

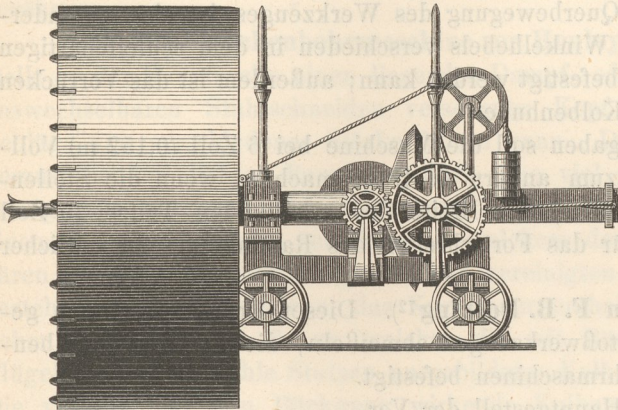
profil ergeben. Der Vorschub der Bohrmaschinen geschieht gemeinsam mittels einer Spindel von dem Wagengestell aus, das von Zeit zu Zeit auf eine neue Stelle vorgertückt wird.

B. Maschinen mit schneidenden Werkzeugen.

§ 17. Stollenbohrmaschinen von Gay, von Schmidt, Coquilhat und de Preigne. Diese Vorrichtungen schließen sich an die Schrämmaschinen in ähnlicher Weise an wie die oben besprochene, stoßend wirkende Tunnelbohrmaschine von Beaumont.

So stellt Gay⁷³⁾ einen kreisförmigen Schram und ein mittleres Bohrloch zur Aufnahme der Ladung her, jedoch abweichend von Beaumont durch drehende Bohrung. Die für den äußeren Schram bestimmten Schneidwerkzeuge, je nach der Härte des zu gewinnenden Gesteines gehärtete Stähle oder Diamanten, ordnet er am Stirnrand einer hohlen Trommel von etwa 1,9 m Durchmesser an. Wenn nötig, ist zur

Fig. 12.



Kühlung der Bohrer und zum Wegspülen des Schmandes Wasser durch die mittlere Welle oder auf andere Weise einzuleiten. Das mittlere Bohrloch sollte durch einen Erweiterungsbohrer vor der Verladung vergrößert werden. Als Triebkraft war Dampf in Aussicht genommen und das Anpressen des beweglichen Teiles der Vorrichtung an das Gestein sollte, wie dies Fig. 12 zeigt, durch über Rollen geführte Seile erfolgen, an welche Gewichte gehängt werden.

Von Schmidt's⁷⁴⁾ Vorrichtung besteht aus einem Rade von 2,43 m Durchmesser, welches, durch verdichtete Luft getrieben, 800 Umdrehungen pro Minute macht und behufs Herstellung eines Schrams von 5 cm Weite und 91 cm Tiefe an seinem Umfange 24 Diamantbohrer trägt, deren jeder neben der gemeinsamen Kreisbewegung noch rasche Drehungen um seine eigene Axe vollzieht. In der Radmitte sitzt, 30 cm vor den Umfangsbohrern vorstehend, ein Einzelbohrer, welcher das mittlere, zur Aufnahme der Sprengladung bestimmte Bohrloch herstellt. Der untere Teil des Rades läßt sich in die Höhe klappen; ist dieses geschehen, so bleibt genügend Raum vorhanden, um das Haufwerk auf einem inneren Gleise durch die Maschine hindurch zu fördern.

Die Erfindung sollte bei dem Bau eines Tunnels der Central-Pacific-Bahn

⁷³⁾ Engineer. 1864. Bd. 17. S. 185.

⁷⁴⁾ Statistic of Mines and Mining in the state of territories west of the rocky mountains, being the fourth annual report of Rossiter W. Raymond, U. S. commissioner of Mining Statistics. Washington. Government printing office. 1872. S. 113. — Builder. 1871. Bd. 29. S. 463.

benutzt werden, doch scheint, da nichts weiter verlautet, das Unternehmen nicht zur Ausführung gelangt zu sein.

Coquilhat⁷⁵⁾ dürfte nach den in seiner Schrift „Versuche über das Bohren, angestellt in Ypres in den Jahren 1850 und 1851“ niedergelegten Mitteilungen bei einer früheren Gelegenheit den Vorschlag gemacht haben, die Herstellung von weiten Bohrlöchern durch Kernbohrer, vielleicht in ähnlicher Weise wie das jetzt von Brandt ausgebildete System, zu bewirken, welche Methode er später auf die Erzeugung noch größerer Querschnitte ausdehnte. Er hält es, wie er ausdrücklich bemerkt⁷⁶⁾, für das Vorteilhafteste, das Gestein durch concentrische Schräme in eine Anzahl kreisförmiger Teile zu zerlegen, und schildert die Ausführung, beziehungsweise die zu verwendende Maschine, wie folgt⁷⁷⁾:

Der Bohrer würde die Gestalt einer cylindrischen Säge von 2,5 cm Stärke erhalten; jeder Zahn wäre an einem Schaft befestigt, der sich in einer im Bohrerkopf angebrachten Nut oder Vertiefung in der Richtung des Gerätes bewegen könnte; eine genügend starke Feder würde ununterbrochen suchen, den Schaft aus dem gewissermaßen für ihn hergestellten Gehäuse herauszutreiben, während eine Klinke diese Verschiebung begrenzte. Der schmiedeeiserne Bohrerkopf würde 2 cm Stärke erhalten, die Zähne dagegen 2,5 cm Breite, sodaß im Schram ein Spielraum von 0,5 cm frei bleibt, welcher die Entfernung des Bohrschmandes ermöglicht.

Hieraus scheint hervorzugehen, daß der um seine Axe sich drehende Bohrerkopf gleichzeitig und möglichst dem Fortschreiten der Schramtiefe entsprechend sich vorwärts bewegen soll, daß aber, falls diese Vorwärtsbewegung je eine zu langsame sei, die hinter den einzelnen Bohrzähnen liegenden starken Federn den Zweck haben, durch Vortreibung letzterer die Arbeit nicht zum Stillstande kommen zu lassen. Möglicherweise aber, darauf lassen die erwähnten Klinken, nicht aber die sehr spärliche Beschreibung schließen, sollen die Federn lediglich dazu dienen, die etwa abgeführten Zähne nach Aushebung der Klinke aus dem sehr engen Raum, in welchem sie sitzen, behufs ihrer Auswechslung herauszudrücken.

Eine cylindrische Strecke von 1,20 m Durchmesser könne man bei einem mittleren Vorrücken von 0,20 m in der Stunde mit einem Aufwande von 8 Pferdekräften Bohrarbeit dadurch bilden, daß man zwei Schlitze und ein Loch in der Mitte herstelle, wodurch die zu gewinnende Masse in zwei Ringe von 0,25—0,275 m Dicke zerlegt werde, welche, sobald sie um 0,5—0,6 m über den Ortsstoß hervortreten, durch Hereintreib- oder Sprengarbeit zu beseitigen seien. Ein Tunnel wäre in mehrere, durch eine Gesteinsdicke von 0,20 m getrennte Strecken von 1,20 m Durchmesser zu zerlegen.

Fast vollständig mit dem Vorschlag Coquilhat's scheint die vom Marquis de Preigne projektirte Tunnelbohrmaschine⁷⁸⁾ übereinzustimmen, welche gleichfalls an dem kreisförmigen Schram, dem Bohrloch in dessen Mittelpunkt und an der Verwendung der Sprengmittel festhält; nur in der Form der arbeitenden Theile, gezahnte Meißel an Stelle von einfachen Zähnen, und in der Breite des Schrams, 10 cm anstatt nur 2,5 cm, weichen die Vorschläge ab.

