

in der Mitte durch eine größere Oeffnung unterbrochen ist. Der Eintritt des Wassers und Haufwerkes findet durch diese Oeffnung, der Austritt nach inniger Mengung durch das Geflecht statt. Pumpen *G*, durch hydraulische Motoren *H* getrieben, welche ihr Druckwasser der Leitung *B* entnehmen, schaffen den gemengten Schmand durch die ebenfalls teleskopisch verlängerbare Leitung *J* in den Schachtsumpf oder weiter durch den Schacht bis zu der ins Meer mündenden Rösche.

Die dargestellte Bohrmaschine sollte für die Herstellung eines Stollens von 2,40 m Lichtweite dienen. Auf dem gemeinschaftlichen sich drehenden Rade oder Bohrkopf sitzen 24 Schneidscheiben, deren jede bei einer Radumdrehung einen ringförmigen, höchstens 2 mm tiefen Streifen abarbeitet, dessen Breite ungefähr dem vierten Teil des betreffenden Scheibendurchmessers gleich sein soll. Die Schneidscheiben können sich um ihre eigenen Axen frei drehen und vollziehen daher beim Arbeiten Eigendrehungen, welche der Hauptbewegung entgegen gerichtet sind; hierdurch wird bezweckt, daß stets ein anderer Teil der Kante in Wirkung trete und daß die Abnutzung sich verringere.

Crampton gibt an, er habe mit einem ähnlichen Modell 5 m Fortschritt in der Stunde erzielt, ohne die Scheiben auszuwechseln. Die Gewinnung von je 1 cbm Kreide pro Stunde erfordere eine Arbeit von $2\frac{1}{2}$ Pferdekräften oder 675 000 mkg, welche Zahl mit den Erfahrungen in Sangatte (siehe Seite 405) in Widerspruch steht. Der Druck des Wassers auf die teleskopische Rohrverbindung von *B* mit *C* soll die Maschine vorwärts pressen, wobei man zur Regelung der Geschwindigkeit ein Zahnrad in eine Zahnstange eingreifen läßt oder eine andere Vorkehrung anwendet.

Nach Crampton's Vorschlägen sollte übrigens der Kanaltunnel, dessen Durchmesser er zu 10,8 m annimmt, durch seine Maschine im vollen Querschnitt ausgebohrt werden, wozu 72 Schneidscheiben erforderlich seien, welche bei einer Bohrkopfumdrehung konzentrische Ringe von 75 mm Breite und 2 mm Tiefe ausarbeiten; bei 10 Umdrehungen des Bohrkopfes pro Minute gäbe das an seinem Umfange die hohe Geschwindigkeit von 5,6 m per Sekunde. Der Fortschritt würde dann, von Aufhalten abgesehen, 1,2 m in der Stunde betragen.

C. Maschinen für rolliges Gebirge.

§ 26. Tunnelbauverfahren von Brunel; Fig. 7, Taf. XXIII. Der älteste Entwurf einer für die Durchörterung weicher Massen bestimmten Maschine ist wohl der von Sir Marc Isambart Brunel für die Herstellung eines Themsetunnels zwischen Rotherhithe und Wapping in Aussicht genommene Bohrschild¹⁰⁴). Die runde, schraubenförmig gewundene Scheibe *ABD* sollte, von einer Mittelwelle *C* langsam gedreht, sich in das Erdreich einarbeiten. Dem Schild folgt bei dieser Anordnung eine aus einzelnen Platten bestehende Eisenverkleidung, welche man dadurch weiterführt, daß man in dem Maße, wie der Schild vorwärts dringt, das endgiltige Mauerwerk verlängert und die frei werdenden Eisenplatten der Reihe nach vor Ort wieder anbringt. In die Erde getriebene Stützen sollten die feste Lage der Tunnelröhre im nachgiebigen Boden sichern.

Brunel gab später den dargelegten Plan auf; er entschloß sich, das Bauwerk nicht als gemauerte Röhre, sondern als vierkantigen Mauerklotz mit zwei

¹⁰⁴) Rziha. Lehrbuch der gesamten Tunnelbaukunst, 2. Aufl. Berlin 1874. Bd. II, S. 319.

nebeneinanderliegenden Aussparungen von angenähert eiförmigem Querschnitt auszuführen. Den Ortsstoß versicherte er hierbei mit Zumachebrettern und erfolgte deren Wegnahme und Anbringung, sowie das Abgraben des Gebirges von Hand. Die Zumachebretter stützten sich gegen 12 nebeneinander gestellte aufrechte Rahmen, deren Verschiebung maschinell erfolgte, indem man sie mit Hilfe von Schraubenpressen vorwärts drückte. Der Bau Brunel's begann 1825 mit der Abteufung der Uferschächte und wurde unter den schwierigsten Bodenverhältnissen, welche einen neunmaligen Wassereinbruch veranlaßten, nach achtjährigem Stillstand (1828—36) zu Ende geführt, sodaß 1843 die Eröffnung stattfinden konnte. Die hohen Kosten (die Angaben schwanken von 27600—32800 Mark pro laufendes Meter) und die zahlreichen Unfälle zeigen, daß Brunel's Verfahren, so außerordentlich sinnreich und bemerkenswert es war, sich in seiner Gesamtheit nicht zur Nachahmung empfiehlt. Auf eine nähere Wiedergabe der nicht einfachen Anordnungen darf hier unter Hinweis auf die ausgedehnte bezügliche Litteratur¹⁰⁵⁾ verzichtet werden und es genügt die Bemerkung, daß von Brunel's Einrichtungen sich die Zerlegung der Tunnelbrust in einzelne, mit Zumachebrettern verschließbare Fächer und die Anwendung von Schraubenpressen bei späteren Methoden anderer Ingenieure wiederfindet.

§ 27. Tunnelbauverfahren von Barlow; Fig. 8—13, Taf. XXIII. Zur Herstellung eines Stollens (Tower-Subway) unter der Themse in der Nähe des Towers ersann P. W. Barlow ein Verfahren¹⁰⁶⁾, welches unter Leitung seines Sohnes zur Anwendung gelangte. Der Bau des zwischen den Mitten der Uferschächte 402,3 m langen Tunnels begann im Februar 1869 und schritt während der ersten fünf Monate mit einer mittleren Geschwindigkeit von 1,62 m per Tag vor, die sich später bis auf 2,74 m steigerte, sodaß im November 1869 der Durchschlag erfolgte. Das Gebirge — London Clay, also zäher Thon, der bei Luftzutritt zu Anschwellungen neigt — zeigte sich, obgleich an einer Stelle die Flußsohle sich bis auf 6,7 m der äußeren Tunnelleibung nähert, so trocken und undurchlässig, daß man das zur Mörtelbereitung erforderliche Wasser von außen zuleiten mußte.

¹⁰⁵⁾ Ebenda; S. 321. — Hagen. Handbuch der Wasserbaukunst. 3. Aufl. Berlin 1874. 2. Teil. Bd. III. S. 326. — Henry Law in Weale's Quarterly Papers on Engineering. 1846. Bd. 5. — Sketches and memoranda of the works for the Tunnel under the Thames from Rotherhithe to Wapping, published and sold at the Tunnel works and by Messrs. Harvey and Darton, 55, Grace-church Street. 1827. — Description des travaux entrepris dans la construction de la tonnelle ou passage sous la Tamise entre Rotherhithe et Wapping. Londres, Warrington et Co., 27, Strand. 1851. Diese Beschreibung soll auch in englischer, deutscher und holländischer Sprache veröffentlicht worden sein. — Civil Engineering by Henry Law u. G. R. Burnell. 5. Aufl. Mit Bemerkungen und Zeichnungen von Mallet. Straham & Co., 56, Ludgate Hill, London 1869. Teil I. S. 23. — Brunel u. A. in Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. 1837. S. 32. — 1838. S. 5, 23. — 1839. S. 44. — 1840. S. 85. — 1841. S. 167. — 1843. S. 29, 80, 93. — 1849/50. Bd. 9. S. 14, 19. — Debauve. Manuel de l'ingénieur. Fascicule 12. S. 92. — Allgemeine Bauzeitg. 1838. S. 158. — 1839. S. 47, 328. — 1840. S. 372. — Zeitschr. f. Bauwesen. 1856. S. 170. — Schön. Der Tunnelbau. 2. Aufl. Wien 1874. S. 268. — Becker. Allgemeine Baukunde des Ingenieurs. 4. Aufl. Leipzig 1883. S. 473.

