

selbstverständlich immer in den Umkehrpunkten oder Todtlagen der Kurbel durch Null ausgedrückt wird.

Man hat auch den vorstehend angegebenen Zweck dadurch erreicht, daß man das excentrische Zahnrad  $O$  in ein solches von elliptischer Form eingreifen läßt, dessen Aze durch die Mitte der Ellipse geht, und dessen Zahnzahl ebenfalls doppelt so groß ist, wie diejenige des excentrischen Rades. In diesem Falle können die Azen der beiden Räder durch feste Lager gehalten werden, und man erreicht denselben Zweck, wie durch die vorher beschriebene Einrichtung.

Es wurde schon angeführt, daß man sich zur Hin- und Herbewegung des Bohrschlittens auch einer Schraubenspindel bedient hat, die abwechselnd nach rechts und links gedreht wird. Eine derartige Maschine findet sich abgebildet und beschrieben an der unten bezeichneten Stelle<sup>1)</sup>. Es ist bei dieser Maschine noch zu bemerken, daß bei ihr gleichzeitig zwei Bohrer zur Wirkung kommen, deren Azen in derselben wagrechten Linie gelegen sind, und deren Schneiden einander zugewendet sind, so daß sie das zu durchschlitzende Arbeitsstück gleichzeitig von beiden Seiten angreifen. Selbstverständlich müssen diese beiden Bohrer bei jeder Umkehr des Bohrschlittens auch um den gleichen Betrag vorgeschoben werden, bis ihre Schneiden in der Mitte des Arbeitsstückes einander nahe stehen. Zu einem eigentlichen Zusammenreffen darf es aber nicht kommen; um einer Beschädigung der harten Bohrschneiden vorzubeugen, hat man die Einrichtung so getroffen, daß kurz vor dem Zusammentreffen der Schneiden nur noch der eine Bohrer vorgeschoben wird, und daß er bei dieser Bewegung den anderen Bohrer wieder aus dem Schlitz zurückzieht, indem er ihn vor sich herschiebt.

## §. 190.

**Das Stossbohren.** Das zur Herstellung von Löchern in Stein, wie sie beispielsweise zu Sprengarbeiten erforderlich sind, angewandte Verfahren des Stoßbohrens unterscheidet sich von dem bisher besprochenen Bohren in Metall oder Holz wesentlich dadurch, daß dabei die Abtrennung des Materials durch die stoßende Wirkung eines Meißels, Fig. 701, geschieht. Stellt  $AB$  in Fig. 702 die Schneidkante eines solchen von beiden Seiten angeschliffenen Meißels oder Steinbohrers vor, und denkt man dem letzteren in der Richtung seiner Länge eine gewisse Geschwindigkeit  $v$  erteilt, mit welcher er auf das darunter befindliche Gestein trifft, so erzeugt die Schneide in dem Steine eine bestimmte rinnenförmige Vertiefung, indem die in dem Meißel enthaltene mechanische Arbeit dazu verwendet wird, das unter der Schneide befindliche Material zu zermalmen und seitwärts fortzudrücken. Die Tiefe des so gebildeten Einschnittes hängt dabei sowohl von der Wider-

1) J. Hart, Die Werkzeugmaschinen.

standsfähigkeit des bearbeiteten Steines wie von der Arbeitsgröße  $A = G \frac{v^2}{2g}$  ab, die dem Bohrer von dem Gewichte  $G$  innewohnt, wenn ihm die Geschwindigkeit  $v$  ertheilt wurde. Denkt man den Meißel dann erhoben und von neuem gegen den Stein gestoßen, nachdem man ihn zuvor um seine Längsaxe um einen gewissen Winkel  $ACA_1$  gedreht hat, so wird die Schneide, indem sie einen neuen Einschnitt nach der Richtung  $A_1B_1$  hervorbringt, gleichzeitig die beiden sectorenförmigen Steinstückchen  $ACA_1$  und  $BCB_1$  wegsprengen. Ein gleicher Vorgang wird sich bei jedem ferneren Stoße wiederholen, sofern man den Meißel nach jedem Stoße um denselben Winkel dreht oder umsetzt und dafür sorgt, daß die Aze des Meißels immer ihre Lage in  $C$  beibehält. Wenn der Meißel in Folge der wiederholten Um-

Fig. 701.

