

Erster Teil.

Das stossende Bohren.

A. Das Handbohren.

Das Handbohren oder Bohren von Hand kann auf zweierlei Arten erfolgen, nämlich mit zwei Werkzeugen (Gezähnen) oder nur mit einem Werkzeug; letztere Art des Bohrens nennt man spezieller Wurfbohren.

§ 1. Bohren mit zwei Werkzeugen. Diese Art des Bohrens ist die gebräuchlichste. Je nachdem ein, zwei oder drei Arbeiter mit der Führung der beiden Werkzeuge beschäftigt sind, nennt man das Bohren ein-, beziehungsweise zwei- und dreimännisches. Die beiden benutzten Gezähe sind der Bohrer und das Fäustel oder das Schlägel.

An dem Bohrer unterscheidet man den arbeitenden Teil, den Bohrkopf, von der Bohrstange oder dem Bohrschaft. Das dem Kopfe entgegengesetzte Ende des Bohrers, welches den Schlag des Fäustels aufnimmt, heißt die Bahn oder der Nacken.

Am Fäustel unterscheidet man das eigentliche Fäustel mit den beiden Bahnen und dem Auge oder Ohr von dem Helme oder Stiele, der in das Auge gesteckt ist.

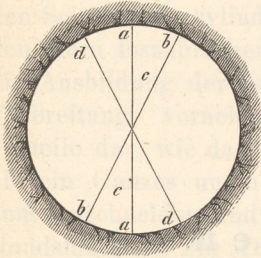
§ 2. Einmännisches Bohren. Handhabung des Bohrgezähnes. Bei demselben wird in der Weise gearbeitet, daß man den Bohrer mit der einen Hand, in der Regel der linken, führt und mit dem von der andern Hand geschwungenen Fäustel auf den Bohrer, möglichst in der Richtung seiner Axe schlägt. Das Fäustel schwingt man entweder in einem Bogen, dessen Mittelpunkt im Ellbogen liegt, oder man handhabt es pendelartig, um das Schultergelenk schwingend. Die letztere Art des Bohrens nennt man Schlenkerbohren oder Schlenkern.

Nach jedem Schlage muß der Bohrer etwas gedreht — umgesetzt — werden; der Grad des Umsetzens hängt von der Festigkeit des Gesteines und der Wucht des Schlages ab. Um das Umsetzen bewerkstelligen zu können, ist es erforderlich, nach jedem Schlage den Bohrer etwas zurückzuziehen.

§ 3. Wirkungsweise des Bohrers. Einen Bohrer mit nur einer radial im Bohrloche stehenden Schneide von der Länge d vorausgesetzt, wird letztere bei

dem ersten Schlage um die Tiefe h in das Gestein eindringen und hierbei dasselbe auf seine Druckfestigkeit in Anspruch nehmen. Bei dem zweiten Schlage hat die Schneide die Stellung bb inne (siehe Fig. 1). Die von ihr zu leistende Arbeit wird hauptsächlich darin bestehen, die beiden kleinen Gesteinsstrossen cc

Fig. 1.



wegzusprenge, welche durch die beim ersten Schlage erzeugte Furche aa von einer Seite freigelegt worden sind. Bei dem zweiten Schlage wird also das Gestein vorwiegend nur auf seine Abscherungsfestigkeit in Anspruch genommen. Dasselbe geschieht bei den nachfolgenden Schlägen so lange, bis die Schneide in die Stellung dd gekommen ist. Theoretisch müßte dann ein Gesteinscylinder von dem Inhalte

$$\frac{d^2 \pi}{4} \cdot h$$

abgesprengt sein und nun die wieder in die Stellung aa kommende Schneide von neuem eine Furche von der Tiefe h herstellen.

Die ausschließliche Inanspruchnahme des Gesteines auf seine Druckfestigkeit würde mithin während eines halben Umganges der Schneide immer nur einmal stattfinden, im übrigen dasselbe aber auf Abscherungsfestigkeit in Anspruch genommen werden. Der von einem und demselben Arbeiter beim Bohren geführte Schlag ist nun stets als gleich stark anzunehmen; es wird sich also bei einem gewissen Verhältnis zwischen Abscherungs- und Druckfestigkeit der Vorgang beim Bohren nur bei einem ganz bestimmten Grade dieser beiden Festigkeiten so abspielen, wie er geschildert wurde.

In allen Gesteinsarten von andern Festigkeitsgraden wird dagegen die entsprechend zugeschärfte Schneide während der Stellungen zwischen b und d nicht nur kleine Gesteinsstrossen absprengen, sondern auch noch um eine gewisse Tiefe in das Gestein eindringen, die kleiner ist als die Tiefe h des Eindringens der Schneide in der Lage aa . Es findet mithin bei allen Stellungen der Schneide eine Inanspruchnahme auf Druck- und Abscherungsfestigkeit statt.

Auf diese Weise entstehen nun Komplikationen in Bezug auf die Höhe der abzusprengeenden kleinen Gesteinsstrossen und infolge dessen auch hinsichtlich der Tiefe des Eindringens der Schneide in den verschiedenen Stellungen derselben, daß einer theoretischen Berechnung der von der Schneide aufgewandten Arbeit L_t zur Zertürmung eines gewissen Volumens Gestein in Bohrlöchern jeder Boden entzogen wird. Hierzu kommt noch, daß über die Abscherungsfestigkeiten der Gesteine keine zuverlässigen Resultate vorliegen.

Nichtsdestoweniger ist es versucht worden, diese theoretische Arbeitsleistung L_t beim Bohren zu berechnen und zwar von Julius v. Sparre¹⁾ und Stapff²⁾.

§ 4. Theoretische Arbeit der Schneide. v. Sparre geht bei seinen Berechnungen davon aus, daß beim Bohren nur die Druckfestigkeit des Gesteines in Anspruch genommen wird, während Stapff auch die absprengende Wirkung

1) v. Sparre. Bemerkungen über das Niederbringen tiefer Bohrlöcher von größeren Dimensionen. Berg. u. Hüttenm. Zeitg. 1865.

2) F. M. Stapff. Ueber Gesteinsbohrmaschinen. Stockholm 1869.

der Schneide berücksichtigt, bei der Berechnung der zum Abscheren nötigen Kraft aber den Modul der Druckfestigkeit benutzt. Nach v. Sparre wird demnach die Arbeit der Schneide größer ausfallen als nach Stapff.

Beide Autoren berechnen zunächst die Tiefe h des Eindringens der Schneide bei jedem Schlag, wenn die am Bohrkopfe disponible Arbeit L_2 bekannt ist. Die betreffenden Gleichungen sind

$$\text{nach v. Sparre: } h = \sqrt{\frac{L_2 \cos \frac{\alpha}{2}}{2 K \cdot d (\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + f)}} \dots \dots \dots 1^3).$$

$$\text{nach Stapff: } h = \sqrt{\frac{L_2}{4 K \cdot d (\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + f)}} \dots \dots \dots 2^4).$$

Es bedeutet K den Modul der Druckfestigkeit des Gesteines, f den Reibungskoeffizienten zwischen dem Material der Schneide und dem Gestein, α den Winkel der Zuschärfung der Schneide.

Aus der Tiefe des Eindringens der Schneide ermittelt sich dann die bei jedem Schlage zerdrückte und abgesprengte Gesteinsmenge V nach den Gleichungen

$$V = d \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot h^2 \dots \dots \dots 3^5).$$

v. Sparre's und

$$V = \frac{2 d^2 h^2}{d + 4 h} \dots \dots \dots 4^6).$$

Stapff's. v. Sparre gibt nach Elimination von h zur Berechnung von V noch die Gleichung:

$$V = \frac{L_2 \sin \frac{\alpha}{2}}{2 K (\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + f)} \dots \dots \dots 5^7).$$

Ist V berechnet, so ergibt sich die theoretisch zum Ausbohren eines Kubikcentimeters Gestein notwendige Arbeit L_t aus der Gleichung:

$$L_t = \frac{L_2}{V} \dots \dots \dots 6.$$

§ 5. Totales praktisches Güteverhältnis der Bohrarbeit. Bezeichnet L_c die vom Arbeiter zum Ausbohren eines Kubikcentimeters Gestein aufgewandte Arbeit und e_p den Quotienten des totalen praktischen Güteverhältnisses der Bohrarbeit, so ist:

$$e_p = \frac{L_t}{L_c} \dots \dots \dots 7.$$

Setzt man in diese Gleichung für L_t seinen Wert aus Gleichung 6 ein, so wird:

$$e_p = \frac{L_2}{V \cdot L_c} \dots \dots \dots 8.$$

3) v. Sparre; a. a. O. S. 24.
 4) Stapff; a. a. O. S. 15.
 5) v. Sparre; a. a. O. S. 52.
 6) Stapff; a. a. O. S. 15.
 7) v. Sparre; a. a. O. S. 52.

§ 6. Die vom Arbeiter beim Bohren entwickelte und die auf den Bohrkopf übertragene mechanische Arbeit. Bezeichnen: G das Gewicht des Fäustels; G_1 das Gewicht des Bohrers; c die Geschwindigkeit, mit welcher das Fäustel den Bohrer trifft; v die Geschwindigkeit, welche das Fäustel nach dem Schlage annimmt; v_1 die Geschwindigkeit, welche der Bohrer nach dem Schlage annimmt, s den Weg, welchen das Fäustel beim Zuschlagen oder Ausholen zurücklegt und welcher, ohne einen nennenswerten Fehler zu begehen, als geradlinig in Rechnung gesetzt werden kann, so ist die auf die Hin- und Herbewegung des Fäustels, verwendete Arbeit:

$$L = G \cdot s + \frac{G \cdot c^2}{2g} \dots \dots \dots 9.$$

Von derselben langt am Nacken des Bohrers an, wird also zum Zuschlagen benutzt die Arbeit:

$$L_1 = \frac{G_1 \cdot c^2}{2g} \dots \dots \dots 10.$$

Von dieser dem Nacken des Bohrers mitgeteilten Arbeit bleibt am Bohrkopf disponibel die Arbeit

$$L_2 = \frac{G_1 \cdot v_1^2}{2g} \dots \dots \dots 11.$$

oder

$$L_2 = \frac{G + G_1}{2g} \cdot v_1^2, \dots \dots \dots 12.$$

je nachdem $v_1 > v$ oder $v_1 = v$ ist.

Theoretisch kann das Fäustel nun den Bohrer in gewissen Fällen noch ein zweites Mal treffen. Für die Praxis hat dieser Nachschlag aber gar keine Bedeutung und wird derselbe hier nicht weiter berücksichtigt werden.

Zur Berechnung von v und v_1 dienen die Formeln⁸⁾:

$$v = c \left[1 - \frac{G_1}{G + G_1} \left(1 + \sqrt{\frac{\mu \cdot H_1 + \mu_1 H}{H + H_1}} \right) \right], \dots \dots \dots 13.$$

$$v_1 = c \cdot \frac{G}{G + G_1} \left(1 + \sqrt{\frac{\mu H_1 + \mu_1 H}{H + H_1}} \right), \dots \dots \dots 14.$$

in welchen bezeichnen: μ und μ_1 den Elastizitätsgrad des Materials des Fäustels, beziehungsweise Bohrers, H und H_1 die Härte des Fäustels, beziehungsweise Bohrers. Zur Berechnung letzterer dienen die Gleichungen⁹⁾:

$$H = \frac{F \cdot E_1}{l} \dots \dots \dots 15.$$

und

$$H_1 = \frac{F_1 E_1}{l_1}, \dots \dots \dots 16.$$

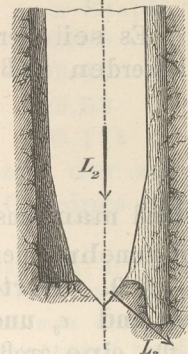
wenn F und F_1 die Querschnitte, E und E_1 die Elastizitätsmodul, l und l_1 die Länge des Fäustels und Bohrers bedeuten.