¹⁰⁶⁾ Drinker. Tunneling etc. 1. Aufl. S. 796. — 2. Aufl. S. 890. — Debauve. Manuel. Fasc. 12. S. 94. — Schön. Tunnelbau. 2. Aufl. S. 273. — Piéron in Annales des ponts et chaussées. 1870. Bd. 19 I. S. 520. — v. Gabriely in Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch. Ver. 1871. S. 2. — Engineer 1870. Bd. 29. S. 92. — Builder. 1870. Febr. S. 141.

Der Themsestollen hat einen kreisförmigen Querschnitt von 2,13 m Lichtweite und seine Verkleidung besteht aus zusammengeschraubten Gußeisenringen von 22 mm Fleischdicke und 0,452 m Breite. Jeder Ring besteht, siehe Fig. 8, aus drei gleich großen Wölbplatten *E* und einer vierten kleineren Schlußplatte *F*. Während die Flanschen der beiden unteren Lagerfugen gegen die Mitte gerichtet sind, stehen die beiden oberen lotrecht, welche Anordnung es ermöglichte, die Schlußplatte von unten einzubringen. Sowohl die Lager- als auch die Stoßfugen sind mit Medina-Cement gedichtet.

Die Aufstellung der Ringe erfolgte unter dem Schutze eines genieteten Schildes *G*, der mit einem Mantel *H* über die Gußeisenverkleidung zurückgriff. Der Mantel war um 0,05 m weiter als die äußeren Ringleibungen und ließ daher einen Zwischenraum, welchen man behufs Schutz des Gußeisens vor dem Verrosten mit rasch bindendem Liaskalk-Mörtel ausfüllte. Dem Tunnel ließ man stets ein 2—3 m langes Richtort voranschreiten, welches nur hart am Schilde auf eine kurze Strecke auf den Vollquerschnitt erweitert wurde und im übrigen bloß 1,80 m Höhe und 1 m Breite besaß. Seine Ausschachtung erfolgte von Hand durch Arbeiter, welche mittels in der Schildmitte befindlichen Mannloches Zugang fanden. War ein 0,452 m breiter Ring aufgestellt, so schraubte man gußeiserne Pfannen *K* an demselben fest und drehte sechs in den Schild eingreifende Schrauben *J*. Zunächst bewirkte die Drehung, daß die Schrauben sich gegen die Pfannen stemmten, und dann, daß der Schild vorwärts rückte, eine Bewegung, welche dadurch erleichtert wurde, daß der Mantel gegen das Richtort zu über die aufrechte Schildscheibe um 0,228 m vor-kragte. Sobald Raum für die Anbringung eines neuen Ringes gewonnen war, drehte man die Schrauben wieder zurück und nahm die Preßköpfe wieder ab. Das Verfahren war sehr zweckentsprechend und der Tunnel, dessen Querschnitt allerdings gering ist, kostete nur ungefähr 800 Mark pro laufendes Meter.

Als Gegenstück zu den Schilden Brunel's und Barlow's verdient vielleicht auch ein Projekt von Thomé de Gamond¹⁰⁷⁾ Erwähnung, wonach behufs Herstellung einer festen Verbindung von England und Frankreich die Mauerung eines auf dem Meeresgrund ruhenden Tunnels unter dem Schutz eines 25 m langen, halbcylinderförmigen Schildes zu geschehen hätte. Der Schild sollte mit federnden Ringen an der Außenleibung des fertigen Gewölbes schleifen und mit Hilfe eines Traggerüstes auf den stets zu verlängernden beiden Gleisen der endgiltigen Bahn weiterfahren. Damit man etwelche Hindernisse hinwegräumen könne, habe vor dem vom Schild geschützten Raum und von ihm durch Luftschleusen getrennt eine Ausschachtkammer voranzuschreiten, über deren Bau jedoch nichts Näheres angegeben wird. Uebrigens empfahl Thomé de Gamond das beschriebene Projekt nicht zur Ausführung.

§ 28. Tunneltreibmaschine von Beach¹⁰⁸⁾; Fig. 14 und 15, Taf. XXIII. Für die Herstellung einer pneumatischen Untergrundbahn in New-York in dem erdigen und sandigen Boden genannter Stadt hat Beach eine Bauweise angegeben, welche mit jener Barlow's viel Aehnlichkeit besitzt. Beach bewirkt den Vortrieb,

¹⁰⁷⁾ Thomé de Gamond. Mémoire sur les plans du projet nouveau d'un tunnel sous-marin entre l'Angleterre et la France produits à l'exposition universelle de Paris 1867 et sur les différents systèmes projetés pour la jonction des deux territoires depuis l'origine de ces études en 1833. 2. Aufl. Paris, Dunod, 1869. S. 8.

¹⁰⁸⁾ Mohr in der Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1880. Bd. 14. S. 576. — Drinker. Tunneling etc. 1. Aufl. S. 862. 2. Aufl. S. 956. — Scientific American. 1870. Bd. 23. S. 154. — 1872. Bd. 26. S. 183. — Illustrated Description of the Broadway Underground Railway etc. New-York. Published by the Beach Pneumatic Transit Co. 1872.

indem er einen kräftigen Ring von gleichem Außendurchmesser wie das Mauerwerk des kreisrunden Tunnels (im vorliegenden Falle 2,48 m) mittels hydraulischer Pressen in den Ortsstoß eintreibt.

Der Ring besteht, wie aus Fig. 14 und 15 ersichtlich, aus zwei gußeisernen Reifen *A* und *B*, zwischen welchen der Holzring *C* liegt, und sind diese drei Teile durch Bolzen miteinander verschraubt. Die vom Ring *A* umschlossene Scheibe ist in Fächer geteilt durch Bohlen, welche der Erde mit Stahlblech armierte Schneiden zukehren und gleichmäßig mit dem Ring in den Boden vorwärts dringen. In dem Ringe *B* sind 18 Stück stählerne hydraulische Preßcylinder eingelassen, welche mit einer seitwärts am Holzringe befestigten Preßpumpe *E* derart durch Rohre *F* in Verbindung stehen, daß man mittels der Hähne *G* jeden einzelnen Preßcylinder nach Belieben anschließen oder ausschalten kann. Der Durchmesser eines Preßkolbens beträgt 58 mm, der Hub 410 mm.

Um den Ring *B* ist ein Mantel *J* von 3 mm starkem Eisenblech gelegt, welcher nach rückwärts 700 mm über den Ring hinausragt, stets den vordersten Teil des endgiltigen Tunnelmauerwerkes umschließt und beim Fortrücken sich vorwärts schiebt. Vor dem jeweiligen Ende der Mauerung ist ein beiderseitig mit 10 mm starkem Eisenblech beschlagener Holzring *H* angelegt, welcher die Aufgabe hat, den etwa 12000 kg betragenden Druck der Preßkolben gleichmäßig auf das Mauerwerk zu verteilen und dasselbe somit vor Zerstörung zu schützen.

Die Arbeit erfolgt nun in der Weise, daß zwei Mann durch Bewegung des Pumpenkolbens den gesamten Apparat vorwärts schieben, während zwei andere Arbeiter durch eiserne Stangen den Boden schon im voraus aufzulockern suchen. Zu diesem Zwecke, ferner damit sich die vom Ring und den Fachwerksbohlen verdrückten Massen überhaupt beseitigen und nach Befinden auch größere Steine wegnehmen lassen, sind die Bretter so eingelegt, daß sie einzeln herausgenommen werden können. Die gewonnenen Massen werden durch zwei weitere Arbeiter hinweggefördert.

Ist nun auf solche Weise die Vorrichtung entsprechend der Hubhöhe der Preßkolben, also um 410 mm, vorwärts gegangen, so läßt man die Preßkolben und den Ring *H* nachrücken und verwahrt die frei gewordenen, zunächst nur von dem schwachen Eisenmantel umgebenen 410 mm Tunnelraum endgiltig durch Ausführung der entsprechenden Länge Mauer, worauf das Vorwärtsschieben des Ringes in der gedachten Weise aufs neue zu bewirken ist.

