. Die Umbiegung des Seiles fällt hier fort; die Förderlast greift an Ketten, die in den Augen *ll* hängen, an und drückt dadurch die Winkelhebel *b₁b₂* herum, die mit Daumen die außen abgeschrägten Klemmhülsen *a₁a₂* fassen und zwischen das Seil und die entsprechend gestalteten Innenflächen *dd* der eigentlichen Seilbüchse pressen. Das Seil wird also um so kräftiger eingeklemmt, je größer die Förderlast ist. Zum Lösen der Klemme dienen die Muttern *k* auf den Schraubenspindeln *f*.

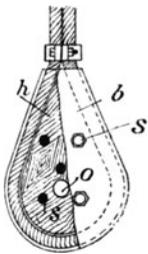


Abb. 312. Kausche mit Holzkern.

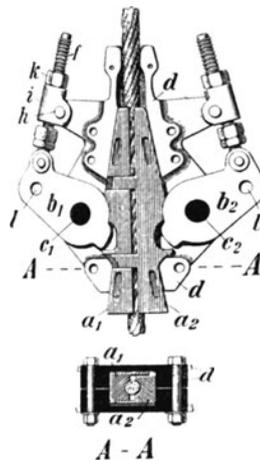


Abb. 313. Seilklemme der Deutschen Maschinenfabrik A-G.

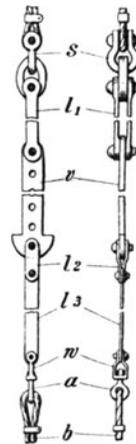


Abb. 314. Unterseilgehänge mit Ausgleichvorrichtung für Seillängen.

345. Die eigentlichen Zwischengeschirrtteile. Der Förderkorb kann durch Ketten oder durch eine Königstange 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.

Wegen der Längung der Seile müssen Zwischenstücke vorgesehen werden, die ein Längen durch eine entsprechende Verkürzung auszugleichen gestatten. Für die gröbere Einstellung dienen Laschenketten, deren Laschen einzeln entfernt oder durch Einstecken der Verbindungsbolzen in verschiedene Löcher (Abb. 314) in verschiedenen Längenverhältnissen untereinander verbunden werden können.

Die feinere Einstellung erfolgt durch Schraubenspindeln.

Außerdem kommen noch verschiedene Schäckel zur Herstellung der erforderlichen Verbindungen zwischen Seileinband, Ketten, Königstange und

Förderkorb sowie auch Wirbel in Betracht, die eine Ausgleichung des Seildralles, namentlich bei Längsschlagseilen, ermöglichen sollen, aber nur von Zeit zu Zeit betätigt werden dürfen, um das Seil nicht durch fortwährendes Auf- und Zudrehen zu beschädigen.

d) Schachtleitungen.

346. Allgemeine Anordnung der Schachtleitungen. Man unterscheidet Kopf-, Seiten- und Eckführungen. Erstere führen die Fördergestelle an den offenen Seiten. Sie bilden bei schmalen Fördergestellen die Regel (Abb. 315), werden aber auch für Fördergestelle mit je 2 Wagen nebeneinander verwandt.

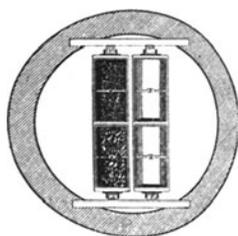


Abb. 315. Kopfführung bei langen Förderkörben.

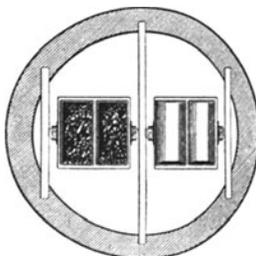


Abb. 316. Seitenführung bei breiten Förderkörben.

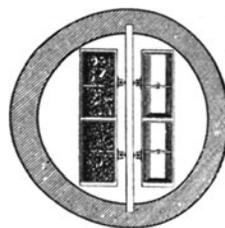


Abb. 317. Seitenführung bei langen Förderkörben.

Seitenführungen (Abb. 316) führen die Körbe an den geschlossenen Längsseiten. Sie finden in erster Linie bei breiten Gestellen Verwendung, werden aber auch für lange und schmale Gestelle benutzt und dann, um an Mitteleinstrichen zu sparen, so eingerichtet, daß die Gestelle nur auf einer Seite, hier aber mit 2 Leitungen geführt werden (Briartsche Führung, Abb. 317).

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.

347. 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. Beispiele für Verbindungen der einzelnen Leitbäume untereinander und mit den Einstrichen liefern die Abbildungen 318a und b. Die einzelnen Leitbäume erhalten Längen von je etwa 6—9 m.

Eiserne Schachtleitungen beanspruchen verhältnismäßig wenig Raum und sind gegen ausziehende Wetter widerstandsfähiger als Holzleitungen,

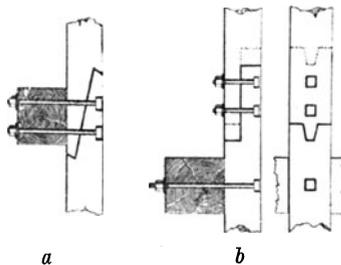


Abb. 318. Befestigungen und Verbindungen von Spurlatten.

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. 317). Vielfach findet die Briartsche Führung (Abb. 317) Anwendung, insbesondere für Schächte mit Doppelförderung wegen der bei dieser Führung zu erzielenden Raumersparnis.

Seilführungen werden durch Drahtseile gebildet, die im Schachte aufgehängt und unten mit Gewichten belastet und dadurch straff gespannt werden. Die Förderkörbe führen sich an den Seilen mit Hilfe von zylindrischen Führungsbüchsen, die gleichzeitig als Schmierbüchsen dienen können. Seilführungen sind bequem einzubringen und zu erneuern und wenig dem Verschleiß ausgesetzt, auch ermöglichen sie einen stoßfreien Gang der Förderkörbe. Jedoch beanspruchen sie bei größeren Teufen viel Raum wegen der unvermeidlichen Seilchwankungen.

e) Die an Hängebank und Füllörtern notwendigen Vorrichtungen.

348. Aufsetzvorrichtungen (Schachtfallen, Keps) sollen das Fördergestell an der Hängebank und am Füllort halten, um einen sicheren Wagenwechsel zu ermöglichen. Heute werden namentlich bei der Seilfahrt am Füllort die Aufsetzvorrichtungen fortgelassen, um ein hartes Aufsetzen der Förderkörbe zu verhüten. Auch an der Hängebank wird neuerdings häufig ohne Aufsetzvorrichtungen gefördert. Man vermeidet dann die Bildung von Hängeseil und die wechselnde Beanspruchung der Fördergestelle auf Zug und Druck.

Bei den einfachen Aufsetzvorrichtungen ist ein Anheben des Förderkorbes erforderlich, um die Aufsetzvorrichtung zurückziehen zu können. Neuerdings werden aber Vorrichtungen bevorzugt, die unter der Last des aufruhenden Förderkorbes zurückgezogen werden können. Dadurch wird das Hängeseil verhütet, was namentlich für mehrbödig, also mehrmals umzusetzende Förderkörbe wichtig ist. Eine solche Aufsetzvorrichtung zeigt Abb. 319.

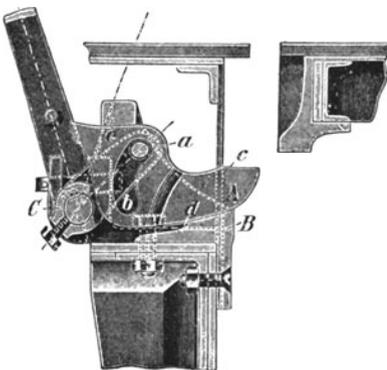


Abb. 319 Beiensche Aufsetzvorrichtung.

Die drehbare Aufsetzknagge *A* ist hier in zurückgezogener Stellung gezeichnet. Das Vorschieben erfolgt durch den Handhebel mit Hilfe des in dem Schlitz *b* gleitenden Bolzens *a*. Dabei führt sich die Knagge sowohl an dem Fußstück *B* als auch an dem hinteren oberen Anschlag *e* mittels gekrümmter Flächen. Der Anschlag *e* nimmt auch den Gegendruck des aufruhenden Fördergestells auf und erleichtert so durch Entlastung des Bolzens *a* das Zurückziehen des Handhebels. In vorgeschobener Lage kann

die Knagge *A* von dem hochgehenden Gestell zurückgeschlagen werden, da sie um den Bolzen *a*, der dann unten liegt, nach oben schwingen kann.

349. Schwenkbühnen 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. 320. Die Plattform *a* ist durch das Gegengewicht *d* ausgeglichen. Sie wird durch Druck auf den

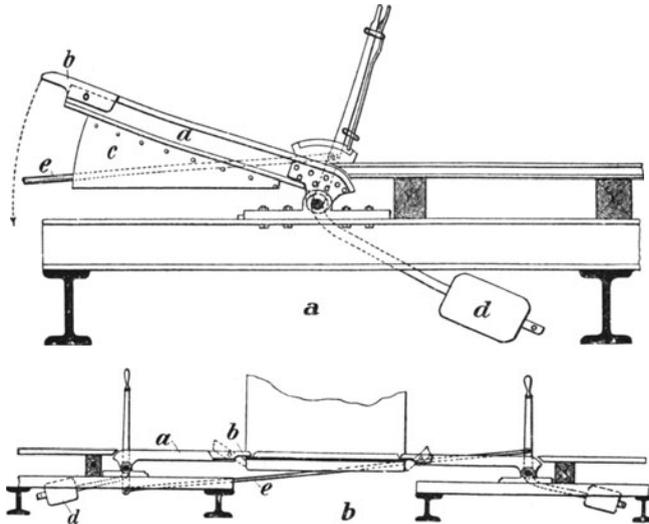


Abb. 320. Anschlußbühne nach Eickelberg.

Handhebel auf den zu bedienenden Boden des Fördergestelles gelegt. Der vorderste Teil *b* ist drehbar angeordnet, so daß er nötigenfalls von dem niedergehenden Fördergestell heruntergeklappt werden kann, während das hochgehende Gestell die Bühne soweit anzuheben vermag, daß es vorbei kann.

C. Der Betrieb der Gestellförderung.

a) Die Bedienung der Fördergestelle an den Anschlägen.

350. Allgemeines. Bei lebhafter Förderung wird der Wagenwechselbetrieb in der Regel zum Durchschieben eingerichtet, besonders für Fördergestelle mit hintereinanderstehenden Wagen. Mehrbödige Gestelle müssen während der Bedienung umgesetzt werden, was neuerdings bei hohen und schweren Förderkörben vorzugsweise in der Weise erfolgt, daß an der Hängebank die oberste, am Füllort die unterste Bühne zuerst bedient wird. Man erzielt dadurch den Vorteil, daß nicht nur die Gefahr des Übertreibens, sondern auch (wenigstens bei nicht lebhafter Bergerückförderung) die durch das Aufsetzen der Förderkörbe auf die Aufsetzvorrichtung erzeugte Stauchwirkung verringert wird, weil die schweren gefüllten Wagen unterhalb des Stützpunktes sich befinden.

351. Beschleunigung und Verbilligung der Bedienung. Da die Zahl der auf einem Fördergestell zu hebenden Wagen eine gewisse Grenze nicht über-

schreiten und ebenso die Fördergeschwindigkeit nicht beliebig gesteigert werden kann, so sucht man heute den Aufenthalt der Gestelle an den Anschlägen möglichst zu verkürzen.

Für mehrbödige Gestelle, die für größere Förderleistungen erforderlich sind, ist die Verwendung mehrerer fester Abzugbühnen das wichtigste Hilfsmittel. Es wird dann für jeden Boden des Fördergestells an Hängebank und Füllort eine besondere feste Abzugbühne vorgesehen; diese verschiedenen Bühnen werden durch kleine Bremsen untereinander verbunden. Allerdings ist das Verfahren wegen der Vermehrung der Anschlägermannschaft teuer und infolge der Bremsen umständlich. Eine Verringerung der Übelstände ist möglich, wenn man einmaliges Umsetzen beibehält, also nur für jeden zweiten Förderkorbboden eine Abzugbühne einbaut (Abb. 321).

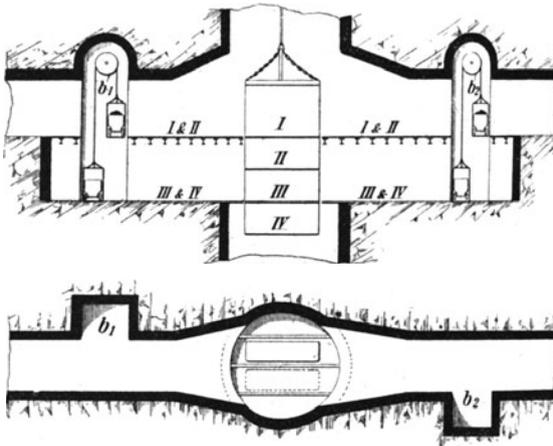


Abb. 321. Bedienung vierbödiger Fördergestelle von zwei festen Bühnen aus mit einmaligem Umsetzen.