⁸⁾ J. Weisbach. Lehrbuch der theoretischen Mechanik. 5. Aufl. Bearbeitet von G. Herrmann. Braunschweig 1875. S. 801.

⁹⁾ a. a. O. S. 797.

Von der am Bohrkopf disponiblen Arbeit L_2 wird endlich auf das Ab Sprengen der kleinen Gesteinsstrossen — und nur diese keilartige Wirkung der Schneide soll hier berücksichtigt werden — die Arbeit L_3 (siehe Fig. 2) verwendet, kommt also als „wirksame Arbeit der Schneide“ zur Geltung; ihre Größe ist:

Fig. 2.



$$L_3 = \frac{L_2}{2 \left(\sin \frac{\alpha}{2} + f \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \right)}, \quad \dots \quad 17.$$

wenn α und f dieselbe Bedeutung haben wie oben in den Gleichungen 1—5.

§ 7. Totales theoretisches Güteverhältnis der Bohrarbeit. Nennt man das Verhältnis

$$\frac{\text{am Nacken des Bohrers empfangene Arbeit}}{\text{am Fäustel aufgewendete Arbeit}} = \frac{L_1}{L} = e_1 \quad 18.$$

den Wirkungsgrad des Antriebes; das Verhältnis

$$\frac{\text{am Bohrkopf disponible Arbeit}}{\text{am Nacken des Bohrers empfangene Arbeit}} = \frac{L_2}{L_1} = e_2 \quad \dots \quad 19.$$

den Wirkungsgrad der Uebertragung und endlich das Verhältnis

$$\frac{\text{von der Schneide geleistete Arbeit}}{\text{am Bohrkopf disponible Arbeit}} = \frac{L_3}{L_2} = e_3 \quad \dots \quad 20.$$

den Wirkungsgrad der Arbeit des Bohrkopfes, so ist das Produkt $e_1 \cdot e_2 \cdot e_3$ das totale theoretische Güteverhältnis der Bohrarbeit. Bezeichnet man dasselbe mit e und substituirt aus den Gleichungen 18, 19 und 20 die Werte für e_1 , e_2 und e_3 , so wird

$$e = \frac{L_1}{L} \cdot \frac{L_2}{L_1} \cdot \frac{L_3}{L_2} = \frac{L_3}{L} \quad \dots \quad 21.$$

§ 8. Die Geschwindigkeit c des Fäustels beim Aufschlagen. Diese Geschwindigkeit direkt zu beobachten, ist bisher noch nicht versucht worden. Bei der Schwierigkeit, diese Beobachtung anzustellen, bleibt nichts übrig, als diese Geschwindigkeit zu berechnen. Hierzu gibt es zwei Wege. Entweder gebraucht man die Formel:

$$c = \sqrt{2g \frac{L_1}{G}}, \quad \dots \quad 22.$$

welche das Bekanntsein von L_1 voraussetzt, oder man ermittelt die zum Aufschlagen gebrauchte Zeit t und berechnet c nach der Gleichung:

$$c = \frac{2 \cdot s}{t}, \quad \dots \quad 23.$$

wenn man mit Havrez¹⁰⁾ annimmt, daß die Kraft des Arbeiters beim Aufschlagen gleichförmig bis zum Momente des Schlages wirkt.

Bei der Schwierigkeit, die Zeit t durch direkte Beobachtung zu finden, ist man darauf angewiesen, dieselbe aus der Anzahl n der in der Minute erfolgten

¹⁰⁾ J. Havrez. Note sur le meilleur mode de creusement des trous de min. Revue univ. d. mines. 1876. I. Bd. 39. S. 519.

Fäustelschläge und dem Verhältnis ε der zum Aufschlagen erforderlichen Zeit zu der zum Aufschlagen und Zurückziehen des Fäustels gebrauchten Zeit zu ermitteln. Es ist dann:

$$t = \varepsilon \cdot \frac{60}{n} \text{ Sekunden.} \quad \dots \quad 24$$

Es sei hier gleich erwähnt, daß nach den Beobachtungen von Havrez gesetzt werden muß:

$$\varepsilon = \frac{1}{3} \text{ beim Bohren in Schieferthon,} \quad \dots \quad 25.$$

$$\varepsilon = \frac{2}{5} \text{ beim Bohren in Sandstein,} \quad \dots \quad 26.$$

während man sonst geneigt ist, $\varepsilon = \frac{1}{2}$ anzunehmen. Nach Havrez *) wächst also ε mit zunehmender Gesteinsfestigkeit.

§ 9. Werte der Arbeitsleistungen L , L_1 und L_2 , der Güteverhältnisse e_1 , e_2 und e_3 und des totalen theoretischen Güteverhältnisses e . Stapff ¹¹⁾ hat für eine große Anzahl von konstruirten Fällen Werte von L_2 berechnet; in nachstehender Tabelle I ist indes nur der von ihm angegebene Mittelwert ¹²⁾ aufgeführt worden. Derselbe bezieht sich auf Fälle, in denen die Verwendung unvollkommen elastischen Materials — Eisen und Stahl — für das Bohrgezähe vorausgesetzt wurde.

Havrez ¹³⁾ hat unter Zugrundelegung der von ihm auf belgischen Gruben angestellten Versuche Werte für L_1 und L_2 ermittelt in der Annahme, daß das Material des verwendeten Bohrgezähes — verstärkte schmiedeiserne Fäustel und Bohrer — unelastisch sei. Der in der Tabelle nach Stapff mitgeteilte Wert von L beruht auf einer Angabe Weisbach's; die übrigen Werte von L in der Tabelle sind nach den Angaben Havrez' berechnet, desgleichen sind die Werte von L_3 nach der oben gegebenen Gleichung 17 berechnet unter der Annahme, daß $\alpha = 70^\circ$ und $f = 0,45$.

Alle in der Tabelle mitgeteilten Arbeitsleistungen beziehen sich auf sekundliche Meterkilogramme. Die Tabelle enthält ferner die Angaben der Gewichte des Bohrgezähes, mit dem Havrez seine Versuche anstellen ließ und welches Stapff seinen Berechnungen zu Grunde legte. Die mitgeteilten Geschwindigkeiten beim

Tabelle I.

| | Nach den Versuchen von Havrez. | | | | Von Stapff gegebene Mittelwerte. |
|-------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|---|--|
| | In Schieferthon. | In mittelfestem Sandstein. | In sehr festem Sandstein. | Als Mittelwerte bezw. Grenzwerte. | |
| G | 1,35—1,67 kg | 1,5—1,75 kg | 1,67—2,0 kg | 1,35—2,0 kg | 3,0 kg |
| G_1 | 1,34—1,52 kg | 1,3—1,84 kg | 1,35—1,37 kg | 1,3—1,84 kg | 1—1,5 kg |
| c | 5,55—7,2 m | 5,6—5,75 m | 4,68—5,06 m | 4,68—7,2 m | 6,79 m |
| L | 6,49 mkg | 5,56 mkg | 5,83 mkg | 6,04 mkg | 5,45 mkg |
| L_1 | 3,95 „ | 3,25 „ | 2,86 „ | 3,44 „ | 2,73 „ |
| L_2 | 2,1 „ | 1,66 „ | 1,64 „ | 1,83 „ | 1,14 „ |
| L_3 | 1,08 „ | 0,89 „ | 0,86 „ | 0,96 „ | 0,61 „ |

*) Havrez; a. a. O. S. 519.

¹¹⁾ Stapff; a. a. O. S. 10 und 11.

¹²⁾ Stapff; a. a. O. S. 12.

¹³⁾ Havrez; a. a. O. S. 522.

Aufschlagen sind auf Grund der Havrez'schen Beobachtungen aus Gleichung 23—26 berechnet, bei Stapff hingegen Annahmen.

Nach den in der Tabelle mitgeteilten Resultaten ergibt sich als

| | nach Havrez | nach Stapff |
|--|-------------|-------------|
| Wirkungsgrad des Antriebes e_1 | 0,57 | 0,50 |
| Wirkungsgrad der Uebertragung e_2 | 0,53 | 0,42 |
| Wirkungsgrad der Arbeit des Bohrkopfes e_3 | 0,53 | 0,53 |
| totales theoretisches Güteverhältnis e | 0,16 | 0,111 |

Theoretisch ist es mithin nur möglich, rund 11—16 Prozent der auf das Bohren verwendeten Arbeit für die eigentliche Zerkleinerung des Gesteines nutzbar zu machen.

Als dieses Kapitel bereits im Druck war, erschien die Abhandlung von H. Hoefler „Häuerleistung bei der Bohrarbeit“; Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1884. No. 42 43. Nach den Messungen Hoefler's mit dem von ihm konstruirten Schlagindikator kann man die Leistung eines Häuers beim Abwärtsbohren zu 6,28 mkg annehmen. Dieses Resultat stimmt recht gut mit dem Werte 6,04 mkg von L überein, welcher auf Grund der Havrez'schen Versuche berechnet und in Tabelle I enthalten.

§ 10. Werte für das totale praktische Güteverhältnis. Solche Werte teilt Stapff¹⁴⁾ mit und finden sich dieselben in nachstehender Tabelle wiedergegeben. Er ermittelte dieselben aus publizirten Angaben über die Leistungen beim Bohren in sehr verschieden festen Gesteinen. Diese Leistungen wurden von ihm nach Gesteinsklassen von gleichem Modul der Druckfestigkeit gruppiert und gelangte er auf diese Weise zu Mittelzahlen über die Leistungen des Handbohrens in den verschiedenen Gesteinsklassen.

Tabelle II.

| | Nach den Berechnungen von Stapff. | | | Nach den Versuche Havrez berechnet. | |
|---|-----------------------------------|--------|--------|-------------------------------------|--------|
| | | | | | |
| Festigkeitsmodul des Gesteines in kg pro qmm | 7,3 | 2,99 | 2,2 | 2,9 | 2,2 |
| Theoretisch erforderliche Arbeit L_t zum Ausbohren eines Kubikcentimeters Gestein | | | | | |
| nach den Formeln von v. Sparre mkg | 29,2 | 12,0 | 4,9 | 11,7 | 8,88 |
| " " " " Stapff mkg | 20 | 8,9 | 4,2 | 8,8 | 5,12 |
| Im Mittel nach v. Sparre mkg | 15,3 | | | 10,3 | |
| " " " " Stapff mkg | 11,2 | | | 7,31 | |
| Wirklich aufgewandte Arbeit L_c , um ein Kubikcentimeter Gestein auszubohren, mkg | 437,8 | 212,3 | 70,0 | 147,6 | 55,05 |
| Im Mittel mkg | 252,8 | | | 101,33 | |
| Totales praktisches Güteverhältnis der Bohrarbeit | | | | | |
| $e_p = \frac{L_t}{L_c}$ | | | | | |
| unter Zugrundelegung der Formeln v. Sparre's | 0,0614 | 0,0560 | 0,0703 | 0,0793 | 0,161 |
| " " " " Stapff's | 0,0402 | 0,0421 | 0,0595 | 0,0554 | 0,0930 |
| Im Mittel nach v. Sparre's Formeln | 0,0308 | | | 0,1016 | |
| " " " " Stapff's " | 0,042 | | | 0,0721 | |

¹⁴⁾ Stapff; a. a. O. S. 1.

In der folgenden Tabelle sind ferner Werte für das totale praktische Güteverhältnis der Bohrarbeit in mittelfestem und sehr festem Sandstein aufgeführt worden, welche nach den von Havrez veröffentlichten Resultaten seiner bereits mehrfach erwähnten Versuche berechnet worden sind. Es wurde dabei der Festigkeitsmodul des mittelfesten Sandsteines, in welchem Havrez bohren ließ, zu 2,2 und der des sehr festen Sandsteines zu 2,9 pro qmm angenommen.