Auf die Ausführung der Arbeit, welche, wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich, an sich ziemlich einfach ist, muß die peinlichste Sorgfalt verwendet werden, weil dem Freiwerden des Tunnelraumes der endgiltige Ausbau mit Mauerwerk auf dem Fuße folgt und jede nachträgliche Verbesserung der Richtung unmöglich ist. Man muß die entstandene Tunnelrichtung ununterbrochen genau prüfen und jede unbeabsichtigte Abweichung in ihren ersten Anfängen sofort bekämpfen, was übrigens höchst einfacher Weise dadurch geschieht, daß man die Preßkolben jener Seite, nach welcher die Tunnelaxe hinzulenken ist, entweder gänzlich ausschaltet oder daß man durch teilweise Schließung der Hähne bei ihnen eine langsamere Fortbewegung bewirkt als an den übrigen Punkten des Ringumfangs. Das Verfahren der teilweisen oder gänzlichen Ausschaltung einzelner Preßkolben gibt auch die Möglichkeit an die Hand, auf die leichteste Art den Tunnel in einer Curve auszuführen und bedarf es ebenfalls nur einer

öfteren Nachmessung des entstehenden Bogens, um die gewünschte Krümmung zu erzielen.

Im Jahre 1868 wurde unter dem Broadway in New-York eine Probevorrichtung von etwa 1,70 m Durchmesser in Gang gesetzt. Mit der beschriebenen größeren Maschine waren im Februar 1870 unter derselben Straße ungefähr 90 m eines zum Teil in einem Bogen von 15,24 m Halbmesser gelegenen Tunnels hergestellt, dessen Weiterbau übrigens später eingestellt wurde, weil die Beach Pneumatic Transit Company keine Konzession¹⁰⁹⁾ für die Beförderung von Personen erhielt. Endlich benutzte man 1871—72 zwei Maschinen von Beach, um unter den Straßen von Cincinnati (Ohio) einen Hohlengang von 2,44 m Durchmesser zu bauen, dessen Trace unter anderem auch zwei Kanäle kreuzt.

Ein 42,7 m langes Stück des Wasserstollens der Stadt Cleveland, welcher unter den Eriesee getrieben wurde, stellte man, weil das Gebirge daselbst besonders druckhaft war, mittels einer ähnlichen Vorrichtung¹¹⁰⁾ fertig. Man benutzte zur vorläufigen Verkleidung des noch unvermauerten Raumes einen 1,829 m langen Mantel von 1,981 m lichtigem Durchmesser mit zwei gußeisernen Versteifungsringen von 102 mm im Geviert, welche dort verbreitert waren, wo die Cylinder der hydraulischen Pressen sie durchsetzten. Der Mantel ließ in seinem Innern gerade noch Platz für den vorgeschriebenen Mauerquerschnitt. Am Vorder- oder Schneidende konnten mittels wagrechter und lotrechter Bretter Fächer gebildet werden; man legte jedoch nie mehr als zwei wagrechte Laden ein, weil dann die Reibung des Lettens schon genügte, um ein zu rasches Einlaufen zu hindern. Das Hinterende war auf 61 cm glatt gehalten, um über das Mauerwerk gleiten zu können. Gewöhnlich fand ein Vorschub des Mantels statt, nachdem man 406 mm gemauert hatte, sodaß immer 20 cm Mauerwerk im Mantel steckten.

Wo der Letten sehr weich war, bekam beim Vorschieben das Gemäuer Querrisse. Man keilte dann aus Gußeisenteilen zusammenschraubte Ringe vor den Rissen fest. Anfangs benutzte man 12 Schraubenpressen, welche sich aber zu schwach zeigten; später hydraulische Pressen, welche zusammen einen Druck von 137 000 kg ausüben konnten, aber dennoch zuweilen kaum ausreichten. Trotz aller Anstrengung erfolgte eine Axenabweichung von 2° 46' nach links und an einer Stelle ein Richtungsfehler nach unten. Der auf dem Mantel lastende Druck soll ungefähr 4,35 kg pro qcm betragen haben und war für die Konstruktion zu stark; die Gußeisenringe erlitten Brüche und die Schmiedeeisenhülle eine Zusammendrückung von 10 cm.

Durand¹¹¹⁾ schlug zur Ausführung von Tunneln unter Wasser die Anwendung von undurchlässiger Leinwand vor, von welcher manche Sorten selbst bei 10 Atmosphären Druck kein Wasser durchsickern lassen sollen. Nachdem der Flußgrund vorgebaggert ist, wird an das im Trocknen hergestellte Tunnelhaupt der Leinwandsack befestigt, während die ganze übrige Länge des letzteren in einem Röhrenschild gelagert bleibt, welcher mittels hydraulischer Pressen vorwärts geschoben werden kann. Die Neigung des Schildes soll entsprechend der gewünschten Tunnelage durch Verschiebung des Schildschwerpunktes bewirkt werden. Zur Lüftung dient eine von dem Schild aufsteigende, durch eine Boje gehaltene Röhre, an welche auch die Leinwand befestigt wird, damit sie beim Vorwärtsschreiten Führung finde.

§ 29. Verfahren von v. Ruppert¹¹²⁾. Bei der Durchführung einer Wasserleitung unter dem Wien-Neustädter Schiffahrts-Kanal kam Baudirektor Karl v. Ruppert auf den trefflichen Gedanken, statt das Bett trocken zu legen und das zur Aufnahme der Leitung bestimmte Siel in einer offenen Baugrube zu mauern, einen Rohrstrang unter den Schiffahrts-Kanal durchzupressen. Das Gebirge war

¹⁰⁹⁾ Scientific American. 1872. Novemb. S. 279.

¹¹⁰⁾ Drinker. Tunneling etc. 1. Aufl. S. 852. — 2. Aufl. S. 947.

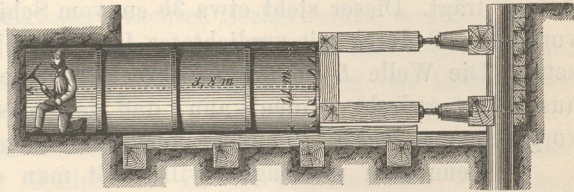
¹¹¹⁾ Annales industr. 1872. Mai. S. 576. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zn Hannover. 1873.

Bd. 19. Sp. 97.

¹¹²⁾ Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch. Ver. 1871. S. 245.

feuchter, gelber Lehm. Es wurden sieben gußeiserne Röhren angewendet von 3,793 m Länge, elliptischem Querschnitt von 1,106 m großer und 0,869 m kleiner Innenaxe, 15,3 mm Wanddicke und nach innen gerichteten 0,125 m breiten Flanschen mit 14 Löchern für die Schraubenbolzen. Der Vorderrand des erstverlegten Rohres war zuge-
schärft, wie beistehender Holz-
schnitt zeigt.

Fig. 19.



Der mit der Ausführung betraute Ingenieur Böck ließ zunächst eine Baugrube ausschachten, sodann fünf Pfähle einrammen, welche das feste Widerlager bei dem Durchpressen bilden sollten, und einen Rost als Unterlage für das erste Rohr legen, welcher demgemäß genau die beabsichtigte Neigung (1 : 100) des künftigen Durchganges erhielt. Um das Eindringen in den Lehm zu erleichtern und doch nicht aus der Richtung zu kommen, wurde vor dem Rohre immer ein Hohlraum von 0,316 m Länge, aber nur 1 m Weite ausgegraben. Zur Wegschaffung der Erde diente ein kleiner Wagen. Das Vorwärtsdrücken erfolgte derart, daß drei Mann mit eisernen Hebeln gleichmäßig drei Schraubenwinden in Bewegung setzten, bis 0,316 m Fortschritt erzielt war; dann wurde wieder auf 0,316 m Länge Erde weggeräumt und abermals nachgeschoben, nachdem man zwischen Rohr und Winden mittlerweile Holzstücke eingesetzt hatte, welche um 0,316 m Länge die vorher benutzten übertrafen.

Wenn ein Rohr vollständig eingedrungen war, so setzte man ein zweites mit gewöhnlichem Hanfzopf und Mennigdichtung an seine Flanschen an und verfuhr dann wie früher. Die Gußrohre bildeten zusammen eine Strecke von 26,550 m Länge, von der jedoch nur 21,81 m und zwar während der Zeit vom 30. Juni bis zum 2. August 1870 in zusammen 28 Stunden gepreßt wurden.

Die Kosten stellten sich, den Gulden österr. Währung zu 2 Mark gerechnet, wie folgt:

	M.	Pf.
Ausheben der Baugrube, Herstellung der Vorrichtung zum Durchpressen samt Beseitigen derselben und Wiederverschüttung der Baugrube . .	2618	08
Bei der thatsächlichen Durchpressung verwendet 132 Arbeitsschichten zu 2 M 40 Pf.	316	80
Beistellen der Gerüsthölzer, des Verdichtungsmaterials der Flanschen, Beischaffung der Beleuchtung im Innern des Rohrstranges u. s. w. . .	1239	72
Lieferung der 7 Stück gußeiserne Röhren im Gesamtgewicht von 19,65 Tonnen	4420	72
Zusammen	8595	32

Das durch v. Ruppert und Böck gezeigte Verfahren empfiehlt sich zur Wiederholung bei kleineren Ausführungen, wie sie bei Siel- und Wasserleitungsanlagen häufig vorkommen, scheint jedoch bis jetzt noch nicht die verdiente Beachtung gefunden zu haben.