Rasche Durchführung des Wagengestells mit geringem Aufwand von Anschlägern ermöglichen die mechanischen Beschickvorrichtungen. Diese bewirken das Auflaufen der vollen Wagen auf den Förderkorb und das Ablaufen der leeren Wagen vom Förderkorbe durch Schwinghebel, die hinter die Wagen fassen, oder durch unterlaufende Ketten, die mit Mitnehmern die Wagen bewegen. Die erste brauchbare und auch heute noch auf vielen Gruben mit Erfolg arbeitende Ketten-Mitnehmervorrichtung war diejenige von Notbohm (ausgeführt von der Siegener Maschinenbau-A.-G.). Diese bewegt (in der Regel durch einen von Druckluft getriebenen Kolben) eine Kette mit auf- und abklappbaren Mitnehmern, die sich beim Zurückziehen niederlegen, beim Vorziehen dagegen aufrichten, um die Wagenachsen zu fassen. — Andere Beschickvorrichtungen arbeiten mit schiefen Ebenen. 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 Gefälle Strecke eingeschaltet, indem man ihre Böden geneigt eingebaut oder beweglich eingerichtet hat.

Eine Hängebank mit künstlichem Gefälle zeigt Abb. 322. Die von den Gestellen kommenden Wagen laufen durch vier unter sich verbundene Gleise den Kreiselpoppern I—IV zu, auf die sie nach Bedarf verteilt werden. A und B sind unterlaufende Ketten, welche die entleerten bzw. auch die für die Wipper V und VI (zur Füllung des Förderkohlenturmes) bestimmten vollen Wagen

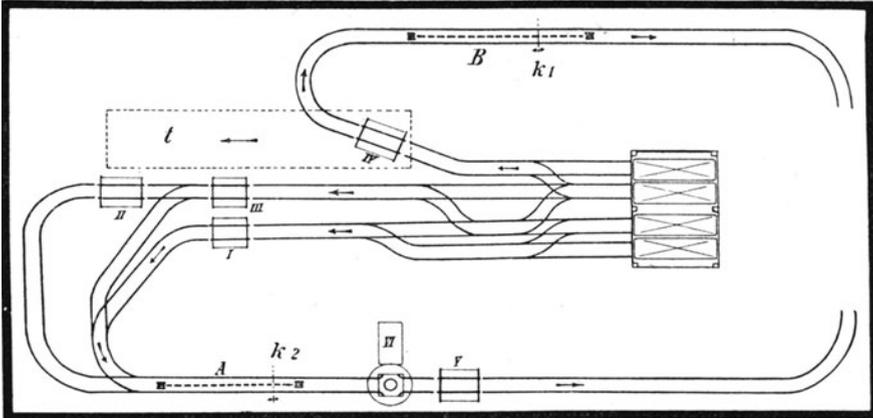


Abb. 322. Fördereinrichtung an der Hängebank der Schachanlage Neumühl II.

bis zu den Knickpunkten $k_1 k_2$ heben und sie von dort mit Gefälle hinter den Schacht laufen lassen. In Verbindung mit solchen Anlagen haben sich neuerdings selbsttätige Wipper der Maschinenfabriken Humboldt, Baum, Gröppel u. a. vielfach eingeführt. Auch am Füllort kann mit Gefälle gearbeitet werden; doch macht hier der Gebirgsdruck und der Raumangel vielfach Schwierigkeiten.

b) Die Betätigung der Schachtförderung.

352. Die Trommelförderung besteht darin, daß die Seile mit einem Ende auf einer Trommel befestigt sind und also für jedes Fördertrumm ein Seil erforderlich ist. 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.

353. 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 Fördergestellen befestigt wird und dessen Schleife bis zum Schachttiefsten reicht. Dort kann das Unterseil über eine Scheibe mit Gewichtslastung und Schlittenführung gelegt werden, doch zieht man meist eine Anzahl von Einstrichen gemäß Abb. 323 als betriebsicherer vor. Um die Förderkörbe von dem großen Gewicht des Unterseiles zu entlasten, hat man dieses öfter auch mit Hilfe eines Umföhrungsgestänges unmittelbar am Oberseil aufgehängt.

Andere Seilausgleichungen gründen sich auf die Verschiedenheit der Aufwicklungsdurchmesser der Seilkörbe, indem nach Abb. 324 das größte Seilgewicht am kleinsten, das kleinste Seilgewicht am größten Hebelarm wirkt. Eine derartige Ausgleichung ermöglichen die für die Bandseilförderung bestimmten sog. „Bobinen“, auf denen sich das Seil übereinander aufwickelt so daß selbsttätig die in der Abb. 324 dargestellte Wirkung erzielt wird. Bei Verwendung von Rundseilen kann man eine ähnliche Ausgleichung dadurch herbeiführen, daß man Seilkörbe mit mehr oder weniger konischer Form verwendet. Solche Seilkörbe sind die konischen (Abb. 325a) und die Spiralkörbe (Abb. 325b), 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.

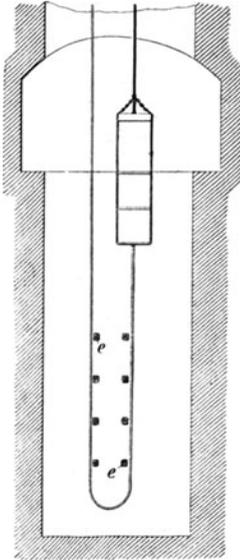


Abb. 323. Führung des Unterseils im Schachttiefsten.

354. Die Treibscheibenförderung, nach ihrem Erfinder, dem Bergwerksdirektor Koepe, auch als „Koepe-Förderung“ bezeichnet, beruht auf der Bewegung des Seiles durch die Reibung. Infolgedessen ist nur ein Seil erforderlich, an dem beide Fördergestelle hängen. Die Seilnut der Treibscheibe wird zur Erhöhung der Reibung meist mit Holz ausgefüllt.

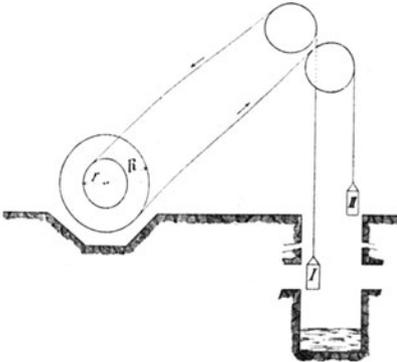


Abb. 324. Schema der Seilausgleichung durch ungleiche Hebelarme.

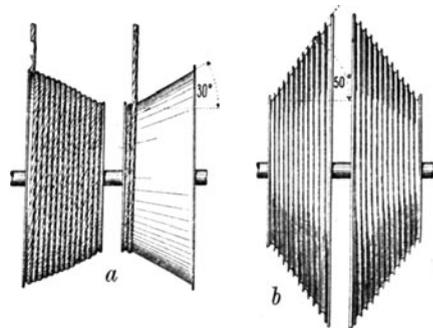


Abb. 325. Konische und Spiral-Seilkörbe.

Die Treibscheibenförderung wird fast stets mit Unterseilausgleichung 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.

c) Sicherheitsvorrichtungen bei der Schachtförderung.

1. Fangvorrichtungen.

355. Bedeutung und allgemeine Erfordernisse der Fangvorrichtungen.

Die Fangvorrichtungen sollen fahrende Personen für den Fall eines Bruches des Förderseiles oder eines Zwischengeschirrtelles 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

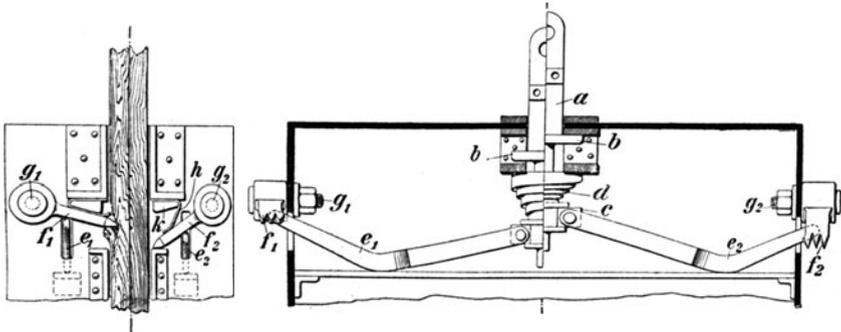


Abb. 326. Wirkungsweise der Fangvorrichtung von Undeutsch (rechts: Zustand während der Förderung, links: Zustand nach erfolgtem Seilbruch).

Bremsweg zum Stillstand kommen. Außerdem ist einfacher und kräftiger Bau, möglichst geringes Gewicht und möglichst geringe Abhängigkeit von dem jeweiligen Zustande der Schachtleitungen erforderlich.

356. Ausführungsbeispiele. Ein Beispiel für eine gut durchgebildete Fangvorrichtung ist die in Abb. 326 dargestellte von Undeutsch. Bei dieser

Seil festhalten; im Falle des Übertreibens wird durch Einpressen der Schere in einen über der Hängebank im Schachte verlagerten „Auslösetrichter“ der Kupferstift durchschnitten und das Seil freigegeben. Der dann fallende Förderkorb wird entweder von den Rändern des Auslösetrichters selbst festgehalten oder fällt auf selbsttätig in den Schacht sich einschiebende Notkeps.

359. Überwachung der Fördermaschine. Für die Fördermaschine sind zunächst als Überwachungsrichtung der Teufenzeiger und der Geschwindigkeitsmesser erforderlich. Der Teufenzeiger ist entweder ein drehend bewegter Zeiger, der auf einer bogenförmigen Teilung spielt, oder ein senkrecht gestelltes 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.

360. 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. Entweder wird dann die Stillsetzung der Maschine mittelbar durch Auslösung einer Vorrichtung, die die Dampfbremse aufwirft (vielfach außerdem auch noch den Drosselschieber schließt) bewirkt, oder es wird von der Regelungseinrichtung unmittelbar auf die Steuerung der Maschine eingewirkt, so daß diese durch Zurückschieben des Steuerhebels in die Mittel-lage allmählich und selbsttätig stillgesetzt wird.

d) Signalvorrichtungen.

361. Überblick. Die für die Verständigung zwischen Füllort und Hängebank einerseits und zwischen Hängebank und Fördermaschine andererseits erforderlichen Signalvorrichtungen können sich an das Ohr oder an das Auge wenden (akustische bzw. optische Signalvorrichtungen) und auf mechanischem oder elektrischem Wege betätigt werden. Die optischen Signale haben den Vorteil, daß sie von dem Lärme am Schachte unabhängig sind und außerdem beliebig lange sichtbar bleiben können.

Die einfachste Signalgebung ist die für das Ohr bestimmte mechanische mittels eines Hammers, der durch einen Drahtzug gegen eine Blechplatte geschlagen wird. Sie wird aber für tiefe Schächte wegen der Schwierigkeit der Aufhängung und Bewegung langer Drähte besser durch elektrische Signalvorrichtungen ersetzt, die jedes Signal dem Signalgeber hörbar zu machen gestatten und in vorteilhafter Weise Hör- und Schausignale zu vereinigen ermöglichen.

e) Fördergerüste und Seilscheiben.

362. Die Fördergerüste dienen in den meisten Fällen zur Aufnahme der Seilscheiben und müssen dann so gebaut sein, daß sie den von der Fördermaschine ausgeübten Zugkräften gewachsen sind. Ihre Höhe muß groß genug sein, um im Falle des Übertreibens eine ausreichende Sicherheit zu bieten. Bei uns werden neuerdings nur noch eiserne Gerüste gebaut. Ihr wichtigster Teil ist die Strebe, die gemäß Abb. 328 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.

Bei der Treibscheibenförderung kann man die Seilscheiben auch ganz weglassen lassen und die Fördermaschine auf das Schachtgerüst selbst setzen,

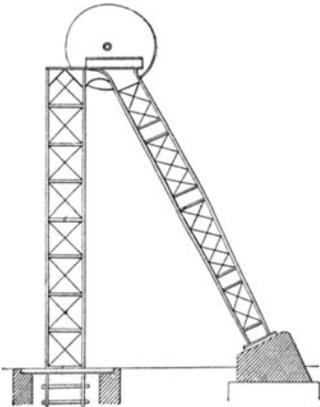
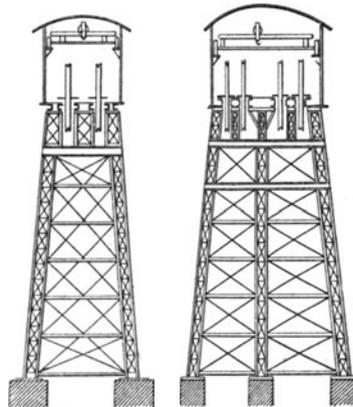


Abb. 328. Seitenansicht eines eisernen Fördergerüsts.



a) Zweibeiniger

b) Dreibeiniger Bock.

Abb. 329. Vorderansicht von eisernen Fördergerüsten.

was am besten bei elektrischem Förderbetrieb ausgeführt werden kann. Das Gerüst wird dann zum „Förderturm“. 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.

363. Die Seilscheiben werden bei der Trommelförderung am besten nebeneinander, bei der Treibscheibenförderung am besten übereinander eingebaut, um die seitliche Seilablenkung zwischen Fördermaschine und Seilscheiben möglichst zu verringern. Sie werden meist in der Weise hergestellt, daß eine Nabe aus Gußeisen oder Gußstahl mit einem Kranz aus dem gleichen Stoffe durch schmiedeeiserne Speichen verbunden wird, und müssen für stärkere Seile Durchmesser von 4—6 m erhalten, um zu scharfe Seilbiegungen zu vermeiden.

Neunter Abschnitt.

Wasserhaltung.

I. Einleitender Teil.

364. Maßnahmen und Vorrichtungen zur Fernhaltung der Wasser von den Grubenbauen. Vor allen Dingen ist über Tage Vorsorge zu treffen, daß die Tagesöffnungen des Grubengebäudes hochwasserfrei bleiben. Flußläufe, die über Grubenbauen liegen, sind, falls sie Wasser den Bauen zufallen lassen, gerade zu legen; auch hat man mehrfach ihre Sohle mit Ton ausgestampft oder ausbetoniert.