Die ganze Maschine ruht auf vier Rädern, welche auf Schienen laufen, die nach Maßgabe des Fortschreitens der Arbeit gelegt werden, und besteht in der Hauptsache aus einem Cylinder, der mittels Verzahnung und Getriebes um seine eigene Axe gedreht wird und gleichzeitig durch eine endlose Schraube in dem Maße, wie die Bohrung sich vertieft, eine fortschreitende Bewegung erhält. Der äußere Rand des Cylinders, auf den die Kraft des Motors mittels

⁷⁵⁾ Annales des travaux publics de Belgique. Bd. 10. S. 199. — Dingler's polytechn. Journ. 1853. Bd. 127. S. 97.

⁷⁶⁾ A. a. O. S. 219.

⁷⁷⁾ A. a. O. S. 222.

⁷⁸⁾ Revue univ. des mines. 1860. Bd. 7. S. 509. — Oesterr. Zeitschr. f. Berg. u. Hüttenw. 1861. S. 76. — Oppermann. Portefeuille économique des machines. 1860. Bd. 5. Sp. 36.

Riemens übertragen werden soll, trägt gezahnte Meißel, welche die kreisrunde Umschränkung des zu sprengenden Blockes aushöhlen, während gleichzeitig der im Mittelpunkt des Cylinders stehende Schneckenbohrer das eigentliche Sprengbohrloch herstellt. Die Meißel, deren Zahl durch vier teilbar sein muß, sind derart gegeneinander verstellt, daß ein jeder vierte dieselbe Nute ausritzt. Sobald Schram und Bohrloch die gewünschte Tiefe erhalten haben, wird die Maschine zurückgezogen, das centrale Bohrloch besetzt, gesprengt und hierauf das Bohren von neuem begonnen.

Keine der vier in diesem Paragraphen behandelten Vorrichtungen scheint je erprobt worden zu sein.

§ 18. Tunnelbohrmaschine von Cook u. Hunter. Die von Cook u. Hunter⁷⁹⁾ in Vorschlag gebrachte Maschine charakterisirt sich dadurch, daß bei ihr größere Körper von Scheiben-, Walzen- oder Hohlcylinderform, deren Umfangsflächen mit passenden Schneidwerkzeugen versehen sind, in Umdrehung gesetzt werden. Ein solches Schneidwerkzeug besitzt gewöhnlich die Gestalt eines abgestutzten Stahlkegels, dessen kleinere Grundfläche auf dem Hauptkörper oder Bohrkopf aufsitzt, und wird durch Stellschrauben auf einer ausgebohrten Knagge befestigt, die selbst wieder durch die ihr erteilte Schwalbenschwanzform oder mit Hilfe von angeschmiedeten Schraubenbolzen auf dem Bohrkopf anzubringen geeignet ist.

Die Maschine besteht aus einem auf mehreren Rädern ruhenden Wagen, auf dem zwei starke Wellen parallel zu einander drehbar liegen. Die über dem Wagen hinausragenden Wellenköpfe tragen jeder eine Scheibe, deren Umfang mit starken Blechplatten so belegt ist, daß dadurch vorstehende Hohlcylinder gebildet werden. Jeder solcher Hohlcylinder ist mit einer Anzahl der oben gedachten schneidenden Werkzeuge versehen und zwar sowohl an der dem Gestein zugewendeten Basis, als auch an seinem äußeren und inneren Umfange. Wenn nun die beiden Wellen, deren Entfernung voneinander den Abstand der Mittelpunkte zweier herzustellen großer Bohrlöcher repräsentirt, in Umdrehung gesetzt werden, während gleichzeitig der die Maschine tragende Wagen allmählich gegen den Ortsstoß vorgeschoben wird, so entstehen zwei kreisförmige Rinnen oder Schräme, zwischen denen ein Kern stehen bleibt, der herausgesprengt werden muß. Mit Rücksicht hierauf kann man gleichzeitig mit den Wellen zwischen letzteren einen Bohrer laufen lassen, welcher den Kern mit einem Sprengloch versieht.

Um während der Arbeit ein seitliches Schwanken des Wagens zu verhüten, werden die beiden Wellen in entgegengesetztem Sinne gedreht, was am einfachsten dadurch geschieht, daß man hinter ihnen und rechtwinkelig zu ihrer Richtung eine wagerechte Triebwelle anordnet, welche mittels Kegelräder die Bohrkopfwellen in Umdrehung bringt. Zur Herstellung möglicher Stabilität für den Wagen ist derselbe mit mehreren an Armen befestigten Rollen versehen, welche sich gegen den Umfang des hergestellten Tunnels stemmen. Das Fortrücken des Wagens soll durch langsame Drehung einer Welle erfolgen, auf welcher sich eine am Gestein befestigte Kette nach und nach aufwickelt.

§ 19. Tunnelbohrmaschinen von Shepherd u. Stuckey und Low. Shepherd u. Stuckey⁸⁰⁾ besetzen ein als Bohrkopf dienendes, sich drehendes Rad nicht nur an seinem Umfange mit Werkzeugen, welche in ähnlicher Weise wie die von Gay, Coquilhat u. a. einen Schram aushöhlen, sondern auch an seinen Speichen mit Stoßbohrmaschinen. Nähere Angaben, wie schließlich das Gestein zu gewinnen ist, sind in der Patentbeschreibung nicht enthalten.

Noch unbestimmter bleibt Low⁸¹⁾, nach welchem drei Seiten eines Stollens durch Drehbohrer, Meißel oder Schneidwerkzeuge bearbeitet werden, während der

⁷⁹⁾ Polytechn. Centralbl. 1867. S. 376.

⁸⁰⁾ Specification. 1872. No. 2756.

⁸¹⁾ Specification. 1870. No. 2927.

innere Raum, auch die Sohle, von Maschinen frei bleibt, um zur Förderung zu dienen. Alle Einzelvorrichtungen, durch Wellen verbunden, welche mittels Rädergetrieben in Zusammenhang stehen, arbeiten gemeinschaftlich und erhalten ihre Bewegung von einer gemeinsamen Kraftquelle.

§ 20. Tunnelbohrmaschinen von Wilson, Newton, Talbot und Gordon u. Stern. Die älteste Maschine, mit welcher der Versuch gewagt worden ist, einen Stollen auszufräsen, ist die von Wilson⁸²⁾, welche bei Herstellung des Hoosac-Tunnels der Troy- und Greenfield-Eisenbahn mitwirken und, durch eine Dampfmaschine in Umtrieb gesetzt, täglich, je nach der Gesteinsbeschaffenheit, 1,83—4,57 m Fortschritt erzielen sollte.

Die arbeitenden Teile dieser Maschine bestehen aus kreisrunden $\frac{1}{2}$ Zoll (0,013 m) starken Gußstahlscheiben von 14 Zoll (0,356 m) Durchmesser, mit beidseitig zugeshärftem Rand. Die Scheiben werden unter Winkeln von etwa 45° auf das Gestein aufgesetzt und rollen mit großer Geschwindigkeit über dasselbe hin; da aber gleichzeitig die Schneide mit bedeutender Kraft gegen das Gestein gepreßt wird, so wirkt dieselbe als Keil, dringt in den Ortsstoß und sprengt Gesteinsstücke los.