Das totale praktische Güteverhältnis der Bohrarbeit schwankt mithin zwischen 0,042 und 0,072, beziehungsweise 0,06 und 0,10, je nachdem man zur Ermittlung von L_t die Formeln v. Sparre's oder Stapff's benutzt. Nimmt man an, daß die nach den Stapff'schen Formeln berechneten Werte für die zum Ausbohren eines Kubikcentimeters Gestein theoretisch erforderliche Arbeit die der Wahrheit am nächsten kommenden sind, so werden also nur rund 4, beziehungsweise 7 Prozent der auf das Bohren verwendeten Arbeit nützlich verbraucht!

§ 11. Unbestimmte Arbeitsverluste. Zwischen dem totalen praktischen Güteverhältnis e_p und dem totalen theoretischen Güteverhältnisse e der Bohrarbeit besteht nun, je nachdem man die Havrez'schen Versuche oder die Stapff'schen Angaben berücksichtigt, eine Differenz von

$$e - e_p = 0,157 - 0,072 = 0,085 \text{ (Havrez)}$$

$$\text{beziehungsweise } e - e_p = 0,111 - 0,042 = 0,069 \text{ (Stapff),}$$

also von 6,9—8,5 Prozent. Diese Differenz zu Ungunsten des totalen praktischen Güteverhältnisses rührt von Arbeitsverlusten her, die sich jeder Berechnung entziehen. Sie werden im wesentlichen verursacht durch schiefe, unwirksame Schläge, nicht entsprechendes Umsetzen des Bohrers, Pulverisirung der abgesprengten Gesteinsstückchen und Reibung des Bohrers.

Einen Ueberblick über die sämtlichen, bei dem Handbohren vorkommenden Verluste, abgerundet in Prozenten ausgedrückt, gibt folgende Zusammenstellung. Es gehen verloren von der zum Bohren gebrauchten Arbeit:

| | Auf Grund der Berechnungen, bezw. Mitteilungen von | |
|---|---|------------------------|
| | Stapff | Havrez |
| a) durch den Arbeitsaufwand beim Ausholen zum Schlagen | 50 Prozent | 43 Prozent |
| b) durch Umwandlung eines Teiles der dem Bohrer mitgeteilten Arbeit in Arbeit zur bleibenden Formänderung des Bohrgezähes und zur Erzeugung von Schall- und Wärmeschwingungen | 29 | 27 |
| c) durch unvollständige Verwertung der vom Bohrkopf verrichteten Keilarbeit für das Abscheren von Gesteinstrossen, entsprechend dem Verhältnisse $\frac{L_3}{L_2}$ | 10 | 15 |
| d) durch unwirksame Schläge, Pulverisiren der abgesprengten Gesteinsstückchen etc. | 7 | 8 |
| | zusammen | 96 Prozent 93 Prozent. |

§ 12. Einfluß von Material und Gewicht des Bohrgezähes auf die Güteverhältnisse der Bohrarbeit. Von dem Material und Gewicht des Gezähes hängt die Größe des wichtigsten Faktors beim Handbohren, nämlich der am Bohrkopfe disponiblen Arbeit L_2 , wesentlich ab, folglich auch das Güteverhältnis der Uebertragung e_2 .

Am günstigsten ist es nun für die zu leistende Arbeit L_2 , wenn Bohrer und Fäustel aus vollkommen elastischem Material bestehen und wird unter diesen Umständen die Arbeit L_2 am größten, wenn beide Gezähe gleiches Gewicht haben.

Ein weniger günstiges Güteverhältnis e_2 bekommt man, wenn man Fäustel aus völlig unelastischem, dagegen Bohrer aus völlig elastischem Material benutzt und beide Gezähe gleich schwer sind.

Am unvorteilhaftesten ist es, den Bohrer aus unelastischem, das Fäustel aus elastischem Material herzustellen.

Sind Bohrer und Fäustel ganz unelastisch, so wird ein einigermaßen vorteilhaftes Güteverhältnis nur dann erreicht, wenn das Gewicht des Bohrers möglichst klein gegen das Gewicht des Fäustels genommen wird.

Bestehen endlich beide Gezähe aus unvollkommen elastischem Material, so ist L_2 am größten, wenn bei gleichem Gewichte der Gezähe der Elastizitätsgrad beider gleich ist oder doch wenigstens das Material des Fäustels einen geringeren Elastizitätsgrad besitzt als das des Bohrers.

§ 13. Mehrmännisches Bohren. Von den verschiedenen Methoden des mehrmännischen Bohrens steht fast nur noch das zweimännische Bohren in Gebrauch. Dasselbe wird überall dort noch Anwendung finden, wo man sehr tiefe Löcher bohren muß, weil das dann große Gewicht der Bohrer beim einmännischen Bohren zu unvorteilhaft für die Schlagwirkung des einmännischen Fäustels wird.

Auch dort, wo man Löcher von großem Durchmesser, sei es nun behufs Aufnahme starker Pulverladungen oder Ankerstangen etc. herstellen will, ist man auf zweimännisches Bohren angewiesen.

Die zum zweimännischen Bohren benutzten Fäustel heißen zur Unterscheidung von den beim einmännischen Bohren benutzten zweimännische Fäustel oder Großfäustel. Sie werden, da sie der Arbeiter mit beiden Händen schwingt, einen größeren Schwingungsbogen beschreiben als das gewöhnliche Handfäustel. Dieser Bogen, dessen Mittelpunkt ungefähr im Schultergelenk liegt, hat eine Länge von circa 1,1—1,5 m. Der Arbeiter, welcher den Bohrer führt, faßt denselben mit beiden Händen und setzt ebenfalls nach jedem Schlage um.

§ 14. Vergleich des zweimännischen Bohrens mit dem einmännischen Bohren. Ueber die Vor- und Nachteile des zweimännischen Bohrens gegenüber dem einmännischen Bohren geben neuere Versuche Aufschluß, die ebenfalls von Havrez¹⁵⁾ angestellt worden sind und zwar in Ortsbetrieben von 1,8 m Breite und 2 m Höhe. Die einmännischen Bohrer hatten eine anfängliche Schneidenlänge von 30 mm, die zweimännischen eine solche von 39 mm, das Gewicht der großen Fäustel wechselte zwischen 2,78 und 3,66 kg, das der kleinen zwischen 1,35 und 2 kg.

Die wichtigsten Resultate dieser Versuche sind in nachstehender Tabelle enthalten, in welcher für die Bezeichnung der verschiedenartigen Arbeitsleistungen und Güteverhältnisse die bereits oben gewählten Buchstaben beibehalten wurden.

¹⁵⁾ Havrez; a. a. O. S. 522.

Tabelle III.

| | L | | L ₁ | | L ₂ | | In der Minute ausgebohrtes Volumen V _m | | | Verhältnis von $\frac{L_2}{V_m}$ | | |
|---------------------------|----------|----------|----------------|----------|----------------|----------|---|----------|----------|----------------------------------|----------|----------|
| | ein- | zwei- | ein- | zwei- | ein- | zwei- | ein- | zwei- | zwei- | ein- | zwei- | zwei- |
| | männlich | männlich | männlich | männlich | männlich | männlich | männlich | männlich | männlich | männlich | männlich | männlich |
| | mkg | mkg | mkg | mkg | mkg | mkg | ccm | ccm | ccm | mkg | mkg | mkg |
| In Schieferthon | 6,49 | 9,58 | 3,95 | 5,02 | 2,1 | 2,58 | 20,45 | 27,07 | 6,62 | 6,18 | 5,73 | 0,45 |
| In mittelfestem Sandstein | 5,56 | 8,93 | 3,25 | 4,3 | 1,66 | 2,18 | 6,07 | 9,57 | 3,5 | 16,6 | 13,63 | 2,97 |
| In sehr festem Sandstein | 5,83 | 7,9 | 2,86 | 3,96 | 1,64 | 2,1 | 2,376 | 3,81 | 1,43 | 42,1 | 33,3 | 8,8 |
| In Mittel | 6,04 | 8,80 | 3,44 | 4,51 | 1,83 | 2,45 | 11,18 | 15,43 | 4,25 | 10,16 | 9,43 | 0,73 |

Die verschiedenen Güteverhältnisse sind:

| | einmännlich | zweimännlich |
|---------------------------------|-------------|--------------|
| $e_1 = \frac{L_1}{L}$ | 0,57 | 0,51 |
| $e_2 = \frac{L_2}{L_1}$ | 0,53 | 0,54 |
| $e_1 \cdot e_2 = \frac{L_2}{L}$ | 0,30 | 0,28 |

Aus den mitgeteilten Resultaten ergibt sich, daß beim zweimännischen Bohren durchschnittlich 1,1 mkg oder rund 32 Prozent mehr Arbeit (L_1) beim Zuschlagen geleistet wird, als der einmännlich bohrende Arbeiter leistet, und daß am Bohrkopf im Mittel 0,62 kg oder 34 Prozent mehr Arbeit disponibel ist beim zweimännischen als beim einmännischen Bohren.

Die Hauptunterschiede beider Bohrmethoden lassen sich dahin zusammenstellen:

daß beim einmännischen Bohren pro Arbeiter circa 0,60 mkg oder rund $1\frac{1}{2}$ mal mehr Arbeit am Bohrkopf disponibel, die Leistung pro Arbeiter also eine größere ist als beim zweimännischen Bohren, daß dagegen:

das Ausbohren eines Kubikcentimeters Gestein bei der zweimännischen Arbeit weniger Kraftaufwand erfordert als bei der einmännischen und dieses praktische Güteverhältnis der Zerkleinerungsarbeit ($\frac{L_2}{V_m}$) mit der Festigkeit des Gesteines wächst.

Diese Ueberlegenheit des zweimännischen Bohrens ist besonders darin begründet, daß von der dem Bohrer infolge des stärkeren Schlages übertragenen größeren Arbeit pro Centimeter Länge der Schneide mehr disponibel ist als beim einmännischen Bohren; bei letzterem konnte jeder Centimeter Schneidelänge 0,431 bis 0,51 mkg, beim zweimännischen Bohren dagegen 0,65—0,86 mkg entwickeln. Ferner werden wegen des größeren Umsetzungswinkels beim zweimännischen Bohren größere Stücke bei jedem Schlage losgesprengt als beim einmännischen Bohren und werden diese Stücke um so weniger dem Pulverisiren ausgesetzt sein, je fester das Gestein wird.

Die Thatsache nun, daß die Leistung pro Arbeiter beim einmännischen Bohren größer ist als beim zweimännischen, wird ersteres so lange für ökonomisch vorteilhafter erscheinen lassen, als die Gesteinsfestigkeit nicht zu groß wird.

In diesem Falle erlahmt bei der längeren Dauer des Bohrens zur Herstellung eines Bohrloches die Kraft eines einzelnen Arbeiters schließlich, während beim zweimännischen Bohren die Arbeiter im Zuschlagen abwechseln können.

In welcher Weise der Arbeitsaufwand pro Arbeiter mit der Festigkeit des Gesteines zunimmt und wie schließlich der Betrieb beim zweimännischen Bohren billiger werden kann als beim einmännischen, zeigt nachstehende Tabelle, die ebenfalls nach den Resultaten der Havrez'schen Versuche zusammengestellt worden ist.