§ 30. Tunnelbohr- und Treibmaschine von Dowd¹¹³⁾; Fig. 16 und 17,

¹¹³⁾ Scientific American. 1880. Neue Serie. Bd. 43. S. 279. — Der Techniker. New-York. 1880. 3. Jahrg. S. 32. — Lang in Allg. Bauzeitg. 1881. S. 60.

Taf. XXIII. Der eiserne Schild *A*, welcher weiter ist als die aus gußeisernen Ringen zu bildende Tunnelverkleidung *B*, greift mit einem Mantel über dieselbe zurück und ist vorn wasserdicht durch die aus einzelnen Teilen zusammengesetzte starke Kappe *C* abgeschlossen, welche in ihrer Mitte im Lager *D* die drehbare Welle *E* mit dem stählernen, beidseitig mit stumpfen Schneidkanten versehenen Arm *F* trägt. Dieser steht etwa 30 cm vom Schild ab und wird mittels der Zahnradvorgelege *G* durch mit verdichteter Luft getriebene Maschinen in Umdrehung versetzt. Die Welle *E* enthält in ihrer Mittelaxe ein Wasserrohr, welches vom Ort aus derart gedreht werden kann, daß das Wasser in eine der beiden im Arm *F* vorgesehenen, in Fig. 16 und 17 gestrichelt angegebenen Leitungen eintritt.

Wenn man vordringen will, läßt man die Welle mit dem Arm sich nach der passend scheinenden Richtung drehen und das Wasser, an dessen Stelle auch Preßluft benutzt werden kann, behufs Lockerung und Erweichung des Bodens auf jener Armseite ausströmen, welche die Schneidarbeit zu verrichten hat. Wo es notwendig ist, sollen an der Außenfläche des Schildes mündende Sandpumpen, bestehend aus einem inneren und einem äußeren Rohr, zur Anwendung kommen. Durch das erstere läßt man verdichtete Luft strömen, welche den Sand und Schlamm, der keinen andern Ausweg hat, in das letztere treibt, aus dessen gekrümmtem Ende er unmittelbar in den Grubenwagen *K* hineinfließt. Mittels schräg gestellter Sandpumpen sollen im Wege liegende Steine unterspült werden, bis sie unter die Tunnelsohle hinabsinken. Bei Felsgebirge ist der Arm *F* mit geeigneten Schneidwerkzeugen zu versehen.

Der Schild wird durch hydraulische Pressen *H* (im Längsschnitt ist der Deutlichkeit wegen nur die oberste Presse gezeichnet) vorwärts gedrückt. Die bereits erwähnten, zur endgiltigen Tunnelverkleidung dienenden Gußringe sind nicht kreisrund, sondern oval und zwar weniger weit als hoch, sodaß sie sich, siehe Fig. 16, durch die fertig gestellte Strecke transportiren lassen. Der Rücken der frisch gegossenen Ringe wird, ehe sie noch ganz erkaltet sind, mit einem vor Rost schützenden Ueberzug bedeckt; an das vordere Ende kommt über den Ueberzug ein Eisenreif, dessen Außenfläche genau in die Innenleibung des Schildmantels paßt und, wenn letzterer vorwärts bewegt wird, zur Führung und zum wasserdichten Abschluß dient. Etwelche Gußunregelmäßigkeiten gleicht also der Reif aus. Sind mehrere Ringe aufgestellt, so werden zu ihrer Verbindung eiserne oder stählerne Anker *O* warm aufgezogen, welche, wie Fig. 16 andeutet, angegossene Knaggen fassen.

Zur thatsächlichen Anwendung dürfte das von Dowd angegebene Verfahren noch nicht gekommen sein, obwohl es gut ausgedacht scheint und sich für rolliges oder aufgelöstes Gebirge recht wohl eignen dürfte.

§ 31. Tunnelbohrmaschine von Taskin; Fig. 5, Taf. XXIII. Im Grundgedanken nicht wesentlich abweichend von der Vorrichtung Dowd's ist die im Jahre 1878 in Paris ausgestellt gewesene Tunnelbohrmaschine von Taskin¹¹⁴⁾. Ein eiserner Mantel von etwa 2 m Durchmesser, welcher vorn durch einen Schild teilweise geschlossen ist, gleitet auf dem eigentlichen Ausbau des Tunnels und ist gegen das vordere Ende des letzteren durch mehrere Pressen *P* abgesteift. Vor

114) Revue univ. d. mines. 1880. Serie II. Bd. 8. S. 264.

dem Schilde befindet sich der um eine wagrechte Axe drehbare, mit einer Anzahl Meißel ausgerüstete Bohrer *T*, welcher sowohl drehend als stoßend wirken kann und welchem man den erstgedachten eisernen Mantel, je nach dem Fortschritte des Bohrers im Gebirge, mittels der erwähnten hydraulischen Pressen nachrücken läßt. Die von verdichteter Luft gespeiste Maschine *R* bewirkt die Drehbewegung des Bohrers und den Gang eines geneigt angebrachten Becherwerkes, welches, mit dem tiefen Ende vor den Schild greifend, hier die vom Bohrer losgelösten Gesteinsmassen faßt und nach rückwärts fördert. Zur Stoßbewegung des Bohrers dient, wie es scheint, die Maschine *S*.

Taskin beabsichtigte, seine Vorrichtung in Tunneln unter Wasser zu benutzen und innerhalb des Eisenmantels, ähnlich wie es bei pneumatischen Gründungen geschieht, unter erhöhtem Luftdruck zu arbeiten. Er schloß daher das Tunnelende durch je eine Scheidewand mit Thür sowohl gegen den vorderen Arbeitsraum als auch gegen den rückwärtigen Tunnel ab und bildete so eine Luftschleuse *U*.

Diese Anordnungen erscheinen rationell und vorteilhaft, haben aber noch keine Probe durchgemacht.

§ 32. Tunneltreibmaschine von Dunn¹¹⁵⁾; Fig. 6, Fig. XXIII. Diese Vorrichtung, für den Bau von Tunneln unter Wasser bestimmt, verlangt aufgelöstes Gebirge wie Sand oder Schlamm. Die Tunnelverkleidung besteht aus einer äußeren mit Guttapercha oder einem anderen geeigneten Stoffe *A* überzogenen Holzumhüllung *B*, welche eiserne Reifen *C* zusammenhalten, einer zweiten (mit *D* bezeichneten) Holzumhüllung und einer inneren Auskleidung aus etwa 16 mm starken, mit Flanschen versehenen Blechen, welche wasserdicht miteinander zu verbinden sind.

Der Tunnel wird innerhalb eines starken guß- oder schmiedeisernen Schildes gebaut, welcher sich mittels der Liderung *E* wasserdicht an die Tunnelaußenfläche anlegt. Der Hinterteil des Schildes erstreckt sich mit elliptischem Querschnitt auf etwa 5,2 m Länge und wird durch eine dichte Wand *F* von dem als Pflug mit stählernen Schneiden ausgebildeten, durch innere Längswände versteiften Vorderteil getrennt, in welchen man zur weiteren Verstärkung durch das Rohr *G* verdichtete Luft eintreten läßt.

Zum Vortrieb des Pfluges dient ein Kolben *H*, welcher den ganzen elliptischen Lichtquerschnitt des Schildes ausfüllt. Man preßt mittels der Pumpe *J* durch die Leitung *K* Wasser aus dem röhrenförmigen Behälter *L* in den Raum zwischen *H* und *F*. Zunächst geht der Kolben *H* zurück, bis er sich an das Ende der fertigen Tunnelverkleidung anlegt, dann aber muß der Pflug nachgeben, den Schlamm oder den Sand verdrängen und vorwärtsrücken. Ist dies geschehen, so dreht man den Dreiwegehahn *M* so, daß das Wasser in den Wagenkasten zurückfließen kann, der mit dem Behälter *L* in Verbindung steht, und schiebt mittels Schrauben den Kolben *H* wieder vor, um die endgiltige Tunnelverkleidung zu verlängern.