Ueber die Vorversuche wird angegeben, daß ein 10 Fuß (3,05 m) langer, 4 Fuß (1,22 m) breiter Granitblock, auf einem Wagen liegend, der arbeitenden Wirkung einer einzelnen Scheibe ausgesetzt gewesen sei, deren Stellung eine solche war, daß sie 2 Zoll (0,05 m) tief eindringen konnte. Sie soll sich in 16 Minuten über den ganzen Block hinwegbewegt und von demselben 1600 Pfund Masse losgetrennt haben; auch sei die bearbeitete Fläche vollkommen eben gewesen. Diese Leistung erscheint so wenig glaubwürdig, daß man sich versucht fühlen könnte, sie nicht als das Ergebnis einer wirklich durchgeführten Probe, sondern als das Resultat einer gewagten Berechnung des Erfinders anzusehen. Dem Vorversuche scheint auch die eigentliche Arbeit im Tunnel nicht entsprochen zu haben; wenigstens wird über letztere referirt⁸³⁾: „Die Maschine begann ihre Umdrehungen und schnitt ihren Weg auf einige Fuß Länge sehr hübsch in den Felsen ein, brach aber dann und erwies sich vielfach als so unpraktisch, daß sie aufgegeben werden mußte.“

Auch bei Newton's⁸⁴⁾ Maschine verrichten rollende, geschliffene Scheiben die eigentliche Bohrarbeit.

Auf dem Gestelle *a*, siehe Fig. 10—12, Taf. XXII, das mittels des Schlittens *b* auf den im Tunnel verlegten Schienen *c* gleitet, liegt eine hohle Welle *d*, welche sich frei in den Büchsen *e* dreht. An ihrem vorderen Ende trägt diese Welle das Rad *f*, welches mittels der auf gemeinschaftlichen Wellen *h* aufgekeilten Zahnradpaare *g* und *i* von der Triebwelle *k* langsam gedreht wird, deren endlose Schrauben in die Räder *i* eingreifen. Auf der Vorderfläche des Rades *f* sind Arme oder Flanschen *l* angebracht, in die zwei schwingende Axen *m* eingehängt werden, welche die Sektoren *n* tragen. Jeder dieser Sektoren ist an seinem Ende mit zwei umlaufenden Scheiben *o* versehen, deren Axen *p* Winkel von 45° mit der schwingenden Axe *m* bilden. Die Spindel jeder Scheibe dreht sich frei, aber genau in einer excentrisch gebohrten Röhre, welche sich in einer Büchse *r* des Sektors *n* sowohl drehen als auch der Länge nach vorwärts oder rückwärts verschieben läßt. Hierdurch ist man in der Lage, die Scheiben, ehe man sie mit Schrauben befestigt, nach Belieben zu stellen und ihre Schneidkanten so zu richten, daß deren Bahnen nicht zusammenfallen und ein Scheibenpaar das wegnimmt, was das andere Paar unberührt stehen läßt. Zwei in die hohle Welle *d* sich erstreckende und am Ende durch das Querstück *t* verbundene Stangen *s* vereinigen die inneren Sektorenspitzen und übertragen die Kolbenbewegung der Dampfmaschine auf die Sektoren, sobald der an der Axe *x* sitzende Arm *w* eine mit dem Querstück *t* vereinigte und innerhalb der hohlen Welle geführte Stange *u*

⁸²⁾ Polytechn. Centralbl. 1852. Sp. 550.

⁸³⁾ Berg. u. Hüttenm. Zeitg. 1874. S. 220. — Scientific American. 1873. Bd. 29. S. 372. — Vergl. auch: Drinker. Tunneling etc. S. 149.

⁸⁴⁾ Dinger's polytechn. Journ. 1853. Bd. 130. S. 116.

mittels der Lenkstange v hin- und herschiebt. Ein Schwungrad b_1 , mit dessen Kurbel a_1 der Arm w durch die Stange z verbunden ist, verringert die Ungleichmäßigkeit des Maschinen-ganges.

Das Vorrücken des Apparates kann durch Schrauben, wie in der Zeichnung angenommen, oder auf andere Weise bewirkt werden. Das Arbeiten der Maschine soll, wie aus dem Vorhergehenden erhellt, so vor sich gehen, daß, während sie allmählich vorrückt und das Rad sich langsam dreht, die Schneidwerkzeuge infolge der schwingenden Sektorenbewegung von der Stollenmitte nach dem Umfang und zurück laufen und einen ungefähr halbkugelförmigen Ortsstoß herstellen.

Bedeutende Aufmerksamkeit soll in den Vereinigten Staaten seiner Zeit Talbot's⁸⁵⁾ Tunnelbohrmaschine hervorgerufen haben, über welche sich jedoch nur einige mehr allgemeine Beschreibungen vorfinden. Mit der Maschine Newton's scheint sie große Aehnlichkeit zu besitzen.

Die Bohrvorrichtung ruht auf einem Schlitten, welcher mit einem Gesamtgewicht von circa 6800 kg auf seine Unterlage drückt und durch eine Schraube — in ähnlicher Weise, wie die Schlittenbewegung bei Sägemühlen erfolgt — um etwa 5—30 cm in der Stunde vorgeschoben werden kann. Der Schlitten trägt an einer drehbaren, hohlen Welle eine große, lotrechte, runde Stirnplatte, auf welcher, die Spitzen gegen die Plattenmitte gerichtet, vier Sektoren (Viertels-scheiben) in gleichen Entfernungen voneinander so gestellt sind, daß ihre Umfänge sich rechtwinkelig treffen.

Die Viertels-scheiben sind an ihren Spitzen mit einer zweiten Welle verbunden, welche, innerhalb der ersten Welle gelegen, Vor- und Rückwärtsbewegungen vollzieht und dadurch die Viertels-scheiben in Schwingungen versetzt. Jeder Sektor ist am Umfange mit drei kleinen, schief gestellten Rädern versehen, welche gezahnt und Kreissägen nicht unähnlich sind; sie stehen so, daß sie das Gestein in derselben Richtung treffen, in welcher ein Steinmetz seinen Meißel aufsetzen würde, und, wenn die Sektoren schwingen, sowohl beim Vor- als auch beim Rückwärts-laufen arbeiten.

Je nach der Gesteinsfestigkeit nimmt jedes Schneidzeug eine Schicht von 0,025—0,05 m Stärke von dem Gestein weg, sodaß bei einer Umdrehung der Stirnplatte die vier vorhandenen Zeuge ein stündliches Vorrücken des Ortes um 0,10—0,20 m bedingen. Als erforderlich für die Ausführung der Arbeit wird eine Maschine von 60 Pferdekr. bezeichnet. Zur Bedienung seien zwei Wärter, zum Wegfördern der gewonnenen Massen ebenfalls zwei Mann nötig. Einen beträchtlichen Teil der Unterhaltungskosten beanspruchen die Schneidräder, deren Abnutzung mit der Gesteinsfestigkeit wachsen muß. Die Maschine hat bei Harlem gearbeitet.

Einige Autoren⁸⁶⁾ erwähnen ferner eine Maschine von Talbot u. Wilson, welche behufs Herstellung eines runden Tunnels von 5,2 m Durchmesser einen kreisförmigen Schram mittels Schneidscheiben ausfräste.

Ueber die von der Firma Gordon u. Stern in San-Francisco konstruirte Tunnelbohrmaschine findet sich nur eine einzige, dem San-Francisco-Chronicle entnommene Nachricht⁸⁷⁾ vor, welche in der Uebersetzung folgendermaßen lautet:

„Das Schneiden besorgen runde Stahlplatten von 11 Zoll Durchmesser und 1 Zoll Stärke, welche mit scharfem Rande versehen sind. Es sind vier solche Platten vorhanden, welche sich um einen gemeinsamen Mittelpunkt drehen und über den ganzen Querschnitt des Tunnels hin und her geführt werden, indem sie dabei unter einem spitzen Winkel das Gestein berühren. Die Maschine ist im härtesten Granit erprobt worden und hat in demselben in Zeit von 24 Stunden eine 17 Fuß im Durchmesser haltende Oeffnung 5 Fuß 9 Zoll tief gebohrt. Hätte der Tunnel nur $5\frac{1}{2}$ Fuß Durchmesser gehabt, so würde die hergestellte Länge 50 Fuß haben betragen

⁸⁵⁾ The Mechanic's Magazine. 1854. Bd. 60. S. 395. — Polytechn. Centralbl. 1854. Sp. 883.

