Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 67 (1949)
Heft: 25

Artikel: Die Mechanisierung in Stollenvortrieben mit Minimalquerschnitt
Autor: Rodio, G.V.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-84082

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.01.2026

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

67. Jahrgang Nachdruck von Bild oder Text nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet Nr. 25

Die Mechanisierung in Stollenvortrieben mit Minimalquerschnitt

DK 624.191.22

Von Dipl. Ing. G. V. RODIO, Bern

I. Allgemeines

1. Allgemeines über die Mechanisierung im Tunnelvortrieb

Im Laufe der letzten zehn Jahre hat besonders in den USA eine ständig weitergreifende Mechanisierung der Arbeiten in Tunnelvortrieben [1]) eingesetzt. Diese besteht in der Hauptsache in der Einführung und Anwendung folgender Maschinen und Geräte:

auf pneumatischen Stützen (Knievorschub) montierte leichte und mittelschwere Bohrhämmer, die den Mineur wesentlich entlasten und Bohrgeschwindigkeiten im Granit von 20 bis 25 cm/min ermöglichen;

auf eingespannten Vorschublafetten montierte mittelschwere und schwere Bohrhämmer mit automatischem Vorschub (Spindel oder Kettenzug), wodurch eine höchste Ausnützung des Bohrhammers und Bohrgeschwindigkeiten von 40 bis 80 cm pro min im Granit erreicht werden, unter vollkommener Entlastung des Mineurs während dem Bohren;

Bohrwagen mit einem bis zehn lafettierten Bohrhämmern. Mit deren Hilfe können die Bohrzeiten in Stollen mit kleinem oder mittlerem Querschnitt auf $^1/_2$ bis $1^1/_2$ h pro Abschlag herabgesetzt werden;

Stollenbagger mit Ladegeschwindigkeiten je nach Modell von 0,5 bis 2 t/min, dank derer die Gesamt-Schutterungszeit für einen Abschlag auf 1,5 bis 2 h herabgedrückt wird;

Ausstell-Vorrichtungen speziell für eingleisige Stollen zum Auswechseln der vollen gegen leere Wagen hinter dem Stollenbagger. Die jeweiligen Unterbrüche in der Baggerarbeit wurden auf 3 bis 5 min pro Rollwagen reduziert;

Verwendung von grossen, robusten Rollwagen bis 2 m³ Inhalt auch für kleine Stollen, sowie von entsprechend starken Elektro-Traktoren, starkem Gleis und Weichen;

Einführung oder umfassendere Verwendung verschiedener Installationen wie: umkehrbare Stollenventilation, Transportwagen für die Mannschaft, optische Weichenstell-Signale, Stollen-Telephone, Helme mit elektrischen Kopflampen (Batterie) für jeden Mann im Stollen usw.

Damit konnten die noch vor wenigen Jahren üblichen Vortriebleistungen ganz erheblich gesteigert werden. Wir führen aus der grossen Zahl ausgeführter moderner Arbeiten nur die Monatsleistungen in den zwei folgenden Stollen an:

Carlton-Tunnel (USA)	Granit	10 m²	570 m Vortrieb
Gaulistollen (Schweiz)	Granit, Gneis	6 m²	rd. 400 m Vortrieb

Im letztgenannten Beispiel betrug dabei der Sprengstoff-Verbrauch 4 bis 4,5 kg/m³ Vortrieb im Granit und 3 bis 3,5 kg/m³ im Gneis.

2. Allgemeines über die Entwicklung der Bohrschneiden

Parallel mit der oben genannten Entwicklung wurde darnach getrachtet, die grosse Anzahl Bohrer, die besonders in hartem Gestein erforderlich waren, zu vermindern und damit an Bohr- und Transportkosten einzusparen. In Amerika entwickelte sich zuerst die auswechselbare, bzw. aufschraubbare und aus Spezialstahl hergestellte Kreuzschneide, die auch in hartem Granit Bohrlochlängen von 60 bis 90 cm auszuführen vermochte. Infolge der immer noch zahlreichen Bohrstangenwechsel war es unerlässlich, mit grossen Durchmessern von 48 bis 57 mm und mehr zu beginnen, sowie entsprechend schwere Bohrhämmer zu verwenden. Erst in den letzten Jahren setzte auch in Amerika die Verbreitung der unterdessen in Europa weitgehend entwickelten Hartmetallschneide ein, die auch in härtestem Gestein die Verwendung kleinerer Durchmesser gestattet.