Tabelle IV.

| | In Schieferthon | | In mittelfestem Sandstein | | In n sehr festem Sandstein | |
|--|-----------------|--------------|---------------------------|--------------|----------------------------|--------------|
| | einmännisch | zweimännisch | einmännisch | zweimännisch | einmännisch | zweimännisch |
| Um ein Meter aufzufahren, waren erforderlich: | | | | | | |
| Bohrlöcher, Anzahl | 30 | 25 | 38 | 30 | 58 | 42 |
| In den Bohrlöchern wurde Gestein pulverisiert | 8478 | 10747 | 10738,8 | 12897 | 163390,8 | 18055,8 |
| Von den Bohrhäuern geleistete Arbeit <i>L</i> mkg | 198103 | 257160 | 612110 | 726265 | 37115246 | 3275839 |
| Weniger beim einmännischen Bohren | 23 % | — | 15 % | — | — | — |
| Mehr beim einmännischen Bohren | — | — | — | — | 133 % | — |
| In 12 Arbeitstagen wurden aufgeföhren m | 15,3 | 11,5 | 8,0 | 6,2 | 11,53 | 1,38 |
| Schnellerer Fortschritt beim einmännischen Bohren | 30 % | . | 22 % | . | 100 % | . |
| Anzahl der Bohrlöcher in achtstündiger Schicht | 10—12 | 8 | 8—10 | 5 | 22,67 | 1,8 |
| Leistung pro Häuer und achtstündige Schicht (<i>L</i>) mkg | 33016—39600 | 41142 | 64440—80550 | 60553 | 85190 | 77850 |

Die mitgeteilten Resultate lassen es nicht zweifelhaft erscheinen, daß man auch in festem Gestein schneller vorrückt beim einmännischen als beim zweimännischen Bohren, daß aber der Kraftaufwand pro Arbeiter bei ersterem eine große Höhe erreicht.

Es wird also eine Grenze geben, von der an beim einmännischen Bohren die Schichtdauer gekürzt werden muß, wenn man schnell vorrücken will; hierdurch steigen aber die Betriebskosten.

Mit Rücksicht auf den Pulververbrauch endlich stellt sich das zweimännische Bohren beim Ortsbetriebe ungünstiger als das einmännische, weil bekanntlich kleinere Bohrlochdurchmesser für die Wirkung des Pulvers vorteilhafter sind als größere. Dieser Vorteil steht im umgekehrten Verhältnis zur Gesteinsfestigkeit.

Nach ebenfalls von Havrez¹⁶⁾ angestellten Versuchen beträgt die Ersparnis an Pulver beim einmännischen Bohren gegenüber dem zweimännischen

- in Schieferthon 14—15 Prozent
- in mittelfestem Sandstein 12—15 „
- in sehr festem Sandstein 8—11 „

¹⁶⁾ Havrez; a. a. O. S. 506.

Das dreimännische Bohren kann nur da in Frage kommen, wo Löcher ganz ungewöhnlicher Dimensionen herzustellen sind.

§ 15. Bohren mit einem Werkzeuge. Das Bohren ohne Fäustel, nur mit dem Bohrer, heißt Wurf- oder Stoßbohren. Der Arbeiter handhabt hierbei den Bohrer mit beiden Händen, zieht ihn zurück und stößt ihn mit voller Gewalt gegen das Ort des Bohrloches. Beim Zurückziehen des Bohrers wird umgesetzt.

Das Wurfbohren kann auch zweimännisch erfolgen, wenn man mit sehr schweren Bohrern nahezu vertikal stehende Löcher bohren will.

Es ist selbstverständlich, daß, bevor mit dem Wurfbohrer gearbeitet werden kann, erst nach dem gewöhnlichen Bohrverfahren ein wenig tiefes Loch hergestellt werden muß, um für den Wurfbohrer eine Führung zu haben.

Bei dem Wurfbohren wird die ganze Kraft, welche der Arbeiter beim Stoße entwickelt (L_1), auf die Bohrkronen übertragen. Bezeichnet G_1 das Gewicht des Wurfbohrers, so empfängt derselbe die Arbeit:

$$L_1 = \frac{G_1 \cdot v_1^2}{2g}.$$

Am Bohrkopf ist disponibel die Arbeit:

$$L_2 = \frac{G_1 \cdot v_1^2}{2g}.$$

Der Wirkungsgrad der Uebertragung

$$e_2 = \frac{L_2}{L_1}$$

wird demnach gleich 1, während er beim Bohren mit dem Fäustel zwischen 0,42 und 0,53 schwankt. Nimmt man an, daß der Arbeiter beim Wurfbohren die gleiche Arbeit (L) leistet wie beim einmännischen Bohren und der Wirkungsgrad des Antriebes (e_1) bei beiden Arten des Bohrens derselbe ist, so wird das Güteverhältnis

$$\frac{L_2}{L} = \frac{L_1}{L} \cdot \frac{L_2}{L_1}$$

beim Wurfbohren 0,50—0,57, beim einmännischen Bohren 0,21—0,30; man arbeitet also mit ersterem 27—29 Prozent vorteilhafter.

Versuche, welche Hausse¹⁷⁾ angestellt hat, um die zum Abbohren von Handbohrlöchern nötige mechanische Arbeit zu bestimmen, können in Ermangelung andern Materials dazu dienen, den Wert des Wurfbohrens praktisch zu belegen.

Der von Hausse angewandte Versuchsapparat besitzt einige Ähnlichkeit mit der von Siebeneicher konstruirten Maschine zur Prüfung von Steinen. Er besteht aus einer in vertikaler Führung gehenden Bohrstange von circa 17 kg Gewicht mit einer 24 mm breiten Schneide. Ein Arbeiter hebt, nach Art des Wurfbohrens, diese Bohrstange und läßt sie dann fallen, ohne einen Stoß auszuüben. Das Umsetzen besorgt der Arbeiter durch eine leichte Drehung beim Heben ebenfalls. Die Hubhöhe schwankte bei den Versuchen zwischen 142 und 309 mm.

Nach den von Hausse mitgetheilten Resultaten und Berechnungen betrug nun die vom Arbeiter geleistete mechanische Arbeit zum Ausbohren eines Kubikcentimeters durchschnittlich

¹⁷⁾ R. Hausse. Bestimmung der zum Abbohren von Handbohrlöchern nötigen mechanischen Arbeit. Berg. u. Hüttenm. Zeitg. 1882. S. 313.

69,2 mkg in Hornblendeporphyr,
 50,8 „ in Freiburger Normalgneis,
 25,2 „ in Kohlensandstein.

Dieser Arbeitsaufwand (L_c) ist erheblich geringer als der von Stapff mitgeteilte und nach den Havrez'schen Versuchen berechnete für gewöhnliches einmännisches Handbohren; siehe Tabelle II, S. 155. Allerdings arbeitete bei den Hausse'schen Versuchen der Arbeiter nicht so anhaltend, als es in der Praxis der Fall ist, auch bot die Führung der Bohrstange eine Erleichterung; dafür wurde aber auch die Stoßkraft des Arbeiters gar nicht ausgenutzt. Aber selbst günstigere Arbeitsverhältnisse bei den Versuchen zugegeben, übertreffen die mit ihnen erzielten Resultate doch so sehr die gedachten Resultate des Handbohrns, daß der große Vorteil des Stoßbohrns nicht zu verkennen ist.

Wenn ungeachtet der günstigen Wirkungsweise des Wurfbohrns dasselbe verhältnismäßig so wenig im Gebrauch steht, so liegt dies an der geringen Tiefe, welche in der Regel die Handbohrlöcher in festem Gestein erhalten. Es fehlt dann an genügender Führung für den Bohrer, der, soll eine erhebliche WUWwirkung erzielt werden, schwer, also lang sein muß. Löcher, die nur 0,5 m tief zu werden brauchen, wird man daher nicht mit Wurfbohrern herstellen, da für denselben doch immer ein Hub von 20—30 cm nötig ist. Das Wurfbohren wird also nur dort ausgeübt werden können, wo tiefe Löcher herzustellen sind.

§ 16. Das Material des Bohrgezähes. Da es, wie nachgewiesen, für den Effekt der Bohrarbeit am vorteilhaftesten ist, möglichst elastisches Material für Bohrer und Fäustel zu verwenden, so wird in der Neuzeit auch vorwiegend Gußstahl als das einzig noch in Frage kommende Material zur Herstellung des Bohrgezähes benutzt. Gußstahl ist unter den Stahlsorten diejenige, welche durch Stöße am wenigsten leidet; auch sind die Schneiden aus Gußstahl widerstandsfähiger als solche aus andern gangbaren Stahlsorten. Zu den Bohrern sollte man aber stets nur Gußstahl bester Qualität nehmen und die größte Sorgfalt auf die Härtung desselben verwenden. Letztere muß der Gesteinsbeschaffenheit durchaus angepaßt werden.

Ein nicht zu unterschätzender Vorteil der Bohrer aus gutem Gußstahl liegt noch in den geringen Unterhaltungskosten derselben. Nach Versuchen betragen bei Anwendung von Gußstahlbohrern die durch Schärfe und Abgang erwachsenden Kosten nur ein Drittel von denjenigen, welche bei Benutzung eiserner verstärkter Bohrer entstehen¹⁸⁾.

Neben Gußstahl findet auch Schmiedeeisen bei der Herstellung des Bohrgezähes Verwendung. Stets sollten dann aber Schneide und Nacken des Bohrers sowie die beiden Bahnen des Fäustels verstäht werden.

Nur bei Wurfbohrern mit sogenannten Einsatzschneiden läßt sich die Herstellung des Schaftes aus Schmiedeeisen rechtfertigen.

Wie sehr sich in der Praxis die Gußstahlbohrer gegenüber den schmiedeeisernen, nur verstähten Bohrern vorteilhafter erweisen, darüber geben von Havrez mitgeteilte Versuche Aufschluß, nach denen bei Anwendung ersterer ein 30—32 Prozent höherer Bohreffekt erzielt wurde¹⁹⁾.

¹⁸⁾ Havrez; a. a. O. S. 554.

¹⁹⁾ Havrez; a. a. O. S. 552.

§ 17. Dimensionen der Bohrer. Jedem Bohrlochdurchmesser entspricht ein ganz bestimmtes Gewicht des Bohrers, um bei einem gewissen Material desselben den theoretisch größten Bohreffekt zu erzielen. Hätte man nun keine Rücksicht auf die Haltbarkeit des Bohrers zu nehmen, so ließen sich nach den aus der Mechanik des Handbohrens folgenden Regeln einfach die vorteilhaftesten Gewichte berechnen und aus diesen die Dimensionen des Bohrers ermitteln. Die Rücksicht auf die Festigkeit desselben läßt es aber nicht zu, diesen Weg einzuschlagen. Man muß vielmehr mit dem Umstande rechnen, daß die Stärke der Bohrer ein gewisses Minimum nicht unterschreiten darf. Aber auch damit könnte man die theoretisch vorteilhaftesten Gewichte der Gezähe nur für den Fall berechnen, daß die Herstellung des Bohrloches bloß einen einzigen Bohrer erfordere. Da man aber in der Regel mehrere Bohrer verschiedener Längen zum Abbohren eines Loches zu benutzen haben wird, so folgt, daß während desselben der Wert von L_2 — also die am Bohrkopf disponible Arbeit — ein wechselnder sein wird, weil die Arbeit des Zuschlagens (L_1) konstant bleibt, das Gewicht des Bohrers aber größer wird.

Es ist also für die Praxis unmöglich, alle theoretischen Anforderungen an das Gewicht und die Dimensionen des Bohrzähes zu erfüllen, und muß man sich damit begnügen, nach dieser Richtung hin große Fehler zu vermeiden.

Da beim Bohren in festen Gesteinen sich die Ecken der Schneiden am Bohrkopfe abnutzen, so wird das Loch mit zunehmender Tiefe enger. Ein den stumpfen Bohrer ersetzender (geschärfter) muß demnach eine Schneidenlänge besitzen, die kleiner ist als die anfängliche des stumpfen Bohrers.

Man wird auf diese Weise zum Abbohren eines Loches oft sehr viele Bohrer mit abnehmender Schneidenlänge zu gebrauchen haben. Um nun nicht mit zu vielen verschiedenartigen Sorten von Schneiden arbeiten zu müssen, stellt man sich Bohrer mit drei, höchstens vier verschiedenen Schneidenlängen her. Um mit so wenigen Sorten auskommen zu können, ist es erforderlich, daß die Schneide jeder kleineren Sorte um so viel gegen die der vorhergehenden größeren abnehme, daß eine geringe Abnutzung nicht schon die Auswechslung des Bohrers gegen einen solchen anderer Schneidenlänge bedingt. Aus diesem Grunde kann die Abnahme der Schneidenlänge in den verschiedenen Sorten nicht gut weniger als 0,12 derselben betragen; die größte Abnahme ist ungefähr 0,19 der Länge.

