

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 70 (1952)  
**Heft:** 18

**Artikel:** Das Bohrproblem im modernen Tunnelbau  
**Autor:** Rabcewicz, L. v.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-59601>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 26.11.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

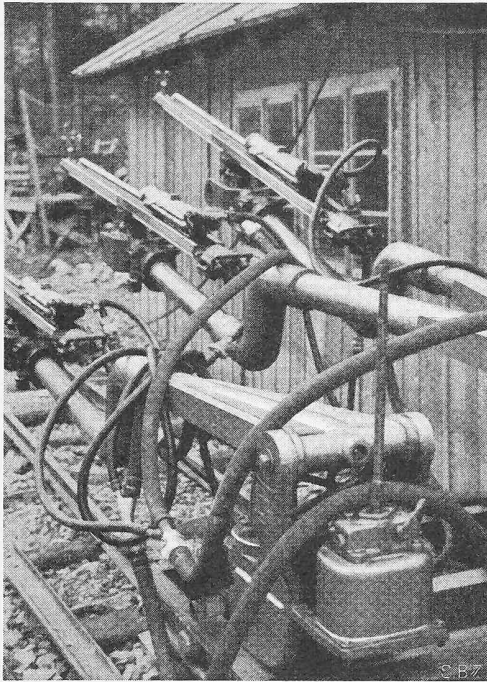


Bild 10. Höhenverstellvorrichtung für die Bohrrarme des Wagens Bild 9

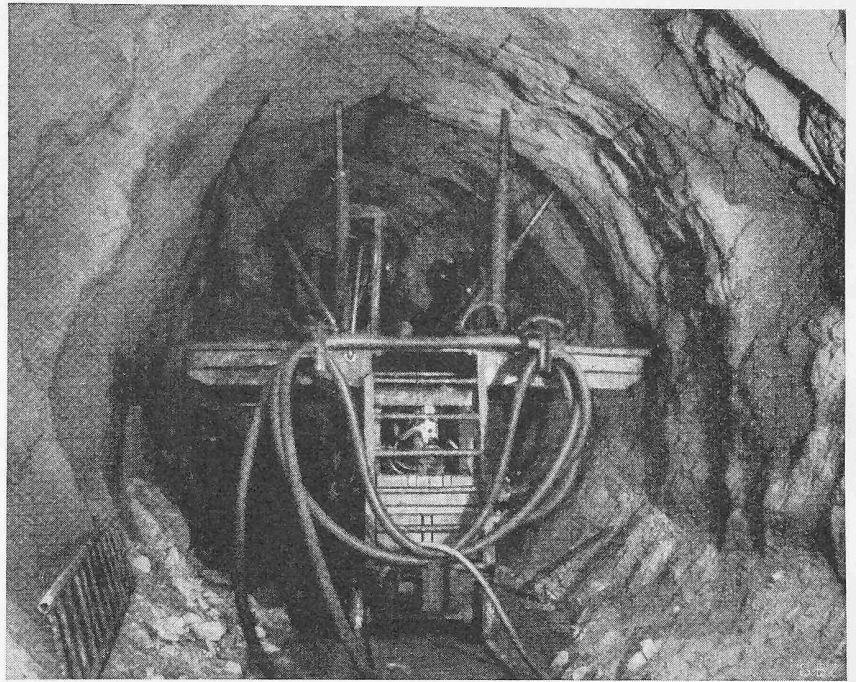


Bild 11. Boomjumbo Ingersoll Rand beim Vortrieb der 18 m<sup>2</sup>-Stollen des Maggiawerkes, mit Podium für die obere Hälfte. Verspannung gegen den Berg mit vier Dornen

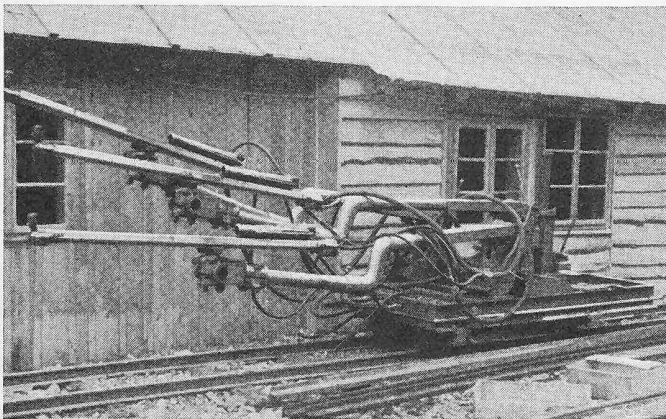


Bild 9. Boombohrwagen Gardener Denver mit drei Bohrmaschinen  
Bilder 8, 9 und 10 Photos Rabcewicz

