

VIII. Kapitel.

Gesteinsbohrmaschinen.

Bearbeitet von **W. Schulz**, Professor an der Technischen Hochschule zu Aachen.

(Hierzu Tafel XIII—XVI und 48 Holzschnitte.)

Einleitung¹⁾.

§ 1. Geschichtliche Entwicklung. Das Ausbrechen von Gestein und die Herstellung von Bohrlöchern hat sich bereits auf vorgeschichtlichen Stufen der Kultur zunächst durch das wesentlich mit ihr verknüpfte Bedürfnis der Beschaffung von Wasser entwickelt. Hauptsächlich waren es die östlichen Volksstämme, welche zur Ansammlung von Tageswasser Cisternen ausgruben und die aus tieferen Schichten das Wasser entnehmenden Schachtbrunnen herstellten. Zahlreiche Brunnen dieser Art von außerordentlich hohem Alter sind theils in Resten erhalten, theils noch in Benutzung und geben Zeugnis von dem bedeutenden Umfang derartiger Ausführungen; so ein noch jetzt benutzter Brunnen bei den Pyramiden von Gizeh, welcher mit diesen Bauwerken gleichzeitig entstanden sein wird, ein Brunnen bei Wadec Jasous, erbaut von dem Sohne Pharaos, welcher noch heute für den Hafen von Aennum am Roten Meere benutzt wird, der Davidsbrunnen zwischen Bethlehem und Jerusalem u. a. m.

Als besonders interessant sind hier dann noch der Jakobsbrunnen in der Nähe von Sichem auf dem Wege von Galiläa nach Jerusalem und der Josephsbrunnen von Kairo zu nennen, von denen der erstere über 3500 Jahre alt ist, eine Tiefe von 30 m, einen Durchmesser von 3 m besitzt und völlig in festem Felsen niedergebracht ist.

Ueber die Erbauung des Josephsbrunnens, des großartigsten Bauwerkes dieser Art, fehlen uns zuverlässige Angaben. Derselbe besteht aus zwei Brunnenschächten von rechteckigem Querschnitt, welche untereinander liegen und durch eine große Kammer miteinander verbunden sind. Die Schächte wie die Kammer sind ganz in Felsen gearbeitet. Die Sohle des unteren reicht in den Kies, dem das Wasser entnommen wird. In jedem Schacht befand sich ein Eimerwerk, aus Thongefäßen an einer Kette ohne Ende bestehend, welche mittels Ochsen

¹⁾ Die Einleitung wurde von Herrn Professor Richard in Karlsruhe verfaßt.

oder Pferden an Göpeln betrieben wurden. Das untere Eimerwerk lieferte das Wasser in ein in der Zwischenkammer befindliches Reservoir, aus welchem dann das obere wieder das Wasser schöpfte. Die Seiten des oberen Schachtes hatten 7,7 m und 6,6 m Länge; während die Tiefe 50 m beträgt. Der untere Schacht hatte 4,6 m und 2,8 m Seitenlänge und 40 m Tiefe. Um in die zwischen beiden liegende Kammer die zum Göpelbetrieb nötigen Tiere zu befördern, ist um den oberen Schacht ein spiralförmiger Gang von 2 m Breite und 2,2 m Höhe ausgearbeitet.

Auch in Herculanium und Pompeji fand man bei den Ausgrabungen alte Brunnen vor, sowie auch Ueberreste solcher Bauten der alten Phönizier u. s. w. noch vorhanden sind.

Die Notwendigkeit, größere Städte mit Wasser zu versorgen, führte später zur Anlage von offenen und verdeckten Kanälen, welche theils über, theils unter der Terrainoberfläche hergestellt wurden, theils auf künstlichem Unterbau über Thäler und Niederungen hinweggeführt oder als Tunnel durch Berge und Höhenzüge hindurchgetrieben wurden.