⁸⁶⁾ Rziha. Lehrbuch der gesamten Tunnelbaukunst. Berlin 1874. 2. Aufl. Bd. I. S. 167. — Devillez. Des travaux de percement du tunnel sous les Alpes et de l'emploi des machines dans l'intérieur des mines. Lüttich 1863. S. 226.

⁸⁷⁾ Mining Magazine. 1856. Bd. 6. S. 181.

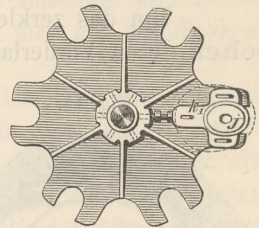
müssen, wobei eine Umtriebsmaschine von 16 Pferdekraft zur Herstellung eines solchen $5\frac{1}{2}$ Fuß weiten Tunnels erforderlich gewesen wäre. Eine Maschine dieser Größe kostet ausschließlich des Patentrechtes 6500 Dollars.“

Diese Angaben verdienen, was die Leistung betrifft, schon deswegen keinen Glauben, weil diese außer allem Verhältnis zum angegebenen Kräftefordernis steht und es kaum denkbar erscheint, daß ein annähernd solche Vorteile bietender Apparat so schnell der Vergessenheit anheim gefallen sein sollte, ohne an den verschiedensten Orten einer weiteren Prüfung unterworfen worden zu sein⁸⁸⁾.

§ 21. Tunnelbohrmaschine von Brunton⁸⁹⁾; siehe Fig. 5—8, Taf. XXI. Von allen Maschinen mit Schneidescheiben ist diese die wichtigste. Auf den doppelten Eisenbahnschienen *F* läuft mit Rädern *E* das Wagengestell, dessen Vordertheil *c* und Hinterteil *c*₁, durch Seitenwangen *D* verbunden, Ständer tragen, welche mittels zweier gegen die Firste sich anlegender Walzen *G* die Maschine fest in ihrer Lage erhalten. Von der Welle *O* aus werden (nach den älteren Veröffentlichungen) durch Riemen und Zwischenräder Schraubenspindeln *J* bewegt, deren Muttern auf Schubstangen *H* wirken, welche, in Bohrungen der Schienenflanschen greifend, die Schienen paarweise abwechselnd in der Tunnelsohle vorwärts schieben, sodaß sich die Maschine die zu ihrem Fortrücken erforderliche Schienenbahn selbst legt. Eine Entlastung der zu verschiebenden Schiene scheint Brunton nicht vorgesehen zu haben; vielleicht fand er selbst die Einrichtung später nicht zweckmäßig, sodaß er von ihr Abstand nahm.

In den Lagern des Wagens *cc*₁ dreht sich die hohle Welle *a*, auf welcher das Querhaupt *b* aufgegossen oder aufgekeilt ist, an dessen Enden Wellen *d* die Befestigungsplatten *e* der Schneidescheiben tragen. Derjenige Teil der Welle *d*, welcher die Befestigungsplatte aufnimmt, ist excentrisch gegen den im Querhaupt *b* sitzenden Zapfen und da ferner auf den Wellen *d* Schraubenräder *f* befestigt sind, in welche Schnecken *g* eingreifen, läßt sich jede Befestigungsscheibe ein wenig nach außen oder innen verschieben, sodaß die Abnutzung der Schneidescheiben ausgeglichen und eine ihr entsprechende Verkleinerung des Tunneldurchmessers vermieden werden kann. In den mit Zahnrädern *h* fest verbundenen Bewegungsscheiben *e* sind je sechs Stück Schneidescheiben *i* (von denen in der Zeichnung nur je eine dargestellt wurde) eingesetzt, welche sich lose auf den kleinen Zapfen *j* drehen und durch Schrauben *k* auf den Zapfen und in den Pfannen *k*₁ festgehalten werden, wie beistehende Fig. 13 zeigt. Die Pfannen wiederum, durch Schraube und Mutter längs Schlitzes der Befestigungsscheibe verrückbar, werden je nach der Abnutzung der

Fig. 13.



⁸⁸⁾ An amerikanischen Erfindungen führt Drinker (Tunneling etc. S. 150) noch eine von Haupt konstruirte Tunnelbohrmaschine an, welche einen Stollen von 2,44 m Durchmesser für den Hoosac-Tunnel vortreiben sollte, aber nie zur Anwendung gelangte; ferner die Vorrichtungen von R. C. M. Lovell (Amer. Patent No. 67323 vom 30. Juli 1867) und von T. Lindsley (Amer. Patent No. 55514 vom 12. Juli 1866).

⁸⁹⁾ Polytechn. Centralbl. 1868. Sp. 561. — 1871. Sp. 809. — Mining Journ. 1871. S. 71. — Engineering. 1869. Bd. 7. S. 349, 355. — Engineer. 1871. Bd. 31. S. 198, 203. — E. A. von Hesse. Der unterseeische Tunnel zwischen England und Frankreich. Leipzig 1875. S. 19. — Dr. H. Zwick. Neuere Tunnelbauten. Leipzig 1873. S. 68. — Rey in Bulletin de la société scientifique industrielle de Marseille. 1880. Bd. 8. S. 233.

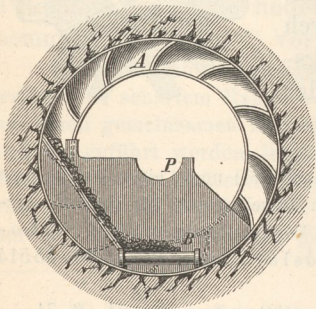
Schneidscheibe näher oder entfernter von der Axe d eingestellt. Der veränderliche Winkel der Schneidscheiben gegen den Ortsstoß ist natürlich so zu wählen, daß die Wirkung möglichst groß wird.

Die hohle Welle a trägt an ihren Enden Lager für eine von ihr umschlossene Axe m , auf welcher ein in die Zahnräder h greifendes Zahnrad l aufgekeilt ist. Ihre Bewegung erhält die Axe m durch ein am äußeren Ende befestigtes Rad n , welches durch ein weiteres konisches Rad o in Umdrehung versetzt wird, während letzteres durch Drahtseil oder auf andere Art seine Bewegung von der Umtriebsmaschine aus empfängt. Ein hohles Schraubenrad q sitzt ebenfalls auf der Welle a und greift in die Schraube r ein, deren Umdrehung durch Vermittelung der Kegelräder Tt und der Riemenscheiben s und o_1 die Welle O bewirkt. Auf solche Weise drehen sich die Schneidscheiben um die Nebenaxe d , während sie gleichzeitig um die Axe a kreisen.

Die mehrerwähnte Welle a ist am Umfange mit einem starken Schraubengewinde versehen und trägt eine Mutter mit angegossenem Zahnrad w_1 . Die außen abgedrehte Mutter dient zur Aufnahme eines Bundringes w , welcher mit ihr durch einen Keil derart verbunden werden kann, daß beide sich gemeinschaftlich bewegen müssen. An den Ohren z des Bundringes sitzen Arme Z , die an ihren äußeren Enden Schrauben tragen, mittels deren man Fußplatten in Berührung mit der Stollenwand bringen kann. Ist letzteres geschehen und wird die Maschine in Gang gesetzt, so ist die Wirkung des Wellengetriebes die, daß die Arme Z stärker auf die Stollenleibung pressen und Mutter mit Bundring ein festes Widerlager bilden, in dem sich die Maschine vorwärts gegen den Ortsstoß schraubt. Ist dieses Vorücken so weit erfolgt, daß das Ende der Schraube in der Mutter angelangt ist, so wird nach erfolgtem Anhalten der Maschine der Keil zwischen Schraube und Bundring gelöst und die Mutter durch eine Kurbel und ein in das Rad w_1 eingreifendes Getriebe vorwärts geschraubt, wobei sie den Bundring und die Arme Z mitnimmt. Eine durch den Bundring gehende Preßschraube greift nämlich in die am Umfang der Mutter angebrachte Nut ein und erlaubt die unabhängige Drehung von Mutter und Bundring, ohne daß diese Teile sich vollständig trennen können.