Den Bohrern, welche gleich große Schneiden besitzen, gibt man auch gern gleiche Längen. Da man nun beim Anfangen eines Loches nur vorteilhaft mit kurzen Bohrern arbeiten kann, so werden die Bohrer mit der größten Schneide die kleinste Länge besitzen; man nennt sie Anfänger. Es folgen dann die längeren Mittelbohrer, deren Schneidengrößen eine oder zwei Sorten bilden können, und endlich die längsten Bohrer, die Abbohrer, mit denen das Loch fertig gebohrt wird.

Anfänger, Mittelbohrer und Abbohrer bilden zusammen einen Satz Bohrer, den man auch bei wenig festen Gesteinen deshalb nötig hat, weil man nicht mit dem der herzustellenden Bohrlochtiefe entsprechend langen Bohrer beginnen kann.

§ 18. Praktische Dimensionen der Bohrstangen für ein- und zweimännische Bohrer. Die Bohrstangen werden am zweckmäßigsten im Querschnitt quadratisch mit stark verbrochenen Kanten hergestellt, sodaß sich eine dem regulären Achteck annähernde Querschnittsform ergibt. Die Stärke der Stange darf

mit Rücksicht auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen das Zerspringen nicht unter 15 mm sinken, richtet sich im übrigen aber nach dem Bohrlochdurchmesser und beträgt im Mittel das 0,6—0,7fache desselben. Die Länge der Bohrer wechselt sehr und scheint in neuerer Zeit zugenommen zu haben, was wohl mit der Gewichtszunahme der Fäustel zusammenhängt.

Die gebräuchlichen Längen sind:

| | für einmännische Bohrer | für zweimännische Bohrer |
|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| beim Anfangsbohrer . . . | 238—433 mm | 357— 6733 mm |
| „ Mittelbohrer . . . | 428—721 „ | 714—10099 „ |
| „ Abbohrer . . . | 666—865 „ | 1000—11544 „ |

Piemontesische Arbeiter gebrauchen Abbohrer von sogar 13088 mm Länge. Nach Vorstehendem wird das Gewicht der Bohrer ungemein verschieden sein. Es läßt sich dasselbe indes jederzeit im voraus überschlagen, wenn man die Größe des Bohrlochdurchmessers kennt. Dieser darf, da 15 mm die kleinste zulässige Dicke der Bohrstange ist, nicht unter 15/0,7 mm oder rund 20 mm sinken. Erfahrungsmäßig steht ferner fest, daß einmännisch zu bohrende Löcher keinen größeren Durchmesser als 30—31 mm erhalten sollen. Zweimännisch zu bohrenden Löchern gibt man nicht gern größere Durchmesser als 40—42 mm.

Dimensionen und Gewichte der Wurfbohrer. Wurfbohrer erhalten in der Regel runde Bohrstangen, über deren Stärke das bei den einmännischen Bohrern Angeführte gilt. Als äußerste Grenzen ihrer Länge sind bekannt geworden 1,2 und 9,9 m, denen Gewichte von circa 4,5 kg, beziehungsweise 50 kg entsprechen. Für wenig festes Gestein trennt man wohl den Bohrkopf vom Schaft, wodurch das Schärfen des letzteren bedeutend erleichtert wird. Den mit einem vierkantigen oder runden Zapfen versehenen Bohrkopf setzt man dann in das entsprechend gestaltete Ende der Bohrstange ein. Es kommen auch Wurfbohrer mit je einer Bohrkrone an jedem Ende der Bohrstange vor.

§ 19. Dimensionen und Gewichte der Fäustel. Bei der Abmessung der Größenverhältnisse der Fäustel würde man ebenfalls, wie bei derjenigen der Bohrer, von dem Gewichte ausgehen müssen. Theoretische Grundlagen zur Ermittlung des letzteren sind: die Leistungsfähigkeit L des Arbeiters und der mit dem Fäustel zurückgelegte Weg h . Zur Berechnung des Fäustelgewichtes G hätte man dann die oben gegebene Formel:

$$L = Gs + \frac{Gc^2}{2g}.$$

Die Leistungsfähigkeit des Arbeiters ist sehr wechselnd; der Weg s ist, je nach den Körperverhältnissen des Arbeiters, ebenfalls verschieden, doch tritt diese Verschiedenheit zurück gegen diejenige, welche hauptsächlich auf den Weg des Fäustels von Einfluß ist, nämlich die Verschiedenheit der Arbeitsmethode. Wesentlich wird es also darauf ankommen, ob ein- oder zweimännisch gebohrt oder ob geschlenkert werden soll.

Da man nun in der Praxis nicht für jeden Arbeiter ein besonderes Fäustel herstellen lassen kann, so begnügt man sich damit, den Fäusteln Gewichte zu geben, welche der ungefähren Durchschnittsleistung und Körperbeschaffenheit der Arbeiter bei den verschiedenen Arten des Bohrens entsprechen.

Die Grenzen für diese Gewichte sind im Mittel:

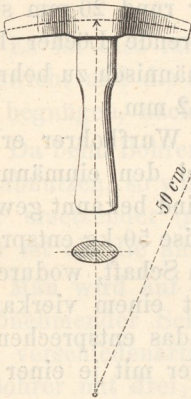
| | |
|---|-----------|
| beim einmännischen Bohren am unelastischen Helm | 1—2 kg |
| „ „ „ „ elastischen „ | 0,8 „ |
| „ Schlenkerbohren „ unelastischen „ | 3,5—10 „ |
| „ „ „ „ elastischen langen Helm | 1,25 „ |
| „ zweimännischen „ | 3,5—4,5 „ |

Ein richtig konstruiertes Fäustel soll nach dem Radius, in welchem dasselbe geschwungen wird, gekrümmt und an den Bahnen zusammengezogen sein, sodaß letztere ein Quadrat von 25—39 mm Seite bilden. Hierdurch wie durch eine schwache Wölbung der Bahnen wird auf die Konzentrierung der Schlagkraft hingewirkt.

Fig. 3.



Fig. 4.



Diese Regeln werden aber meistens nur für die Handfäustel befolgt (siehe Fig. 3 und 4), während man bei den Großfäusteln häufig von einer Krümmung derselben absieht.

Das Helm, der Stiel der Fäustel ist entweder unelastisch oder elastisch; ersteres bei gewöhnlichen Bohrern, letzteres bei manchen Arten des Schlenkerbohrens und für sehr leichte Fäustel beim Bohren nach der Manier tiroler Arbeiter.

Die unelastischen Helme werden am besten aus Weißbuche oder Esche, die elastischen aus jungen Stämmen oder aus Aesten von Nadelhölzern hergestellt.

Die Länge der unelastischen Helme beträgt 26—34 cm bei den Handfäusteln, 46—78 cm bei den Großfäusteln. Die beim Schlenkerbohren angewandten elastischen Helme haben eine Länge von circa 50 cm, elastische Helme für sehr leichte Fäustel sind circa 30 cm lang. Der Querschnitt unelastischer Helme ist oval; elastische Helme haben den Querschnitt des dazu verwendeten Astes oder jungen Stammes und sind für Schlenkerbohren mit einer gekrümmten Handhabe versehen. Das Auge (Oehr) zur Aufnahme des Helmes muß, um das Abbrechen desselben zu verhüten, 1,5—2 cm breit und 4—4,5 cm lang sein.

§ 20. Formen der Bohrköpfe. Es gibt Bohrköpfe mit einer und solche mit mehreren Schneiden. Bei mehrschneidigen Bohrköpfen kreuzen sich die Schneiden und liegt der Kreuzungspunkt derselben stets in der Mittellinie des Bohrers. Die Schneiden können in der durch die Bohraxe gelegten Ebene gerade oder gebrochen und gekrümmt sein. Sind nur zwei gerade Schneiden vorhanden, so heißt der Bohrer ein Kreuzbohrer; die Schneiden bilden entweder ein rechtwinkeliges oder ein schiefwinkeliges Kreuz.

Sind zwei oder mehrere gebrochene oder gekrümmte Schneiden vorhanden, so kreuzen sich dieselben stets unter gleichen Winkeln. Die Schneiden können konvex oder konkav gebrochen, beziehungsweise gekrümmt sein. Im ersteren Falle nennt man den Bohrer einen Kolbenbohrer, im letzteren Falle einen

Kronenbohrer. Die Zahl der Schneiden bei diesen Arten von Bohrern beträgt selten weniger als vier.

Besteht der Bohrkopf nur aus einer Schneide und liegt dieselbe in der durch die Bohrxaxe gelegten Ebene, so heißt der Bohrer ein Meißelbohrer. Liegt die Schneide indes nur mit ihrem mittleren Teile in genannter Ebene und verläuft nach den Kanten zu nach einer mehr oder weniger gekrümmten Linie, so heißt der Bohrer je nach der Form dieser Linie, ein **S-** oder **Z-**Bohrer.

Offenbar gibt nun der Bohrer mit einer Schneide und unter diesen wieder der Meißelbohrer den größten Effekt beim Bohren, weil sich der Schlag in ihm auf eine kleinere Angriffsfläche verteilt wie bei dem Bohren mit mehrschneidigen Bohrkronen.

Der größere Effekt der Meißelbohrer, welche mit gerader, gekrümmter oder gebrochener Schneide ausgeschmiedet werden, ist auch der Grund, weshalb man sie fast ausschließlich anwendet, wenn es sich um schnelle Herstellung eines Bohrloches handelt. Allerdings erfordert ihre Handhabung größere Übung als diejenige mehrschneidiger Bohrer; letztere werden deshalb auch noch hin und wieder von wenig im Bohren geübten Arbeitern benutzt, besonders in Fällen, in denen das Loch durchaus kreisrund und gerade werden muß, wie es zum Beispiel zur Aufnahme von Ankerstangen notwendig ist. Mehrschneidige Bohrer, insbesondere Kolbenbohrer, werden auch dort noch angewendet, wo man Löcher größerer Dimensionen — über 40 cm Durchmesser — von tadelloser Beschaffenheit herzustellen hat, was mit Meißelbohrern nur sehr schwer möglich ist. Letztere stehen endlich den mehrschneidigen Bohrern auch dort nach, wo das Gestein sehr klüftig und drusig ist, weil beim Bohren in solchem Gestein der Meißelbohrer sich leicht klemmt.

Um nun mit dem Meißelbohrer auf längere Dauer gute Effekte zu erzielen, muß man der Abnutzung — dem Stumpfwerden — der Schneide möglichst entgegenzuwirken suchen. Das Stumpfwerden tritt ein erstens als natürliche, nicht zu vermeidende Folge der von der Schneide zu leistenden Arbeit, zweitens als Folge von Mängeln bei der praktischen Ausübung des Bohrens, die theoretisch vermieden werden könnten.

Das Stumpfwerden aus natürlicher Ursache erstreckt sich über die ganze Schneide; es nimmt nach den Ecken der Schneide hin zu, denn die Abführung der Meißelschneide steht zu der von derselben verrichteten Arbeit in geradem Verhältnis und muß mit zunehmender Entfernung vom Mittelpunkte immer größer werden²⁰⁾.

Es kann sich für diese Art des Stumpfwerdens nur darum handeln, die Abnutzung der Schneide gleichmäßig vor sich gehen zu lassen. Diese Aufgabe würde gelöst sein, wenn die an jedem Punkte wirksame Schneidenlänge in ungefähr gleichem Verhältnisse zum Abstände vom Mittelpunkte zunähme²¹⁾.