Die älteste Nachricht über eine derartige größere Leistung gibt Herodot durch die Beschreibung der Wasserleitung der Stadt Samos, erbaut von Eupalinos, einem Architekten von Magära²⁾. Der Kanal von ungefähr 1,8 m Breite ist in einer Länge von circa 1,5 km als Tunnel ausgeführt. Die großartigsten Bauten dieser Art finden sich aber in den Wasserleitungen Roms, welche teilweise Wasser aus dem Lago Martignono, teilweise Quellwasser aus verschiedenen Bezirken zuführten. Von den bis zum Jahre 39 n. Chr. ausgeführten Leitungen zeigten drei größere Tunnelbauten, nämlich die Aqua Virgo, im Jahre 19 v. Chr. erbaut mit einem Tunnel von 800 m Länge, die Aqua Claudia und die Aqua Anio novus, beide in Jahre 39 n. Chr. erbaut mit 803, resp. 802 m langen Tunneln.

In gleicher Weise wie in Rom finden sich aber auch an vielen andern Orten römische Wasserleitungsbauten, von denen hier noch die zur Wasserversorgung von Lyon mit 2600 m langem Tunnel und die zur Wasserversorgung von Antibes mit 4940 m langem Tunnel erbauten Anlagen Erwähnung verdienen.

Als großartige Bauten dieser Art, welche wir als Vorläufer unseres heutigen Tunnelbaues zu betrachten haben, sind ferner die unterirdische Ableitung des Fucinischen Sees unter Claudius und die Galerie am Albaner See, 359 v. Chr. erbaut, zu nennen, von denen die letztere eine Länge von 2223 m besaß, während die Ableitung des Fucinischen Sees, schon von Julius Cäsar angeregt, eine Galerie von 4446—5187 m (je nach den Quellen), circa 2,8 m Breite und 6 m Höhe besaß, deren Bau 11 Jahre lang stetig 30 000 Arbeiter erforderte, sodaß sich, die Länge zu circa 5000 m angenommen, ein durchschnittlicher Fortschritt im Monat von 37,88 m ergibt.

Von den Tunnelbauten des Mittelalters mag als einer der interessantesten der im Jahre 1450 unter Anna von Lusignan begonnene Tunnel durch den Col di Tenda, zwischen Nizza und Genua, Erwähnung finden, der 1782 unter Victor Amadeus III. fortgesetzt und 1794 während der Invasion der Franzosen bei ungefähr 2500 m Länge verlassen wurde.

In größerem Umfange kommen dann Tunnelbauten vom Ende des 17. Jahrhunderts an vor, unter denen der in den Jahren 1679—80 vom französischen Ingenieur Riquet im Zuge des unter Colbert im Jahre 1665 begonnenen Kanals

²⁾ Dieser Tunnel ist nunmehr von Abyssides Pascha, Gouverneur von Samos, wieder aufgedeckt worden; siehe Ann. f. Gewerbe. 1884. II. S. 168.

von Languedoc erbaute Malpas-Tunnel von 170 m Länge, 7,3 m Breite und 9 m Höhe als der erste hervortritt. Diesem folgten alsdann der im Jahre 1707 erbaute Tunnel im Zuge des Saumpfadcs über den St. Gotthard, der im Jahre 1770 erbaute von Rive de Gier am Givorskanal und der im Jahre 1787 erbaute von Tory am Centrekanal.

In seiner heutigen Gestalt tritt der Tunnelbau zuerst auf bei der im Jahre 1803 erfolgten Erbauung des 8 m breiten Tunnels von Tronquoy des Kanals von St. Quentin, bei welchem zuerst eine Dampfmaschine Verwendung fand. Daran schlossen sich alsdann die Tunnelbauten der Alpenstrassen, nämlich über den Simplon, erbaut 1801—7, den Mont-Cenis, erbaut 1803—10, den Splügen, erbaut 1818—24, den Bernhardin, erbaut 1819—23, das Stilsfer Joch, erbaut 1820—24, und den St. Gotthard, erbaut 1820—30.

Der erste Eisenbahntunnel, in dem Zuge einer eingleisigen Pferdebahn gelegen, wurde im Jahre 1826 bei St. Etienne an der Linie Roanne-Andrezieu begonnen und in einer Länge von 1500 m, 2,6 m Sohlenbreite, 3 m Kämpferbreite und 5 m Höhe ausgeführt. Die ersten Tunnel für Lokomotiv-Eisenbahnen wurden bei Liverpool auf der Linie Liverpool-Manchester von Stephenson 1826 begonnen, am 1. Juli 1829 zum ersten Mal mit einer Lokomotive durchfahren und 1830 dem Betrieb übergeben; der größere derselben hat eine Länge von 1810,5 m, eine Breite von 6,7 m und eine Gesamthöhe von 4,88 m, wogegen der kürzere 88,7 m lang, 4,55 m breit und 3,66 m hoch ist. In Deutschland wurde der erste Eisenbahntunnel bei Oberau in Sachsen im Jahre 1837, in Oesterreich bei Gumpoldskirchen im Jahre 1839 ausgeführt.