Um das zerkleinerte Gestein wegzuschaffen, wird auf die Schraube a , zwischen deren Vorderlager c und dem Querhaupt b , eine Trommel mit Schaufeln A aufgestellt, siehe beistehende Fig. 14, die mit der Schraube a gleichzeitig rotirt. Die Schaufeln bewegen sich gegen eine lotrechte Platte P , welche das Haufwerk auf ein endloses Band leitet, von wo es in die rückwärts zugeführten Wagen fällt. Das endlose Band geht über eine Scheibe, deren Axe mittels Riemen und Riemenscheibe von der Bohrmaschine aus getrieben wird.

Fig. 14.

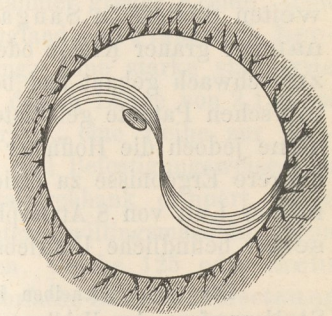


Die Schneidscheiben i , aus Stahl oder einem anderen geeigneten Metall hergestellt, mit einer Schneidkante am Umfang, erhalten je nach der Größe der Vorrichtung und der Gesteinsbeschaffenheit 0,254

—0,508 m Durchmesser und 12,7—25,4 mm Stärke. In den Ortsstoß schneiden die Scheiben, wie umstehender Holzschnitt Fig. 15 zeigt, infolge ihrer zweifachen Bewegung spiralförmige Bahnen (Epiçykeln) ein, zwischen denen Absätze liegen,

gegen welche jedesmal das folgende Werkzeug zu wirken hat, wodurch dieses nicht im gewöhnlichen Sinne schneidet, sondern durch Eindringen in den Absatz Stücke von demselben absplittert. Die im Ortsstoß hervorgerufenen Spiralen besitzen ein stets gleich bleibendes Ansteigen, welches zwar von der Ganghöhe der Schraube *a* abhängt, aber dadurch, daß der auf letzterer sitzenden Mutter eine Differentialbewegung erteilt wird, verändert werden kann und zwischen 12,7 mm für Granit und 50,8 mm für weiche Gesteine schwankt. Dadurch, daß die Schneid-

Fig. 15.



Den der Tunnelbohrmaschine gemachten Vorwurf, daß sie unnötig große Mengen Gestein zerkleinere, während beim Bohren und Schießen eine solche Zerteilung nur in den Bohrlöchern erfolge und im übrigen große Stücke losgetrennt werden, daß sie demnach einen weit bedeutenderen Arbeitsaufwand verursache, sucht Brunton durch den Hinweis auf den Vorgang im Mont-Cenis-Tunnel zu entkräften, indem er anführt, daß dort der Querschnitt sämtlicher Bohrlöcher $\frac{1}{78}$ des ganzen Tunnelquerschnittes betragen habe, daß also $\frac{1}{78}$ der gesamten Gesteinsmasse in feines Pulver von mindestens 100 000 Körnern pro Kubikzoll zermalm worden sei, während die Tunnelbohrmaschine Stücke von wenigstens 1 Kubikzoll Größe erzeuge; daraus folge, daß letztere Vorrichtung weit vorteilhafter arbeite als die Gesteinsbohrmaschinen.

Versuche mit der Brunton-Maschine hat mit einem Kostenaufwande von beinahe 200 000 Franken die Société des charbonnages des Bouches du Rhône angestellt, welche mit ihr in Gardanne im Kalksteingebirge einen Stollen, der bereits 800 m Länge besaß, verlängerte⁹⁰⁾ und in den günstigsten Fällen bei 2,2 m Stollendurchmesser Fortschritte von 2—2,8 mm pro Minute erzielte, was auf die Stunde umgerechnet nur 0,12—0,17 m geben würde. Allerdings war die Kraftübertragung mittels Kette von einer am Mundloch befindlichen Kraftmaschine bis vor Ort sehr mangelhaft und lieferte bloß 12,4 Pferdekraften an die Bohrmaschine ab, deren Hauptwelle 150—200 Touren in der Minute machte, während man auf 300 Touren und, wie es scheint, 30 Pferdekraften gerechnet hatte.

In Bezug auf den Fortschritt, auf welchen man in Gardanne das Hauptgewicht legte, war man sehr enttäuscht; in günstigerem Lichte erscheint der Kraftaufwand. In mittelhartem Kalkstein des Kohlenbeckens von Fuveau erfordert die Lösung von 1 cbm Gestein 1,87 kg Pulver, während obiger mittlerer stündlicher Fortschritt von 0,145 m, beziehentlich 0,551 cbm Stollen 12,4 Pferdekraften benötigte, sodaß auf 1 cbm Kalkstein 22,5 während einer Stunde wirkende Pferdekraften kommen, welche man nach Biver mit 22,5 kg verbrannter Kohle, richtiger schon mit Rücksicht auf den Ferntrieb mit kaum weniger als vielleicht 60 kg Kohle erhalten kann. Es würden demgemäß 60 kg Kohle so viel wie die kostspieligeren 1,87 kg Pulver bei der Zertrümmerung von Gestein leisten können und es scheint

⁹⁰⁾ Biver in Comptes rendus de l'académie des sciences. 1880. Bd. 91. S. 525, 830. — Revue industrielle. 1880. S. 393. — Revue universelle des mines. 1879. Serie II. Bd. 5. S. 236. — Ztschr. f. Baukunde. 1879. Bd. 2. Sp. 507. — 1881. Bd. 4. Sp. 158. — Rey; a. a. O.

eine Ersparnis bei der Anwendung der Brunton-Maschine gegenüber der Bohr- und Sprengarbeit nicht unmöglich.

Die Haltbarkeit der Schneidscheiben war eine befriedigende und man brachte es dazu, ohne Auswechseln derselben behufs Neuschärfung bis zu 4,54 m Stollen herzustellen. Ferner gelang es, anfängliche Mißstände, welche in Nichteinhalten der Richtung und in daraus folgenden Klemmungen und Verbiegungen einzelner Teile lagen, später zu vermeiden. Von einer endgiltigen Verwendung der Brunton-Maschine in Gardanne verlautet übrigens nichts.

Den erwähnten Proben folgte die versuchsweise Herstellung eines 2,134 m weiten Stollens in Sangatte bei Calais in grauem, weichem Kreidemergel, sogenannter grauer Kreide oder Kreide von Rouen. Das hier verwandte Exemplar war zu schwach gebaut und bewährte sich nicht, sodaß die zur Ausbeutung der Brunton'schen Patente gebildete Gesellschaft im Juli 1882 daselbst ihre Arbeit einstellte, ohne jedoch die Hoffnung aufzugeben, durch Einführung von Verbesserungen günstigere Ergebnisse zu erzielen. Der Betrieb in Sangatte geschah mittels komprimierter Luft von 8 Atmosphären Ueberdruck, welche eine auf der Bohrvorrichtung selbst befindliche Umtriebsmaschine speiste⁹¹⁾.

Die Schneidscheiben haben bei Brunton's Maschine dort, wo der Ortsstoß mit dem Stollenumfang eine Hohlkante bildet, erhöhte Arbeit zu leisten. Es ließe sich der Eckwinkel verflachen, indem man die Stirnräder h und l durch Kegelräder ersetzte; dann würde, weil der Abstand der schneidenden Kanten vom Schnittpunkt der Kegelaxen stets derselbe bleibt, der Ortsstoß statt einer ebenen Stirnfläche eine Kugelhaube bilden, mit dem Kugelmittelpunkt in Schnittpunkte der Kegelradaxen. Am vorteilhaftesten scheint es, den Winkel der Axen von h und l gleich 45° zu machen, wodurch eine Halbkugel entsteht, welche sich an den Stollenumfang tangential ansetzt, sodaß jeder Eckwinkel entfällt.