Soll der Bohrer eine Schneide behalten — und das kann hier nur in Frage kommen — so gibt es zwei Lösungen dieser Aufgabe. Die eine würde darin bestehen, die Meißelschneide in der zur Axe des Bohrers senkrechten Ebene nach

²⁰⁾ v. Sparre; a. a. O. S. 57.

²¹⁾ v. Sparre; a. a. O. S. 72.

der Kreisevolvente zu krümmen²²⁾. Für die Praxis des Handbohrens kann diese Lösung indes nicht weiter in Frage kommen wegen der schwierigen Schärfung einer solchen gekrümmten Schneide.

Die zweite, annähernde Lösung gedachter Aufgabe liegt darin, die Schneide, unter Beibehaltung der radialen Richtung derselben, vom Mittelpunkte an nach beiden Seiten hin in einer Parabel in die Höhe laufen zu lassen²³⁾. In der That gibt man auch den Schneiden vielfach eine konvexe Krümmung, die aber meistens nach einer Kreislinie verläuft.

Diese Krümmung der Schneide ist nun aber auch gleichzeitig ein außerordentlich gutes Mittel, dem Stumpfwerden derselben aus der zweiten Ursache, nämlich den Mängeln bei der praktischen Ausübung der Bohrarbeit, entgegenzuwirken. Diese Mängel bestehen darin, daß die Bohrlochaxe wohl niemals mit der Axe des Bohrers zusammenfällt und die Fäustelschläge vorwiegend neben die letztere treffen.

Die Mehrzahl der Fäustelschläge wird also nicht genau in der Axe des Bohrloches fortgepflanzt. Bei gerader Schneide nun würde hierbei hauptsächlich nur die eine oder andere Ecke derselben zur Arbeit gelangen, selten die ganze Schneide; die Folgen wären starke Abnutzung der Ecken und geringer Effekt der Bohrarbeit.

Ist die Schneide dagegen gekrümmt, so kann eine vorwiegende Inanspruchnahme der Meißelecken überhaupt nicht vorkommen und werden auch die einzelnen Teile derselben öfters zur Wirkung gelangen. Die gekrümmte Schneide wird also nicht nur weniger an den Ecken abgenutzt werden wie die gerade Schneide, sondern sie wird auch wirksamer sein als diese.

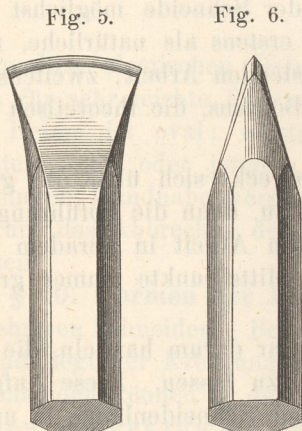


Fig. 5.

Fig. 6.

Da bei sehr geübten Arbeitern die Zahl der nicht axial sich fortpflanzenden Fäustelschläge geringer ist als bei ungeübten Arbeitern, so erklärt dies die günstigen Resultate, welche man an einigen Orten, zum Beispiel im Harz, mit geraden Schneiden in milden und gebrächen Gesteinen erzielt hat²⁴⁾.

Endlich kann der Abnutzung der Ecken infolge der Mängel der Bohrarbeit noch dadurch entgegengewirkt werden, daß man die äußersten Enden der Schneide mit in der Richtung der Peripherie des Loches laufenden Ansätzen versieht. Es entstehen dann die bereits erwähnten **Z-** und **S-**Bohrer.

Die nach der Peripherie gekrümmten Ansätze der Schneide nennt man wohl auch „Ohren“ und müssen dieselben, sollen

²²⁾ v. Sparre; a. a. O. S. 73.

²³⁾ v. Sparre; a. a. O. S. 72.

²⁴⁾ Berg. u. Hüttenm. Zeitg. 1865. S. 60. — Köhler. Lehrbuch der Bergbaukunde. Leipzig 1884. S. 137.

sie wirklichen Nutzen bringen, mit dem mittleren Teile der Schneide in einer Ebene liegen²⁵⁾.

Die Zuschärfung der Schneide. Die Schneide des Meißelbohrers, und nur diese soll hier noch näher betrachtet werden, wird durch zwei vom Bohrschafte auslaufende Flächen — der eigentlichen Schneide und der Zuschärfung, auch Schärfe genannt — gebildet. Um in hartem Gestein das Ausspringen letzterer zu verhüten und um sie haltbarer zu machen, muß man der eigentlichen Schneide eine gewisse Fleischstärke geben, die man so groß als möglich macht; siehe Fig. 5 und 6.

Der Grad der Zuschärfung der Schneide, also die Größe des Zuschärfungswinkels α , hängt nach der Ansicht v. Sparre's von der Festigkeit (des Gesteines nicht ab, sondern lediglich von dem Wert des Reibungskoeffizienten f zwischen dem Material der Schneide und dem Gestein. v. Sparre gibt zur Berechnung von α die Formel²⁶⁾:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \sqrt[3]{f}.$$

Da der Wert von f für die meisten Gesteine noch nicht ermittelt ist — nur für Sandstein und Muschelkalkstein finden sich bei Weisbach die Werte 0,42 bis 0,49²⁷⁾, beziehungsweise 0,24²⁸⁾ angegeben — so geht man in der Praxis von der Annahme aus, je nach der größeren oder geringeren Festigkeit des zu durchbohrenden Gesteines den Zuschärfungswinkel der Schneiden stumpfer oder spitzer zu machen.

Im allgemeinen wird die Größe des Winkels α sich in ziemlich engen Grenzen um 70° bewegen. Rziha gibt als überhaupt zulässige Grenze 30° an.

Die Breite der Zuschärfungsflächen hängt von der Fleischstärke der eigentlichen Schneide und vom Zuschärfungswinkel ab. Da die Fleischstärke der Schneide wegen der Haltbarkeit letzterer an eine nur in ganz engen Grenzen schwankende Größe gebunden ist, so wird die Breite der Zuschärfung fast allein nur von dem Winkel letzterer abhängen und im umgekehrten Verhältnis zur Größe dieses Winkels stehen. Im allgemeinen beträgt die Breite der Zuschärfung bei Gesteinsbohrern 8—10 mm.

Eine sogenannte Absäumung der Schärfe der Schneide, d. h. eine Abstumpfung derselben, welche die mathematische Linie der Zuschärfung in einen schmalen Flächenstreifen verwandelt, findet vorteilhaft beim Bohren in wenig festem Gestein statt, weil hierdurch die absprengende Wirkung der Schneide erhöht wird.

Die Länge (Breite) der Schneiden muß stets größer sein als der Durchmesser des Bohrschaftes; man „zieht die Ecken der Schneide aus“, wie man sagt. Dieses Ausziehen der Ecken hat den Zweck, Platz für das Bohrmehl zu schaffen und es zu ermöglichen, daß ungeachtet eingetretener Abnutzung der Schneide noch weiter gebohrt werden kann.

²⁵⁾ v. Sparre; a. a. O. S. 74.

²⁶⁾ v. Sparre; a. a. O. S. 56.

²⁷⁾ Weisbach-Herrmann; a. a. O. S. 322.

²⁸⁾ Weisbach's Ingenieur. 5. Aufl. Braunschweig 1874. S. 358.

Das Ausziehen der Ecken ist größer bei mildem als bei festem Gestein, da beim Bohren in letzterem zu weit ausgezogene Ecken zu leicht abspringen würden. Das Verhältnis der Schneidenlänge zum Durchmesser des Bohrschaftes liegt zwischen 16 : 12 und 20 : 12.

§ 21. Herausschaffen des Bohrmehles. Der Bohreffekt wird um so größer sein, je weniger man von der dem Bohrkopfe mitgeteilten Arbeit auf das Pulverisieren der losgesprengten Gesteinsstückchen verwendet. Man muß daher das sogenannte Bohrmehl aus dem Loche während des Bohrens möglichst oft entfernen, auch schon deshalb, weil zu starke Ansammlungen des Bohrmehles das Umsetzen erschweren und die Wirkung des Schlages beeinträchtigen.

Bei nach aufwärts gerichteten und horizontalen Bohrlöchern wird das Bohrmehl durch die Bewegung des Bohrers aus dem Loche entfernt, bei abwärts geneigten Löchern bedient man sich indes eines besonderen Gezähstückes, des Krätzers, um das Bohrmehl aus dem Loche zu schaffen.

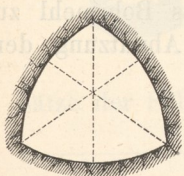
Der Krätzer besteht aus einem dünnen Eisenstäbchen, an dessen einem Ende ein rundes Blättchen aus Eisen rechtwinkelig und exzentrisch gegen die Axe des Stäbchens angesetzt ist. Am andern Ende des letzteren befindet sich ein Ohr; dasselbe dient zur Aufnahme eines Lappens, des sogenannten Bohrlappens, der zum Auswischen feuchter Bohrlöcher benutzt wird.

§ 22. Bohrwasser. Das trockene Bohrmehl läßt sich nie so gut aus dem Loche entfernen, als wenn man dasselbe mit Wasser anmengt und in Schmand, den sogenannten Bohrschmand verwandelt. Man gießt also, wenn die Lage des Bohrloches es erlaubt, Wasser in dasselbe, das der Arbeiter in einem kleinen Gefäß, dem Bohrstutz, in einigen Gegenden auch die Pfützstunze genannt, vorrätig hält. Das Bohren mit Wasser bietet auch noch andere Vorteile. Es kühlt die Bohrschneide, zieht das Pulverisieren der losgesprengten Gesteinsstückchen herab, hält die Bohrlochsohle reiner und verhindert die den Arbeitern schädliche Staubbildung.

§ 23. Beschaffenheit der Bohrlöcher. Weicht die Axe des Bohrloches von der Axe des Bohrers ab, so nennt man ein solches Loch „krumm“. Solche krumme Löcher werden häufig von ungeübten Arbeitern mit Meißelbohrern gebohrt, besonders wenn die Schneide derselben gerade ist, weil dann bei mangelhafter Ausübung der Bohrarbeit die Schlagwirkung am ehesten nicht in der ursprünglichen Axenrichtung des Loches fortgepflanzt wird. Konvex gekrümmte Schneiden wirken auch hier günstiger und erleichtern die Herstellung eines geraden Loches.

Die Querschnittsform der mit Meißelbohrern hergestellten Löcher ist nur selten kreisförmig; es liegt dies daran, daß das Umsetzen des Bohrers nicht der Gesteinsbeschaffenheit und der Stärke des Schlages entsprochen hat. Selbst bei geübten Arbeitern können polygonale Querschnittsformen — in der Regel Dreiecke — vorkommen, deren Seiten nach Kreisbogen gekrümmt sind und welche entstehen, wenn das Drehen (Umsetzen) des Bohrers um die Ecken des Polygons als Mittelpunkt erfolgt; vergl. Fig. 7.

Fig. 7.



Nicht entsprechendes Umsetzen kann endlich auch dazu führen, daß sich an der Wand oder in der Sohle des Bohrloches ein hervorragender Gesteinsknauer

bildet, der es schließlich unmöglich macht, den Bohrer noch zu drehen und das Loch weiter zu bohren. Man sagt in solchen Fällen, „das Loch habe einen Fuchs“.

Das schiefe und nicht kreisrunde Bohrloch ist zur Aufnahme von Ankerstangen ungeeignet, dagegen schadet es bei der Sprengarbeit nichts, wenn man nur dafür sorgt, daß die Patrone mit dem Sprengstoff fest an die Wandungen des Bohrloches gedrückt wird, sodaß das Sprengmaterial den unteren Raum des Loches völlig ausfüllt, also keine hohlen Räume bleiben.