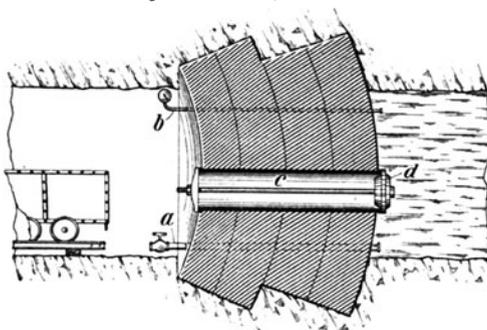


Abb. 330. Wasserdamm.

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-

richtungstrecken 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. 330 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 Röhrchen *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. 331) aus dem den Türrahmen umfassenden Mauerwerk, dem Türrahmen und der Tür oder, falls es sich um ein Doppeltor handelt, den Türen. Im unteren Teile des Rahmens ist ein Rohr vorgesehen, das für gewöhnlich offen ist und als Wasserseige dem

Grubenwasser den Durchfluß gestattet. Es wird nötigenfalls durch einen Deckel verschlossen. Etwa in halber Höhe des Rahmens ist ein anderes Rohr eingegossen, das zur Abzapfung der Wasser bei geschlossener Tür dient und durch ein vorgeschraubtes Ventil abgesperrt werden kann. Ein oberes

Rohr ist ähnlich wie beim Kugeldamm zur Luftabführung und Anbringung eines Manometers vorgesehen.

365. Sumpfanlagen.

Bei Stollenbetrieb sind besondere Vorkehrungen für die Wasserhaltung naturgemäß 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 Schacht-tiefste als Sumpf zu benutzen. Bei stärkeren Zuflüssen werden besondere Sumpfstrecken (streichende Strecken auf Flözen, auch Querschläge) aufgefah- ren, die so tief unter der Fördersohle liegen, daß sie sich vollständig mit Wasser anfüllen können, ehe dieses die Sohle der Förderstrecken erreicht.

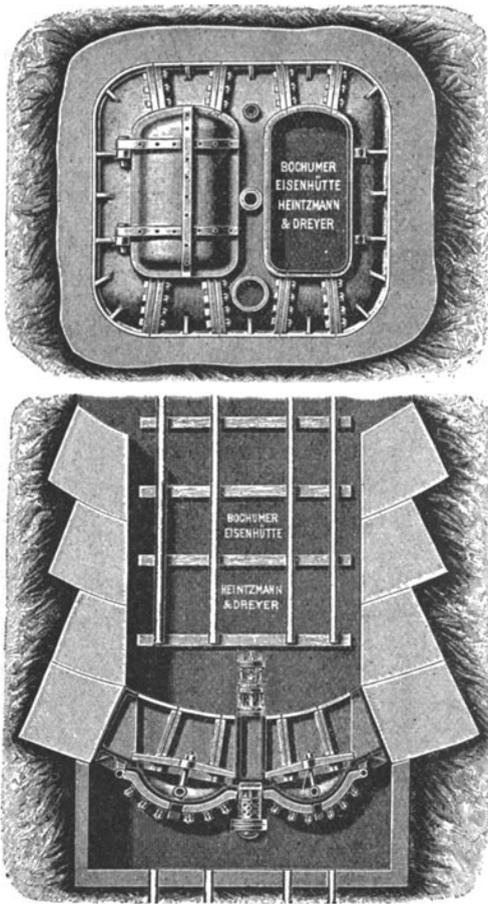


Abb. 331. Dammtor mit 2 Türen in der Ausführung der Bochumer Eisenhütte.

366. 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.

II. Wasserhebevorrichtungen.

Die hauptsächlichsten Wasserhebevorrichtungen sind Kolbenpumpen und Zentrifugalpumpen; von geringerer Bedeutung sind Wasserzieheinrichtungen, Strahlvorrichtungen, Mammutpumpen und Pulsometer.

A. Kolbenpumpen.

367. Einteilung. Man unterscheidet Kolbenpumpen mit Antriebsmaschine über Tage (Gestängewasserhaltungen, oberirdische Wasserhaltungen) und Kolbenpumpen mit Antriebsmaschine unter Tage (unterirdische Wasserhaltungen). Bei den ersteren wieder unterscheidet man drei verschiedene Pumpengattungen, und zwar:

- a) Hubpumpen,
- b) Druckpumpen,
- c) Pumpen, die ein Mittelglied zwischen Hub- und Druckpumpen darstellen (z. B. Rittingsätze).

368. Pumpenarten. Bei einer Hubpumpe bildet nach Abb. 332 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 Kolbumfang und Zylinderwand nicht nachstellbar und deshalb unzuverlässig ist, sind Hubpumpen bei höheren Drücken als 6—8 Atm. nicht zu empfehlen.

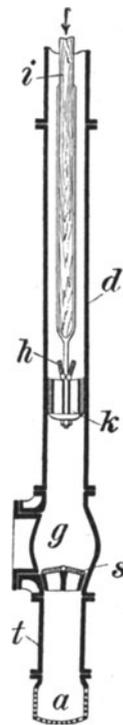


Abb. 332.
Hubpumpe.

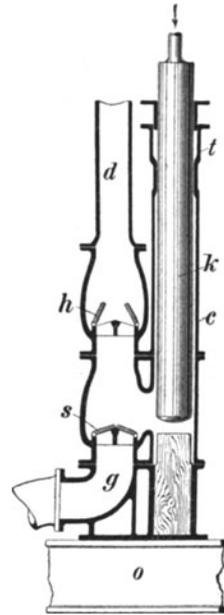


Abb. 333.
Druckpumpe.

Bei einer Druckpumpe (Abb. 333) 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.

Rittingsätze haben einen hohlen Tauchkolben und damit die Eigentümlichkeit, daß die Pumpe beim Hoch- und Niedergehen des Gestänges in ununterbrochenem Strome Wasser ausgießt.

369. Gestängewasserhaltungen haben den Vorzug, daß wegen der Aufstellung der Antriebsmaschine über Tage diese beim Ersaufen der Grube nicht mit unter Wasser kommt und daß deshalb, da die Pumpe selbst unter Wasser eine gewisse Zeit lang fortarbeiten kann, der Weiterbetrieb auch in solchen Fällen möglich bleibt. Ferner ist es für manche Fälle eine große Annehmlichkeit, daß man durch das Gestänge der oberirdischen Wasserhaltung ohne weiteres auf verschiedenen Sohlen Pumpen betreiben kann. Diesen Vorteilen stehen aber schwerwiegende Nachteile gegenüber, insbesondere: große Platzbeanspruchung im Schachte, Betriebsstörungen durch Gestängebrüche, hohe Anlagekosten und geringe Leistung, da die Hubzahl wegen der schweren auf- und niedergehenden Massen des Gestänges nur gering sein kann und 8—10 in der Minute kaum übersteigt. Wegen dieser Nachteile der Gestängewasserhaltungen bevorzugt man jetzt fast allgemein die unterirdischen Wasserhaltungen.

370. Die unterirdischen Wasserhaltungen. Die hier benutzten Pumpen sind stets Druckpumpen (Abb. 333). Anordnung und Ausführung weisen 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, Druckwasser und Elektrizität, während die teure Preßluft nur ausnahmsweise benutzt wird.

371. Die Dampfwaterhaltung. 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. Als Ersatz der Dampfwaterhaltung kommt für tiefe Schächte nur die hydraulische und die elektrische Kraftübertragung in Frage.

372. Die hydraulische Wasserhaltung erfordert umständliche und teure Einrichtungen. Eine über Tage aufgestellte Dampfmaschine betreibt eine Preßpumpe, in der das Kraftwasser auf den Betriebsdruck (200—300 Atm.)

gepreßt wird. Ein Akkumulator nimmt das Wasser zunächst auf und dient zum Ausgleich der auftretenden Wasserstöße. Von hier wird es durch die in dem Schachte eingebaute Fallrohrleitung dem unterirdischen Teile der

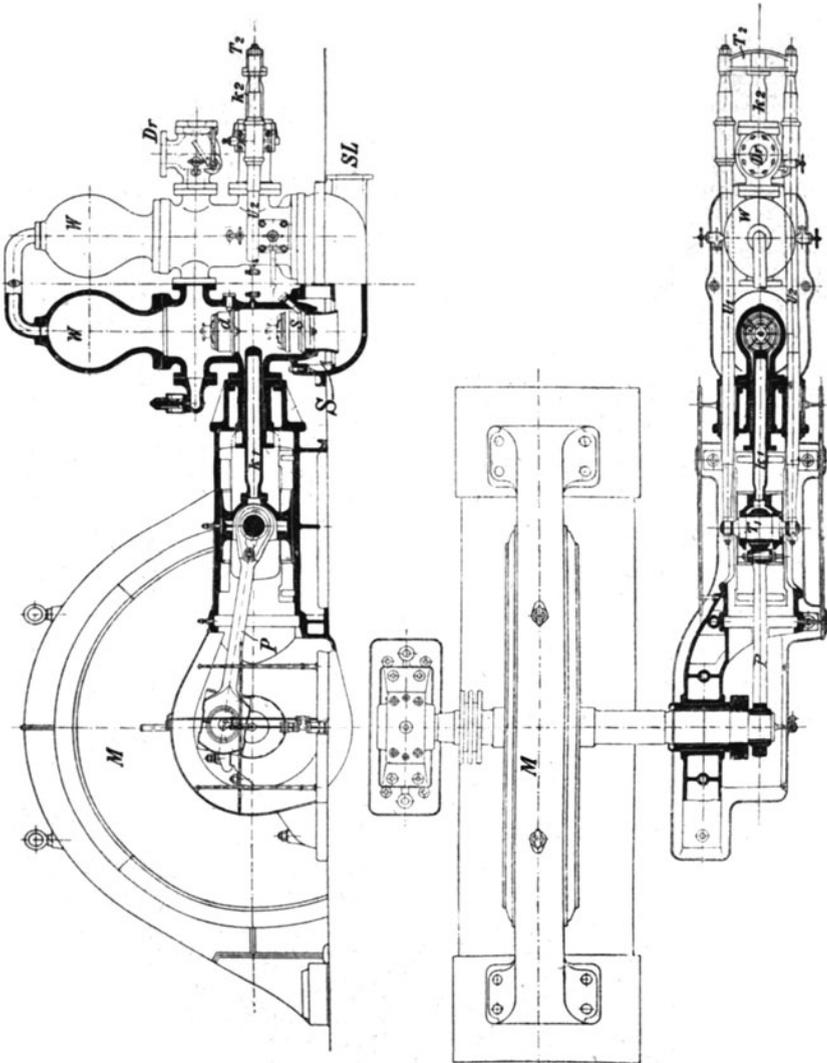


Abb. 334. Elektrische Wasserhaltung für 1,5 cbm minutlich und 495 m Druckhöhe, gebaut von Erhardt & Schner zu Schleifmühle.

Wasserhaltung zugeführt. Dieser Teil besteht aus der treibenden Wassersäulenmaschine und der Pumpe.

Der hydraulischen Wasserhaltung hatten erhebliche Nachteile an: die Anlagekosten sind hoch; der Betrieb gestaltet sich schwierig, weil das Dicht halten der Stopfbüchsen bei den hohen Betriebsdrücken ganz besondere Sorg-

falt erfordert; auch der Frost kann dem Betriebe lästig werden. Man baut hydraulische Wasserhaltungen jetzt nur noch ausnahmsweise.

373. Elektrisch angetriebene Kolbenpumpen. Bei den elektrischen Wasserhaltungen wird die Pumpe durch einen Elektromotor angetrieben, dem der Strom von über Tage her zugeführt wird. Abb. 334 zeigt die jetzt am meisten übliche Bauart. Der Motor M ist durch eine Kurbel und die Pleuelstange P unmittelbar mit der doppeltwirkenden Pumpe gekuppelt, deren beide Kolben k_1 und k_2 durch Querstücke T_1 und T_2 und Umföhrungstangen U_1 und U_2 miteinander verbunden sind. Die Saugleitung ist mit SL , das Saugventil mit s , das Druckventil mit d und die Steigleitung mit Dr bezeichnet.

Für kleinere, namentlich für fahrbare Pumpen, verzichtet man meist auf die unmittelbare Kuppelung des Motors mit der Pumpe und schaltet, um für den Motor kleinere Abmessungen zu erhalten, eine Kraftübertragung ins Langsame (gewöhnlich eine Zahnradübersetzung) ein.

Der Betrieb der elektrischen Wasserhaltungen ist einfach und sicher, der Raumbedarf im Schachte und unter Tage ist gering, die Kosten sind freilich wegen des geringen Gesamtwirkungsgrades von nur 65–70% in der Regel etwas höher als die einer Dampfwasserhaltung.

B. Zentrifugalpumpen.

374. Wirkungsweise, Bauart, Eigentümlichkeiten. Die Wirkungsweise der Zentrifugal-, Kreisel-, Schleuder- oder Turbinenpumpen beruht darauf, daß ein in schneller Umdrehung befindliches Schaufelrad das Wasser achsial ansaugt und annähernd tangential fortschleudert. Die jetzt übliche Bauart für die im Bergwerksbetriebe gebrauchten Kreiselpumpen zeigt schematisch Abb. 335. 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 Geschwindigkeit und in einer bestimmten Bewegungsrichtung in den spiraligen oder kreisförmigen Auslauf a treten lassen. Mit einem Schaufelrade kann man das

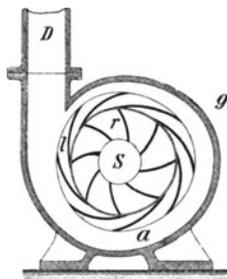


Abb. 335. Zentrifugalpumpe.