§ 22. Tunnelbohrmaschine von Wandwell⁹²⁾. Wesentlich verschieden von den bisher behandelten Vorrichtungen mit schneidender oder schleifender Wirkung ist in Bezug auf den arbeitenden Teil die Maschine von Wandwell, bei welcher statt der Schneidscheiben ein großer, mit Schneidezähnen besetzter Teller Anwendung findet.

Die Einrichtung ist im allgemeinen folgende: Auf einem vierräderigen Wagen ruht eine liegende Dampfmaschine mit Kessel und Schornstein. Ihre Kurbelstange greift an einer geköpften, beidseitig über das Wagengestell hinaus verlängerten Welle an, welche mittels Kegelradübersetzung die Bohrwelle und mittels starker Rädergetriebe ein Paar Schubräder in Bewegung setzt. Die Bohrwelle stützt sich mit ihrem rückwärtigen Ende mittels einer Feder derart auf das Wagengestell, daß sie in wagerechter Richtung etwas spielen kann. Vorn trägt sie den Teller mit den Schneidezähnen und hinter demselben Löffel, in welche das arbeitende Werkzeug die Gesteinssplitter werfen soll. Die Löffel schütten ihren Inhalt in einen unten durch Schiebethüren geschlossenen Trichter und aus letzterem erfolgt die Verladung in die Grubenwagen. Da die Schneidezähne der Gebirgsbeschaffenheit angepaßt werden sollen, scheint ein bestimmter Grundsatz für ihre Form nicht ausgesprochen.

Die oben erwähnten Schubräder sind stark gezahnte Räder oder Sterne, welche, indem sie sich mit ihren Spitzen in die Stollensohle einbeißen, nicht nur ein Vorwärtsrücken der Vor-

⁹¹⁾ Forchheimer. Englische Tunnelbauten bei Untergrundbahnen, sowie unter Flüssen und Meeresarmen. Aachen 1884. S. 58. Die Maschine glich vermutlich der von Johnson beschriebenen, im Aufsatz: Brunton's Heading Machine. A paper read before the Chesterfield and Derbyshire Institute of Engineers, London 1875. — Oesterr. Zeitschr. f. Berg. u. Hüttenw. 1878. Bd. 26. S. 375.

⁹²⁾ Polytechn. Centralbl. 1857. Sp. 1125. — Le Technologiste. 1857. April. S. 381.

richtung, entsprechend der Herstellung des lichten Raumes, zu bewirken haben, sondern auch den Druck erzeugen sollen, der ein wirkliches Arbeiten der Schneidezähne herbeiführt. Statt einer fortgesetzt drehenden Bewegung könne das Werkzeug (jedenfalls erst nach einer besonders vorzunehmenden Abänderung des Umsetzungsgetriebes) auch eine wiederkehrend drehende in Verbindung mit einer vor- und rückgängigen erhalten, wodurch Druck und Stoßwirkung gleichzeitig erzielt werden soll.

§ 23. Tunnelbohrmaschine von Beaumont u. English ⁹³⁾. Diese Maschine, welche bereits die wesentlichsten Erfolge aufweisen kann, wurde in verschiedenen, etwas voneinander abweichenden Formen gebaut. Das Exemplar, welches unweit Dover in weichem Kreidemergel, sogenannter grauer Kreide, den Versuchsstollen des unterseeischen Tunnels zwischen England und Frankreich herstellte, siehe Fig. 6, Taf. XXII, hat folgende Einrichtung: Eine starke stählerne Welle *e* trägt an ihrem Ende auf einem Querbalken, dessen Länge von 2,134 m dem Durchmesser des herzustellenden Stollens entspricht, eine Reihe zur Bearbeitung des Felsens dienender Messer, deren Gestalt und Befestigungsweise an jene der Meißel einer Hobelmaschine oder einer Metaldrehbank erinnert. Die Welle *e* wird von einer mit verdichteter Luft gespeisten Zwillingmaschine von 0,305 m Kolbendurchmesser und 0,254 m Hub getrieben, welche 125 oder mehr Touren pro Minute macht, und deren Bewegung durch mehrfache Zahnradübersetzung derart übertragen wird, daß die Welle nur $2\frac{1}{2}$ —4 Umdrehungen in der Minute vollzieht.

Die Maschine zerfällt in zwei gegenseitig verschiebbare Teile (Unterteil und Oberteil), nämlich ein auf der Stollensohle ruhendes Bett *c*, welches Gleitbahnen trägt und eine aus starkem Blech genietete Mulde darstellt, deren äußerer Krümmungsdurchmesser beinahe der Stollenlichtweite gleich ist, einerseits und einen schweren, dem eigentlichen Triebwerk der Maschine als Lager dienenden gußeisernen Schlitten *b* andererseits, welcher sich längs der Gleitbahnen mit der gesamten oberen Vorrichtung fortbewegen läßt und, wenn die Maschine arbeitet, infolge von Schraubenwindungen, mit welchen die Welle *e* versehen ist, bei jeder Bohrkopfumdrehung um 7,94—19,1 mm vorrückt. Wenn der Oberteil über den Unterteil seine 1,321 m vorgeschoben ist, unterbricht man die Bohrarbeit, um mittels der Pressen *f* das obere Lager samt dem daran hängenden Bett etwas zu heben. Man setzt um und, da der Schlitten jetzt mittels der Pressen fest auf der Stollensohle ruht, rückt das Bett nach; sobald man die Pressen wieder außer Thätigkeit gesetzt hat, kann ein neuer Vorschub beginnen.

Die Zwillingmaschine setzt bei ihrem Gang auch ein Becherwerk *d* in Bewegung, welches unter der Maschine der Länge nach durchläuft, das am Ortsstoß auf die Sohle fallende Haufwerk aufschaufelt und hinter der Maschine so hoch hebt, daß es unmittelbar aus den Bechern in die Grubenwagen fällt. Den Luftverbrauch gibt Tylden-Wright bei 125 Touren und $\frac{3}{4}$ Füllung zu 7,079 cbm Luft von 2,1 Atmosphären Ueberdruck oder zu 21,2 cbm Luft gewöhnlicher Spannung pro Minute an.

⁹³⁾ Tylden-Wright in Transactions of the North of England Institute of Mining and Technical Engineers. 1882. Bd. 32. S. 6. — Colonel Beaumont. Address on the Channel Tunnel Proceedings of the Cleveland Institution of Engineers. Middlesborough 1883. — Forchheimer. Erlische Tunnelbauten. S. 64. — Specification. 1875. No. 4165. — 1880. No. 4347.

Maschine von Beaumont u. Co. In einem unter das Meer getriebenen Versuchsstollen der Association du chemin de fer sous-marin bei Sangatte unweit Calais arbeitete, ebenfalls in grauer Kreide, eine der beschriebenen ähnliche, von der Société de construction de Batignolles gebaute und von Beaumont u. Co. in Gang gesetzte Maschine⁹⁴). Sie unterscheidet sich, siehe Fig. 7, Taf. XXII, von der in Dover benutzten besonders dadurch, daß bei ihr der Vorschub nicht durch Schraubengänge, sondern auf hydraulischem Wege bewirkt wird. Der untere Teil ist nämlich mit dem Kolben, der obere Schlitten mit dem Cylinder einer in der Maschinenaxe liegenden hydraulischen Presse verbunden. Wird mittels einer kleinen Pumpe Wasser in den Cylinder getrieben, so bleibt der Kolben an Ort und Stelle und der Cylinder drückt den Schlitten vorwärts und preßt die Messer, welche gleichzeitig mit 1—3 Umdrehungen pro Minute kreisen, gegen die Stollenbrust. Wenn der obere Teil (das Bett) um 1,37 m vorgerückt ist, hört man mit dem Bohren auf, stemmt mittels einer Anzahl Schraubenwinden den Schlitten um 0,02—0,03 m in die Höhe, wobei auch das Maschinenbett sich von der Stollensohle abhebt, und läßt den Wasserdruck auf die entgegengesetzte Kolbenseite wirken, wodurch Kolben und Maschinenbett nachrücken.