Von der beschriebenen Ausführungsweise lassen sich zahlreiche Abweichungen treffen; insbesondere kann man die Pumpe über Tage aufstellen und verdichtete Luft statt des Wassers anwenden. Gegenüber der einfachen Anwendung eines Schildes erscheint das zuletzt geschilderte Verfahren, welches Dunn vielleicht in Hinblick auf eine Durchkreuzung der Newa erdacht

¹¹⁵⁾ Specification. 1849. No. 12632. — The Mechanic's Magazine. 1849. Bd. 51. S. 547.

hat¹¹⁶⁾, umständlich und kostspielig; auch fehlen Vorkehrungen, um den Pflug zu lenken und etwaige Hindernisse, Steine u. dergl., hinwegzuräumen.

Greathead¹¹⁷⁾, der seiner Patentbeschreibung keine Zeichnungen beigibt, will ebenfalls einen Schild verwenden, der als Pflug ausgebildet ist, sich nach rückwärts als Mantel über einen Teil der endgiltigen Tunnelverkleidung erstreckt und durch Schrauben oder hydraulische Pressen vorwärts gedrückt wird. Bei Arbeiten unter Wasser sollen Guckfenster angebracht werden, sowie Oeffnungen zum Hinausstecken von Werkzeugen, insbesondere von Röhren, aus denen man einen Wasserstrahl treten lassen kann, welcher den Grund wegspült.

Wenn Baggerung bei der Entfernung des Bodens mitwirken soll, so ist die untere Axe der Eimerkette an einem vom Schild ausgehenden Arme zu befestigen, also dem Bagger durch dem Schild Führung zu geben. Grabwerkzeuge, nämlich sich drehende Schrauben oder Schaufeln, kann der Schild ebenfalls tragen. Schließlich ist letzterer mit Kammern zu versehen, die man behufs Einhaltung der gewünschten Höhenlage des Tunnels mit Wasser füllt oder entleert, während Dammthüren dazu dienen sollen, bei Unfällen einem Ertrinken der ganzen Anlage vorzubeugen.

§ 33. Lang's Anwendung des Gefrierverfahrens von Poetsch. Die bisher besprochenen Methoden, mildes oder schwimmendes Gebirge zu durchfahren, suchten durch Benutzung mehr oder weniger dichter Schilde das Eindringen von Wasser in den Tunnel zu verhindern, während Lang¹¹⁸⁾ die Anwendung des von Poetsch¹¹⁹⁾ erfundenen Gefrierverfahrens empfiehlt. Bei Tunneln unter Wasser durch rolliges Gebirge sollen hohle Eisenröhren (Rammröhren) mit massiver Spitze vor Ort in die Erde getrieben werden und nach vollendeter Rammung die Gefrierröhren aufnehmen, welche von Zeit zu Zeit innerhalb der Rammröhren verschoben werden sollen. Die Durchleitung der kalten Chlorecalcium- oder Chlormagnesiumlauge bewirkt ein Erstarren der umgebenden Erde, sodaß die Ausschachtung ohne Schwierigkeit erfolgen kann. Da in Folge der niedrigen Temperatur sich Kalk- oder Cementmörtel nicht verwenden lasse, sei der Tunnel vorläufig mit Eisen zu verkleiden und dieses erst nachher mit Ziegelmauerwerk auszufüttern.

Liegt der Tunnel in weichem Schlamm, so brauche man nur zwei Reihen Hilfsröhren länger und kräftiger zu machen, sie bis in den festen Untergrund hinabzutreiben und ihre oberen Enden mit den Tunnelplatten zu verschrauben, um die Lage des Bauwerks genügend zu sichern. Es ist kaum zu zweifeln, daß die Gefriermethode, welche bei dem Abteufen von Schächten bereits wesentliche Dienste geleistet hat, auch bei söhligem Durchörterungen ein wichtiges Hilfsmittel abzugeben im Stande sein wird.

§ 34. Rückblick und Schlusfolgerungen. Ein Rückblick über das im Vorhergehenden Mitgeteilte lehrt, daß bis jetzt die Tunnelbohrmaschinen ihre besten Erfolge in weichem Gebirge, insbesondere dem Kreidemergel des Pas-de-Calais, aufzuweisen haben. Hier, wo Bohren und Sprengen oder gar stoßendes Bohren allein verhältnismäßig weniger wirksam und ersteres Verfahren für die Wasserundurchlässigkeit des Felsens gefährlich gewesen wäre, vermochte die drehend bohrende Maschine von Beaumont u. English Fortschritte zu erzielen, wie sie in noch

¹¹⁶⁾ Thomé de Gamond. Mémoire sur les plans du projet nouveau d'un tunnel sous-marin entre l'Angleterre et la France. 1869. 2. Aufl. S. 6.

¹¹⁷⁾ Specification mit „provisional-protection“. 1871. No. 2768.

¹¹⁸⁾ Riga'sche Industrie-Zeitg. 1884. No. 16.

¹¹⁹⁾ Deutsches Reichspatent No. 25015. — Preuß. Zeitschr. 1883. S. 446. — Berg. u. Hüttenm. Zeitg. 1883. S. 447. — Centralbl. d. Bauverwaltg. 1883. S. 461. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884. S. 543. — 1885. S. 408. — Wochenschr. d. österr. Ing. u. Arch. Ver. 1885. S. 133, 141.

keinem anderen Tunnel- oder Grubenort erreicht worden sind. Den Vorzug seiner Maschine vor der ebenfalls am Kanal La Manche versuchten und ohne Stoß wirkenden Brunton'schen sucht Oberst Beaumont, abgesehen von konstruktiven Einzelheiten, vor allem in der grundsätzlichen Verschiedenheit, daß sich bei ersterer Vorrichtung die Gezähe langsam, bei letzterer rasch bewegen, daß sie sich daher im ersten Falle weniger erwärmen und abnutzen, womit die der Erwärmung und Abnutzung entsprechende mechanische Arbeit sich vermindert. Oberst Beaumont stützt seine Anschauungen auf die anerkannte Regel der mechanischen Technologie, für die Werkzeuge nicht große Geschwindigkeit anzuwenden, wenn kleine genügt. Er verwirft ferner die Planeten- und Trabantenscheiben Brunton's und zieht die einfache Kreisbewegung der Meißel vor, weil sie nur eine Axe mit Querarm statt dreier Axen samt Zubehör benötigt, dadurch vor Ort den Raum freier und das Gezähe behufs seiner Auswechslung oder der Veränderung seiner Stellung zugänglicher läßt.

Was die Maschine von Rziha u. Reska betrifft, so hat sie mit der von Beaumont u. English das Wesentlichste gemein und gilt das für letztere Gesagte in der Hauptsache auch für die erstere. Für das bedeutende Krafterfordernis und die langsame Bewegung solcher Maschinen ist hydraulischer Ferntrieb im höchsten Grade geeignet und wegen seines größeren Wirkungsgrades und der billigeren Einrichtung über Tage der Uebertragung durch verdichtete Luft entschieden vorzuziehen. Auch würde bei Anwendung von Wasser die von Fox bei Besprechung des Mersey-Tunnels getadelte Nebelbildung vermieden werden und ließe sich das Abwasser zur Kühlung der Stähle und zum Wegspülen des trocken zur Stauberzeugung neigenden Bohrmehles benutzen. Wählt man Preßluftbetrieb, so erscheint es allerdings richtig, nach dem Beispiele Beaumont's, der nur bis zu 2—2,5 Atmosphären Ueberdruck geht, mit Rücksicht auf den Wirkungsgrad möglichst niedrige Spannung anzuwenden.

Inwiefern die Tunnelbohrmaschinen bei festerem Gestein, als beispielsweise neuer roter Sandstein, in welchem Beaumont u. English ihre Erfindung bereits erprobt haben, die Sprengarbeit zu ersetzen vermögen, läßt sich noch nicht mit voller Bestimmtheit entscheiden. Jedenfalls sind die durch Stoß wirkenden Vorrichtungen nach Art jener von Penrice oder Henley vom Wettkampf ausgeschlossen. Die Erwägung, daß eine gewöhnliche Gesteinsbohrmaschine, bei der ein Konstruktionsteil gebrochen ist, sich ohne viel Mühe in die Werkstätte bringen und vor Ort ersetzen läßt, während die Auswechslung einer infolge der fortwährenden Erschütterungen verletzten Tunnelbohrmaschine ihre bedeutenden Schwierigkeiten hat, zeigt, daß im festeren Gestein auch weiterhin die Sprengmittel in Benutzung bleiben müssen, wenn hier die drehende Ausbohrung des vollen Querschnittes versagt; daß letzteres wahrscheinlich ist, zeigt folgende Erwägung.