Wasser etwa 60–70 m hoch drücken. Handelt es sich um größere Druckhöhen, so bedient man sich zu deren Überwindung der Hintereinanderschaltung mehrerer Räder. Im Ruhrbezirke werden z. B. Zentrifugalpumpen mit bis zu 14 Schaufelrädern für Druckhöhen bis zu 850 m benutzt.

Der Nachteil der Zentrifugalpumpen ist, daß ihr Wirkungsgrad demjenigen der Kolbenpumpen nachsteht, so daß die Betriebskosten höher werden. Als Vorteil steht gegenüber, daß die Anschaffungskosten und der Raumbedarf, der ja für Bergwerke von Bedeutung ist, erheblich geringer als bei der Kolbenpumpe sind. Diese Vorzüge haben zur

Folge gehabt, daß man die Zentrifugalpumpen namentlich als Rückhalt für die Wasserhaltung gern benutzt.

Für das Schachtabteufen haben die Zentrifugalpumpen eine Reihe besonderer Vorteile: der Querschnitt der Pumpe ist gering, so daß die Schacht-

scheibe 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.

375. 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. Er läßt die als hohe, zylindrische Blechgefäße ausgestalteten Kübel nicht unmittelbar auf der Schachtsohle, sondern in einiger Entfernung darüber aus Vorratsbehältern schöpfen, denen durch besondere Zubringerpumpen das Wasser von der Schachtsohle aus dauernd zugehoben wird. Auf diese Weise können Füllung und Entleerung der Kübel selbsttätig mit größter Beschleunigung vor sich gehen. Dabei hat das Verfahren den Vorteil, daß alle erforderlichen Einrichtungen am Seile aufgehängt im Schachte untergebracht werden können und daß das Heben und Senken entsprechend dem Wechsel des Wasserspiegels oder dem Vorrücken des Abteufens keine Schwierigkeiten macht.

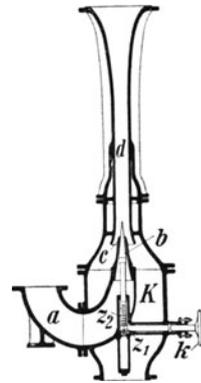


Abb. 336. Strahlpumpe im Schnitt.

Die Leistungen, die man mit einer solchen Wasserzieheinrichtung erzielen kann, können bis zu 4 cbm minutlich aus einer Schachteufe von 600 m gebracht werden. Der Dampfverbrauch ist freilich hoch.

376. Strahlpumpen werden mit Druckwasser, Dampf oder auch Preßluft betrieben. Der Strahl des aus einer Düse mit großer Geschwindigkeit auströmenden Betriebsmittels saugt das Wasser einerseits an und drückt es andererseits im Steigrohr hoch. In Abb. 336 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.

377. 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. 337 hervor. Die Preßluft wird durch eine besondere, enge Rohrleitung *d* bis an das untere Ende der Steig-

leitung a geführt, wo sie in diese übertritt. Ein eigentliches Ansaugen findet bei Mammutpumpen nicht statt, vielmehr muß die Pumpe verhältnismäßig tief in die zu hebende Flüssigkeit eintauchen. Der Wirkungsgrad ist sehr gering. Dagegen sind Mammutpumpen für schlammiges und sandiges Wasser vorzüglich geeignet.

378. Pulsometer. Ein Pulsometer (Abb. 338) besteht aus zwei birnenförmigen Kammern k_1 und k_2 , deren verjüngte Hälse sich im Dampfleitungsrohr 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 je 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 Röhrrchen r_1 und r_2 mit Spritzeinrichtung eine Verbindung zwischen

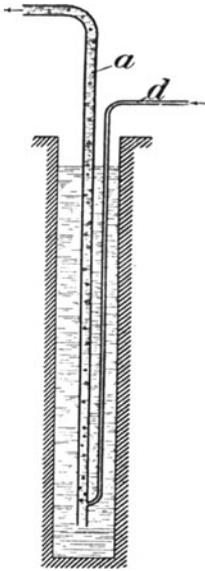


Abb. 337. Mammutpumpe.

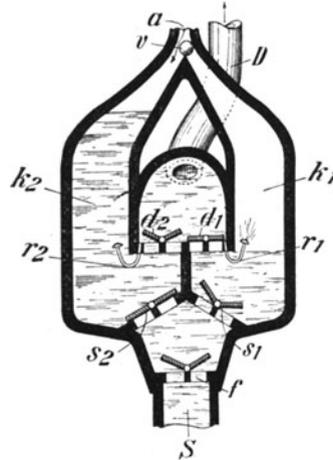


Abb. 338. Schema eines Pulsometers.

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 Röhrrchen r_1 oder r_2 Wasser ausspritzen läßt, setzt eine so lebhaft Kondensation ein, daß ein Unterdruck in der Kammer entsteht. Das Kugelventil wird infolge des höheren Druckes in der Nachbarkammer herübergeschleudert, und das Spiel wiederholt sich von neuem. Die Saughöhe eines Pulsometers sollte man nicht über 3 m nehmen; die erzielbare Druckhöhe hängt vom Dampfdrucke ab, jedoch bleibt die Wasserdruckhöhe $1\frac{1}{2}$ —3 Atm. unter der Dampfspannung. Der Dampfverbrauch ist hoch und beträgt 30—50 kg je Pferdekraftstunde. Daher beschränkt man die Anwendung der Pulsometer auf vorübergehende Arbeiten, insbesondere auf Schachtabteufen.

Zehnter Abschnitt.

Grubenbrände, Atmungs- und Rettungsgeräte.**I. Grubenbrände.**

379. Wesen, Entstehung und Verhütung von Grubenbränden. Brände von Tagesgebäuden, die sich in der Nähe von einziehenden Schächten oder Stollenmundlöchern befinden, können der Grube dadurch gefährlich werden, daß sich das Feuer in sie fortpflanzt oder daß Brandgase in die Grubenräume treten. Das sicherste Mittel dagegen ist eine völlig brandsichere Einrichtung und Ausstattung der in Frage kommenden Baulichkeiten. Ferner müssen alle einziehenden Schächte an den Hängebänken mit eisernen Klappen, Deckeln oder dgl. versehen werden, die beim Ausbruche eines Brandes über Tage leicht geschlossen werden können.

Die Brände unter Tage kann man einteilen in Flözbrände und sonstige Brände. Flözbrände beschränken sich naturgemäß auf den Stein- und Braunkohlenbergbau. Die häufigste Entstehungsursache des Brandes ist Selbstentzündung, 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 Putzwohle 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 seigeren Bremsschächten, den sog. Stapeln, falls sie nicht von Natur feucht sind. Durch die andauernde Reibung der Bremse wird viel Wärme erzeugt, die die Temperatur in der Bremskammer steigert und eine starke Austrocknung der Zimmerung im Gefolge hat. Zweckmäßig vermeidet man hier jede Verwendung von Holz, oder aber man baut Wasserbrausen zur regelmäßigen Befeuchtung ein.

380. 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 weggeführt werden. Unter Umständen kann die Löschung durch Spritzen erfolgen. Eine andere Anwendung des Wassers ist das sog. Ersäufen des Brandes, das vorzüglich bei Unterwerksbauen mit durchgreifendem Erfolge benutzt werden kann. Eine dritte Art der Bekämpfung durch Wasser ist die Verschlammung des Brandes mittels des Spülverfahrens. Das gebräuchlichste Mittel aber ist eine schnelle und enge Abdämmung des Brandherdes, um dem Brande jede Luftzufuhr zu unterbinden und ihn durch die Brandgase selbst zu ersticken.

Man unterscheidet hierbei zwischen Hilfsdämmen und Dämmen für den endgültigen Abschluß. Bei den Hilfsdämmen kommt es auf tunlichst schnelle Herstellung, weniger auf Haltbarkeit und völlige Wetterdichtigkeit an. Durch Schlagen der Hilfsdämme will man den Brand nur vorläufig einengen. Man pflegt sie meist aus Holz in der Art herzustellen, daß man einen Brettverschluss annagelt und diesen sodann berappt. Besser sind jedoch Hilfsdämme mit einer Zwischenfüllung aus Letten zwischen zwei Brettverschlägen (Abb. 339). 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. Statt der Mauerdämme

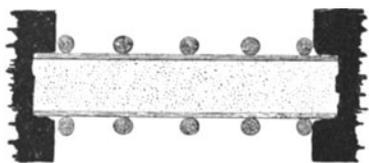


Abb. 339. Hilfsdamm.

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.

II. Atmungs- und Rettungsgeräte.

381. Überblick. Um Arbeiten in unatembaren Gasen vornehmen zu können, wobei es sich um Abdämmungen von Grubenbränden oder auch um Rettung von Menschenleben nach Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen handeln kann, bedient man sich der Atmungsgeräte. Man teilt sie ein in 1. Schlauchgeräte, 2. Behältergeräte ohne Wiederbenutzung der Ausatemluft, 3. Behältergeräte mit Wiederbenutzung der Ausatemluft (Sauerstoffgeräte).

382. Schlauchgeräte. Sogenannte „Saugschlauchgeräte“, bei denen der Träger durch eigene Lungenkraft frische Luft aus einem mit atembaren Gasen gefüllten Raum ansaugt, haben eine größere Verbreitung nicht gefunden,

weil die anwendbare Länge des Schlauches wegen der Atmungswiderstände allzu beschränkt ist.

Die Druckschlauchgeräte bestehen aus Blasebalg, Schlauch und Gesichtsmaske oder Helm. Der Blasebalg muß in guten Wettern aufgestellt werden. Mit seiner Hilfe drückt der Bedienungsmann dem Träger der Atmungs- vorrichtung frische Luft nach, so daß dessen Atmungstätigkeit von der Arbeit des Ansaugens entlastet ist. Die Gesichtsmaske besteht aus Blech; die Augenöffnungen sind mit einem Drahtgewebe überspannt; am Rande der Maske befindet sich als Abdichtung ein aufblasbarer Gummischlauch. Statt der Maske wird auch ein Helm aus Leder mit Fenstern (Rauchkappe) benutzt. Auf besonders gute Abdichtung braucht weder bei der Maske noch bei der Rauchkappe Bedacht genommen zu werden, weil die in reichlichem Überschuß nachgedrückte Frischluft zusammen mit der Ausatemungsluft in ununterbrochenem Strome durch die Undichtigkeiten entweicht und den Eintritt schädlicher Gase verhindert.

Solche Vorrichtungen ermöglichen ein Vordringen des Mannes auf Entfernungen bis zu 200 m von der Entnahmestelle der frischen Luft aus. Für größere Abstände wird das Nachziehen des Schlauches zu lästig. Wenn somit die Entfernung, in der das Gerät benutzt werden kann, begrenzt ist, so ist andererseits die Benutzungsdauer unbeschränkt, insofern der Träger bis zu den Grenzen seiner Arbeitsfähigkeit überhaupt Arbeit leisten kann.

383. Behältergeräte ohne Wiederbenutzung der Ausatemungsluft. 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 Atmungssack 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.

384. Behältergeräte mit Wiederbenutzung der Ausatemungsluft. Sauerstoffgeräte. 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 besser aus reinem Sauerstoff besteht. Geräte dieser Art gliedern sich in solche mit gasförmigem und solche mit chemisch gebundenem Sauerstoffvorrat.

Ein Gerät der ersteren Art setzt sich aus den folgenden Hauptteilen zusammen: dem Sauerstoffbehälter, der Patrone für die Bindung der Kohlensäure, der Strahldüse nebst Druckverminderungsventil (dem sog. „Automaten“), Atmungsack, Manometer, Schläuchen und den Einrichtungen für Mund- oder Nasenatmung.

Die Sauerstoffbehälter sind Stahlflaschen von etwa 2,2 l Inhalt, die mit Sauerstoff unter einem Drucke von 120 Atm. gefüllt werden, so daß sie rund 260 l enthalten. Minutlich strömen über das Druckverminderungsventil und die Strahldüse 2 l aus; der Vorrat reicht also 2 Stunden lang. In den Patronen sind Körner von Ätzalkalien schichtweise angeordnet, die die darübergeführte Ausatemluft unter Bildung kohlenaurer Alkaliverbindungen von der

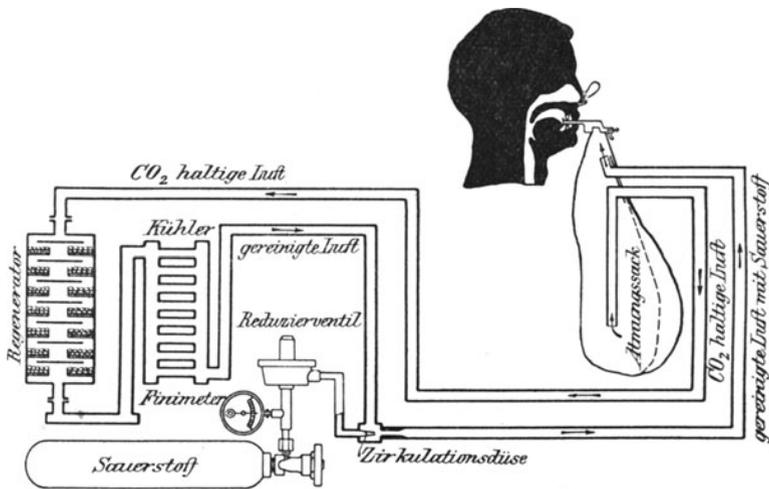


Abb. 340. Wirkungsweise des Dräger-Atmungsgerätes.