§ 24. Erweiterung der Bohrlöcher. Zur Aufnahme von Ankerköpfen bei Verankerungen und zur Unterbringung größerer Sprengladungen kann es notwendig werden, im Tiefsten der Bohrlöcher mehr oder weniger große Erweiterungen herzustellen. Je nach dem Zwecke, dem diese Erweiterungen dienen sollen, können dieselben durch Vergrößerung des ursprünglichen Durchmessers des Bohrloches an seiner tiefsten Stelle oder durch erweiterndes Vertiefen desselben hergestellt werden. Zur ersten Art der Erweiterung können chemische und mechanische Mittel, zur letzteren nur mechanische Mittel angewendet werden.

a. Chemische Mittel.

Diese können nur in wenig kostspieligen Flüssigkeiten bestehen, welche lösend auf die Gesteine einwirken. Als letztere kommen nur kalkige Gesteine, seien es nun reine Kalksteine oder sedimentäre Gesteine mit kalkigem Bindemittel, in Frage und als Lösungsmittel Salzsäure.

Von Courberaise ist dieser Prozeß im marmorartigen Kalkstein mit Erfolg angewendet worden.

b. Mechanische Mittel (Erweiterungsbohrer).

Die Erweiterungsbohrer werden stoßend oder drehend gehandhabt; im ersteren Falle wirken sie absprengend, im letzteren schabend. Von den Erweiterungsbohrern, welche stoßend benutzt werden, ist der einfachste der Kraut'sche Bohrer²⁹⁾ mit exzentrischer meißelartiger Schneide; siehe Fig. 8. Mit demselben kann man bei einiger Uebung eine Vertiefung des Bohrloches von größerem als dem ursprünglichen Durchmesser leicht herstellen.

Ein anderer stoßend zu handhabender Erweiterungsbohrer ist von Trouillet³⁰⁾ konstruiert und auch angewendet worden. Er besteht aus zwei scherenförmig miteinander verbundenen Stahlmeißeln *ss*, die am unteren Ende einer Stange *r* befestigt sind; siehe Fig. 9 und 10, von welchen letztere einen Schnitt durch das Rohr parallel zur Ebene der Schneiden darstellt. Die Stange führt durch das Rohr *n*, in dessen unterem Ende sich zwei diametral gegenüberliegende Schlitze befinden.

Hebt man die Stange *r*, so hängen die Meißel *ss* senkrecht herunter und finden im Rohre *n* Platz; läßt man die Stange *r* aber fallen, so schlagen die Meißel auf zwei im Rohre *n* befestigte Stahlklötzchen *tt* und drängen durch die Schlitze des Rohres nach außen, wie es Fig. 9 zeigt.

²⁹⁾ Stapff; a. a. O. S. 37 ff.

³⁰⁾ Dingler's polytechn. Journal. 1856. Bd. 179. S. 482.

Um nun mit diesem Apparate eine Erweiterung in einem Bohrloche herstellen zu können, wird das Rohr mit Stange *r* und den Meißeln in dasselbe bis

Fig. 8.

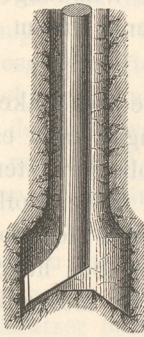
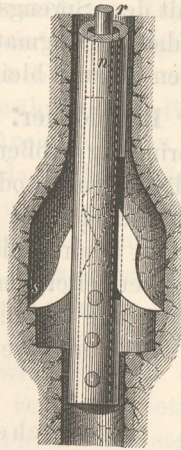
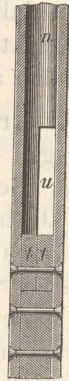


Fig. 9.



M. 1 : 8.

Fig. 10.



zu der Stelle eingelassen, von wo aus die Erweiterungsarbeit beginnen soll. Ein oder zwei Arbeiter handhaben dann die Stange *r* wie beim Stoßbohren, wobei die aus den Schlitzen des Rohres *n* vorspringenden Meißel von den Bohrlochswandungen Stückchen wegsprengen.

Gleichzeitig mit dem Stoßen wird nun durch einen besonderen Arbeiter das Rohr *n* langsam gedreht, wobei sich die Stange *r* mitdrehen muß. Mit der Drehung ist ferner eine langsame Senkung der Röhre verbunden, die so lange dauert, bis von den Meißeln die Höhe der herzustellenden Erweiterung durchlaufen ist. Hierbei haben sie nach und nach auf alle Punkte der Bohrlochswandung eingewirkt und einen Hohleylinder von gewisser Wandstärke und von der Höhe der Senkung der Röhre weggesprengt. Letztere wird dann wieder gehoben und das Spiel der Schneiden beginnt von neuem.

Das Wiedererheben der Röhre *n* kann so oft wiederholt werden, bis die Meißel das Maximum ihrer Entfernung erreicht haben. Zur Erleichterung der Arbeit hat Trouillet mehrere Meißelsätze von zunehmenden Dimensionen konstruiert. Der beschriebene Apparat kann aber nur für Bohrlöcher über 50 mm Durchmesser benutzt werden, da er sich für kleinere Durchmesser nicht mehr haltbar herstellen läßt.

Die Anwendbarkeit des Apparates ist ferner dadurch beschränkt, daß die zum Drehen sowie zum Heben und Senken der Röhre *n* erforderliche, nicht ganz einfache Vorrichtung sich ohne Schwierigkeiten nur bei Löchern anbringen läßt, die abwärts gebohrt sind.

Ein anderer stoßend zu benutzender Erweiterungsbohrer mit beweglichen Schneiden ist von Vergus³¹⁾ vorgeschlagen worden. Er eignet sich aber für die kleinen Dimensionen der von Hand hergestellten Bohrlöcher ebenfalls nicht.

³¹⁾ Rziha, Lehrbuch der gesamten Tunnelbaukunst, 2. Aufl. S. 96. — Stapff; a. a. O. S. 36.

Schabend wirkende Erweiterungsbohrer sind von Tollhausen³²⁾ und Trouillet³³⁾ konstruiert worden. Die Apparate beider Erfinder haben eine gewisse Aehnlichkeit und bestehen im wesentlichen aus einem Rohr, in welchem am unteren Ende zwei diametral gegenüberliegende Oeffnungen (Fenster) ausgeschnitten sind. Durch diese Fenster können nun von innen zwei stählerne Schneidplatten heraustreten, deren Schneiden beim Drehen des in das Bohrloch gelassenen Rohres gegen die Wandungen desselben gedrückt werden mittels einer Stange, die durch das Rohr geführt ist. Während des Drehens des Rohres mit den Schneidplatten wird ersteres gleichzeitig in die Höhe bewegt, sodaß die Schneiden einen Hohlzylinder von gewisser Dicke und beliebiger Höhe ausschaben können.

Ist das Rohr so weit gehoben, als es der Höhe der herzustellenden Erweiterung entspricht, so wird dasselbe wieder gesenkt, die Schneiden mittels der gedachten Stange weiter aus den Fenstern gedrückt und das Spiel des Apparates beginnt von neuem. Es wiederholt sich so oft, bis die Erweiterung genügend groß geworden ist.

Auch diese Apparate können nur in Bohrlöchern von über 50 mm Weite benutzt werden und unterliegt ihre sonstige Anwendbarkeit derselben Beschränkung, die oben bezüglich des stoßend wirkenden Trouillet'schen Erweiterungsbohrers angeführt wurde.

Nach Erfindung des rotirenden Diamantbohrers dürfte es übrigens nicht schwierig sein, einen schabend (zerreibend) wirkenden Erweiterungsbohrer mit Diamantbohrkrone zu konstruieren. Letztere müßte aus mehreren Teilen bestehen, die durch einen Mechanismus allmählich auseinander getrieben werden könnten.

e. Sprengstoffe als Mittel zur Erweiterung.

Nach der Erfindung von Nitroglyzerin - Sprengpräparaten endlich kann man diese wegen ihrer großen Brisanz vorteilhaft anwenden, um in der Sohle enger Bohrlöcher Erweiterungen, allerdings nur von unregelmäßiger Form, herzustellen, welche auch nur für Sprengzwecke dienen können. Es ist dieses Verfahren in neuerer Zeit besonders von Penrice ausgebildet und von diesem zum Stollenbetriebe benutzt worden; hiervon wird weiter unten ausführlich die Rede sein.

§ 25. Praktische Masseinheit für die Nutzleistung beim Handbohren.

Das einfachste und richtigste Maß für die Leistung beim eigentlichen Bohren ist die Tiefe des Bohrloches. Kombiniert man diese Tiefe mit der Zeit, in welcher sie hergestellt wurde, so kommt man zu einem brauchbaren Ausdruck für den erzielten Bohreffekt. Die Ermittlung der Tiefe als Meßmethode für die Leistung des Arbeiters ist aber dort nicht anwendbar, wo es mit Hilfe der Sprengarbeit darauf ankommt, rasch und so billig als möglich Gesteinsmassen hereinzugewinnen, wie zum Beispiel beim Stollenbetriebe. Hier würde das Messen der Tiefe der Löcher den Arbeiter in der so wichtigen Wahl der Richtung derselben beeinflussen zum Nachteil des raschen Fortschrittes der Arbeit, denn der Arbeiter würde nur darauf bedacht sein, möglichst tiefe Löcher zu bohren, ohne Rücksicht auf die mit denselben zu erzielende Sprengwirkung.

32) Stapff; a. a. O. S. 34.

33) Dingler's polyt. Journal. 1866. Bd. 179. S. 177.

Wollte man dies hintertreiben, so bliebe nichts übrig, als dem Kontrollpersonal außer der Aufgabe, die Tiefe der Löcher zu messen, auch noch die zu stellen, die Richtung und Tiefe eines jeden Bohrloches im voraus zu bestimmen. Dieses Verfahren würde sich aber der zu hohen Kosten wegen bei dem vorausgesetzten Ziele eines raschen und billigen Betriebes verbieten, und so bleibt nichts übrig, als es dem Arbeiter, als bestem Kenner des Gesteines, zu überlassen, wie tief er die Löcher bohren will, als Maß für seine Leistungen aber das anzunehmen, was er mittels dieser Löcher lossprengt, nämlich den Rauminhalt der hereingewonnenen Gesteinsmassen.

Da der Arbeiter ein Interesse daran hat, möglichst viel durch die von ihm gebohrten Löcher abzusprengen, so bringt diese Meßmethode auch dem Arbeitgeber keine Nachteile, vorausgesetzt, daß der Arbeiter die Kosten des Sprengstoffes zu tragen hat.

Der Rauminhalt dessen, was der Arbeiter hereingewonnen hat, kann nun gemessen werden an den losgelösten Massen oder an dem Hohlraum, den diese Massen ursprünglich ausfüllten. Die erstere Art des Messens ist dort üblich, wo die hereingewonnenen Massen einen Wert haben, also zum Beispiel bei der Bruchsteingewinnung. Sind diese Massen aber wertlos, so zieht man als das einfachere Verfahren vor, die Leistung nach der Größe des hergestellten Hohlraumes zu bemessen, besonders wenn die regelmäßige Form dieses Raumes das Ausmessen desselben erleichtert.

Als Maßstab für das Messen dient das Kubik- oder das Längenmeter; letzteres verdient als das bequemere den Vorzug dort, wo der Querschnitt des hergestellten Hohlraumes beim Fortschritt der Arbeit unverändert bleibt, wie es zum Beispiel beim Stollenbetriebe meistens der Fall ist.

Die durch das Kubik- oder Längenmeter ausgedrückte Leistung beim Handbohrbetriebe setzt sich nun aus zwei Größen zusammen, aus der Leistung des Arbeiters und aus der Leistung des Sprengstoffes. In welchem wechselnden Verhältnis diese beiden Größen an einer bestimmten Arbeitsleistung partizipieren, geht aus nachstehender Tabelle hervor, die nach den von Havrez veröffentlichten Resultaten seiner bereits mehrfach erwähnten Versuche aufgestellt worden ist.