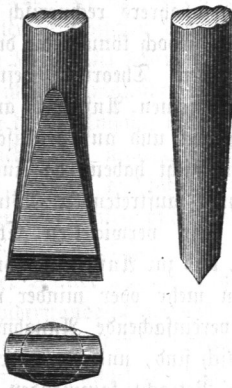
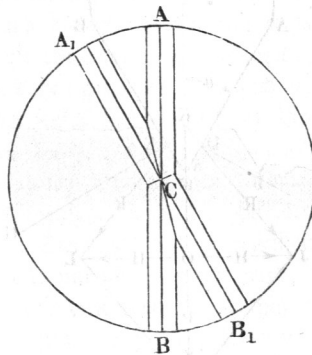


Fig. 702.

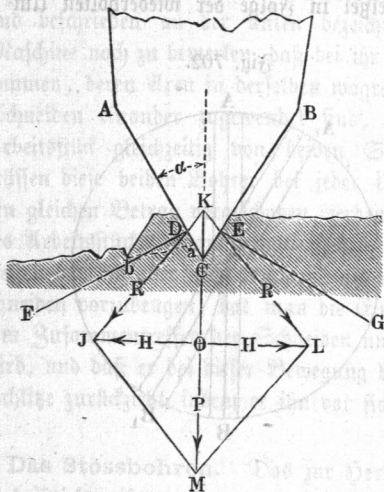


setzungen gerade eine halbe Umdrehung gemacht hat, so ist eine seichte cylindrische Vertiefung von der Tiefe  $d$  des Eindringens der Meißelschneide und von einem Durchmesser entstanden, der durch die Breite  $AB = d$  der Meißelschneide gegeben ist. Die Schneide stößt jetzt wieder in der Richtung  $AB$  des ersten Einschnittes gegen den Stein, und man wird durch die Fortsetzung der gedachten Arbeit eine cylindrische Höhlung oder ein Loch von dem Durchmesser  $d$  erzeugen.

Es ist leicht ersichtlich, daß die Schneide hierbei das Steinmaterial nicht allein zerdreht oder zermalmt, sondern daß gleichzeitig kleine Bruchstücke durch Wegsprengen oder Abbröckeln gebildet werden müssen, wie man sich mit Hülfe der Fig. 703 (a. f. S.) überzeugt. Denkt man sich hier auf die Schneide  $ACB$  des Meißels in der Richtung der Mittellinie eine gewisse Kraft  $KM = P$  wirksam, so muß dieselbe, wie eine auf den Rücken eines

Reibes ausgeübte Kraft zwei von den Flanken  $AC$  und  $BC$  aufgenommene Seitenkräfte  $R$  erzeugen, die gegen das Steinmaterial von dem Meißel ausgeübt werden. Diese Kräfte sind nach bekannter Regel gegen die Normalrichtungen  $DF$  und  $EG$  zu den beiderseitigen Flanken um den Reibungswinkel abweichend, so daß man dieselben in  $KJ$  und  $KL$  erhält, wenn  $FDJ = GEL = \varrho$  gemacht wird, unter  $\varrho$  den Reibungswinkel für die Reibung des Meißels auf dem Steine verstanden. Diese beiden, von dem Meißel gegen das Material ausgeübten Druckkräfte werden das erstere zu zerdrücken bestrebt sein und außerdem wird die von der Fläche  $AC$  ausgeübte Kraft  $KJ$  das zur Seite befindliche Material in einer gewissen

Fig. 703.



Fläche  $ab$  abbrechen, wie oben angegeben wurde.

Es ist mehrfach versucht worden, die vorbeschriebene Wirkungsweise des Steinbohrers rechnerisch zu verfolgen<sup>1)</sup>, jedoch können die durch die betreffenden Theorien gefundenen Formeln einen Anspruch auf Zuverlässigkeit und auf praktische Bedeutung nicht haben, da einestheils die hier auftretenden Wirkungen einen sehr verwickelten Charakter haben, und zur Anstellung von Rechnungen mehr oder minder willkürliche vereinfachende Annahmen erforderlich sind, und da andererseits die in Betracht kommenden Erfahrungszahlen, wie die Festigkeit der

verschiedenen Gesteinsarten gegen Druck und Schub und die Größe der Reibungscoefficienten noch so gut wie unbekannt sind. Auch ist der praktische Werth dieser Formeln wohl nur gering, da die zur Ueberwindung der Reibung des Bohrers im Bohrloche und zum Zerreiben des abgesprengten Materials zu seinem Mehle erforderliche Arbeit von hervorragender Bedeutung ist. Als Beleg hierzu kann angeführt werden<sup>2)</sup>, daß nach den unten angeführten Theorien von der bei dem Handbohren thatsächlich angewendeten mechanischen Arbeit für die eigentliche Zerkleinerung des Gesteines nur etwa 4 bis 7 Proc. oder nur etwa 6 bis 10 Proc. verwendet

<sup>1)</sup> v. Sparre, Berg- und hüttenm. Zeitung 1865; F. M. Staps, Ueber Gesteinsbohrmaschinen, Stockholm 1869.