Beachtenswerte Möglichkeiten bieten Verbundkonstruktionen. Bekannt ist das im Dampfturbinenbau übliche Eingiessen der Leitrad-schaufeln in die Zwischenwände. Bei Elektromotoren kann das aus Dynamoblech aufgebaute Ständerpaket nach dem Pressgussverfahren in das Aluminiumgehäuse eingegossen werden, was folgende Vorteile bietet: Die Verlustwärme kann ohne Widerstand nach aussen abfliessen; zugleich hilft das Paket, den Ständer zu versteifen. Bei Anwendung von Stahlkernen erhalten die Kühlluftkanäle glatte Oberflächen und die Wände können dünn gehalten werden, da sich die Kerne nicht verlagern. Motoren dieser Art sind besonders klein und leicht. Grundplatten und Gestellkasten von Dieselmotoren bestehen häufig aus Stahlblechen und Stahlgussteilen, die durch Schweissen zu einem Stück vereinigt sind. Solche Konstruktionen findet man z. B. auch bei Treib-scheiben für Fördermaschinen und in vielen andern Fällen. Denkbar wäre ein gleichartiger Zusammenbau von Graugussteilen und Stahlblechteilen durch Schweissung, wie er bei Reparaturen gelegentlich durchgeführt wird.

Zunehmende Bedeutung kommt dem Präzisionsguss (vgl. SBZ 1952, Nr. 1, S. 11) zu, bei dem, je nach der Grösse, eine Genauigkeit bis 0,1 mm und weniger und eine Oberflächenrauigkeit von 1,5 bis 2,5  $\mu$  erzielt werden. Vor allem für hochwarmfeste Teile, wie Gasturbinenschaufeln, wird dieses Verfahren vielfach verwendet. Dabei genügt ein leichtes Nachpolieren der aus der Form kommenden Gusschaufel, um die erforderliche Oberflächengüte zu erreichen.

Weitere Vorteile gusseiserner Konstruktionen sind die

grosse Freiheit in der Gestaltbarkeit, die gegenüber Stahl wesentlich höhere Dämpfungsfähigkeit für Schwingungen, die bedeutend bessere Widerstandsfähigkeit der unverletzten Guss-haut gegen Korrosionen durch aggressive Gase und die unter sonst gleichen Bedingungen viel kleineren Wärmespannungen. So sind z. B. bei einem dickwandigen Rohr die Wärmespannungen dem Produkt aus Elastizitätsmodul und Wärmedehnzahl verhältnismässig. Dieses Produkt beträgt bei Gusseisen etwa 8 kg/cm<sup>2</sup> °C, bei normalem Baustahl etwa 25 kg/cm<sup>2</sup> °C. Ähnlich liegen die Vergleichszahlen bei Platten (Kolbenböden von Verbrennungsmaschinen, Zwischenböden von Dampfturbinen usw.).

Wohl die wichtigste Feststellung ist im Schlusswort enthalten, das der möglichst engen Zusammenarbeit zwischen Giesserei und Konstruktionsbureau gewidmet ist. Dass diese Verbindung bis in alle Einzelheiten hinein spielt, ist für den dauerhaften Erfolg einer Konstruktion unerlässlich; damit sie spielt, sind aber neben fachtechnischem Wissen und konstruktivem Können menschliche Qualitäten entscheidend, und damit diese Qualitäten tatsächlich wirksam werden können, braucht es neben der hierarchisch organisierten Ordnung in unseren Produktionsstätten Möglichkeiten für persönliche und in die Tiefe gehende Begegnungen von Mensch zu Mensch. Diese müssen aber zum weitaus grössten Teil erst geschaffen werden.

## Das Bohrproblem im modernen Tunnelbau

Von Prof. Dr. L. v. RABCEWICZ, Stockholm DK 424.191.2  
Fortsetzung von Seite 244

Die Nachteile der Fensterbohrwagen werden beim Auslegerbohrwagen, dem sogenannten *Boombjumbo*, möglichst vermieden<sup>3)</sup>. Die schweren und relativ kurzen Stahllafetten werden durch lange Aluminiumlafetten von 2,60 m Nutzvorschublänge ersetzt. Der Wagen kann in einigen Minuten bohrbereit gemacht werden. Die Verspannung gegen den Berg geschieht durch pneumatisch oder handgetriebene Stempel. Die Höhenverstellung der Booms — bei einem neuen Typ auch die Seitenverstellung — geschieht ebenfalls pneumatisch oder hydraulisch. Abgesehen vom Zeitgewinn bei Montage und Demontage des Gerätes und beim Heben und Senken der Ausleger liegt der grosse Vorteil dieses Bohrwagentyps darin, dass der Bohrerwechsel entfällt, wenn die Bohrlochtiefen im Rahmen der praktischen Vorschubgrenzen bleiben (Bilder 9 bis 12).