Kohlensäure befreien. In dem Automaten dient das Druckverminderungsventil dazu, den Druck des ausströmenden Gases auf 7—8 Atm. unmittelbar vor der Strahldüse herabzusetzen. Letztere setzt die Luft in dem Geräte so in Bewegung, daß die gereinigte und frische Luft zum Munde, die ausgeatmete Luft dagegen zur Patrone und darauf wieder zum Automaten strömt (Abb. 340). Die Atmungsäcke dienen als Vorratsbehälter, das Manometer zur Überwachung des in den Sauerstoffflaschen allmählich abnehmenden Druckes.

Bei der Nasen- oder Helmatmung atmet der Mann in gewöhnlicher Weise durch die Nase. Zu diesem Zwecke trägt er einen mit Fenstern versehenen Lederhelm, an dem die Zu- und Ableitungen befestigt werden (Abb. 341). 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. 340). Die Nase wird dabei durch eine Klemmvorrichtung geschlossen. Von geübten Leuten wird die Mund-

atmung wegen des Gefühls der Freiheit, das sie gewährt, vorgezogen, während der Helm dadurch, daß er dem Manne die gewohnte Atmung gestattet, ihm ein Gefühl der Sicherheit gibt.

Derartige Geräte wiegen ohne Helm 16—18 kg. Sie haben sich vielfach bewährt und haben große Verbreitung gefunden.

385. Geräte mit chemisch gebundenem Sauerstoffvorrat (Pneumatogene).

Die Geräte enthalten den Vorrat an erforderlichem Sauerstoff in chemischen Verbindungen, d. h. in fester Form. Dieser Sauerstoff wird durch den Atmungs Vorgang selbst frei, so daß also in Wechselwirkung bei lebhafter Atmung viel und bei langsamer Atmung wenig Sauerstoff entwickelt wird. Als Sauerstoffträger benutzt man Kalium-Natrium-Superoxyd, aus dem sich durch die Einwirkung der ausgeatmeten Kohlensäure und des Wasserdampfes Sauerstoff entwickelt.

Der Pneumatogen ist leichter als die Sauerstoffflaschengeräte und wiegt nur 11,3 kg. Der Anschaffungspreis ist niedriger, die Patronenkosten für die Übungen aber sind höher als bei den Geräten mit gasförmigem Sauerstoff. Die Atmung selbst ist schwieriger, weil die Lunge die ganze Luftbewegung vermitteln muß.

Insgesamt scheinen die Nachteile die Vorteile zu überwiegen, da sich die Geräte nicht in größerem Umfange haben einbürgern können.

386. Rückblick. Bei allen Sauerstoffgeräten ist im Vergleich zu den Schlauchgeräten der Träger nicht an eine bestimmte Entfernung vom Ausgangspunkte gebunden, dagegen ist die Benutzungsdauer beschränkt. Andererseits stellen die Sauerstoffgeräte an die geistige Befähigung und Schulung des Trägers erheblich höhere Anforderungen als die Schlauchgeräte.

387. Zentralstellen. Wegen der Kosten, welche die Beschaffung, Aufbewahrung und Instandhaltung der Atmungsgeräte verursacht und wegen der großen Bedeutung, die eine mit ihrer Behandlung durch dauernde Übung vertraute Mannschaft hat, sind mehrfach für größere Bergwerksbezirke



Abb. 341. Ansicht des Dräger-Atmungsgerätes mit Helmatmung.

Stellen eingerichtet worden, an denen eine reichliche Anzahl von Geräten nebst der zugehörigen Übungsmannschaft in Bereitschaft gehalten wird (Zentralstellen).

388. Unterirdische Rettungs- und Sicherheitskammern. Man hat mehrfach vorgeschlagen, für den Fall von Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen unterirdische Zufluchtsräume, sog. Rettungskammern, anzuordnen, die einer größeren Anzahl von Leuten Zuflucht gewähren können.

Eine im Zweck und in der Einrichtung den Rettungskammern ähnliche, in der Anwendung freilich verschiedene Sicherheitsvorkehrung sind die Sicherheitskammern. Während jene nur im Falle der eingetretenen Gefahr, also nach Eintritt einer Grubenexplosion, aufgesucht werden sollen, dienen diese der bereits vor Eintritt der Gefahr verringerten Belegschaft während des gefährlichen Augenblickes, z. B. während des Wegtuns der Schüsse, als sicherer Aufenthalt. Von dem Mittel macht man insbesondere auf solchen Steinkohlen- und Kalisalzgruben Gebrauch, die unter plötzlichen Kohlensäureentwicklungen leiden.

Sach- und Namenverzeichnis.

- A**bbau 56. 64 u. f.
Abbauförderung 163 u. f.
Abbauhämmer 32.
Abbau mächtiger Lagerstätten 77. 78.
— mit Bergeversatz 69 u. f.
— mit Spülversatz 79 u. f.
Abbauwirkungen 83 u. f.
Abfallende Wetterführung 102.
Abfanggabel 19.
Abhauen 63.
Abrasion, marine 3.
Abteilungsquerschläge 59 u. f. [151.
Abteufarbeit im „toten“ Wasser 147. 149.
Abteufen mit Prelluft 150. 151.
Abteuffördermaschine 142.
Abteufverfahren 141 u. f.
Abtragung 3.
Abtreibezimmerung 125. 126. 145.
Achslager bei Förderwagen 168. 169.
Aerolith 213.
Äquivalente Grubenöffnung 97.
Akkumulatoren für Lampen 115.
Akkumulatorlokomotiven 179. 180.
Albert 189.
Algonkium 6.
Alluvium 6.
Aloeseile 189.
Ammonalpetersprengstoffe 46. 47.
Anemometer 94. 95.
Anpfahl 119. 120.
Anschläge in Bremsbergen 182. 183.
Anschlußbühnen 195.
Anschütz 27.
Anspitzen der Stempel 120.
Ansteckarbeit 125. 145.
Atmosphäre 2. 3.
Atmosphärische Luft 86.
Atmungsgeräte 212 u. f.
Aufbrechen von Schächten 144.
Aufbruchbohrgesellschaft m. b. H.
Aufbruchbohrmaschinen 29. 30. [29.
Aufbrüche 59. 144.
Aufrollen der Bremsbergfelder 71.
Aufsetzvorrichtungen 194.
Aufsteigende Wetterführung 102.
Ausbau 116 u. f.
— in Stein 117. 129 u. f.
Ausbaustoffe 116. 117.
Ausbau, zusammengesetzter 131.
„Aus dem Vollen“ schießen 54.
Ausgleichgetriebe nach Ohnesorge 174.
Ausgleichung des Seilgewichtes 197. 198.
Auskothen der Sprengschüsse 44.
Ausrichtung 56 u. f.
— von Sprüngen 8.
Außenbesatz 93.
Azetylenlampe 111. 114.
- B**acksteine 129.
Bahnstempel 123.
Bandbremsen 183. 184.
Bandseile 189. 190.
Bandverschluß 109.
Baubteilungen 59. 60.
Baufelder 61.
Bauhöhe, flache 5. 61.
Bedienung der Fördergestelle 195 u. f.
Begleitstreckenbetrieb 108.
Beien sche Aufsetzvorrichtung 194.
Benzin-Sicherheitslampe 112 u. f.
Benzollokomotiven 179.
Bergeförderung mit Rutschen 167.
Bergekasten 71.
Bergemühlen 70.
Bergerollen 186.
Bergeröllcher 64.
Bergerutschen 167.
Bergeversatz 65. 69 u. f.
Bergeversatzwagen 169. 170.
Bergfesten (Abbau) 65. 82.
Berieselung 92.
Bestscher Schubriegel 188.
Betonausbau 132. 133. 137. 138.
Betonierung von Schächten 154. 159.
Betonpfropfen 148.
Betonsenkenschacht 148.
Bickfordsche Zündschnur 47.
Blasende Luttenbewetterung 110.
Bläser 88. 89.
Blätter 9. 10.
Blindörter 70. 73.
Blindschächte 59. 62.
Blockverband 130.
Bobinen 198.
Bochumer Eisenhütte 204.
Bockweichen 171.
Bodenbewegungen 83 u. f.
Boeckersche Seilmuffe 177.
Bohrbündel 19.
Bohrgestänge 17. 20.
Bohrhämmer 40 u. f.
Bohrkluppe 19.
Bohrkrone 24.
Bohrmeißel 17.
Bohrrohr 26. 27.
Bohrsäulen 40.
Bohrwagen 40.
Bolzenausbau 117.
Bolzenschrotzimmerung 134.
Bornhardtsche Zündmaschine 49.
Brandtsche Bohrmaschine 37.
Branddamm 212.
Braunkohle 3. 6. 10. 11.
Braunkohlenbruchbau 68. 119.
Breilscher Ausbau 133.

- Breitauffahren 108.
 Breithaue 32.
 Breitkeil 35.
 Bremsberge 63.
 Bremsbergförderung 181 u. f.
 Bremsgestelle 184.
 Bremsschachtförderung 185.
 Bremswerk 183.
 Briartsche Führung 193.
 Brisante Sprengstoffe 44 u. f.
 Brockenfänger 24.
 Bruchbau 65.
 Brückenglühzündung 49 u. f.
 Buntsandstein 6.
 Butzen 13.

Capell-Ventilator 99.
 v. Carnallsche Regel 8.
 Casella-Anemometer 94. 95.
 Ceag-Lampe 115. 116.
 Cenoman 6.
 Cerfunkenzündung 113.
 Cheddit 47.
 Chloratsprengstoffe 47.
 Craelius 29.

Dammter 203. 204.
 Dampfbremse 201.
 Dampfwasserhaltung 206.
 Davy-Lampe 112.
 Deckgebirgs-Sicherheitspfeiler 85.
 Deflagration 43.
 Demag 33. 39. 40. 192.
 Denudation 3.
 Depressionsformel 96.
 Depressionsmesser 94.
 Detonation 43.
 Deutscher Gußringausbau 138. 141.
 Deutscher Kaiser, Gewerkschaft 155.
 Deutscher Türstocck 121.
 Deutsche Solvaywerke 159.
 Deutsche Tiefbohr-A.-G. 22.
 Devon 6.
 Diamantbohrung 23 u. f. 27.
 Dickspülung 20. 156.
 Diffusor 99.
 Diluvium 6.
 Diskordanz 4.
 Dogger 6.
 Donarit 46.
 Doppelt konischer Mauerfuß 136.
 Dräger-Atmungsgerät 214. 215.
 Drahtseilverstärkung b. Kappen 122.
 Drehbohrmaschinen 36 u. f.
 Drehendes Bohren 35 u. f.
 — Tiefbohren 23 u. f.
 Drehkolbenmaschine 36.
 Drehkopf 20.
 Drehschranken 187.
 Drosseltüren 106.

 Druckluft s. Preßluft.
 Druckluftlokomotiven 180.
 Druckpumpe 205.
 Druckschlauchgeräte 213.
 Druckspülung b. Spülversatz 79.
 Durchgangsöffnung des Ventilators 100.
 Durchhiebe 63.
 Duplexpumpe 206.
 Dyas 6.
 Dynamit 45. 47.
 Dynamoelektrische Zündmaschinen 49. 50.

Eckführungen 193.
 Eichenholz 118.
 Eickelbergische Schwenkbühnen 195.
 Eickhoff 165. 166. 185.
 Eimerbagger 149.
 Einbruchschießen 54.
 Einebnung 3.
 Einfallen 4. 5.
 Einsturzbeben 2.
 Eintrümmige Bremsberge 182.
 Eisenausbau 116. 127 u. f.
 Eisenbetonausbau 116. 132. 133. 137. 138.
 Eisenbetonsensschacht 148.
 Elektrische Förderhaspel 186.
 — Lampen 114.
 — Lokomotiven 179 u. f.
 — Wasserhaltung 207. 208.
 — Zündung 49 u. f. 53.
 Endloses Seil f. d. Bremsbergförderung 182.
 — — f. d. Streckenförderung 173 u. f.
 Englischer Gußringausbau 138. 141.
 Eocän 6.
 Erdbeben 2.
 Erdrinde 1. 4. 6. 7.
 Erdwärmentiefenstufe 86.
 Erhardt u. Sehmer 207.
 Erosion 2.
 Erstarrungsgesteine 3.
 Eruptivgesteine 3.
 Erzgänge 12.
 Erzrollen 186.
 Expansionsventil 157.
 Explosionspillenzündung 112.
 Exzentermeißel 26.

Fabian 17. 18.
 Fabrik elektrischer Zünder 50. 51.
 Fäulnis des Holzes 118.
 Fäustel 35.
 Fahrdrahtlokomotiven 179.
 Fahrung beim Schachtabteufen 142.
 Fallen 4. 5.
 Fallrohre 155.
 Faltengebirge 1.
 Faltung 4. 5. 7.
 Fangdorn 19.
 Fanggeräte beim Schachtabbohren 154.