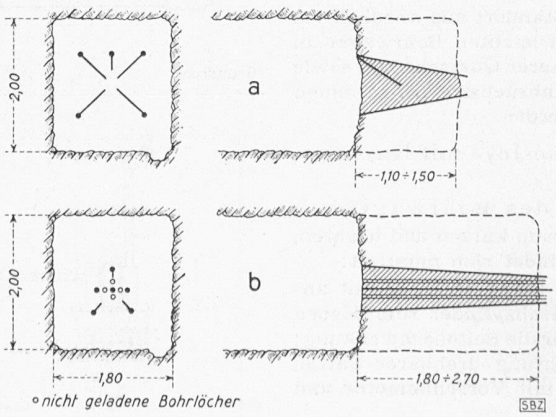


Bild 1. Schematische Darstellung der Einbruch-Schüsse. a Pyramiden-Einbruch, b Parallel-Einbruch

Mit den auswechselbaren, kreuzschneidigen Bohrkronen wurden gewöhnlich Bohrhämmer im Gewicht von rd. 40 bis bis 50 kg und mit Kolbendurchmessern von 89 bis 102 mm verwendet. Dementsprechend lag der Luftverbrauch in der Grössenordnung von 5 bis 6 m³/min und Bohrhammer. Allerdings konnten dabei Bohrgeschwindigkeiten von durchschnittlich 50 cm/min im Granit erreicht werden. Die heute schon weit entwickelten Hartmetallschneiden machen die schwersten Hämmer überflüssig. Mit Hartmetall-Kreuzschneiden von 38 mm ⌀ und Hämmern von 35 kg Gewicht und 82 mm Kolbendurchmesser werden im Granit ebenfalls Bohrgeschwindigkeiten von 40 bis 60 cm/min erzielt.

Die jüngste Entwicklung stellt die lange Vorschublaffette dar, die, kombiniert mit einem mittelschweren Bohrhammer von z. B. 27 kg Gewicht und 70 mm Kolbendurchmesser und bei Verwendung der üblichen einschneidigen Hartmetallbohrer rd. 40 cm/min Bohrgeschwindigkeit erreichen lässt. Der Bohrlochdurchmesser beträgt nur noch 30 bis 34 mm und der Luftverbrauch weniger als 3 m³/min und Bohrhammer. Mit dieser Kombination ist es heute möglich, Bohrgeschwindigkeiten zu erreichen, die noch vor wenigen Jahren viel schwereren und kostspieligeren Installationen vorbehalten blieben.

3. Das Parallelbohrverfahren beim Einbruchschiessen

Eine sehr wichtige Neuerung, die mit der Verwendung von Bohrwagen und langen Vorschublafetten in Stollen kleinen Querschnittes eng verknüpft ist, besteht in dem sich immer mehr verbreitenden «Parallelbohrverfahren beim Einbruchschiessen» (auch Kanonen-Schiessen, englisch Burnedcut oder Burn-cut oder Shatter-cut, französisch Tir-du-bouchon genannt). Dieses Einbruchschiessen erlaubt besonders in Stollen mit geringen Abmessungen eine Vertiefung der Abschüsse um 50 bis 100 %. Erst dadurch wird auch in solch engen Vortrieben eine weitgehende Mechanisierung interessant, indem die bei jedem Abschuss auszuführende grössere Anzahl Laufmeter Bohrloch, sowie die umfangreichere Schuttermenge den Einsatz von Stollenbagger, Bohrwagen usw. rechtfertigt und damit eine wesentliche Erhöhung der Leistung gestattet.

Wie aus der gegenwärtig bereits umfangreichen Literatur bekannt sein dürfte, ersetzt der Einbruch mittels Parallel-Bohrverfahren den klassischen pyramidenförmigen (Bild 1a), wie auch den fächerförmigen Einbruch, die beide stark vom Querschnitt des Stollens abhängen. Bei diesen beiden klassischen Einbrucharten betrug die Tiefe der Abschüsse etwa 60 bis 85 % der kleineren Abmessung des Stollens, d. h. etwa 1,10 bis 1,50 m Tiefe in einem Stollen von 1,80 × 2,00 m. Das Parallelbohrverfahren hingegen (Bild 1b) gestattet heute bei genauer und sorgfältiger Ausführung (die aber weder von Hand noch mit Knievorschub praktisch möglich ist) Abschüsse von der Grössenordnung von 100 bis 150 % der kleineren Abmessung des Stollens, also im genannten Beispiel von 1,80 bis 2,70 m Tiefe. Mit langen Vorschublafetten, die leicht und genau eingestellt werden können, wurden im kompakten Granit perfekte Paralleleinbrüche von bis 3,6 m Tiefe erreicht.