*Der Vorschub und das Anpressen des Bohrers durch Pressluft*

Das Anpressen des Bohrers an den Berg wurde lange Zeit mit handgetriebenem Spindelvorschub bewirkt. Bei neueren

<sup>3)</sup> Siehe G. V. Rodio in SBZ 1949, Nr. 25 ff., S. 345\* ff.

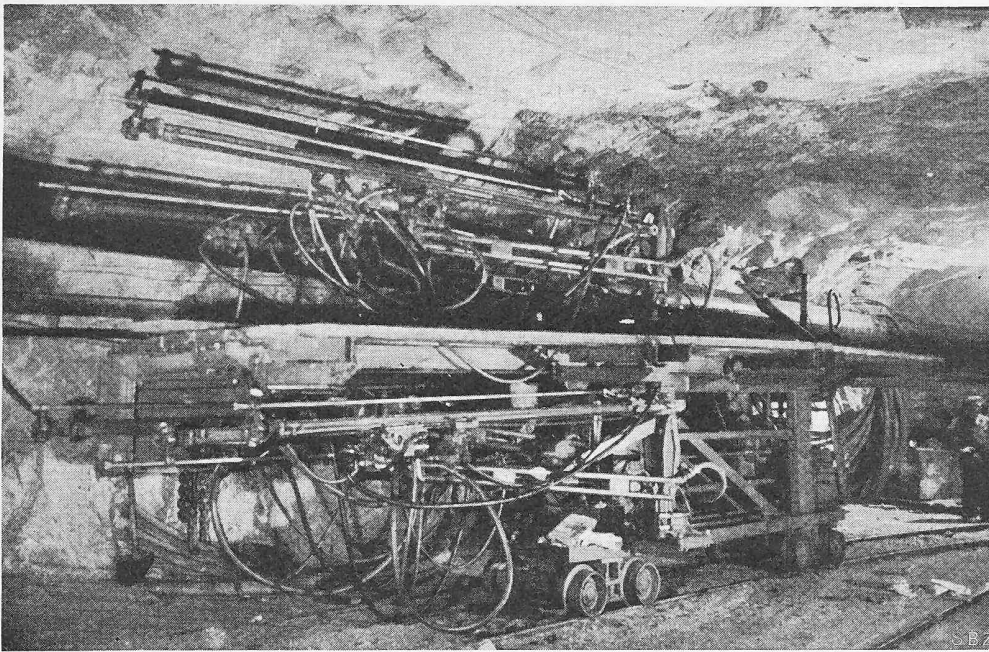


Bild 12. Boomjumbo, wie Bild 11, mit sechs Bohrmaschinen DA 30. (Photos 11 und 12 Robert Aebi)

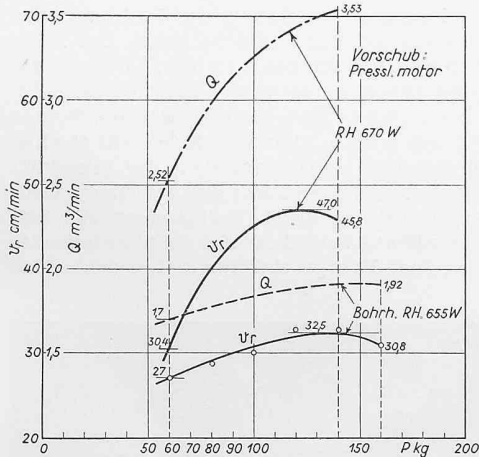


Bild 13. Beziehung zwischen der reinen Bohrgeschwindigkeit  $v_r$  bzw. dem Luftverbrauch  $Q$  und dem reinen Anpressdruck  $P$