Seit jener Zeit sind, der außerordentlichen Ausbreitung des Eisenbahnnetzes entsprechend, ganz bedeutende Tunnel zur Ausführung gebracht worden, sodaß Ende 1856 Frankreich, Großbritannien, Oesterreich, Deutschland, Belgien, Sardinien, die Schweiz und Nordamerika zusammen 615 Tunnel von 504 676 m Länge hatten, von denen 486 Tunnel mit 279 193 m Länge im Zuge von Eisenbahnen lagen. Im Jahre 1873 befanden sich dagegen allein im Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen 514 Tunnel mit 146 731 m Gesamtlänge. Als die bedeutendsten der jetzt ausgeführten Tunnel mögen folgende Erwähnung finden: Themsetunnel 365,8 m lang, Scheiteltunnel am Semmering 1407,8 m, Hauensteintunnel 2496,0 m, Tunnel von la Nerthe 4620 m, Altenbeckener Tunnel 1627 m, Hoosactunnel in Nordamerika 7622 m, Mont-Cenis-Tunnel 12 233,5 m, St. Gotthard-Tunnel 14 926 m und Arlberg-Tunnel 10250 m lang.

Von den letzteren Tunnelbauten, welche in hervorragender Weise auf das Bohren mit Gesteinsbohrmaschinen Einfluß gehabt haben, wurde der Mont-Cenis-Tunnel im August 1857 begonnen und fand der Stollendurchschlag am 25. Dezember 1870 statt, während die Eröffnung am 17. September 1871 erfolgte. Der St. Gotthard-Tunnel wurde Ende September 1872 begonnen, der Durchschlag des Richtstollens geschah am 29. Februar 1880, also nach einer Bauzeit von 7 Jahren und 5 Monaten, und die Fertigstellung wurde erreicht Ende Dezember 1881. Durchschnittlich wurden dabei täglich 2400 Mann beschäftigt. Der Arlberg-Tunnel endlich wurde am 28. Juni 1880 begonnen und der Stollendurchschlag am 13. November 1883 erreicht, um ein volles Jahr früher, als dies beim Beginne des Baues auf Grund der damals vorliegenden, an der Gotthardbahn gemachten Erfahrungen angenommen wurde.

Diese außerordentlichen Erfolge, welche sich hauptsächlich durch einen Vergleich mit den Arbeiten zur Herstellung der Galerie am Fucinischen See ergeben, wo zur Herstellung eines ungefähr 5000 m langen Tunnels 30 000 Arbeiter 11 Jahre thätig waren, ist hauptsächlich der umfangreichen Benutzung der Gesteinsbohrmaschinen und der Ausbildung der Schießarbeit zuzuschreiben, welche letztere zuerst im Jahre 1613 vom Bergmeister Martin Weigel in den Freiburger Gruben eingeführt wurde. Schon kurze Zeit nachher trat gegenüber dem bis dahin nur angewandten Handbohren die Idee des Maschinenbohrens hervor, indem im Jahre 1683 Henning Huthmann, Rektor in Ilfeld am Harz, dem Berghauptmann Hieronymus von Witzendorf eine Bohrmaschine, auf dem Prinzip der Rammmaschinen beruhend, vorschlug, welche indes nicht in Verwendung gebracht wurde. Erst im Jahre 1803 trat alsdann der Kunstmeister Gainschnigg zu Salzburg wieder mit der Idee auf, die langsame Hauerarbeit durch Maschinenarbeit zu ersetzen, welcher Gedanke noch ohne Erfolg von R. Trevithik zu Cornwall weiter geführt wurde.