In Sangatte wurden (siehe S. 392) zur Herstellung eines 1683,53 m langen Stollens von 2,134 m Durchmesser in weichem Kreidemergel 2542 222 cbm Luft eingesaugt, verdichtet und mit 2—3 Atmosphären Ueberdruck der Beaumont-English-Maschine zugeleitet. Das Kubikmeter trockener Luft von 2,5 Atmosphären Ueberdruck würde, wenn in den Triebzylindern keine Expansion stattfände, nach Formel 157^a, S. 230 der 1. Abteilung dieses Werkes, eine Arbeit von 25 000 mkg verrichten können. Nimmt man eine Expansion von 3,5 Atmosphären auf 2,5 Atmosphären wahren Druckes an, so erhöht sich die Leistung¹²⁰⁾ auf 30 260 mkg pro Kubikmeter ge-

¹²⁰⁾ Die für die Kompression aufgestellte Formel 134, S. 203 der 1. Abteilung dieses Werkes, welche mit Formel 139, S. 230 daselbst, übereinstimmt, ist im vorliegenden Falle nicht ohne weiteres

preßter oder auf 8650 mkg pro Kubikmeter eingesaugter Luft. Die oben angegebene Saugmenge stellt daher eine theoretische Arbeitsfähigkeit von 21990 Millionen mkg dar und da der Stollenquerschnitt 3,576 qm, der gesamte erbohrte Stolleninhalt 6020 cbm beträgt, kamen auf 1 cbm Stollen 3653000 mkg für die Bohrung, die Ueberwindung der Reibung der Maschinenteile, den Umlauf des Becherwerks und das Nachrücken der Vorrichtung.

Nach Havrez's Versuchen (siehe oben S. 158) beträgt bei stoßendem Bohren von Hand die dem Bohrkopf übermittelte Arbeit in mkg pro cbm Bohrloch:

	bei einmännischem Bohren	bei zweimännischem Bohren
in Schieferthon	6,18	5,73
in mittelfestem Sandstein	16,6	13,63
in sehr festem Sandstein	42,1	33,3

Hausse ermittelte (siehe oben S. 161 u. 261) die an der Bohrkronen gemessene Arbeit in mkg pro cbm zerkleinerten Gesteines:

	beim Stoßbohren	beim Drehbohren
in Kohlensandstein	25,2	16,0
in Dolomit	—	39,5
in Freiburger Normalgneis	50,8	76,5
in Hornblendeporphyr	69,2	—

Jarolimek¹²¹⁾ fand, daß einem an der Kurbel seiner Handdrehbohrmaschine aufgewendeten mkg Arbeit in Romancementmergel 39—65 und in Dolomit 23—40 Kubikmillimeter ringförmigen Bohrlochs entsprechen. Demgemäß bedarf die Herstellung eines cbm Ringinhaltes folgender Arbeit in mkg:

in Romancementmergel	15,4—25,6
in Dolomit	25,0—43,5

Von Rziha¹²²⁾ schätzt die Gewinnungsfestigkeiten, nämlich die von den Gezähnen und Sprengmitteln nützlich verrichtete Arbeit in mkg pro Kubikmeter wie folgt:

in Stichboden	10000
in Hackboden	20000
in gebrächem Gestein	65000
in Sprenggestein 1. Gattung	113000
2. Gattung	185000
3. Gattung	257000

Aus diesen verschiedenen Zahlenangaben scheint hervorzugehen, daß die Ausbohrung eines Kubikmeters in festem Gestein, wie Gneis oder Granit, ungefähr 7mal soviel Arbeit wie im Kreidementmergel erfordert. Unter dieser Annahme berechnet sich die für einen stündlichen Fortschritt von 0,2 m und einen Stollendurchmesser von 2 m nötige Stärke einer Tunnelbohrmaschine zu

$$\frac{3653000 \cdot 3,14 \cdot 0,2 \cdot 7}{75 \cdot 3600} = 60 \text{ Pferdekräften,}$$

eine Arbeitsstärke, welche sich auch bei Anwendung von Preßluft ohne Ueberschreitung statthafter Ausmaße der Betriebsmaschine erzielen ließe.

Weiteren Anhalt für die Berechnung letzterer bieten die beiden Wassersäulmaschinen Brandt's¹²³⁾, welche im Sonnstein in hartem Kalk und Dolomit Bohrlöcher von etwa 78 mm Außen- und 58 mm Kerndurchmesser, also 21 qcm Fläche erzeugten, Differentialkolben von 54 mm größserem und 38,2 mm kleinerem Durchmesser und 60 mm Hub besaßen, mit Wasser von 75 Atmosphären Spannung gespeist wurden und etwa 200 Touren pro Minute machten.

anwendbar, da sie voraussetzt, daß die Endspannung der expandirenden Luft dem Druck vor dem Kolben gleich sei. Es ist hingegen für die Arbeit eines kg Preßluft zu setzen:

$$L_1 = \frac{p_1 v_1 - p v}{k-1}; \quad L_2 = p_1 v_1; \quad L_3 = 10000 v.$$

Die Gesamtarbeit L ist wieder $= L_1 + L_2 - L_3$.

¹²¹⁾ Wochenschr. d. österr. Ing. u. Arch. Ver. 1883. S. 20.

¹²²⁾ Ebenda. 1884. S. 332.

¹²³⁾ Riedler. Brandt's hydraulische Gesteinsbohrmaschine. Wien 1877. Taf. 1 und 3. — v. Grimburg in Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch. Ver. 1878. S. 6 und 7.

Ein sehr wesentlicher Uebelstand bei der Ausbohrung des vollen Querschnittes in hartem Gestein entspringt daraus, daß die hydraulische Presse, welche die Bohrer gegen das Gestein zu drücken hat, allzugroße Ausmaße erhalten muß. Bei Brandt's Maschine im Sonnstein-Tunnel kam auf einen Bohrlochquerschnitt, welcher (den Kern mit eingerechnet) 47,8 qcm betrug, ein Druck von 6000 kg. Da bei Ausbohrung des vollen Streckenlichtraumes die Zeit für das Laden, das Abthun der Schüsse und die Schutterung entfällt, also der Fortschritt kleiner sein darf als bei Anwendung von Sprengstoffen, so möge bei den Tunnelbohrmaschinen in hartem Gestein, vorausgesetzt, daß es genüge, einzelne Schräme auszuritzen, eine geringere Anzahl Schneidkanten für 1 qcm Stollenquerschnitt und demgemäß ein Druck von 70 kg pro qcm hinreichend sein. Bei 2 m Stollendurchmesser bedarf es dann einer Gesamtpressung von 2200 000 kg. Benutzt man für den Vorschub Wasser von der hohen Spannung von 200 Atmosphären, so erhält man für die Presse immer noch einen Lichtquerschnitt von 11000 qcm oder einen Innendurchmesser von 1,19 m. Da die Herstellung eines Cylinders von 1,19 m Weite und genügender Festigkeit für 200 Atmosphären und dessen zweckdienliche Unterbringung im engen Stollen nicht möglich sein dürfte, müßte man wohl, wie Penrice bei seiner neueren Tunnelbohrmaschine, den Gesamtdruck durch Hintereinanderschaltung mehrerer Cylinder, eine allerdings sonst wenig empfehlenswerte Konstruktion, beschaffen.

Mit der Schwierigkeit der Erzielung des nötigen Druckes wächst ferner die, eine ruhige Lagerung des Bohrapparates zu sichern. Als Auskunftsmittel erschiene allerdings eine wesentliche Ermäßigung des senkrecht auf den Ortsstoß gerichteten Druckes, aber dies ist nicht zulässig, weil bei schwacher Gegenpressung der Stahl das harte Gestein nicht mit Erfolg angreift, sondern umgekehrt ersterer mehr abgenutzt wird als letzteres¹²⁴⁾. Der rasche Verschleiß der Bohrer wäre aber um so verhängnisvoller, als die Anzahl der Schneiden eine sehr große ist und der Kostenbetrag für die Erhaltung des Gezähes und der Aufenthalt durch das Auswechseln, falls dieses nicht ohne Unterbrechung des Ganges der Maschine erfolgt, ohnedies sehr bedeutend ausfallen werden. Ueberdies nimmt mit der Pressung die Korngröße des Bohrmehles ab, also die Zerkleinerungsarbeit pro Kubikmeter Hohlräum zu.