Tabelle V.

| Bei der Gewinnung eines Kubikmeters Gestein betrug: | In Schieferthon. | | In mittelfestem Sandstein. | | In sehr festem Sandstein. | |
|---|------------------|--------------|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------|
| | Gebohrt wurde | | Gebohrt wurde | | Gebohrt wurde | |
| | einmännisch | zweimännisch | einmännisch | zweimännisch | einmännisch | zweimännisch |
| der Arbeitsaufwand L zum Bohren der Löcher in mkg | 55028 | 71433 | 170030 | 201724 | 1032013 | 909955 |
| die Arbeit des Pulvers L_p in mkg | 178200 | 207900 | 262350 | 297000 | 480150 | 519750 |
| die gesamte Arbeitsleistung ($L + L_p$) in mkg | 233228 | 279333 | 432380 | 498774 | 1512163 | 1429705 |
| die Arbeit des Pulvers von der Gesamtarbeit rund | 76 % | 74 % | 61 % | 59 % | 32 % | 36 % |

Bei der Berechnung der in der Tabelle angeführten Arbeitsleistungen des Sprengpulvers wurde nach den Resultaten der Versuche von Roux und Sarrau

die Annahme zu Grunde gelegt, daß ein Kilogramm Pulver eine Arbeit von 270000 mkg³⁴⁾ leisten könne.

Die in der Tabelle mitgeteilten Zahlen lassen erkennen, wie der Anteil der Arbeit des Pulvers an der Gesamtarbeit zur Hereingewinnung eines Kubikmeters Gestein mit zunehmender Festigkeit des letzteren kleiner wird und wie es eine Gesteinsbeschaffenheit geben muß, bei welcher der Anteil beider Arbeitsgrößen an der Gesamtleistung gleich groß ist³⁵⁾.

Es liegt nun auf der Hand, wie wichtig es wäre, eine Maßeinheit für den Arbeitseffekt am Gestein zu besitzen, welche diesen wechselnden Anteil der Arbeit des Sprengstoffes an der Gesamtarbeit ausdrückte. Ein Versuch, eine solche Maßeinheit einzuführen, ist neuerdings von M. Kraft³⁶⁾ gemacht worden, indem er die Anzahl der pro Zeiteinheit herausgeschlagenen Kubik- oder Längenmeter als Ausdruck der Leistung des Arbeiters mit der Größe des Sprengmaterialverbrauches als Ausdruck für die Gewinnbarkeit des Gesteines zusammenfaßt, beide Größen durch Multiplikation verbindet und die so entstandene Zahl Spreng-Kilogramm-meter nennt.

Als Zeiteinheit wählt er — was übrigens ganz auf Uebereinkommen beruhen würde — die achtstündige Schicht; die Auffahrung pro Mann und Schicht führt er nicht als Meter, sondern als Millimeter in Rechnung, da bei sehr festem Gestein die Auffahrung pro Mann und Schicht eine sehr geringe ist und sich sonst wohl oft erst an der zweiten und dritten Dezimalstelle eine Ziffer ergeben würde. Als den dem Sprengmaterialverbrauch entsprechenden Faktor stellt Kraft den Verbrauch pro Längen- oder Kubikmeter in Rechnung.

Bezeichnet nun L die Größe der Auffahrung pro achtstündige Schicht und Mann in Millimetern, K die Größe der Auffahrung pro achtstündige Schicht und Mann in Kubikmetern, P den Pulververbrauch pro Meter Auffahrung in Kilogrammen, p den Pulververbrauch pro Kubikmeter Auffahrung in Kilogrammen, F den Querschnitt des getriebenen Stollens in Quadratmetern, S_l die Spreng-Kilogramm-meter bei Benutzung der Längeneinheit, S_k die Spreng-Kilogramm-meter bei Benutzung der Kubikeinheit, so ist

$$K = F \cdot \frac{L}{1000} = \frac{L}{1000} \cdot \frac{P}{p},$$

$$p = \frac{P}{F},$$

$$S_l = L \cdot P = 1000 \cdot S_k,$$

$$S_k = K \cdot p = \frac{L \cdot P}{1000} = \frac{S_l}{1000}.$$

Um das Spreng-Kilogramm-meter behufs Vergleichung auch für solche Ge-

³⁴⁾ Roux und Sarrau. Experimentelle Untersuchungen über explosive Substanzen. Dingler's polyt. Journal. Bd. 210. S. 22. — Nach den Untersuchungen von Bunsen und Schischkoff würde sich die Arbeitsleistung eines Kilogramms Pulver zu 260729 mkg berechnen.

³⁵⁾ Wie klein die Leistung des Bohrarbeiters im Vergleich zu der des Sprengstoffes ist, zeigt sich am deutlichsten, wenn man die beim Bohren und Sprengen zerkleinerten Massen gegenüberstellt. Nach den Versuchen von Havrez berechnet sich, daß beim Bohren nur 0,2—0,5 % der ganzen herauszugewinnenden Masse zerbohrt werden, während 99,8—99,5 % von der Zertrümmerung durch Sprengen herrühren.

³⁶⁾ Max Kraft. Ueber Arbeitseffekte am Gestein. Leobener Jahrbuch 1881. Bd. 29. S. 221.

steinsarbeiten berechnen zu können, bei denen statt des Pulvers das stärker wirkende Dynamit zur Verwendung kommt, nimmt Kraft 1 kg Dynamit als gleichwertig mit 1,9 kg Sprengpulver an.

In folgender Tabelle sind einige Arbeitseffekte in Spreng-Kilogramm Metern nach der Längeneinheit (S_l) angegeben worden; sie wurden, soweit sie sich nicht auf die Havrez'schen Versuche beziehen, der gedachten Abhandlung Kraft's entnommen. Man kann aus den mitgeteilten Werten für S_l sofort den Arbeitseffekt, in Spreng-Kilogramm Metern ausgedrückt, nach der Kubikeinheit (S_k) erhalten, wenn man erstere durch 1000 dividirt; vergl. die oben angeführte Gleichung zur Bestimmung von S_k .

Tabelle VI.

| Laufende No. | Bezeichnung des Betriebes. | Bezeichnung des Gesteines. | Querschnitt des Ortes. qm | Arbeitseffekt in Spreng-Kilogramm Metern S_l . |
|--------------|--|---|---------------------------|--|
| 1. | Richtstollen des St. Gotthard - Tunnels (Göschenen) | Gneisgranit und Glimmerschiefer | 6,0 | 1527,17 |
| 2. | Sutro - Stollen in Nevada | Propylit, Somidin-Trachyt, Syenit und Andesit | 3,9 | 1084,33 |
| 3. | Querschlag des Albert-Schachtes im Plauenschen Grunde | Porphyry | 7,5 | 655,69 |
| 4. | Querschlag auf einer belgischen Steinkohlengrube (nach Havrez) | Schieferthon | 3,6 | 503,7 |
| 5. | Stollen der Wiener Hochquellenleitung | Fester dolomitischer Kalk | 3,5 | 461,97 |
| 6. | Querschlag auf einer belgischen Kohlengrube (nach Havrez) | Mittelfester Kohlen-sandstein | 3,6 | 388,3 |
| 7. | Stollen auf der Grube am Ringwechsel Ober-Schwaz in Tirol | Fester Dolomit | 3,4 | 292,12 |
| 8. | Feldörter auf Stefan- und Segen-Gottes-Schacht bei Prizibram | Grauwackensandstein und Konglomerat | 2,6 | 230,77 |
| 9. | Querschlag auf einer belgischen Kohlengrube (nach Havrez) | Sehr fester Kohlen-sandstein | 3,6 | 134,4 |

Will man die Kraft'sche Maßeinheit nicht anwenden, so bleibt nichts übrig, als den Arbeitseffekt durch die in einer bestimmten Zeiteinheit herausgeschlagene Anzahl Längen- oder Kubikmeter zu bezeichnen unter Angabe des Verbrauches an Sprengmaterial. Letztere Angabe ist unbedingt erforderlich, um sich von der Gewinnbarkeit des Gesteines eine Vorstellung machen zu können.

Nichtsdestoweniger gibt weder diese Methode der Bestimmung des Arbeitseffektes noch die von Kraft vorgeschlagene einen klaren Einblick in das Verhältnis, in welchem die Arbeit des Bohrens zu der des Sprengens steht, weil zufällige Umstände die Gewinnbarkeit des Gesteines oft sehr beeinflussen können, so zum Beispiel das Auftreten von Klüften oder Ablösenden (auch wohl Schlechten und Bahnen genannt), welche einmal die Gewinnbarkeit des Gesteines erhöhen, das andere Mal dieselbe vermindern.

§ 26. Vorausberechnung des Arbeitseffektes. Nach dem eben Angeführten ergibt sich bereits, daß sich der Arbeitseffekt am Gestein beim Bohren von Hand nicht im voraus berechnen läßt. Die einzelnen Löcher werden je nach dem augenblicklichen Gesteinsverhalten sehr verschiedene Tiefen und Sprengladungen erhalten, die vom Sprengstoffe zu leistende Arbeit wird also in jedem Loche eine andere sein. Abweichend gestaltet sich die Sache, wie später gezeigt werden wird, bei gewissen Arbeitsmethoden mittels Bohrmaschinen. Für den Betrieb mittels Handbohrens bleibt mithin nichts übrig, als sich bei einer vorherigen Effektbestimmung an Resultate zu halten, welche man an andern Orten unter ähnlichen Verhältnissen erzielt hat.

B. Das Maschinenbohren.

§ 27. Maschinensysteme. Bohrmaschinen mit stoßend arbeitenden Bohrern können direkt oder indirekt wirken, je nachdem der Bohrer bei ihnen durch Vermittelung einer stoßenden Masse oder ohne eine solche gegen das Gestein getrieben wird. Im ersten Falle erfolgt die Arbeit des Bohrens, nach Art des Handbohrens, gewissermaßen mit zwei Werkzeugen, im zweiten Falle nach Art des Wurfbohrens. Diejenigen Maschinen, welche indirekt wirken, nennt man wohl „Hammermaschinen“ oder nach Angström „Maschinen-Bohrschlägel“ zum Unterschiede von den direkt wirkenden Maschinen, welche kurzweg als „Stoßbohrmaschinen“ bezeichnet werden sollen.

Indirekt wirkende Bohrmaschinen.

§ 28. Die Hammermaschinen. Daß der Wirkungsgrad dieser Maschinen dem der direkt wirkenden nachstehen muß, folgt bereits aus der oben gegebenen Vergleichung des Stoßbohrens von Hand (Wurfbohren) mit dem Bohren mit zwei Werkzeugen. Die lebendige Kraft der schlagenden Masse wird nicht völlig auf den Bohrkopf übertragen, vielmehr ein Teil dieser Kraft auf Formänderung und Erzeugung von Wärme- und Schallwellen verwendet.

Nur bei völlig elastischem Material wäre unter gewissen Umständen, nämlich bei gleichem Gewichte der schlagenden und geschlagenen Masse der gleiche Wirkungsgrad wie bei direkt wirkenden Maschinen zu erzielen. Da aber völlig elastisches Material zur Verwendung für den in Rede stehenden Zweck noch nicht aufgefunden worden ist, so bieten die Hammermaschinen nur historisches Interesse. Wegen ihres in Vergleich mit den direkt wirkenden Maschinen erheblich nachstehenden Wirkungsgrades konnten sie in der Praxis keine Verbreitung finden und stehen Hammermaschinen nirgends mehr in Anwendung.

Es möge deshalb hier nur kurz erwähnt werden, daß die erste Hammermaschine, mit welcher einige Bohrarbeiten ausgeführt worden sind, 1857 von Schwartzkopff konstruiert wurde. Eine 1863 von Chr. G. Barthelson in Schweden angefertigte Maschine ahmte das Handbohren völlig nach, leistete aber nur ein Drittel von der Arbeit eines Häuers beim Handbohren³⁷⁾.

³⁷⁾ Stapff; a. a. O. S. 45.