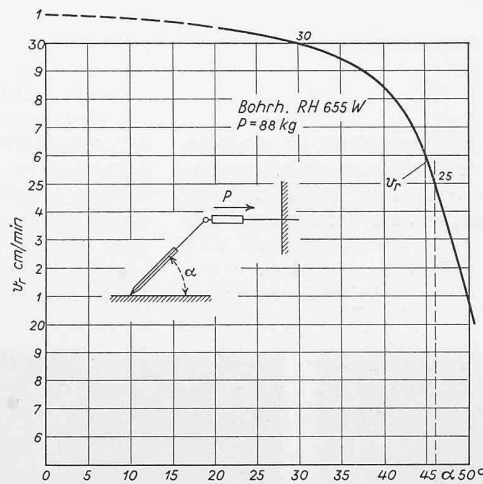


Bild 14. Beziehung zwischen Bohrgeschwindigkeit und Stützwinkel am Bohrknecht

Geräten ist für diesen Zweck durchwegs ein eigener Pressluftmotor vorgesehen, der sehr bequem gesteuert werden kann und nicht nur den Vorschub, sondern auch das Zurückziehen des Bohrers mit grosser Kraft bewerkstelligt. Das Letztgenannte ist besonders wichtig in klüftigem oder leicht zerstörtem Fels, bei welchem die Bohrer zum Klemmen neigen.

Der optimale Anpressdruck ist abhängig vom Pressluftdruck und den Eigenschaften der Bohrmaschinen. Wie sich die reine Bohrgeschwindigkeit mit dem Anpressdruck ändert, zeigt Bild 13, aus welchem gleichzeitig zu ersehen ist, in welcher Grössenordnung sich die Kräfte dabei bewegen. Das günstigste  $P$  liegt z. B. bei 6 atü bei 140 kg. Man ersieht daraus, wie unzulänglich das Bohren von Hand ohne Hilfsgerät ist, da der Anpressdruck, den ein Mann ausüben imstande ist, grössenordnungsmässig mit nur etwa 20 kg angenommen werden kann.

**Der Bohrknecht**

Man hat daher schon seit geraumer Zeit beim Bohrerbetrieb die pneumatische Bohrstütze, auch «Bohrknecht» genannt, mit sehr gutem Erfolg eingeführt. Das Gerät trägt den Bohrerhammer und bewirkt Vorschub und Anpressen. Selbstverständlich ist es von grösster Bedeutung, dass der Anstellwinkel  $\alpha$  möglichst klein gewählt wird. Dies zeigt Bild 14. Mit einem Anpressdruck von  $P = 88$  kg wurde die reine Bohrgeschwindigkeit  $v_r$  für verschiedene Neigungswinkel der Stütze gemessen. Man sieht, dass der rapide Abfall der Bohrleistung etwa bei  $40^\circ$  beginnt. Um die besonders gün-

stige Flachstellung besser ausnützen zu können, verwendet Atlas-Diesel eine eigene Vorrichtung, die das Rutschen des Stützenfusses verhindert. Der Mineur kann durch Drücken von oben die Leistung erhöhen (Bild 15). Das Bohren von Firstlöchern, wie dies Bild 16 zeigt, mit Verlängerungsstücken bei sehr grossem  $\alpha$ , kann daher nicht wirtschaftlich sein und muss nur als möglichst selten anzuwendender Notbehelf angesehen werden. Ist das Loch einmal angesetzt und der Bohrknecht richtig einreguliert, so bohrt die Maschine eine kurze Zeit auch ohne Bedienung, die der Mineur benützen kann, um das nächste Loch vorzubereiten. Ausserdem ist es durch den Bohrknecht möglich, die Bedienung eines schweren Bohrerhammers von zwei auf einen Mann zu vermindern. Diese Methode des Bohrens wurde in Schweden zu hoher Vollkommenheit entwickelt und es ist zweifellos von Interesse, hierüber einiges zu berichten.

Während man in den USA den Bohrwagen mit schweren und mittelschweren Bohrmaschinen auf Auslegern oder Lafetten immer weiter vervollkommnete, haben die Erfahrungen in Schweden dazu geführt, von der schweren Bohrmaschine auf Lafetten abzugehen und dem Bohrerhammer mit Bohrstütze den Vorzug zu geben. Diese Arbeitsweise hat sich bei den gewaltigen Querschnitten der schwedischen Tunnelbauten bestens bewährt, wobei Querschnitte von 120 bis 140 m<sup>2</sup> im Vollprofil abgebohrt wurden. Der Vorgang ist dabei folgender: Nach

völligem Entfernen der Abschlagmassen fährt ein Bohrwagen ein, der in diesem Falle eigentlich nur aus einem oder mehreren Podien besteht, auf welche die Mineure ihre Bohrknechte abstützen (Bild 17). Im Stollen mit zweigleisigem Betrieb dient der Bohrwagen im entsprechenden Abstand von der Brust stehend bei der Schutterung gleichzeitig als Cherry Picker zum Wagenwechsel<sup>4)</sup>. Die schwedischen Bohrwagen tragen, wie auch die amerikanischen, Scheinwerfer zur Beleuchtung der Brust.