So fand Coquilhat (siehe oben S. 249), der offenbar bei seinen Versuchen in hartem Fels den Axialdruck nicht entsprechend erhöht hatte, die zur Zerkleinerung eines ccm Gesteins notwendige Arbeit bei Bildhauerkalkstein von Rochefort nur gleich 0,6 mkg und bei Pflasterstein aus der Gegend von Ath beinahe 300mal so groß, nämlich gleich 176 mkg¹²⁵⁾.

Bei mittelhartem Fels scheint mit Rücksicht auf das Umtauschen der Meißel die von Rziha u. Reska erfundene Befestigungsweise und die von ihnen gewählte Bohrscheibe, welche es gestattet, mehr Werkzeuge am Umfange anzubringen als in der Mitte, den Vorzug vor dem einfachen Querhaupt von Beaumont u. English und den mit Schneidrädern versehenen Armen Cramp-ton's zu verdienen; bei bedeutender Härte dürfte aber die Anwendung der Drehbohrung mit umlaufenden Stählen überhaupt nicht mehr am Platze sein. Inwiefern in diesem Falle das Diamantbohrverfahren in Frage kommen könnte, muß bei dem Mangel an Daten über dessen Kosten und Arbeiterfordernisse hier unerörtert bleiben.

Von Schmidt's Anordnung, welche die Zahl der Diamanten und die Triebkraft dadurch wesentlich vermindert, daß sie nur einen kreisförmigen Schram herstellt, leidet an dem Uebelstand, daß Aufenthalte für das Sprengen, das Wegfördern des Haufwerkes und das Rückziehen und Vorfahren der Maschine mit ihr verbunden sind; es könnte ferner, weil ein einziges Sprengloch benutzt wird, sich der Fels manchmal in unhandlich großen Blöcken lösen. Ueber die Zweckmäßigkeit der Methode müßte die Erfahrung entscheiden¹²⁶⁾.

¹²⁴⁾ Vergl. Stapff. Ueber Gesteinsbohrmaschinen. 1869. S. 222.

¹²⁵⁾ Seite 249 steht als Druckfehler 17,6 mkg.

¹²⁶⁾ Mit der Diamantbohrung verwandt ist die von Stapff (siehe S. 225 seines Werkes) für

Bei rolligem Gebirge haben der Schild und die Pressen von Beach gut entsprochen; was die weniger einfachen Vorschläge von Taskin und Dowd betrifft, so muß man ihnen das Zeugnis ausstellen, daß sie wohl überlegt sind, und man darf annehmen, daß, falls ihre Erprobung einmal stattfinden sollte, sie günstige Ergebnisse liefern werden. Die für Kreidemergel von Crampton vorgeschlagene Förderung der Berge könnte sich für manche weiche Erdarten, besonders wenn ohnehin Wasser aus der Strecke zu schaffen ist, sehr eignen¹²⁷⁾. Zu allen diesen Vorkehrungen tritt neuerdings das Gefrierverfahren als ein Hilfsmittel hinzu, welches zu den günstigsten Erwartungen berechtigt. Da die mechanische Arbeit, welche der Vortrieb eines Stollens erfordert, in aufgelöstem Erdreich geringer ist als in festem Gestein, so steht zu hoffen, daß es gelingen werde, die Ausschachtung in Schwimmsand, weichem Letten und ähnlichem Gebirge billiger zu gestalten als in hartem Basalt oder Quarzfels, obgleich heute das Gegenteil der Fall ist.

In das Gebiet der Tunnelbohrmaschinen haben bisher verhältnismäßig nur wenige Erfinder ihre Schritte gewagt, einige aber mit glücklichem, zur Nachahmung anspornenden Erfolg, und so steht dem besprochenen Zweige des Ingenieurwesens vielleicht gerade in nächster Zeit eine regere Entwicklung bevor.

saigere oder fast saigere Löcher vorgeschlagene Bohrung mittels weicher Bohrstempel und harter Schleifpulver, wie Quarzsand, Granat und Schmirgel. Stapff (siehe ebenda S. 228) verlangt ferner, man solle bei Versuchen mit Drehbohrmaschinen sich nicht auf Bohrwasser beschränken, sondern auch der Wahl anderer Schmiermittel einige Aufmerksamkeit widmen.

¹²⁷⁾ Vergl. die Paragraphen über „Pumpenbagger“ in der 1. Abteilung der Baumaschinen. S. 362.

Litteratur.

Außer dem Verzeichnis der deutschen Patente und österreichischen Privilegien über Schräm-, Schlitz- und Tunnelbohrmaschinen erübrigt nur, den im Kapitel selbst gegebenen Litteraturangaben noch eine Uebersicht der Veröffentlichungen über die Herstellung submariner Tunnel hinzuzufügen, da diese Aufgabe, auf deren specielle Behandlung nicht eingegangen werden konnte, in maschineller Hinsicht mit dem Gegenstande des Kapitels verwandt ist.

Verzeichnis der deutschen Reichspatente betreffend Schräm-, Schlitz- und Tunnelbohrmaschinen.

D. R. P. No. 140. R. Höwert u. B. Leistikow. Steinkohlenschrämmaschine. — D. R. P. No. 141. R. Höwert u. B. Leistikow. Steinkohlenschrämmaschine. — D. R. P. No. 829. C. Hoppe. Schräm- und Schlitzmaschine. — D. R. P. No. 943. J. Dickinson-Brunton. Anwendung von sich drehenden kreisförmigen Schneidwerkzeugen an Schrämmaschinen. — D. R. P. No. 2291. G. Lilienthal. Schrämmaschine mit Messerscheibe. — D. R. P. No. 2332. A. Ebeling. Kohlenschrämmaschine für Handbetrieb. — D. R. P. No. 4093. F. M. Lechner. Schrämmaschine. — D. R. P. No. 4867. F. Reska. Schräm- und Schlitzmaschine. — D. R. P. No. 6085. J. D. Brunton u. F. H. J. Trier. Veränderungen an der Brunton'schen Schrämmaschine mit sich drehenden Schneidwerkzeugen. — D. R. P. No. 6086. F. M. Lechner. Veränderungen an Schrämmaschinen. — D. R. P. No. 6848. A. Weber. Schrämmaschine für Handbetrieb. — D. R. P. No. 10226. F. M. Lechner. Neuerungen an der unter No. 4093 patentirten Schrämmaschine. — D. R. P. No. 13032. H. N. Penrice. Neuerungen an den beim Felsentunnelbau verwendeten Apparaten. — D. R. P. No. 15343. F. M. Lechner. Neuerungen an Schrämmaschinen. — D. R. P. No. 15688. A. Weber. Schrämmaschine für Handbetrieb. — D. R. P. No. 20006. J. Dubois. Apparat zum Schrämen von Kohle. — D. R. P. No. 20575. W. Mather u. F. M. Lechner. Neuerungen an Schrämmaschinen. — D. R. P. No. 20846. F. B. Doering. Neuerungen an Tunnel- und Gesteinsbohrmaschinen. — D. R. P. No. 22465.

F. Rziha u. F. Reska. Stollen- und Schachtbohrmaschine. — D. R. P. No. 25928. G. Bacher. Verfahren und Apparat zur Herstellung von Schräm-, Schlitz- und Tunnelbohrmaschinen.

Verzeichnis österreichischer ausschließender Privilegien von Schräm-, Schlitz- und Tunnelbohrmaschinen.

Firth. 13. Juni 1874. — Firth. 29. December 1875. — Bernhuber u. Quaglio. 7. August 1875. — Felbinger. 21. Mai 1876. — Lechner. 26. Juli 1876. — Schram. 26. Juli 1876. — Penrice. 10. Januar 1877. — von Balzberg. 6. April 1877. — Berghoff. 6. April 1877. — Neuerburg. 11. April 1877. — Dniestrzanski. 29. December 1877. — Dniestrzanski. 29. Mai 1878. — Penrice. 28. Juli 1878. — Lechner. 14. Oktober 1878. — Dniestrzanski. 8. Februar 1879. — Hoppe. 1. December 1879. — Starck. 17. December 1879. — Penrice. 31. Januar 1880. — Lechner. 24. August 1881. — Rziha u. Reska. 27. Oktober 1881. — Penrice. 11. December 1881. — Dubois. 27. Februar 1882. — Mather u. Lechner. 12. Mai 1882. — Werndl. 1. Mai 1883. — Bacher. 12. September 1883.