Die Zwillingemaschinen in Sangatte hatten 0,305 m Kolbendurchmesser, 0,457 m Hub, sollten, mit Luft von 2 Atmosphären Ueberdruck gespeist, in der Regel 100 Touren, der Bohrkopf $1\frac{1}{2}$ Umdrehungen in einer Minute machen, während die hydraulische Vorrichtung darauf berechnet war, in dem bekannten Gestein (graue Kreide) 0,012 m Fortschritt pro Umdrehung oder, abgesehen von Aufenthalten, 1,08 m Fortschritt in der Stunde zu veranlassen. Bei Miteinrechnung des Zeitverlustes beim Nachrücken hoffte man noch 1 m in der Stunde zu erreichen.

Der Stollen ging 55,2 m unter Springflut-Niedrigwasser von einem Schacht aus, in dessen Nähe vier nach Angaben von Colladon durch Sautter, Lemonnier u. Co. gebaute Kompressoren⁹⁵) aufgestellt waren. Die Luft wurde⁹⁶) gewöhnlich auf 6 Atmosphären Ueberdruck verdichtet und von der Bohrmaschine auf 2—3 Atmosphären Ueberdruck gedrosselt. Nach einem Stillstand der Kompressoren setzte man dieselben erst wieder in Gang, wenn die Pressung in den Luftbehältern auf ungefähr 2 Atmosphären gesunken war. Die Bohrmaschine, welche im Juli 1882 zu arbeiten begann und mit deren Betrieb im März 1883 nur aufgehört wurde, weil politische Rücksichten den Bau des ganzen Tunnels in Frage stellten, bewährte sich auf's beste, wie aus folgenden Angaben⁹⁷) hervorgeht.

⁹⁴) Comptes rendus de l'académie des sciences. 1882. Bd. 94. S. 1707. — Revue générale des chemins de fer. 1882 II. Bd. 5. S. 226.

⁹⁵) Colladon. Mémoires et compte rendu des travaux de la société des ingénieurs civils. 1883 II. S. 84. — Lestang. Revue industrielle. 1882. S. 194.

⁹⁶) Briefliche Mitteilung des Herrn Breton, Ingénieur-Directeur des Travaux.

⁹⁷) Forchheimer. Englische Tunnelbauten. S. 60.

1882/3 Monat	Betrieb mit 2 Kompressoren			Betrieb mit 3 Kompressoren			Betrieb mit 4 Kompressoren			Summe			Stollenfortschritt m
	Volumen der einge- saugten Luft cbm	Stun- den- zahl		Volumen der einge- saugten Luft cbm	Stun- den- zahl		Volumen d. einge- saugten Luft cbm	Stun- den- zahl		Volumen d. einge- saugten Luft cbm	Stun- den- zahl		
		Std.	Min.		Std.	Min.		Std.	Min.		Std.	Min.	
Juli	23721,423	19	41	7778,455	4	12				31499,878	23	53	9,20
August	25121,076	23	02	3408,193	2	07	423,741	13		28953,010	25	22	4,80
September	159939,555	142	54	29747,428	18	36				189686,983	161	30	133,90
Oktober	31750,969	29	34	184449,629	107	00	1112,031	29		217312,629	137	03	137,90
November				374390,205	226	57				374390,205	226	57	277,50
December	25516,362	23	05	367263,511	218	06	7249,740	3	22	400029,613	244	33	249,60
Januar	49430,430	44	31	434070,193	254	31				483500,623	299	02	298,60
Februar				493019,431	283	04				493019,431	283	04	361,50
März				323829,670	181	39				323829,670	181	39	210,53
1—18. Morgens													
Summe	315479,815	282	47	2217956,715	1296	12	8785,512	4	4	254222,042	1583	3	1683,53

Zur Erläuterung der Tabelle soll bemerkt werden, daß man nach ihr z. B. im Monate September 1882 bald mit 2, bald mit 3 Kompressoren die Kraftmaschine betrieb und zwar arbeitete man 142 Stunden 54 Minuten mit 2 Kompressoren, während welcher Zeit die Kraftmaschinenwelle 415 946 Touren machte, und andere 18 Stunden 36 Minuten benutzte man 3 Kompressoren, deren jeder 51 575 Hübe vollzog. Am 9. Februar rückte man während 24 Stunden um 24,80 m vor und der Fortschritt in den letzten anderthalb Monaten oder eigentlich $45\frac{1}{4}$ Tagen ergibt sich aus der Tabelle zu 572,03 m oder durchschnittlich zu 12,7 m in 24 Stunden, eine Leistung, wie sie sonst wohl noch nirgends vorkam. Ausbesserungen waren während der ganzen Zeit nicht notwendig und die Betriebskosten, welche zu 14 Mark 91 Pf. pro laufendes Meter angegeben werden, blieben außerordentlich gering. Oberst Beaumont soll den Stollenvortrieb zu einem Preise von 95 Franken pro laufendes Meter übernommen haben⁹⁸⁾, ein Betrag, der die Betriebsauslagen jedenfalls reichlich decken würde. Nach Breton⁹⁹⁾ genügen bei Anwendung der Beaumont-Maschine für alle vorkommenden Arbeiten zwei Belegschaften, welche zusammen 29 Mann stark sind.

Maschine im Mersey-Tunnel. Im Wasserstollen des Tunnels unter dem Flusse Mersey zwischen Birkenhead und Liverpool stellte man im März 1883 eine Maschine von Beaumont u. English auf¹⁰⁰⁾, welche einen Schraubenvortrieb besaß, der entsprechend der dort größeren Härte des Gesteines (neuer roter Sandstein) bei einer Bohrkopfumdrehung ein Vorrücken von 9,5 mm bewirkte. Es arbeiteten gleichzeitig 20 Messer und zwar nicht gewöhnliche Bohrmeißel wie in Fig. 16, sondern Scheibenmesser, siehe Fig. 17, welche, wenn sie an der eben benutzten Stelle ihres Randes stumpf geworden sind, nicht wie erstere ausgewechselt, sondern nur um ihre Axe gedreht werden müssen, damit ein anderer Teil des Umfanges zum Schneiden gelangt. Während des Bohrens dreien sie sich nämlich nicht um ihre Axe, sondern bloß um die Mittelwelle der Maschine.

Fig. 16.

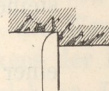
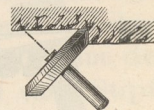


Fig. 17.



⁹⁸⁾ Comptes rendus mensuelles des réunions de la société de l'industrie minière. 1883. S. 9.

⁹⁹⁾ Ebenda; S. 61.

¹⁰⁰⁾ Forchheimer. Engl. Tunnelbauten. S. 24, 25. — Fox, Contract Journal vom 3. u. 10. Okt. 1883.