Im Jahre 1844 schlug Brunton vor, verdichtete Luft auf einen Hammer zum Eintreiben des Bohrers wirken zu lassen³⁾, und zwar sollte derselbe 200 Schläge pro Minute ausüben, während die verwandte Luft zur Ventilation der Grube vorgesehen war. Cavé verfolgte diese Idee im Jahre 1851 bei einem Plan für die Durchtunnelung des Col de Fréjus. Nach ihm sind alsdann, angeregt hauptsächlich durch die zur Wirklichkeit gewordenen Durchbohrungen der Alpenkette, eine ganze Reihe von Ingenieuren mit Erfindungen von Gesteinsbohrmaschinen hervorgetreten, sodaß schon im Jahre 1866 in England 91 Patente auf verschiedene Gesteinsbohrmaschinen erteilt waren.

Die wichtigsten dieser Erfindungen wurden gemacht von Bartlett im Jahre 1854, Colladon 1855, Schumann 1855, Castelain, Schwarzkopff, Sommeiller, Grattoni und Grandis im Jahre 1857, Haupt 1858, Sachs 1863, Bergström 1865, Lon 1865, Stapff 1865, Döring 1866, Dubois und François 1868, Burleigh 1869, Osterkamp 1869, Mac-Kean 1872, Azzolino dell' Acqua 1872, Ferroux 1873, Ingersoll 1873, Warrington 1873, Darlington 1873, Warsop 1874, Brandt 1876 u. s. w.

§ 2. Systematische Darstellung der Wirkungsweise der Werkzeuge in Gebirgsarten von verschiedener Festigkeit. Sowohl beim Niederbringen von Brunnen zur Wassergewinnung als bei der Herstellung von Schächten und Stollen zur Erzgewinnung, der Herstellung von Tunneln zur Durchführung von Landstraßen, Kanälen und Eisenbahnen durch Höhenzüge oder unter Wasserläufen, als endlich auch bei der Gewinnung und Bearbeitung von Steinen liegt die Notwendigkeit vor, eine Lostrennung einzelner Teile voneinander zu bewirken, welche je nach der Beschaffenheit des Materials und dem Zwecke in verschiedener Weise unter Zuhilfenahme entsprechender Werkzeuge zur Ausführung gebracht werden kann.

Es ist dabei hauptsächlich die Beschaffenheit des loszutrennenden Gesteines auf die Wahl des Werkzeuges von Einfluß, indem nach dem Widerstande des Gesteines sowohl die Form des Werkzeuges als auch die auf dasselbe einwirkende Kraft zu richten ist. Dieser Widerstand des Gesteines ist aber im wesentlichen von der Härte und dem Zusammenhang der einzelnen Massenteilchen,

³⁾ Siehe auch S. 3 der Einleitung zur 1. Abteilung dieses Werkes.

beziehungsweise deren Festigkeit, ferner von den Lagerungsverhältnissen und etwaigen Klüftungen abhängig.

Man unterscheidet

nach Hoffmann	nach Werner ⁴⁾
1. Stichgebirge	rolliges Gestein
2. Haugebirge	mildes Gestein (Hackgebirge)
3. Piekgebirge	
4. Brechgebirge	
5. Brech- und Schußgebirge	gebräches Gestein
6. Schußgebirge;	festes Gestein
	höchst festes Gestein.

Schon der Name dieser verschiedenen Gesteinsklassen kennzeichnet die Art der Arbeit, durch welche bei denselben eine Lostrennung erfolgen kann. Während bei den drei ersten Arten durch Stechen und Hauen eine Abtrennung zu erreichen ist, wobei im ersteren Falle lediglich durch Druck auf ein mehr oder weniger schneidend wirkendes Werkzeug, die Schaufel, den Spaten, Pflug, Erdbohrer u. s. w., gearbeitet wird, muß bei dem Haugebirge schon eine größere Kraft verwandt werden, um das Werkzeug in die Gesteinsmassen einzutreiben; solches ist aber von Hand der Menschen aus nur dadurch erreichbar, daß man dem Werkzeuge eine größere Geschwindigkeit, beziehungsweise lebendige Kraft erteilt, bevor es die Gesteinsmassen trifft, und so die angesammelte Arbeit stoßweise nutzbar macht, um den Widerstand des Gesteines zu überwinden. Es kann das Werkzeug indes noch eine größere Breite haben (Breithaue, Lettenhaue, Plathacke), um in größerer Ausdehnung die Abtrennung gleichzeitig zu bewirken.