- Fanglocke** 19.
Fangvorrichtungen 192. 199. 200.
 — in Bremsbergen 187.
Fauck 17.
Federweichen 171.
Fimmel 35.
Firstenbänke 124.
Firstenbau 72. 74. 75.
Firstengetriebe 125.
Firstenstempel 123.
Flammenerscheinungen der Sicherheitslampe 90.
Flanschenverbindung bei Lutten 109. 110.
Fliegende Bremsen 163. 183. 185.
Flözbrände 211. 212.
Flöze 11. 12.
Flottmann 41. 164. 166.
Flüssige Luft-Sprengverfahren 52 u. f.
Förderbänder 164.
Fördergerüste 202.
Fördergestänge 170 u. f.
Fördergestelle 191.
Förderkübel 142.
Fördermaschine 201.
Förderrollen 72.
Förderseile 189 u. f.
Förderstuhl 18.
Förderturm 202.
Förderung 163 u. f.
 — mit feststehenden Maschinen 173 u. f.
Förderwagen 167 u. f.
Formationen 4. 6.
Fräser 19.
Freifallgerät 17. 18. 21.
Freihanddrehbohrmaschine 37.
Friemann u. Wolf 114.
Füllbeton 133.
Füllort 194. 195.
Funkenzündung 49 u. f.
Fußpfahl 120.
Gabelmitnehmer 176. 177.
Gänge 12.
Galvanoskop 52.
Ganze Schrotzimmerung 134.
Gault 6.
Gebirgsbildung 1. 2.
Gedinge 30.
Gefäßförderung 189.
Gefälle der Strecken 204.
 — des Wetterstromes 94.
Gefrierrohr 155.
Gefrierrohrkreis 156.
Gefrierverfahren für Schächte 155 u. f.
Gegengewicht b. Bremsbergen 182. 185.
Gelatinedynamit 45.
Gelatinöse Sprengstoffe 46. 47.
Geleucht 111 u. f.
Geothermische Tiefenstufe 86. [tung 200.
Gerlach u. Bömckesche Fangvorrich-
- Geschwindigkeitsmesser** 95. 201.
Gesenk 59.
Gestänge b. d. Förderung 170 u. f.
 — in Bremsbergen 182.
Gestängeschlüssel 19.
Gestängewasserhaltung 205. 206.
Gesteinslehre 3. 4.
Gesteinstaubverfahren 92. 93.
Gestellbremsberge 182.
Gestellförderung 189 u. f.
Getriebezimmerung 117. 125. 145.
Geviertausbau in Schächten 133. 134.
Gewinnungsarbeiten 30 u. f.
Gewöhnliches Abteufen 141 u. f. 145.
Gewölbemauerwerk 129.
Gips 3.
Gleichwertige Grubenöffnung 97.
Glockenbildung 84.
Glückshaken 19.
Graben 8.
Greißbagger 149.
Grenzläufige Wetterführung 105.
Grubenausbau 116 u. f.
Grubenbaue 56 u. f.
Grubenbewetterung 86 u. f.
Grubenbrände 211. 212.
Grubengas 88 u. f.
Grubenlokomotiven 179 u. f.
Grubenschienen 170.
Grubenweite 97.
Grubenwetter 86 u. f.
Grundstrecken 62. 63.
Gruppenbau 60.
Gurdynamit 45.
Gurtförderer 164.
Gußringausbau 133. 138. 153.
Haasesche Spundwand 146.
Hängebank 194. 197.
Hängebank-Schleusenverschluß 103. 104.
Hängeseil 194.
Häuerarbeiten 30 u. f.
Hakenkuppelung 173.
Hakenschläge 8.
Halbgelatinöse Sprengstoffe 46.
Hammerbohrmaschinen 40 u. f.
Handbohrmaschinen 36 u. f.
Handversatz 19.
 „Handweiser“ 122.
Hasencleversche Seilrollen 176.
Haspelförderung 186. 187.
Hauptförderstrecken 59. 60. 63.
Heckelsche Ketten-Greiferschleibe 178.
Hecker, Dr. 53.
Heithölzer 133.
Hellessen-Elemente 50. 51.
Herzstücke 171.
Hilfsdämme 212.
Hinselmanssche Rollenrutsche 164. 165.
 — Schleuseneinrichtung 104.

- Hintereinanderschaltung der Sprengschüsse 52.
 — der Ventilatoren 101.
 Hoffmannscher Preßluftvorschub 42.
 Hohendahlische Gabel 177.
 Hohlkegelförmiger Mauerfuß 136.
 Holländer 20.
 Holzraubau 116 u. f.
 Holzförderwagen 168.
 Holzpfeiler 120. 121. 124.
 Holztränkung 118. 119.
 Honigmännisches Schachtabbohren 155.
 Horst 8.
 Hubpumpe 205.
 Humboldt, Masch.-Fabr. 104.
 Hydraulische Wasserhaltung 206.
 Hydraulischer Mörtel 129.
 Hydro-Apparate-Bauanstalt 95.
Innere Zündung bei Lampen 112. 113.
 „Jöcher“ 133.
 Jura 6.
Kabelseile 189.
 Kälteerzeugung für Gefrierschächte 157.
 Kältelauge 157. 158.
 Kalisalzbergbau 81. 83.
 Kambrium 6.
 Kammerbau 83.
 Kappengewölbe 131.
 Kappenzimmerung 123.
 Karbon 6.
 Karbonite 46. 47.
 Karlikscher Geschwindigkeitsmesser 201.
 Karrenförderung 163. 186.
 Kausche 191.
 Kegel-Einbruch 55.
 Keil 35.
 Keil-Einbruch 55.
 Keilhau 31. 32.
 Keilkranz 139. 150.
 Keilvorrichtung 35.
 Keps 194.
 Kernholz 118. 119.
 Kernrohr 24.
 Kettenbremsberge 182. 183.
 Kettenförderungen 173. 178. 179.
 Kettengebirge 1.
 Keuper 6.
 Kind-Chandronsches Abteufverfahren 151 u. f.
 Kippgefäße 92.
 Kippriegel 188.
 Kleversche Kupplung 173.
 Klinker 129.
 Klötzeldämme 212.
 Kluffbildung 2.
 Knallquecksilber 48.
 Knotenseile 177.
 Kochsalztränkung 118.
 Königstange 192.
 Kohlenkarbonit 46.
 Kohlenoxyd 87.
 Kohlen säure 87.
 Kohlenstaub 91 u. f.
 Kohlenstränkverfahren 35. 92.
 Kohlenwestfalit I 46.
 Koepe-Förderung 198. 199.
 Kolbenpumpen 205.
 „Kombiniertes“ Schießen 55.
 Kondensator bei Kälteerzeugungsanlagen 157.
 Konglomerat 3.
 Konische Seilkörbe 198.
 Konischer Mauerfuß 136.
 Konkordanz 4.
 Kontinentale Tiefbohr-A.-G. 25.
 Kopfführungen 193.
 Korbbogen 128. 132. 133.
 Kranzplatten 170.
 Kratze 31.
 Kreide 6.
 Kreiselkompaß 27.
 Kreiselumpen 208.
 Kreiselwipper 197.
 Kreuzhacke 31. 32.
 Kreuzlager 120. 121.
 Kreuzlinie 8.
 Kreuzverband 130.
 Krückel 15.
 Kruskopfsche Kippgefäße 92.
 Kübelförderung 189.
 Künstliche Wetterführung 97.
 Kùvelage s. Gußringausbau.
 Kugeldamm 203.
 Kuppelkette 173.
 Kurvenrollen 175. 176. 178.
Längsschlag 190.
 Lager 12.
 Lagerstättenlehre 10 u. f.
 Lampen 111 u. f.
 — elektrische 114.
 Lange, Lörcke & Co. 28. 29.
 Leibungsfläche 131.
 Leitungen, elektrische 49. 51.
 Lias 6.
 v. Linde 52.
 Linsen 13.
 Litzenseile 189. 190.
 Löffelmaschine 153.
 Löb 3.
 Lokomotivförderung 179 u. f.
 Luftmörtel 129.
 Luttenbewetterung 109. 142.
 Luttenverbindungen 109.
Magnesiaement 130.
 Magnetelektrische Zündmaschinen 49.

Malm 6.
Mammutpumpen 209. 210.
Mannschaftswagen 181.
Manometrischer Wirkungsgrad 100.
Mantellampen 114.
Markscheide-Sicherheitspfeiler 85.
Maschinelle Förderung 173.
 — **Abbauförderung** 164 u. f.
Mauerfuß 135. 136.
Mauersenkenschacht 147.
Mauerung 129 u. f.
 — **in Schächten** 135 u. f.
Mauerverbände 130.
Mechanischer Wirkungsgrad 100.
Meißel 17.
Meißelbohrer 38.
Meißnersches Kohlentränkverfahren 35.
Mergel 3.
Mergelsicherheitspfeiler 59.
Meßbrücke 52.
Metallfadenlampe 115.
Methan 88 u. f.
Miedziankit 47.
Minettebergbau 82.
Miocän 6.
Mischanlagen b. Spülversatz 79.
Mitnehmer 176. 177. 179.
Mollscher Sicherheitsverschluß 188.
Moosbüchse 154.
Muffenverbindung bei Lutten 109.
Mulden 5. 7.
Muldenkipper 169.
Muschelkalk 6.

Nachgiebige Mauerung 131.
Nachgiebiger Holzausbau 117. 119. 120.
 122. 123. 124.
Nadelholz 118.
Natürliche Wetterführung 97.
Neocom 6.
Nester 13.
Niederschläge 2.
Nitroglyzerin 45.
Normalprofile f. Grubenschienen 170.
Norresscher Anzünder 48.
Notbohmsche Förderkorbbeschiekung
Nutztonnenkilometer 172. [196].

Oberirdische Wasserhaltung 205.
Oberschlesischer Pfeilerbau 120.
Ochwadtscher Depressionsmesser 94.
Öllampe 111.
Örterbau 82. 83.
Örterbremsberge 63. 182.
Ohmmeter 52.
Ohnesorgisches Ausgleichgetriebe 174.
Oligocän 6.
Organische Ablagerungen 3. 4.
Orgelstempel 120.
Ortsquerschläge 60. 61. 62.

Parallelschaltung der Sprengschüsse 52.
 — **der Ventilatoren** 100.
Parallelstreckenbetrieb 108.
Pattbergscher Stoßbohrer 149. 150.
Pendelrutschen 164. 165.
Pennsylvanisches Seilbohren 23.
Perchloratsprengstoffe 47.
Perm 6.
Pfändlatte 125.
Pfändungsbau 117. 125. 126. 127.
Pfeilerbau 65 u. f.
 — **mit Bergeversatz** 77.
Pfeilerbruchbau 65. 67. 68.
Pferdeförderung 173.
Pflanzenfaserseile 189.
Phenoltränkung 118.
Phosphorbandzündung 112.
Pieler-Lampe 91.
Plattenbau 78.
Plattenweichen 172.
Pliocän 6.
Plötzliche Gasausbrüche 88.
Pneumatogen 215.
Pötschches Gefrierverfahren 155 u. f.
Polnischer Türstock 121.
Portlandzement 129.
Preßlufthaspel 186.
Preßluftlokomotiven 180.
Preßluftsenkenschacht 150. 151.
Preßluft-Stoßbohrmaschinen 38 u. f.
Pressungserscheinungen 84. 85.
Profileisenausbau in Schächten 134.
Pulsometer 210.

Quartär 6.
Quellen des Liegenden 84.
Querbau 78.
Querschläge 59. 61. 62.
Quetschhölzer 122. 123.

Radsätze 168. 169.
Räumnadel 47.
Raky 21. 22.
Rateau-Ventilator 99.
Raubbau 64.
Rauchkappe 213.
Refrigerator 157.
Regelvorrichtung bei Fördermaschinen
 201.
Reibungselektrische Zündmaschinen 49.
Reibzündung bei Lampen 112. 113.
Reifholz 118. 119.
Reihenschaltung der Sprengschüsse 52.
Rettungsgeräte 212 u. f.
Rettungskammern 216.
Richtschächte 57.
Ringausbau 128.
 — **in Schächten** 133 u. f.
Rittingersatz 205.
Robinson-Schalenkrenz 95.