<sup>2)</sup> Gesteinsbohrmaschinen von W. Schulz, Handbuch der Ingenieurwissenschaften, 4. Bd.

werden, je nachdem man die Formeln von Stapf oder von Sparre zu Grunde legt. Dagegen wird der Verlust, welcher durch unvollständige Verwerthung der Keilarbeit der Schneide entsteht, zu 10 bis 15 Proc. angegeben, und angeführt, daß 7 bis 8 Proc. durch unwirksame Schläge, Pulverisiren der abgesprengten Gesteinsstückchen u. s. w. verzehrt werden. Beim gewöhnlichen Schlagbohren mit Hülfe eines gegen den Meißel geführten Hammers oder Schlägels sollen außerdem von der von dem Arbeiter ausgeübten Arbeit 50 Proc. bei dem Ausholen zum Schlagen und 29 Proc. zu der dem Meißel mitgetheilten bleibenden Formänderung verwendet werden. Angesichts solcher Verhältnisse wird es gerechtfertigt erscheinen, diese Theorien hier nur erwähnt zu haben.

Für die gute Wirkung eines Steinbohrers ist sicher die Form und Zuschärfung der Schneide von hervorragender Bedeutung. In Betreff der Zuschärfung, d. h. des Keilwinkels  $ACB = 2\alpha$  der Schneide, entwickelt v. Sparre die Formel  $\operatorname{tg} \alpha = \sqrt[3]{f}$ , worin  $f$  den zugehörigen Reibungscoefficienten zwischen dem Meißel und der Gesteinsart und  $\alpha$  denjenigen halben Keilwinkel bedeutet, welcher die vortheilhafteste Ausnutzung der zur Verwendung kommenden mechanischen Arbeit gestattet. Bezüglich der Brauchbarkeit dieser Angabe, nach welcher der Zuschärfungswinkel des Meißels von der mehr oder minder großen Härte des Gesteins ganz unabhängig sein würde, werden die schon oben angeführten Bemerkungen ebenfalls gelten. In der Wirklichkeit pflegt man im Gegenseze hierzu die Zuschärfung nach der Beschaffenheit des zu bearbeitenden Steinmaterials zu bemessen, derart, daß der Winkel  $2\alpha$  der Schneide um so stumpfer gewählt wird, je härter und widerstandsfähiger das Material ist, weil erfahrungsmäßig hierbei die längste Dauer der Schneide erreicht wird. Als guter Mittelwerth kann  $2\alpha = 70^\circ$  angesehen werden. Daß eine möglichst gute Schärfung von hervorragender Bedeutung ist und eine auch nur geringe Abstumpfung der Schneide deren Wirksamkeit bedeutend herabzieht, dürfte an sich klar sein.

Dagegen muß man den von v. Sparre in Betreff der Form der Schneide gemachten Bemerkungen beipflichten. Eine Betrachtung der Fig. 702 zeigt nämlich, daß die von irgend welchem Punkte der Schneide auszuübende Arbeit oder zu beseitigende Materialmenge in etwa demselben Maße wächst, wie der Abstand dieses Punktes von der Mitte des Meißels oder Loches zunimmt, so daß der äußerste Punkt zu jeder Seite die größte Arbeit auszuüben hat, womit das erfahrungsmäßig beobachtete schnellere Stumpfw werden des Meißels nach außen hin in Uebereinstimmung ist. Wenn man daher zur Erzielung einer möglichst gleichmäßigen Abnutzung der Schneide an dieselbe die Bedingung stellt, daß jedes Element derselben von einer bestimmten, überall gleichen Länge auch annähernd die gleiche Arbeit verrichten solle, d. h. daß der von jedem Elemente während der Arbeit des