Wird der Widerstand des Gesteines größer, so wird in genannter Weise eine Abtrennung nur dann noch erreicht, wenn die gesamte, im Werkzeug durch das Schwingen desselben aufgespeicherte lebendige Kraft auf einen kleinen Angriffsort konzentriert zur Wirksamkeit gebracht wird, indem das Werkzeug in einen schmalen Keil oder eine Spitze ausläuft (Spitzhacke).

In festen Gesteinsmassen tritt außer der durch das Eintreiben des Werkzeuges hervorgerufenen Lostrennungsarbeit, welche man mehr oder weniger mit dem Schneiden vergleichen könnte, eine zweite Wirkung ein, sobald außer der ersten geradlinigen oder etwas bogenförmigen Bewegung noch um irgend einen Punkt des Werkzeuges eine drehende Bewegung ausgeführt wird; indem der zunächst auf einer Fläche von den nächstliegenden Massen abgeschnittene Körper sich von diesen entfernt, findet ein Kippen, also bei entsprechender Ueberwindung des Widerstandes ein Abbrechen oder Abscheren dieses Körpers von dem noch anhaftenden Gebirge statt.

Eine ähnliche abtrennende Wirkung findet statt, wenn ein keilförmiges Werkzeug unter starkem Druck oder Stoß eingetrieben wird. Auf der Kombination des Schneidens, Keilens und Brechens beruhen nicht allein die Lostrennungsarbeiten im Gestein, sondern auch bei Erdarbeiten finden in den lösend und zugleich schöpfend wirkenden Baggermaschinen, insbesondere den zunächst in Amerika bei Eisenbahnbauten zur Anwendung gekommenen Excavatoren oder Grabmaschinen, dieselben Vorgänge statt.

⁴⁾ Vergl. vorhergehendes Kapitel, S. 66.

Die Arbeit des Brechens kann aber auch bei beliebig hartem Gestein vorteilhaft in Anwendung kommen, wenn dieses durch seine Struktur die Einführung von keilenden Brechwerkzeugen in schon vorhandene Spaltflächen gestattet, d. h. bei allen geschichteten Felsarten, die man dem entsprechend auch als gebräches Gestein oder Brechgebirge bezeichnet. Dieses Verfahren kommt beim gewöhnlichen Steinbruchbetrieb vor und hat im Schrämmen mit Treibkeilen in gebohrten Löchern weitere Ausbildung gefunden.

Komplizierter wird die Aufgabe, wenn in hartem Gestein mit mechanischen Werkzeugen genügende Abbruchsleistung nicht mehr erzielt werden kann und zur Anwendung von Sprengmitteln übergegangen werden muß, welche bei festem oder leicht schießbarem Gebirge noch einen geringen, bei höchst festem oder schwer schießbarem Gestein dagegen einen sehr bedeutenden Widerstand, bedingt durch große Härte und Festigkeit des Gesteines, zu überwinden haben. Zu ersterem rechnet man die meisten Sandsteine, Dolomit u. s. w., zu letzterem z. B. Basalt, Quarzfels, quarzreichen Granit, Porphyr, Grauwacke, Kieselschiefer u. s. w.

Bei der Sprengarbeit kommt es wesentlich darauf an, durch Bohren von Löchern vorteilhafte Angriffspunkte des Sprengmittels im Gestein zu schaffen. Aus dem Bedürfnisse des maschinellen Betriebes der Gesteinsbohrer entwickelten sich die Gesteinsbohrmaschinen, welche in ihrer weiteren Ausbildung zu Tunnelbohrmaschinen auch dazu dienen können, Löcher von bedeutender Weite, beziehungsweise Stollen und Tunnel im ganzen Profil ohne Anwendung von Sprengarbeit zu erstellen. Während bei den für Erdmassen und milde Gebirgsarten dienlichen Werkzeugen, welche weiterhin in diesem Kapitel unberücksichtigt bleiben, im wesentlichen ein Schneiden stattfindet und entsprechend dem verhältnismäßig geringen Widerstande gegen Eindringen des Werkzeuges der Schneidewinkel klein gewählt werden kann, ist das bei dem eigentlichen Gesteinsbohrer nicht mehr der Fall; die schneidende Wirkung, welche übrigens schon bei der Spitzhacke verschwindet, tritt hier zurück gegen das Zertrümmern der Gesteinsmasse in kleine Teile, verbunden mit einer keilenden und brechenden oder einer mehr oder weniger absprengenden, abscherenden und schleifenden Wirkung, je nachdem das Werkzeug unter einem momentan stattfindenden Stoß oder, wie beim Drehbohren⁵⁾, unter konstantem Drucke arbeitet.