- Rodehaue 32.
 Rohrleitungen bei Spülversatz 80. 81.
 Rohrquerschläge 62.
 Rollenlager bei Förderwagen 169.
 Rollenrutschen 164 u. f.
 Rollochförderung 186.
 Rolllöcher 64. 72. 76.
 Romanzement 129.
 Rotliegendes 6.
 Rüböllampe 111.
 Rückläufige Wetterführung 105.
 Ruhrthaler Maschinenfabrik 39.
 Rundseile 189. 190.
 Rutschenbau 60. 61. 65. 72 u. f.
 Rutschenförderung 163 u. f.
 Rutschschere 17. 18.
Sackbohrer 149.
 Sättel 5. 7.
 Säulen-Schrämmaschinen 32. 33.
 Salzlagerstätten 3.
 Sandschiefer 3.
 Sandstein 3.
 Sattelflöze 68. 79.
 Sauerstoff 86.
 Sauerstoffgeräte 213 u. f.
 Saugende Luttenbewetterung 110.
 Saugschlauchgeräte 212.
 Schachtabböhen nach Kind-Chaudron
 151 u. f.
 Schachtabteufen 141 u. f.
 Schachtausbau 133 u. f.
 Schachtbrände 211.
 Schachtdeckelverschluß 103. 104.
 Schachtfallen 194.
 Schachtförderung 188 u. f.
 Schachtgeviert 134.
 Schachtleitungen 193. 194.
 Schachtmauerung 135 u. f.
 Schachtringe 134. 135. 154.
 Schachtscheibe 57.
 Schachtverschlüsse 103. 104.
 Schachtwitterscheider 104.
 Schächte 51 u. f.
 Schalenkreuz 95.
 Schallholzausbau 117. 123. 124.
 Schappe 15. 16. 27.
 Schaufel 31.
 Scheibenbau 77. 78.
 Scheibenbremsen 183. 184.
 Scheibenhaspel 186. 187.
 Scheibenmauern 129. 130.
 Scheibenräder 169.
 Scheitel bei Gewölben 131.
 Schichtlohn 30.
 Schießnadel 47.
 Schlägel und Eisen 35.
 Schlagendes Bohren 40 u. f.
 Schlagwetter 89 u. f.
 Schlagwittersicherheit der Lampen 114.
 Schlagzündung bei Lampen 112. 113.
 Schlammlöffel 19.
 Schlangenbohrer 36.
 Schlauchgeräte 212.
 Schlepperförderung 163. 172. 173.
 Schleppkettenförderung 164.
 Schleuderpumpen 208.
 Schleuderräder 98 u. f.
 Schleuse für Senkschächte 151.
 Schneidschuh 146. 147.
 Schnellbinder 129.
 Schnellschlagbohrung 16. 21 u. f. 156.
 Schollengebirge 1.
 Schrägbau 74.
 Schrägbohrung 28. 29.
 Schrämeisen 31. 32.
 Schrämmaschinen 32 u. f. 73.
 Schraubentute 19.
 Schürfböhrvorrichtungen 28. 29.
 Schürfen 15.
 Schüttelrutschen 73. 164 u. f.
 Schutzweichen 187. 188.
 Schwalbenschwanzzimmerung 124. 125.
 Schwartzkopfsche Lokomotiven 181.
 Schwarzpulver 45. 47.
 Schwarzscher Stempel 127.
 Schweben 120.
 Schwebende Bühne 137.
 Schwebender Pfeilerbau 66. 67.
 — Stoßbau 76.
 — Strebbau 71. 72.
 Schwedische Türstockzimmerung 121.
 Schwefelwasserstoff 88.
 Schwenkbühnen 195.
 Schwerstange 18.
 Sedimentgesteine 3.
 Sedimentrohr 24.
 Seifen 6. 13.
 Seilausgleich 197. 198.
 Seilbohren 23.
 Seileinband 191.
 Seilförderungen 173 u. f.
 Seilführungen 194.
 Seilklemmen 192.
 Seilkosten 191.
 Seilscheiben 202.
 Seilschlösser 176.
 Seippelsche Lampe 111.
 Seitenführungen 193.
 Selbstentzündung 211.
 Selbstzug-Luttenbewetterung 109.
 Senkkörper 146 u. f.
 Senkrechtes Anstecken 145.
 Senkschacht mit Anwendung von Preß-
 luft 150. 151.
 Senkschachtverfahren 146 u. f.
 Senkschuh 146 u. f.
 Senkungsmulde 84.
 Senkungsvorgänge 70.
 Senon 6.

- Sicherheitslampe 90. 112 u. f.
 Sicherheitskammern 216.
 Sicherheitspfeiler 85.
 Sicherheitsprengstoffe 45 u. f.
 Sicherheitsverschlüsse 187.
 Siegener Maschinenbau-A.-G. 196.
 Siemens-Schuckertwerke 37. 39. 180.
 Signalvorrichtungen 177. 201. 202.
 Silur 6.
 Söhlighbohrung 28. 29.
 Sohlenbildung 58. 59.
 Sohlengewölbe 130. 131.
 Sonderbewetterung 110.
 Sonderventilatoren 110.
 Spaltglühzündung 49 u. f.
 Spannsäulen 40.
 Spannung bei Gewölben 131.
 Spannvorrichtung(Streckenförderung)174.
 Spaten 31.
 Speichenräder 169.
 Spiralseilkörbe 198.
 Spitzkeil 35.
 Splint 118.
 Sprengarbeit 35 u. f.
 Sprengkapseln 48. 50. 53.
 Sprengöl 45.
 Sprengstoffe 43 u. f.
 Springschlüssel 22.
 Sprünge 7 u. f.
 Spülbohren 19 u. f.
 Spülschächte 80.
 Spülverfahren 212.
 Spülversatz 69. 79 u. f.
 — im Kalisalzbergbau 81.
 Spundwände 146.
 Spurlatten 193. 194.
 Staff lbrüche 7.
 Stahlbandseile 190.
 Stahlförderwagen 168.
 Stampfbeton 132.
 Stapelschächte 60. 61. 62.
 Standrohre für Zementierungen 161.
 Stangen-Schrämmaschine 34.
 Starkstromleitung für Schußzündung 49.
 Staßfurter Kammerbau 83. [50.
 Steckkuppelungen 177.
 Steinkohle 3. 6. 10. 17.
 Steinsalz 6.
 Stein- und Kohlenfall 116.
 Stempelausbau 117. 119 u. f.
 — in Eisen 127.
 Sternrollen 176.
 Stickoxyd 44. 88.
 Stickstoff 87.
 Stockfischsches Schachtabbohren 155.
 Stockwerke 13.
 Stöcke 13.
 Störungszonen 7.
 Stollen 56.
 Stollengetriebe 125.
 Stoßbau 75. 76. 78. 81.
 Stoßbohrmaschinen 38 u. f.
 Stoßendes Bohren 37 u. f.
 Stoßspülung bei Spülversatz 79.
 Stoßtränkung 35. 92.
 Stoßweichen 171.
 Strahldüse 101. 102. 110.
 — in Atmungsgeräten 214.
 Strahlgebläse 101. 102. 110.
 Strahlpumpe 209.
 Stratameter 27.
 Strebbau 70 u. f.
 Strebschrämmaschine 34.
 Streckenförderung 167 u. f.
 — Antrieb 174. 175. 183.
 Streckengestelle 128.
 Streichen 4. 5.
 Streichender Pfeilerbau 66.
 — Stoßbau 75. 76.
 — Strebbau 71.
 Stromleitungstüren 106.
 Strossenbau 72.
 Stürzrollen 72.
 Stützgewölbe 130.
 Suess 9.
 Sulzer, Gebr. 37.
 Sumpfanlagen 62. 63. 204.
 Sumpfgas 88 u. f.
Tagebrüche 85.
 Talfurchung 2.
 Tarifverträge 30.
 Tauchgefäß für Luftpatronen 53.
 Tauchverfahren (Holztränkung) 119.
 Teilsohlen 60. 63. 76.
 Teilstrombildung 105.
 Tektonische Erdbeben 2.
 „Temperament“ der Grube 97.
 Tertiär 6.
 Tetryl 48.
 Teufenzeiger 201.
 Tiefbohrung 15 u. f.
 Tomsonsche Wasserzieheinrichtung 209.
 Tonnengewölbe 130.
 Tonnenkilometer 172.
 Tonnlägige Fördernng 189.
 — Schächte 57.
 Tränkung des Holzes 118. 119.
 Tragerollen 175. 176. 178.
 Tragflasche für flüssige Luft 53.
 Transportbremsberge 63. 182.
 Traß 129.
 Trauzlscher Bleimörser 44.
 Treibscheibenförderung 198. 199.
 Treibscheiben (Streckenförderung) 173.
 Trias 6. [174.
 Trockenelemente als Zündmaschinen 49.
 Tröge 31. 186. [50.
 Trommelbremsen 183.
 Trommelförderung 197. 199.

- Trommelhaspel 186.
 Trotyl 48.
 Trümmergesteine 3.
 Tübbings s. Gußringausbau.
 Türstockausbau 117. 121 u. f.
 — in Eisen 127. 128.
 Turbinenpumpen 208.
 Turon 6.
Überhaubohrmaschinen 28. 29. 30.
 Überhauen 63.
 Überschiebungen 7. 9.
 Übertreiben der Fördergestelle 200. 201.
 Umsetzvorrichtung 39. 41.
 Undeutsche Fangvorrichtung 199.
 Unglücksfälle bei der Schießarbeit 54.
 Unterfahren von Schächten 144.
 Unterhängen der Gußringe 140.
 Unterirdische Wasserhaltung 205. 206.
 Unterseil 192. 197. 198.
 Unterwerksbau 58. 63.
 Urgneisformation 6.
 Urschieferformation 6.
Ventilatoren 98 u. f.
 Ventilbohrer 16.
 Verbundsenkschacht 148.
 Verbund-Tübbings 133.
 Verdampfer 157.
 Ver. Streb- und Pfeilerbau 77.
 Verhiebart 65.
 Verlorener Ausbau 117.
 Verpfählung 122.
 Versatz 69 u. f.
 Versatzgut 79.
 Verschiebungen 7. 9. 10.
 Verschlüßtüren 187.
 Verrohung 26.
 Versteinung des Gebirges 159 u. f.
 Verwitterung 2.
 Verzug 122.
 Volumenmesser 95.
 Voreilender Ausbau 125 u. f.
 Vorrichtung 56. 59 u. f.
 Vorschubeinrichtung 39. 42.
 Vortreibarbeit 117. 125. 126.
 Vulkanische Erdbeben 2.
 — Gesteine 3.
Wagenbremsberge 182.
 Wagenförderung 163.
 Wallachschächte 159.
 Wandruten 134.
 Warnlocke 201.
 Wasserdamm 203.
 Wasserdampf 87.
 Wasserhaltung 203 u. f.
 Wasserhebevorrichtungen 205.
 Wasserkalk 129.
 Wasserspülung 19 u. f.
 Wasserstoffgas 88.
 Wasserzieheinrichtung 209.
 Wealden 6.
 Wechsel 7. 9. 171. 172.
 Wegfüllarbeit 31.
 Weichen 171. 172.
 Weiterabteufen von Schächten 143.
 Wendeplätze 170.
 Westfalia A.-G. 32. 34. 36. 37. 42.
 Wetter 86 u. f.
 Wetterbrücke 107.
 Wetterdamm 107.
 Wettergarden 106.
 Wetterkreuz 107.
 Wettermaschinen 98 u. f.
 Wetteröfen 98.
 Wetterriß 107.
 Wetterrösche 108.
 Wetterschächte 103.
 Wetterscheider 108.
 Wettersicheres Gelatinedynamit 46
 Wettersohle 58. 59.
 Wetterstammbaum 107.
 Wetterstrecken 63.
 Wettertüren 106.
 Wetterumstellvorrichtung 102.
 Wittener Stahlformgießerei 169.
 Wolfs Benzinlampe 112 u. f.
 — elektrische Lampe 115.
 Wolfische Reibzündung 113.
 Wolfscher Magnetverschluß 113.
Zechstein 6.
 Zeitzünder 51.
 Zementarten 129.
 Zementierverfahren in Schächten 159 u. f.
 Zementmörtel 129. 132.
 Zementtränkung von der Schachtsohle in
 Absätzen 161. 162.
 — von der Tagesoberfläche her 161.
 Zentralstellen für Rettungswesen 215. 216.
 Zentrifugalpumpen 208.
 Zentrifugalventilatoren 98 u. f.
 Zerrungserscheinungen 7. 84. 85.
 Ziegelmauerwerk 129.
 Zimmerungsbrände 211.
 Zubringerförderungen 175.
 Zünder, elektrische 50.
 Zünderprüfer 52.
 Zündschnur 47. 53.
 Zündung der Sprengschüsse 47.
 — elektrische 49 u. f. 53.
 Zungenweichen 171.
 Zusammengesetzter Ausbau 131.
 Zweitümmige Bremsberge 182.
 Zwieselketten 192.
 Zwillingshaspel 186.
 Zwischengeschirr 191.
 Zwischenanschlüge 183. 184. 187.

Lehrbuch der Bergbaukunde.

Mit besonderer Berücksichtigung des Steinkohlenbergbaues.

Dr.-Ing. e. h. **F. Heise** ^{Von} und **Dr.-Ing. e. h. F. Herbst**
Professor u. Direktor der Bergschule zu Bochum. Professor u. Direktor der Bergschule zu Essen.

Erster Band:

Vierte, verbesserte und vermehrte Auflage.
Mit 568 Textfiguren und einer farbigen Tafel.

1921.

Gebunden Preis M. 80.—

Inhaltsübersicht:

Einleitung.—Erster Abschnitt. Gebirgs- und Lagerstättenlehre. I. Gebirgslehre (Geologie). A. Die Kräfte des Erdinneren. B. Die Einwirkung der Atmosphäre. C. Die Zusammensetzung der Erdrinde (Gesteinslehre). D. Die Einwirkung der Erdrindenschumpfung auf die Schichtgesteine. II. Lagerstättenlehre. — Allgemeiner Teil. I. Besprechung der Lagerstätten nach ihrer äußeren Begrenzung. II. Unregelmäßigkeiten im Verhalten der Lagerstätten. — Besonderer Teil. Die Steinkohle und ihre Lagerstätten.

Zweiter Abschnitt. Das Aufsuchen der Lagerstätten. (Schürf-, Bohrarbeiten.) I. Schürfen. II. Tiefbohrung. A. Die Tiefbohrung in milden Gebirgsschichten und geringen Teufen. B. Die Tiefbohrung in größeren Teufen und vorwiegend festem Gebirge. C. Besondere Einrichtungen und Arbeiten bei der Tiefbohrung. III. Die Söhlig- und Schrägbohrung. — Anhang. Die Herstellung von Bohrlöchern zur Wasser- und Wetterlösung.

Dritter Abschnitt. Gewinnungsarbeiten. I. Einleitende Bemerkungen. II. Gewinnungsarbeiten ohne Verwendung von Sprengstoffen. III. Sprengarbeit. Herstellung der Bohrlöcher. A. Drehendes Bohren. B. Stoßendes Bohren. C. Schlagendes Bohren. Die Sprengstoffe. A. Allgemeiner Teil. B. Besonderer Teil. Die Zündung der Sprengschüsse. A. Zündschnurzündung. B. Abziehzündungen. C. Elektrische Zündung. Das flüssige Luftsprengverfahren. Unglücksfälle bei der Sprengarbeit. Betriebsmäßige Ausführung der Sprengarbeit.