Beschreibungen (Specifications¹²⁸⁾ in England nachgesuchter Patente auf Schräm-, Schlitz- und Tunnelbohrmaschinen.

Kurze Kennzeichnungen der bis zum Jahre 1876 nachgesuchten Patente finden sich in den Transactions des North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers als Beilage oder am Ende der Bände 17—25.

1876. No. 529. Brown. — No. 658. Barlow u. Barlow. — No. 794. Penrice. — No. 889. Stevenson. — No. 1366. Applegath. — No. 1424. Brunton. — No. 1707. Lechner u. A. durch Haddan. — No. 2544. Brunton. — No. 3453. Adamson. — No. 3503. Sheldon durch Haddan. — No. 3821. Robertson durch Lake. — No. 4129. Sides u. Rayner.

1877. No. 277. Alexander. — No. 658. Yule. — No. 1541. Leaver. — No. 1771. Patterson. — No. 2974. Gidlow u. Abbott. — No. 4591. Brunton.

1878. No. 305. Galloway u. Mac Pherson. — No. 437. Rigg u. Meiklejon. — No. 728. Lechner durch Barlow. — No. 1316. Randall u. Griffin. — No. 2793. Brown u. Morgan. — No. 3222. Taskin durch Brandon. — No. 3754. Schram. — No. 5146. Reska durch Kesseler.

1879. No. 52. Penrice. — No. 475. Harrison u. Butler durch Mills. — No. 819. Penrice. — No. 2155. Carr. — No. 2287. Wineqz durch Clark. — No. 3045. Brunton, Trier u. Rapp. — No. 4136. Lechner durch Doubleday. — No. 4472. Lacarrière.

1880. No. 1025. W. R. Lake. — No. 2513. Whitcomb u. Butler durch Mills. — No. 3269. Short. — No. 3834. Williams. — No. 4347. English. — No. 4572. Richardson.

1881. No. 528. Gay. — No. 1469. Doubleday. — No. 2106. Penrice. — No. 3095. Mather u. Lechner. — No. 3567. Blackman. — No. 4113. Brunton. — No. 4728. Crampton. — No. 5160. Bower, Pflaum u. Tannett. — No. 5317. English. — No. 5614. Jones u. Wild.

1882. No. 53. Dubois durch Thomson. — No. 458. Burnett u. Burnet. — No. 1296. Harbottle u. Percy. — No. 2251. Urwin. — No. 3138. Hunter. — No. 3168. Kellow.

1883. No. 55. Kellow. — No. 970. Fawcett u. Stubbs.

Eine Liste der in Frankreich von 1860—78 nachgesuchten Patente von Schräm-, Schlitz- und Tunnelbohrmaschinen findet sich in: Armengaud. Publication industrielle des machines, outils et appareils etc. 1879. Bd. 25. S. 500—504.

Schriften betreffend Legen von Tunnelröhren unter Wasser¹²⁹⁾.

Bateman u. Revy. Description of a proposed cast iron tube for carrying a railway across the Channel between the coasts of England and France. London 1869. — Dieselben. Engineer. 1860. Bd. 28. S. 140, 144, 161.

¹²⁸⁾ Dieselben können bezogen werden von: Great Seal Patent Office, 25 Southampton Buildings, Holborn, London.

¹²⁹⁾ Schriften über die Verlegung von Düchern für Wasserversorgung und Entwässerung werden hier nicht mit angeführt; vergl. hierüber „Wasserversorgung der Städte“ im 3. Bd. (Wasserbau) des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften.

- Chalmers. The Channel Railway connecting England and France. 2. Aufl. London, E. u. F. Spon. 1867.
- Clarke u. Moore. Specification. 1882. No. 5947.
- De la Haye. Vorschlag, England mit Frankreich durch eine versenkte Eisenröhre zu verbinden. *Mechanic's Magazine*. 1845. Bd. 43. S. 161. — 1855. Bd. 63. S. 458.
- Drinker. Tunneling, explosive compounds and rock drills. New-York 1878. S. 807. Besprechung eines Vorschlags von Kanouze, gußeiserne Röhren zu verlegen.
- Dufrené. Ueber das System Martin u. Leguay. *Annales du génie civil*. 1870. S. 65.
- Fölsch. Die projektirte Eisenbahnverbindung zwischen England und Frankreich. *Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch. Ver.* 1870. Bespricht u. a. S. 55 die Vorschläge von Bateman u. Revy.
- Franchut u. Du Motay (Nach anderen: Franchut u. Mottray). Vorschlag. *Mechanic's Magazine*. 1846. Bd. 44. S. 95.
- Haddan. Schwimmender Tunnel im Bosphorus. *Engineer*. 1870. Bd. 30. S. 114. Sein Vorschlag wurde für die Bai von San Francisco wiederholt. *Engineer*. 1872. Bd. 34. S. 3 u. 142.
- Havestadt. Die Projekte zur Herstellung einer festen Verbindung zwischen England und Frankreich. *Deutsche Bauzeitg.* 1879. Bespricht u. a. Somzee's versenkte Röhre. S. 329.
- Martin u. Leguay. *Projet de construction d'un tunnel sous-marin, système M. et L.* Paris, E. Lacroix. 1869.
- Nursey. Vortrag vor der Society of Engineers; betrifft u. a. die Vorschläge von Marsden, Bateman, Colburn. *Mechanic's Magazine*. 1869. Neue Serie. Bd. 22. S. 294, 312. — *Engineering*. 1869. Bd. 8. S. 272, 288, 304, 320, 346. — *Engineer*. 1869. Bd. 28. S. 237, 312, 333. — Derselbe. Vortrag vor der Society of Engineers; betrifft u. a. die Vorschläge von Page, P. W. u. W. H. Barlow, Bishop u. Nursey. *Engineer*. 1876. Bd. 41. S. 173, 197.
- Page. Vorschlag. *Mechanic's Magazine*. 1870. Neue Serie. Bd. 23. S. 280.
- Raynor. Vorschlag. *Iron*. 1876. Bd. 7. S. 357. — *Scient. American*. 1876. Suppl. Juni. S. 377. — *Annales du génie civil*. 1876. S. 611.
- Robertson u. I'Anson. Vorschlag einer pneumatischen Versenkung von Gußeisenringen behufs Durchtunnelung des Flusses Clyde. *Engineering*. 1869. Bd. 7. S. 223.
- Rziha. Eisenbahn-Unter- und Oberbau. Wien 1876. Bd. I. Bespricht S. 446 Foster's Entwurf einer Verbindung von Boston mit New-Boston durch eine auf dem Hafengrund liegende Röhre.
- Schäffer. Deutsches Reichspatent No. 21108 Das Patent ist wieder gelöscht.
- Thomé de Gamond. *Mémoire sur les plans du projet nouveau d'un tunnel sous-marin entre l'Angleterre et la France produits à l'exposition universelle de 1867 etc.* 2. Aufl. Paris, Dunod, 1869. S. 5: Tunnel immergé (1834).
- Westendarp. Elbetunnel bei Hamburg. *Wochenbl. f. Arch. u. Ing.* 1882. S. 523.
- Winkler. Vorschlag einer pneumatischen Versenkung genieteter Tunnelringe f. d. Wiener Tunnelbahn. *Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch. Vereins*. 1873. S. 167. — *Wiener Tunnelbahn*. Wien 1873. S. 18.

Schriften über Tunnel unter Wasser im allgemeinen.

- Dolezalek. Subaque Tunnel. 4. Jahressupplement (1883) zu Meyer's Konversations-Lexikon. S. 961.
- Drinker. Tunneling, Explosive Compounds and Rock Drills. 1. Aufl. New-York 1878. S. 796. — 2. Aufl. S. 890.
- Forchheimer. Ueber Tunnelbauten unter Wasser. *Deutsche Bauzeitg.* 1881. S. 366. — Derselbe. *Englische Tunnelbauten bei Untergrundbahnen, sowie unter Flüssen und Meeresarmen.* Aachen 1884.
- Lang. Ueber den gegenwärtigen Stand des Tunnelbaues. *Allg. Bauztg.* 1881. Bespricht S. 60 die unterseeischen Tunnel.
- Rziha. *Lehrbuch der gesamten Tunnelbaukunst.* Berlin 1874. 2. Aufl. Bd. II. S. 329, 369, 370. — Derselbe. *Eisenbahn-Unter- und Oberbau etc.* I. Bd. S. 446.
- Schön. *Der Tunnelbau.* 2. Aufl. Wien 1874. S. 268, 273.