Im ersten Falle ist es die lebendige Kraft, bedingt durch Masse und Geschwindigkeit des arbeitenden Werkzeuges, von welcher das Maß der Wirkung abhängt, und läßt sich der Vorgang in der Weise erklären, daß zunächst das Werkzeug die Gesteinsmasse, welche sich vor seiner Schneide befindet, auf Druckfestigkeit in Anspruch nimmt, diese bei der starken Stoßwirkung überwindet und hier also den Stein zermalmt, zugleich aber keilförmig in den gebildeten Raum eindringt und nun die seitlich stehengebliebenen Teile auf Abscherungsfestigkeit beansprucht, um bei Ueberwindung derselben auch diese abzusprenge⁶⁾. Eine bloße Zertrümmerung lediglich durch die Wirkung des Stoßes erfolgt hier oder soll wenigstens zweckmäßiger Weise in möglichst geringem Maße erfolgen, während bei Arbeiten ohne Anwendung keilförmiger Werkzeuge, wie z. B. bei der

⁵⁾ Die geschichtliche Entwicklung des Drehbohrens und die bei demselben stattfindenden Vorgänge behandelt der zweite Teil dieses Kapitels.

⁶⁾ Siehe § 3 dieses Kapitels.

Carr'schen Schleudermühle (Desintegrator), in welcher die mit großer Geschwindigkeit rotirenden Schlagbolzen gegen das zu zerkleinernde Material treffen, dieses durch die Stoßwirkung nur zerschlagen wird. In ähnlicher Weise wirkt die Vapart'sche Steinzerkleinerungsmaschine⁷⁾.

Die Uebertragung der lebendigen Kraft auf den Gesteinsbohrer kann in der Weise stattfinden, daß, nachdem der Bohrer eine geeignete Stellung auf dem Gestein erhalten hat, entweder von Hand mit einem Fäustel oder Schlägel (wie beim gewöhnlichen Handbohren) geschlagen wird, oder mittels eines maschinell bewegten Stempels (Hammer), wie bei den Hammermaschinen, welche früher gebaut wurden, oder endlich dadurch, daß man den Bohrer selbst gegen die Angriffsstelle schleudert, wie es beim Wurfbohren und bei den am meisten verbreiteten Stoßbohrmaschinen geschieht.

§ 3. Die Angriffsformen und Arbeitsmethoden im Gestein. Bei der Herstellung der im Ingenieurbauwesen auftretenden Bauformen, wie Anschnitte, Einschnitte, Stollen, Tunnel u. s. w., liegt hauptsächlich die Aufgabe vor, nach vorgeschriebener Trace ein bestimmtes freies Profil herzustellen. Dies kann zunächst in der Weise geschehen, daß das Material gleichmäßig über das ganze Profil abgearbeitet wird, wie es bei dem ältesten und primitivsten Verfahren der Handarbeit geschieht, welches aber den bedeutenden Uebelstand hat, daß nur eine geringe Arbeitsfläche vorhanden ist, also die Anzahl der Menschen, welche in Anwendung gebracht werden können, sehr gering ist und somit die Zeitdauer der Arbeit verhältnismäßig groß wird, ferner aber die vollständige Zertrümmerung der Gesamtmasse des Gesteines bedeutenden Aufwand mechanischer Arbeit erfordert.

Die Vorteile der Kontinuität der Arbeit und die Vermeidung der sonstigen Nachteile des Sprengens haben jedoch zu zahlreichen Versuchen angeregt, Stollen und Tunnel durch Abarbeitung des Materials im vollen Profil auf maschinellem Wege vorzutreiben. Dieses Bestreben hat nach vielen Opfern endlich bei der Herstellung der Versuchsstrecken des Kanaltunnels zwischen Frankreich und England in dem hier zu bewältigenden weichen Kreidefelsen zu befriedigenden Erfolgen geführt, welche die Berechtigung dieser Arbeitsmethode in milden Gebirgsarten darthun und deren weitere Anwendung wahrscheinlich machen⁸⁾.