Meißels beschriebene ringförmige Raum nahezu dieselbe Größe haben solle, so erhält man als die zu wählende Form der Schneide eine solche, bei welcher die Abweichung von der radialen Richtung nach außen hin zunimmt. Dieser Bedingung kann nur durch eine gekrümmte Form der Schneide entsprochen werden, und zwar fällt diese Form verschieden aus, je nachdem die Schneide in einer durch die Aze des Meißels gehenden oder in einer hierzu senkrechten Ebene gelegen ist. In dem ersteren Falle einer in einer Azebene gelegenen Schneide erhält man eine gewölbte Form, wie Fig. 704, von welcher v. Sparre angiebt, sie solle durch eine Parabel begrenzt sein. In der Praxis macht man von einer solchen meistens kreisförmig gekrümmten Schneide vielfachen Gebrauch, und zwar hauptsächlich auch aus dem Grunde, weil dabei die Uebelstände von schief gegen die Bohreraxe geführten Schlägen, wie sie insbesondere bei weniger geübten Arbeitern häufig vorkommen, weniger nachtheilig sind, als bei der Anwendung einer geraden Schneide, bei welcher durch schräg geführte Schläge gegen den Meißel die Wirkung fast ganz auf die Ecken verlegt wird, die

Fig. 704.

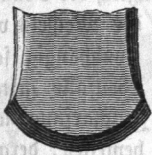
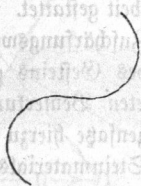


Fig. 705.



daher schnell stumpf werden. Wollte man der oben gedachten Bedingung bei einer zur Aze senkrechten Lage der Schneide genügen, so würde dieselbe eine S-förmige Gestalt, etwa nach Art der Fig. 705, erhalten, die indessen für die praktische Anwendung zu schwierig herzustellen und zu erhalten sein würde. Dagegen finden sich zuweilen Schneiden mit beiderseitigen Ansätzen, sogenannten Ohren, die ganz oder nahezu in die Peripherie des Bohrloches fallen und nach ihrer Form entweder als S- oder als Z-Schneiden bekannt sind.

Für die vortheilhafte Ausführung der Bohrarbeit ist die möglichst häufige Entfernung der abgesprengten oder zermalnten Steinsplitter von großer Wichtigkeit, weil dieselben, wenn sie längere Zeit in demselben Bohrloche verbleiben, den Stößen des Meißels einen ähnlichen Widerstand darbieten, wie ihn die in einem Mörser der Zerkleinerung unterworfenene Masse den Stößen der Mörserkeule entgegensetzt, so daß diese Theile auch ebenso wie in einem Mörser in ein mehr oder weniger feines Pulver verwandelt werden. Die hierzu verbrauchte Arbeit ist natürlich für die eigentliche Nutzleistung des Bohrens verloren, dieselbe kann bei reichlich vorhandenem Bohrmehle sehr beträchtlich ausfallen, so daß die Wirkung des Bohrers dabei sehr gering wird. Während bei einem aufwärts getriebenen Bohrloche die Bohrspäne fortwährend durch ihr Eigengewicht aus dem Loche herausfallen und während sie bei nahezu wagrechttem Bohren durch die

wiederholten Stöße ebenfalls aus dem Bohrloche herausgedrängt werden, muß man das letztere, sobald es abwärts gerichtet ist, von Zeit zu Zeit mittels geeigneter Geräthe entleeren. Um dies besser ausführen zu können, feuchtet man das Bohrmehl durch zeitweise in das Bohrloch gegossenes Wasser etwas an, so daß es einen mehr zusammenhängenden Bohrschmand bildet. Da während der Entfernung des Bohrmehls die Bohrarbeit unterbrochen werden muß, so ist damit ein insbesondere bei tiefen Bohrlöchern sehr erheblicher Zeitaufwand verbunden, und man hat vielfach, um diesen zu verringern, bei dem Tiefbohren das Bohrmehl durch Wasser fortgespült. Hier- von, sowie von den Geräthen zur Entfernung des Bohrmehls aus dem Bohrloche soll weiter unten gesprochen werden.