In kleinen Stollen wird der auf Gleisen fahrbare Bohrwagen durch ein einfaches Podium auf einem tragbaren Gerüst ersetzt. Bei sehr grossen Querschnitten werden mehrere Arbeitsbühnen übereinander angeordnet und ausserdem wird der Bohrwagen in zwei Teile geteilt, die jeweils miteinander verbunden werden (Bild 18). Der Grundgedanke der schwedischen Bohrtechnik ist, durch ein relativ leichtes, aber sehr leistungsfähiges Bohrgerät, bei welchem daher Loch- und Bohrerwechsel sehr rasch möglich ist, eine grosse wirkliche Bohrzeit zu erzielen, wobei die Kosten der Geräteanschaffung gering sind. Welch ausgezeichnete Leistungen dabei erreicht werden, zeigen z. B. die statistischen Aufzeichnungen des Hjältatunnels, bei welchem im besten Granit bei einer Fläche von 130 m<sup>2</sup>, die im vollen Querschnitt abgebaut wurde, für alle Arbeiten vor der Brust (Bohren, Laden, Schiessen, Schuttern, Absichern- und Gleislegen vor Ort) nur 0,5 h/m<sup>3</sup> aufgewendet wurden. Hiezu kommt jedoch noch 1,35 h/m<sup>3</sup> für Arbeiten hinter der Brust und ausser dem Tunnel — wie Gleisreparatu-

<sup>4)</sup> Siehe Gruner a. a. O.



Bild 15. Bohren mit Bohrknecht, günstige, flache Stellung, Druck von oben («Tryckluft»)

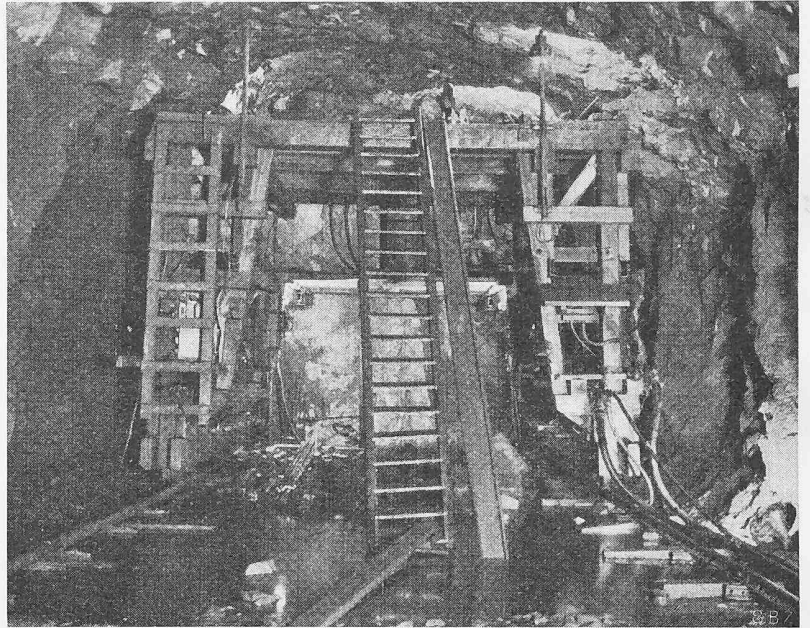


Bild 17. Schwedischer Bohrwagen mit zwei Arbeitsbühnen, auf Gleisen fahrbar (Bilder 15 und 17 Photo Atlas Diesel)

ren, Maschinenpersonal usw. Der Querschnitt erforderte eine spezifische Bohrlochlänge von  $1 \text{ m/m}^3$ .

#### 5. Der Pressluftdruck

Hoher Pressluftdruck an den Bohrmaschinen ist eine der wichtigsten Voraussetzungen guter Bohrleistungen. Gegen diese Grundregel wird sehr häufig verstossen. Die Beziehung zwischen der reinen Bohrgeschwindigkeit bei Verwendung von Hartmetallschneiden und dem Pressluftdruck einerseits und dem Luftverbrauch andererseits ist aus Bild 19 ersichtlich.