Vierter Abschnitt. Die Grubenaue. I. Ausrichtung. A. Ausrichtung von der Tagesoberfläche aus. B. Ausrichtung vom Schachte aus. II. Vorrichtung. III. Das Auffahren der verschiedenen Aus- und Vorrichtungsbetriebe. IV. Abbau. Grundlegende Betrachtung. Besprechung der einzelnen Abbauarten. A. Abbauverfahren ohne Unterstützung des Hangenden. B. Abbauverfahren mit Unterstützung des Hangenden. Gebirgsbewegungen im Gefolge des Abbaues. V. Große unterirdische Räume und ihre Herstellung.

Fünfter Abschnitt. Grubenbewetterung. I. Einleitende Bemerkungen. II. Die Grubenwetter. III. Der Kohlenstaub. IV. Die Bewegung der Wetter. A. Der Wetterstrom und seine Überwachung. B. Die Mittel zur Erzeugung der Wetterbewegung. V. Führung und Verteilung der Wetter in der Grube. A. Die Wetterschächte. B. Die Verteilung der Wetter im allgemeinen. C. Die Bewetterung der Baue und insbesondere der Streckenbetriebe. VI. Das tragbare Geleuchte des Bergmannes.

Zweiter Band:

Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage.
Mit 596 Textfiguren. — Unveränderter Neudruck.

1919.

Gebunden Preis M. 44.—

Inhaltsübersicht:

Sechster Abschnitt. Grubenausbau. I. Der Grubenausbau in Abbaubetrieben und Strecken aller Art. Allgemeiner Teil. A. Wesen und Bedeutung des Grubenausbauens. B. Arten des Grubenausbauens. Besonderer Teil. Die verschiedenen Arten der Ausführung des Ausbaues. A. Der Ausbau in Holz. B. Der Ausbau in Eisen. C. Der Ausbau in Stein. D. Allgemeine Gesichtspunkte für die Verringerung der Stein- und Kohlenfallgefahr. II. Der Schachtausbau. A. Der Geviert- und Ringausbau mit Verzug. B. Geschlossener Ausbau von Schächten.

Siebenter Abschnitt. Schachtabteufen. I. Das gewöhnliche Abteufverfahren. A. Das Abteufen in standhaftem (nicht schwimmendem) Gebirge. B. Abteufen im schwimmenden Gebirge. II. Das Senkschachtverfahren. III. Das Abteufen unter Anwendung von Preßluft. IV. Das Schachtbohren bei unverkleideten Stößen. A. Das Schachtbohrverfahren in festem Gebirge nach Kind-Chaudron. B. Das Schachtbohren im lockeren Gebirge. Verfahren nach Honigmann, Deutscher Kaiser, Stockfisch. V. Das Gefrierverfahren. VI. Die Versteinerung (Zementierung) des Gebirges. A. Die Sicherung bereits abgeteufter Schächte durch Versteinerung. B. Die Versteinerung beim Schachtabteufen. VII. Vergleichender Rückblick auf die Anwendbarkeit der verschiedenen, an Stelle des gewöhnlichen Abteufens verwendbaren Verfahren.

Achter Abschnitt. Förderung. Die Förderung auf söhligler oder annähernd söhligler Bahn. A. Abbauförderung (bei flacher Lagerung). B. Streckenförderung. II. Die abwärts- und aufwärtsgehende Förderung in der Grube. A. Bremsbergförderung. B. Bremschachtförderung. C. Bremsberge und Bremschächte mit Hochförderung von Lasten. D. Rollochförderung. E. Aufwärtsgehende Förderung unter Tage. F. Sicherheitsvorrichtungen bei der Brems- und Haspelförderung. III. Schachtförderung. Gefäßförderung (Skip-Förderung), Gestellförderung. A. Die im Schachte sich bewegenden Teile und die unmittelbar für sie bestimmten Vorrichtungen. B. Der Betrieb der Gestellförderung.

Neunter Abschnitt. Wasserhaltung. I. Einleitender Teil. II. Wasserhebevorrichtungen. A. Kolbenpumpen. B. Zentrifugalpumpen. C. Sonstige Wasserhebevorrichtungen. III. Besonderheiten der Wasserhaltung beim Schachtabteufen.

Zehnter Abschnitt. Grubenbrände, Atmungs- und Rettungsgeräte.

* Hierzu Teuerungszuschläge

Die Bergwerksmaschinen. Eine Sammlung von Handbüchern für Betriebsbeamte. Unter Mitwirkung zahlreicher Fachgenossen herausgegeben von Dipl.-Bergingenieur **Hans Bansen** (Tarnowitz).

I. Band: **Das Tiefbohrwesen.** Unter Mitwirkung von Dipl.-Berging. **Arthur Gerke** und Dipl.-Ing. Dr.-Ing. **Leo Herwegen**, bearbeitet von Dipl.-Ing. **Hans Bansen**. Mit 688 Textabbildungen.

Gebunden Preis M. 16.—*

II. Band: **Gewinnungsmaschinen.** Bearbeitet von Dipl.-Bergingenieur **Arthur Gerke**, Dipl.-Bergingenieur Dr.-Ing. **Leo Herwegen**, Dipl.-Bergingenieur Dr.-Ing. **Otto Lütz** und Dipl.-Ing. **Karl Teiwes**. Mit 393 Textabbildungen.

Gebunden Preis M. 16.—*

III. Band: **Die Schachtfördermaschinen.** Bearbeitet von Dipl.-Ingenieur **Karl Teiwes** und Professor Dr.-Ing. **E. Förster**. Zweite Auflage.

In Vorbereitung.

IV. Band: **Die Schachtförderung.** Bearbeitet von Dipl.-Bergingenieur **Hans Bansen** und Dipl.-Ing. **Karl Teiwes** (Tarnowitz). Mit 402 Textabbildungen.

Gebunden Preis M. 14.—*

V. Band: **Die Wasserhaltungsmaschinen.** Von Dipl.-Ing. **Karl Teiwes**. Mit 362 Textabbildungen

Gebunden Preis M. 18.—*

VI. Band: **Die Streckenförderung.** Von Dipl.-Bergingenieur **Hans Bansen**. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 593 Textfiguren.

Gebunden Preis M. 100.—

Der Grubenausbau. Ein Lehrbuch von Bergingenieur **Hans Bansen** (Tarnowitz). Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 498 Textabbildungen.

Gebunden Preis M. 8.—*

Hebe- und Förderanlagen. Ein Lehrbuch für Studierende und Ingenieure. Von Professor **H. Aumund**.

I. Band: **Anordnung und Verwendung der Hebe- und Förderanlagen.** Mit 606 Textabbildungen.

Gebunden Preis M. 42.—*

II. Band: **Gesichtspunkte, Regeln und Berechnungen für den eigentlichen Bau der Hebe- und Förderanlagen.**

In Vorbereitung.

Die Förderung von Massengütern. Von Professor Dipl.-Ing. **G. v. Hanffstengel**.

I. Band: **Bau und Berechnung der stetig arbeitenden Förderer.** Dritte, umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 531 Textfiguren.

Gebunden Preis M. 78.—

II. (Schluß)Band: **Förderer für Einzellasten.** Dritte Auflage.

In Vorbereitung.

Die Drahtseilbahnen (Schwebbahnen). Von Reg.-Baumeister Dipl.-Ing. **P. Stephan**. Ihr Aufbau und ihre Verwendung. Dritte verbesserte Auflage. Mit 543 Textabbildungen und 3 Tafeln. Gebunden Preis M. 150.—

Berechnung elektrischer Förderanlagen. Von Dipl.-Ing. **E. G. Weyhausen** und Dipl.-Ing. **P. Mettgenberg**. Mit 39 Textabbildungen.

Preis M. 14.—*

Die Drahtseile als Schachtförderseile. Von Dr.-Ing. **Alfred Wyszomirski**. Mit 30 Textabbildungen.

Preis M. 14.—*

Einführung in die Markscheidekunde mit besonderer Berücksichtigung des Steinkohlenbergbaues. Von Dr. **L. Mintrop**, Bochum. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 191 Figuren und 5 mehrfarbigen Tafeln in Steindruck. Unveränderter Neudruck. Gebunden Preis M. 42.—*

Beobachtungsbuch für markscheiderische Messungen. Von Dr. **L. Mintrop**, Bochum. Dritte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 14 Figuren und 11 ausführlichen Messungsbeispielen nebst Erläuterungen. Gebunden Preis M. 2.—*

Zahlentafeln der Seigerteufen und Sohlen bzw. zur Berechnung der Katheten eines rechtwinkligen Dreieckes aus der Hypotenuse und einem Winkel, nebst einem Anhang für die Verwandlung von Stunden in Grade. Von Markscheider Dr. **L. Mintrop**, Bochum. Fünfte bis siebente Auflage. Preis M. 6.—

Die Herstellung des Tempergusses und die Theorie des Glühfrischens nebst Abriß über die Anlage von Tempergießereien. Handbuch für den Praktiker und Studierenden. Von Dr.-Ing. **Engelbert Leber**. Mit 213 Textabbildungen und auf 13 Tafeln. Preis M. 28.—; gebunden M. 31.—*

Die Formstoffe der Eisen- und Stahlgießerei. Ihr Wesen, ihre Prüfung und Aufbereitung. Von **Carl Irresberger**. Mit 241 Textabbildungen. Preis M. 24.—*

Das schmiedbare Eisen. Konstitution und Eigenschaften. Von Professor Dr.-Ing. **Paul Oberhoffer** (Breslau). Mit 345 Textabbildungen und einer Tafel. Preis M. 40.—

Die praktische Nutzenanwendung der Prüfung des Eisens durch Ätzverfahren und mit Hilfe des Mikroskopes. Kurze Anleitung für Ingenieure, insbesondere Betriebsbeamte. Von Dr.-Ing. **E. Preuß** †. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage, herausgegeben von Professor Dr. **G. Berndt** und Ingenieur **A. Cochius**. Mit 153 Figuren im Text und auf einer Tafel. Preis M. 14.—; gebunden M. 18.40

Die Praxis des Eisenhüttenchemikers. Anleitung zur chemischen Untersuchung des Eisens und der Eisenerze. Von Dozent Dr. **Carl Krug**, Berlin. Mit 31 Textabbildungen. Gebunden Preis M. 6.—*

Leitfaden für Gießereilaboratorien. Von Professor **Bernhard Osann**. Mit 9 Textabbildungen. Gebunden Preis M. 1.60*

Physik und Chemie. Leitfaden für Bergschulen von Dr. **H. Winter.**
Mit 114 Textfiguren und einer farbigen Tafel. Preis M. 20.—*

Leitfaden der Hüttenkunde für Maschinentechniker.
Von Dipl.-Ing. **K. Sauer.** Mit 81 Textfiguren. Preis M. 9.—*

Elektrische Starkstromanlagen. Maschinen, Apparate, Schaltungen, Betrieb. Kurzgefaßtes Hilfsbuch für Ingenieure und Techniker, sowie zum Gebrauch an technischen Lehranstalten. Studienrat Dipl.-Ing. **Emil Kosack,** Magdeburg. Fünfte, durchgesehene Auflage. Mit 294 Textfiguren. Gebunden Preis M. 32.—

Kurzer Leitfaden der Elektrotechnik für Unterricht und Praxis in allgemeinverständlicher Darstellung. Von Ing. **Rud. Krause.** Vierte, verbesserte Auflage, herausgegeben von Prof. **H. Vieweger.** Mit 375 Textabbildungen. Gebunden Preis M. 20.—*

Die Technologie des Maschinentechnikers. Von Prof. Ing. **Karl Meyer,** Köln. Fünfte, verbesserte Auflage. Mit 431 Textfiguren. Gebunden Preis M. 28.—

Planimetrie mit einem Abriss über die Kegelschnitte. Ein Lehr- und Übungsbuch zum Gebrauch an technischen Mittelschulen. Von Dr. **Adolf Heß,** Professor am Kantonalen Technikum in Winterthur. Zweite Auflage. Mit 207 Textfiguren. Preis M. 6.60*

Trigonometrie für Maschinenbauer und Elektrotechniker. Ein Lehr- und Aufgabenbuch für den Unterricht und zum Selbststudium. Von Dr. **Adolf Heß,** Professor am Kantonalen Technikum in Winterthur. Dritte Auflage. Mit 112 Textfiguren. Preis 6.—*

Mathematisch-technische Zahlentafeln. Genehmigt zum Gebrauch bei den Reifeprüfungen an den höheren Maschinenbauschulen, Maschinenbauschulen, Hüttenschulen und anderen Fachschulen für die Metallindustrie durch Ministerial-Erlaß vom 14. Oktober 1919. Zusammengestellt von Dipl.-Ing. **H. Bohde,** Prof. Dr. **J. Freyberg,** Dipl.-Ing. Prof. **L. Geusen,** Oberlehrern an den Staatl. Vereinigten Maschinenbauschulen in Dortmund. Dritte Auflage. Preis M. 2.60*

Taschenbuch für den Maschinenbau. Unter Mitwirkung bewährter Fachleute herausgegeben von Professor **H. Döbel,** Ingenieur, Berlin. Dritte, erweiterte und verbesserte Auflage. Mit 2620 Textfiguren und 4 Tafeln. In Ganzleinen.

In zwei Teilen: In einem Band gebunden Preis M. 70.—
In zwei Bänden gebunden Preis M. 84.—

Hilfsbuch für den Maschinenbau. Für Maschinentechniker sowie für den Unterricht an technischen Lehranstalten. Unter Mitwirkung von hervorragenden Fachleuten herausgegeben von Oberbaurat **Fr. Freytag†,** Professor i. R. Sechste, erweiterte und verbesserte Auflage. Mit 1288 in den Text gedruckten Figuren, einer farbigen Tafel und 9 Konstruktionstafeln. In Ganzleinen gebunden Preis M. 60.—*

* Hierzu Teuerungszuschläge