Wesentlich reduziert wird der gesamte, für die Lostrennung erforderliche Aufwand mechanischer Arbeit, indem man durch Herstellung von Einschnitten (Schrammen, Schlitzen) größere Gesteinsmassen von den nächstliegenden abtrennt und sie dann von der Grundfläche abbricht, also als ein Ganzes gewinnt, sodaß die eigentliche Zertrümmerungsarbeit nur an den Abtrennungsstellen erfolgt. Dabei kann zugleich die Forderung gestellt werden, daß die abgebrochenen Gesteinsmassen ihrer Form entsprechend als Baumaterial verwendbar sind. Diese Arbeitsmethode läßt sich in der Weise ausführen, daß zunächst über das ganze Profil parallele

⁷⁾ Auch läßt sich hierher die Wirkung der einzelnen Sandkörnehen der Sandgebläse rechnen, welche mit großer Geschwindigkeit gegen die zu bearbeitende Materialfläche prallen und hier die obersten Teile derselben allmählich zertrümmern, während an allen den Stellen, welche mit elastischer Masse (Gummi) belegt sind, letztere nicht zerstört, sondern infolge der großen Elasticität nur zusammengedrückt wird und nach Aufnahme der lebendigen Kraft der anliegenden Körnehen sich in die alte Form wieder zurückbegibt.

⁸⁾ Siehe „Tunnelbohrmaschinen“ im X. Kapitel dieses Werkes.

oder sich kreuzende Schrammen hergestellt und dann die zwischen denselben stehen bleibenden Klötze durch Eintreiben von Keilen, also durch Hervorrufung von Kräften, welche an einem Hebelarm wirken, dessen Länge gleich der Tiefe der Schramme ist, abgebrochen werden, ein Verfahren, welches hauptsächlich beim Steinkohlenbergbau Verwendung gefunden hat.

Es ist ferner die Möglichkeit vorhanden, statt der geradlinig sich erstreckenden Schrammen cylindrische Schrammen zu bilden, um wiederum den stehenbleibenden Kern loszubrechen. Diese Methode, welche beim Bohren hauptsächlich durch die Ausbildung der Kernbohrer, besonders der Diamantbohrmaschinen, eine weitere Verbreitung, vornehmlich für Tiefbohrungen, gefunden hat⁹⁾, bietet dieselben Vorteile dar, wie das vorige Verfahren, indem der in der Mitte stehenbleibende Kern als ein Ganzes unten abgebrochen wird, und hat man besondere Einrichtungen zum Anschneiden und Abbrechen derselben konstruiert. Vermöge der großen Widerstandsfähigkeit der Diamanten kann diese Bohrmethode im härtesten Gestein angewandt werden.

In sehr festen Gebirgsarten, welche die Schrämmaschine und auch häufig aus andern Gründen, z. B. wenn man Steinmassen von bestimmter Form erhalten will, die andern Methoden ausschließen, wird nicht selten statt der vollständigen Schrammen nur eine Reihe mehr oder weniger nahe aneinander liegender Löcher von Hand gebohrt oder mittels Bohrmaschinen hergestellt und dann die Trennung wieder durch Abtreiben mit Hilfe von Keildornen ausgeführt. Hierbei ist nicht allein die Abtrennung am Boden der Hauptgesteinsmasse zu bewirken, sondern es sind auch noch die zwischen den Löchern stehen gebliebenen Stege abzusprengen. Die zur Abtrennung erforderliche mechanische Arbeit ist daher eine bedeutendere, hauptsächlich wenn der abzutrennende Steinklotz größere Dimensionen besitzt, sodaß sich diese Methode nur zur Gewinnung sehr wertvollen Materials nach bestimmten Maßen eignet¹⁰⁾.

⁹⁾ Vergl. Tunnelbohrmaschine von Gay in Kap. X.

¹⁰⁾ Siehe „Schrämmaschinen“ in Kap. X, ferner „Steingewinnung“ in Kap. XI dieses Werkes.