Nimmt man die Werte bei 5 atü als Vergleichsbasis an, so

sieht man, dass die Bohrgeschwindigkeit bei 7 atü auf das 1,67fache, bei 8 atü sogar auf das 1,93fache steigt. Der Luftverbrauch dagegen nimmt nur um das 1,42 bzw. 1,58fache zu.

Abgesehen von der Erhöhung der reinen Bohrgeschwindigkeit wird auch an Nebenzeiten gespart, weil die Bohrer bei hohem Pressluftdruck auch in klüftigem Fels nicht stecken bleiben, sondern durchziehen. Ausserdem zieht der Pressluftmotor bei hohem Druck den Bohrer leicht aus dem Loch, während man bei niederen Drücken durch Verklemmen viel Zeit verliert. Dieser letzterwähnte Vorteil ist viel schwerwiegender als die Erhöhung der reinen Bohrgeschwindigkeit, bedeutet das



Bild 16. Bohrknecht mit grosser Verlängerung und grossem Stützwinkel (Photo Deutsche Kohlenbergbauleitung)

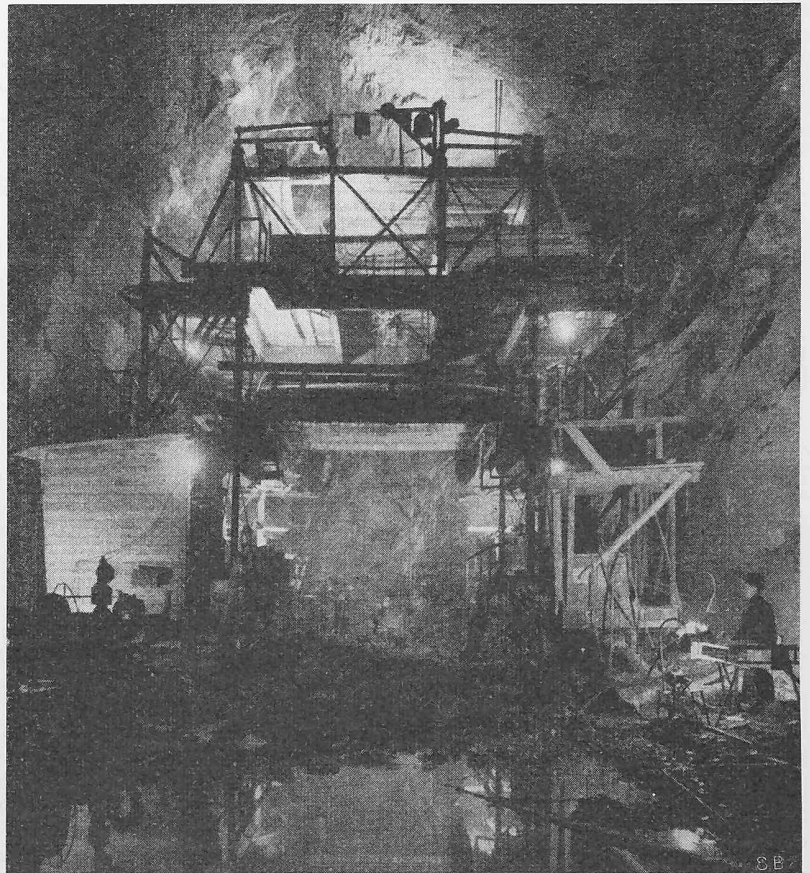


Bild 18. Bohrgerüst beim Bau der Tunnels des Hjältakraftwerkes in Schweden.  $F = 130 \text{ m}^2$  (Photo Atlas Diesel)

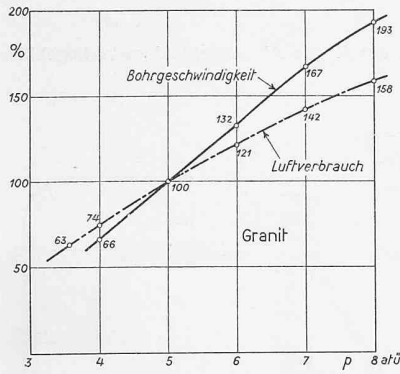


Bild 19. Beziehung des Pressluftdruckes zu Bohrgeschwindigkeit und Luftverbrauch (Rabcewicz)