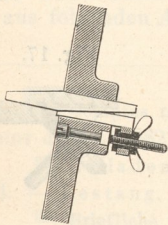
Die Zwillingmaschine hatte 305 mm Kolbendurchmesser und 457 mm Hub und wurde mit verdichteter Luft von 2,45–2,8 Atmosphären Pressung gespeist. Hauptsächliche Uebelstände bildeten nach Fox die Schwierigkeit, Richtung und Höhenlage des Stollens einzuhalten, ferner der an trockenen Stellen entstehende Staub und die durch Ausströmen der Luft verursachten Nebel, während kleinere Mängel sich allmählich beseitigen ließen. Der Fortschritt, anfangs gering, nahm stets zu und betrug zuletzt mehr als 30 m in der Woche, d. i. in 6 Arbeitstagen, bis im Januar 1884 der Durchschlag erfolgte. Ein großer Vorzug, der aus der Vermeidung der Sprengmittel entsprang: die Abnahme der Wassereinsickerungen nach Einführung der Beaumont-English-Maschine, zeigte sich unter dem Mersey sehr deutlich.

Kapitän English ließ sich auch die Anwendung einer kleineren Tunnelbohrmaschine patentieren¹⁰¹⁾, welche den Stollen etwa mannshoch aushöhlt und von einer größeren Maschine gefolgt wird, die auf demselben Lager wie die erstgenannte Vorrichtung oder auch auf einem eigenen Gestelle sitzt und das Ort bis zum Vollquerschnitt erweitert. Die Eimerkette soll hierbei so lang sein, daß sie das Haufwerk in den voll ausgebrochenen Tunnel schafft.

§ 24. Stollenbohrmaschine von Rziha u. Reska; Fig. 1—5 und Fig. 13, Taf. XXII. Die Maschine¹⁰²⁾ stimmt in vielen Beziehungen mit der Tunnelbohrmaschine Beaumont's überein und dürfte bei thatsächlicher Verwendung sehr ähnliche Erfolge aufweisen. Die Schneidstähle, siehe Fig. 13, sitzen auf einer durchbrochenen Bohrscheibe *A*, bei deren Umdrehung je mehrere derselben einen ringförmigen Schramm ausbrechen, während die anderen die zwischen den Schrammen stehen bleibenden Kerne entfernen. Es soll ferner nicht die ganze Fläche des Ortsstoßes mit den Werkzeugen in Berührung kommen, sodaß ein Teil des Gesteines nicht im eigentlichen Sinne gebrochen wird, sondern zunächst ringförmige Kerne bildet, die infolge des seitlichen Druckes schließlich abbröckeln. Die Anzahl der jeden Ringstreifen bearbeitenden Messer, die Größe der von letzteren unberührten Zwischenräume, die Breite der Schräme und Kerne richtet sich nach der Beschaffenheit des Gebirges.

Die Konstruktion der Messereinsätze mit Keil, Schraube und Flügelmutter, siehe beistehenden Holzschnitt Fig. 18, gestattet behufs Auswechslung das Herausziehen der Stähle nach hinten nach einer einzigen Umdrehung der Flügelmutter, da die Ganghöhe der Schraube gleich dem Anzug des Keiles gewählt ist. Zur Befestigung genügt eine mäßige Schraubenanspannung, weil der Gegendruck des Gesteines das Messer nur fester einkeilt.

Fig. 18.



Die Bohrscheibe *A* sitzt drehbar auf dem Kolben *C* einer hydraulischen Presse, siehe Fig. 1—4, und empfängt, mit einem inneren Zahnkranze *L* versehen, ihre Drehbewegung von einer in der Zeichnung nur mit den Kurbeln *F* angegebenen hydraulischen oder anderweitigen, auf den Tragarmen *D* und *E* ruhenden Zwillingmaschine mittels der Schnecke *G*, dem Schneckenrad *H*, der Welle *J* und dem kleinen Zahnrad *K*, sodaß der Preßkolben *C* nicht auf Verdrehung in Anspruch genommen wird.

Um das Zahnrad *K* bei dem Vorrücken der Bohrscheibe mit dem Zahn-

¹⁰¹⁾ Specification. 1881. No. 5317.

¹⁰²⁾ Deutsches Reichspatent No. 22 465 vom 29. Mai 1883. — Zeitschr. f. Baukunde. 1884. Bd. 7. Sp. 125. — Oesterr. Privileg vom 27. Okt. 1881.

kranze L in richtigem Eingriff zu erhalten, ist die Welle J in den Lagern und durch das Schneckenrad H hindurch verschiebbar und mit der hinteren Verlängerung des Kolbens C durch den Arm M , siehe Fig. 1, 2, 5, so verbunden, daß sie stets um eine gleiche Strecke vorwärts geht wie die Bohrscheibe. An dem Preßcylinder B , welcher das eigentliche Gestell der Maschine bildet, sind vier kleine Pressen $N_1 N_2 N_3 N_4$ mit Kolben $P_1 P_2 P_3 P_4$ angebracht, die durch Wasser, Luft oder anderweitig in Thätigkeit gesetzt werden und in Verbindung mit den durch Schrauben oder dergl. zu verstellenden Stempeln $P_5 P_6$ die feste Abspreizung der Maschine im Stollen ermöglichen. Da sich jede Presse einzeln unter Druck setzen läßt, so wird der erhebliche Vorteil erreicht, daß man die Maschinenlage etwas verändern und in gewünschter Richtung bohren kann.

Um nach Erreichung eines dem Vollhub des Preßkolbens C gleichen Bohrfortschritts das Maschinengestell nachrücken zu lassen, unterkeilt man die Bohrscheibe A und stemmt den Kolben C mit zwei Stützkolben $p_1 p_1$ in die Höhe, während man die Stempel $P_1 P_2 P_3 P_4$ zurückzieht. Nunmehr kann nach seiner Entleerung der Preßcylinder B längs des feststehenden Kolbens C verschoben werden; hierzu dient das Handrad T , dessen Welle in einem die Tragarme $D E$ verbindenden Querbalken verlagert ist, mittels Getriebe und Schrauben $U U_1$, welche in Seitenflügel des Armes M eingreifen.

Das auf die Sohle vor Ort herabfallende Haufwerk wird durch am Umfange der Bohrscheibe befindliche Schraubengänge S hinter die Scheibe gebracht und von da durch ein Becherwerk oder eine Förderschnecke bis zu den Grubenwagen weiter geschafft. Letztere und die Maschine selbst bei Außerdienststellung laufen auf einem Schienengleise, dessen Querschwellen sich dem runden Stollenumriß anschmiegen.

§ 25. Crampton's Tunnelbohrmaschine; Fig. 1—4, Taf. XXIII. Diese Maschine¹⁰³⁾ zeigt als Eigentümlichkeit den gemeinschaftlichen hydraulischen Betrieb der Gewinnung und Förderung und wurde im Hinblick auf die unterseeische Verbindung von England und Frankreich in Vorschlag gebracht, bei welcher der Transport der Berge infolge der großen Tunnellänge auf gewöhnliche Weise nicht durchführbar wäre.

In der Nähe des Schachteinganges stellt Crampton eine Pumpe auf, welche Wasser aus dem Meere hebt und in Accumulatoren drückt. Von ihnen führt eine Leitung B , siehe Fig. 1 und 2, Taf. XXIII, vor Ort, wo die Wasserpressung etwa 50 Atmosphären betragen soll. Damit trotz des Vorrückens der Bohrmaschine der Zufluß nur selten unterbrochen werden muß, schließt sich an B , in einer Stopfbüchse 24 m weit verschiebbar, die Leitung C an. Die Welle der Bohrmaschine wird ohne Zwischengetriebe durch den hydraulischen Motor D in Umdrehung versetzt.

Ein Becherwerk hebt das Kreidehaufwerk und schüttet es in einen geneigten Trog E , an dessen oberem Ende das Abwasser der Maschine einströmt. Das Abwasser nimmt das Haufwerk mit und führt es in eine rotirende Mischtrommel F . Eine der lotrechten Trommelendflächen wird durch ein Drahtgeflecht gebildet, das

¹⁰³⁾ Mémoires et compte rendu des travaux de la société des ingénieurs civils. 1882 II. S. 380, 528. — Engineer. 1882. Bd. 54. S. 255.

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.