Dem Bohrmeißel wird die zu vorbesagter Wirkung erforderliche Geschwindigkeit, sofern es sich um das Handbohren handelt, entweder unmittelbar von dem Arbeiter durch die geeignete Wurfbewegung ertheilt, Wurfbohren, oder es werden gegen das äußere der Schneide abgewandte Ende des Meißels Schläge mit dem Bohrfäustel, einem Hammer von 1 bis 2 kg Gewicht, geführt. Da das Handbohren hier nicht weiter zu behandeln ist, so möge nur soviel hierüber angeführt werden, daß das Wurfbohren mechanisch vortheilhafter ist, als das Bohren mit dem Fäustel, da bei dem letzteren mit jedem Schläge ein gewisser Verlust an mechanischer Arbeit verbunden ist, der in Folge der unvollkommenen Elasticität des Meißels und Fäustels bei dem Stoße auftritt, und über dessen verhältnißmäßige Größe das Nähere in Th. I nachzusehen ist. Bei dem Wurfbohren fällt dieser Stoß und mit ihm der gedachte Verlust natürlich ganz fort. Die zum Bohren in Stein angewandten Maschinen können demgemäß in zweifacher Art ausgeführt werden, und zwar entweder entsprechend dem Wurfbohren so, daß dem Meißel durch eine auf ihn wirkende Kraft eine bestimmte Geschwindigkeit ertheilt wird, oder so, daß ein auf das hintere Meißelende schlagender hammerartiger Körper einen bestimmten Stoß ausübt. Die letztgedachten, wohl als Hammermaschinen bezeichneten Steinbohrmaschinen wurden zuerst ausgeführt, sie sind aber wohl heute gar nicht mehr im Gebrauch und haben überall den Maschinen der erstgedachten Art weichen müssen, bei denen der Meißel unmittelbar durch eine auf ihn wirkende Kraft die erforderliche Geschwindigkeit erhält. Bei den immer senkrecht abwärts geführten Tiefbohrungen ist das Eigengewicht des Meißels selbst und des ihn tragenden langen Gestänges diese treibende Kraft, während bei den gewöhnlichen Steinbohrmaschinen, wie sie insbesondere für Sprengarbeiten dienen, die Beschleunigung des nur leichten Meißelgestänges durch einen von gespanntem Dampf oder gepreßter Luft getriebenen Kolben hervorgerufen wird. Bei den nur wenig gebrauchten Steinbohrmaschinen für Handbetrieb dient auch wohl eine zusammengepreßte Feder als Triebmittel für den

Meißel. Nach diesen allgemeinen Bemerkungen über den Vorgang bei dem Stoßbohren mögen nun die zur Ausführung desselben dienenden Steinbohrmaschinen in den wesentlichen Punkten besprochen werden, indem bezüglich der Einzelheiten auf die über den Gegenstand veröffentlichten Schriften<sup>1)</sup> verwiesen werden muß; dabei soll der gänzlich veralteten sogenannten Hammermaschinen nicht weiter gedacht werden.

§. 191. **Steinbohrmaschinen.** Nach den im vorhergehenden Paragraphen über das Stoßbohren im allgemeinen gemachten Bemerkungen ist ersichtlich, daß es sich bei jeder wie auch immer ausgeführten Steinbohrmaschine um drei Wirkungen handelt, die sich kurz folgendermaßen kennzeichnen lassen. Es muß

1. dem Meißel die hin- und zurückgehende Bewegung mit der erforderlichen Beschleunigung mitgetheilt werden,
2. der Meißel ist zwischen je zwei auf einander folgenden Stößen um die durch die Mitte der Meißelschneide gehende Aze des Gestänges oder Meißelhalters in einem bestimmten Winkelbetrage zu drehen oder umzusetzen, und
3. muß der Meißel und die ihn tragende Stange dem allmählichen langsamen Fortschreiten der Bohrung entsprechend in der Aze des Gestänges oder Bohrloches vorgeschoben werden.

Es handelt sich daher bei jeder solchen Bohrmaschine immer um drei wesentliche Bewegungen, die kurz als Stoßbewegung, Umsezung und Vorschiebung bezeichnet werden mögen.

Steinbohrmaschinen für Handbetrieb sind zwar in verschiedener Art ausgeführt worden, ohne daß dieselben jedoch eine größere Verbreitung gefunden hätten. Die Gründe hierfür sind hauptsächlich darin zu erkennen, daß wegen der verhältnißmäßig großen Nebenhindernisse in solchen Maschinen die von denselben erreichbare Nutzwirkung hinter derjenigen zurückbleibt, die bei dem Handbohren erzielt wird, und daß wegen der geringen Arbeitskraft die Bohrarbeit nur langsam von statten geht, so daß der mit der Maschinenarbeit überhaupt angestrebte Vortheil nicht erreicht wird, welcher in der Möglichkeit liegt, mittels der Maschinen die Arbeit thunlichst zu beschleunigen. Es wird daher genügen, von solchen Handbohrmaschinen nur ein Beispiel anzuführen, wozu die von Jordan angegebene gewählt werden mag, Fig. 706.

Bei dieser Maschine ist eine Bohrstange *a* vorhanden, die am unteren Ende den Meißel aufnimmt, während der obere Theil mit Schrauben-

<sup>1)</sup> C. A. Angström, Ueber Gesteinsbohrmaschinen 1874; A. Riedler, Gesteinsbohrmaschinen und Luftcompressionsmaschinen 1877; W. Schulz, Gesteinsbohrmaschinen. Im 4. Bande des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften von L. Franzius und F. Linde 1885.