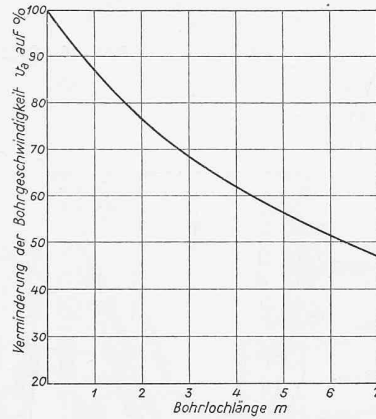


Bild 21. Abnahme der Bohrleistung mit der Lochlänge. Mittelwert aus Versuchsreihen in Granit, mit Coromand-Bohrstahlsechskant 7/8'', Meisselschneide 34 mm konstant. Druck 6 atü

suchsreihen in Granit, mit Coromand-Bohrstahlsechskant 7/8'', Meisselschneide 34 mm konstant. Druck 6 atü

Steckenbleiben ja nicht nur Zeitverlust und damit die Störung des Arbeitsrhythmus in unkontrollierbarer Weise, sondern auch manchmal den Verlust teurer Bohrkronen.

Hoher Pressluftdruck hat natürlich eine Erhöhung der Luftkapazität, einen stärkeren Verschleiss der Bohrmaschinen und der Hartmetallschneiden zur Folge. Doch stehen die hierdurch verursachten Ausgaben in keinem Verhältnis zu den erzielten Vorteilen.

Bei dem unten gebrachten Beispiel würde eine Erhöhung der Luftkapazität beispielsweise um 42% einer Mehrausgabe von 50 000 Fr. an Maschinenanschaffung bedeuten. Dies wären etwa 5,5% des Neuwertbetrages. Bei einem Vortrieb von 8 m/Tag wären die Mehrkosten an Geräten, Betriebsstoffen und Zinsdienst rd. 17 Fr./m.

Die Erhöhung der reinen Bohrgeschwindigkeit um 67 %, z. B. von 25 cm/min auf 42 cm/min, steigert jedoch die Vortriebsleistung von 7,65 m auf 8,40 m/Tag und bringt somit eine Verbilligung um 55 Fr./m (siehe Tabelle 1 in Nr. 19).

Dabei ist überdies die Senkung der Nebenzeiten durch Wegfallen des Steckens der Bohrer nicht berücksichtigt.

### 6. Durchmesser und Länge des Bohrloches

Die reine Bohrgeschwindigkeit sinkt beachtlich mit zunehmendem Bohrlochdurchmesser, wie dies Bild 20 zeigt. Man sollte vermuten, dass beim Bohren mit verschiedenen Durchmessern bei sonst gleichen Verhältnissen der in der Zeiteinheit gebohrte Bohrlochinhalt  $J_s$  in cm<sup>3</sup>/min konstant bleibt. Dies ist jedoch nicht der Fall, vielmehr steigt  $J_s$  zunächst bis zu einem Maximum und fällt dann wieder ab. Der Verlauf der  $J_s$ -Linien wird durch die Bohrmaschine und die Schneidenart bestimmt.

Entsprechend der  $J_s$ -Linie fällt das  $v_r$  mehr oder weniger stark bei zunehmendem  $\phi$ . Aus dem Kurvenbild erkennt man also, dass ein Liter Bohrloch bis zu einem gewissen Ausmasse bei grösseren Durchmessern rascher erbohrt wird als bei kleineren. Die physikalische Erklärung dafür findet man ohne weiteres in dem Bohrklein, das bei grösseren Lochdurchmessern immer grösser wird. Ferner sieht man, dass der Unterschied für Jackbits grösser ist als für Hartmetallschneiden. Naturgemäss ist auch das Gestein bei dem Verlauf der Kurven mitbestimmend.

Inwieweit die Länge des Bohrloches die reine Bohrgeschwindigkeit beeinflusst, zeigt Bild 21. Die Kurve der Geschwindigkeitsabnahme wurde aus zahlreichen Messwerten gewonnen, wobei das Bild störende Nebeneinflüsse wie Durchmesserabnahme, Veränderung des Pressluftdruckes u. a. ausgeschaltet wurden. Die Kurve gilt jedoch nur für die angegebenen Bedingungen hinsichtlich Gesteinsart, Bohrstahldurchmesser und Art und Durchmesser der Schneide. Bei sonst gleichen Verhältnissen ist es die Masse der Bohrstange, welcher die Geschwindigkeitsabnahme zuzuschreiben ist.

### 7. Die Spülung

Versuche haben ergeben, dass bei einem Spüldruck von 3,5 bis 4,5 atü ein Optimum der Vortriebsgeschwindigkeit erreicht wird. Eine Steigerung des Druckes brachte ein Abfallen des  $v_r$  um 10 bis 20 %. Bei zu hohem Druck scheint das Wasser als Polster zu wirken, das die Schlagintensität verringert.

### 8. Die Bohrarbeit

Von grundlegender Wichtigkeit ist, dass das Bohrloch zentrisch gebohrt wird, dass also Lochaxe und Bohreraxe identisch sind. Schräg anzusetzende Bohrlöcher oder andere unsymmetrische Hindernisse (Inhomogenität des Felsens oder schräg verlaufende Klüfte) drängen den Bohrer aus der eingestellten Richtung. Wird nicht rechtzeitig nachgestellt, so wird ein krummes Loch gebohrt, an dessen Wandungen endlich der Stahl reibt. Ausserdem benötigt die ständige Torsion des gekrümmten Bohrers zusätzliche Kraft. Diese Hindernisse setzen die reine Bohrgeschwindigkeit bis zum völligen Stillstand des Bohrers herab und schädigen überdies die Bohrmaschine.

Schluss folgt

## Ueber die Entwicklungs-Etappen der Büchi-Abgasturboaufladung

DK 621.436.052

Von Dr. sc. techn. h. c. ALFRED J. BÜCHI, Winterthur

Schluss von Seite 248

### 14. Zur Konstruktion der Abgasturbogebläse

Bild 16 stellt einen Schnitt durch ein Abgasturbogebläse dar, das von der American Locomotive Company nach Lizenz und Konstruktion Büchi gebaut wird. Es besteht aus einer einstufigen Gasturbine und einem einstufigen Gebläse. Die Turbinenwelle ist in zwei aussen angeordneten Gleitlagern gelagert, von denen eines (links) als Drucklager ausgebildet ist. Der mittlere Teil der Turbinenwelle wird zur Verminderung des Wärmeabflusses vom Turbinenrad gegen das Gebläserad hin durch Gebläsedruckluft gekühlt. Zur Abschirmung gegen Gas- und Luftverluste findet ebenfalls Gebläsedruckluft Verwendung, die durch die Turbinenwelle eingeleitet wird. Das Gebläserad ist aus Aluminium gegossen und mit einer Deckscheibe versehen.

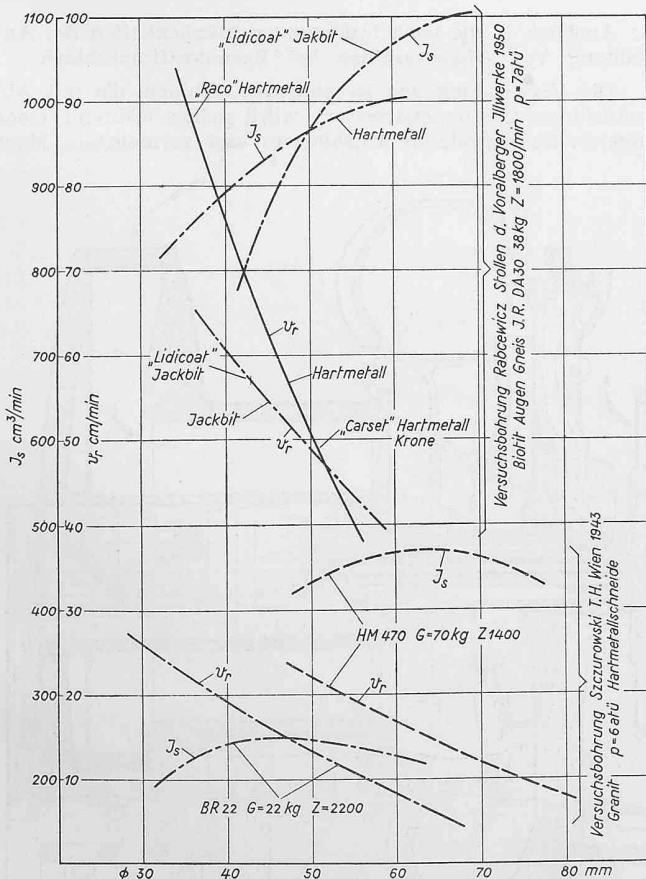


Bild 20. Beziehung der reinen Bohrgeschwindigkeit  $v_r$  bzw. des spez. Bohrlochinhaltes  $J_s$  zum Bohrlochdurchmesser für Hartmetallschneiden und Jackbits (Rabcewicz)