4. Die Entwicklung des Bohrwagens

In den letzten Jahren haben sich in USA und Kanada zwei Arten von Bohrwagen entwickelt. Die erste Art (Bild 2) verwendet eine verhältnismässig grosse Anzahl schwerer Hämmer (z. B. vier bis sechs Stück auf 5 bis 10 m² Stollenquerschnitt); das Gewicht des Bohrwagens liegt zwischen 4 und 8 t. Jeder Bohrhammer, der auf einem kurzen Kragarm montiert ist, hat nur eine kleine Serie von fünf bis sieben Bohrlöchern pro Abschlag auszuführen. Die Anordnung dieser

[1]) Vergl. *E. Gruner* in SBZ Bd. 127, S. 260* und S. 274* (1946).

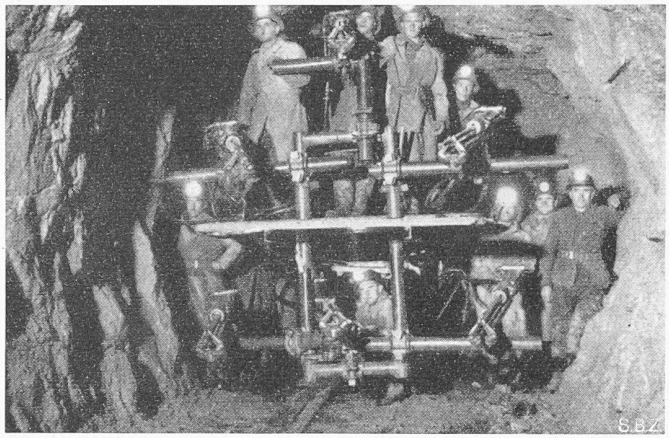


Bild 2. Schwerer Bohrwagen mit starrem Rohrfenster, kurzen Kragarmen und kurzen Lafetten

Serien ist auf den beschränkten Wirkungskreis der einzelnen Bohrhämmer abgestimmt. Die Bohrlöcher werden in der sehr kurzen Zeit von 45 bis 90 min ausgeführt. Zur Bedienung der zahlreichen und schweren Hämmer ist aber viel Personal erforderlich, nämlich zwei Mann pro Bohrhammer. Dieses muss in dem engen Querschnitt sehr gedrängt arbeiten, hat sich jedoch rasch daran gewöhnt. Mit diesen Bohrwagen wurden in den letzten Jahren in den USA bei bis zu neun täglichen Abschüssen 15 bis 20 m Vortrieb in 24 h erreicht und in der Schweiz im Gneis bei täglich acht bis neun Abschüssen 18 m und mehr. Da bei solchen Stollen vielfach die Raschheit des Vortriebes von grosser Bedeutung ist, werden die hohen Kosten für die Löhne gerne in Kauf genommen (selbst die hohen amerikanischen Lohnsätze). Eine interessante Wirtschaftlichkeit stellt sich aber erst bei Erreichung grosser durchschnittlicher Vortriebe ein.

Demgegenüber hat sich für den Abbau und für den Vortrieb in den Bergwerken in USA und Kanada fast überall *der leichte, gedrungene Bohrwagen mit langen Auslegern und langen Vorschublafetten eingeführt* (Bilder 3 bis 6). *Diese Bohrwagen sind gewöhnlich nur mit einem bis drei Bohrhämmern ausgerüstet.* Jeder Bohrhammer besitzt aber dank dem langen Ausleger einen grossen Wirkungsradius. Infolge der leichten und guten Beweglichkeit der Ausleger in allen Richtungen, der kleinen Anzahl Bohrhämmer und der langen Vorschublafetten ist es möglich, nur noch einen Mann pro Bohrhammer, oft sogar einen Mann für zwei Bohrhämmer vorzusehen. Trotz der ganz beträchtlichen Reduktion des Personalaufwandes wird dennoch eine Verminderung der Bohrzeiten gegenüber Handbohrbetrieb oder Verwendung von Knievorschüben erzielt. In Stollenvortrieben von 6 m² Querschnitt konnte der Zeitaufwand für Bohren und Schuttern (ausschliesslich Personal zum Wagenwechsel und Transport) auf rd. eine Stunde pro m³ herabgesetzt werden.

Der hier beschriebene zweiarmige Bohrwagen kann auch mit drei oder vier Auslegern versehen werden, wobei die mittleren Einheiten höher montiert sind als die seitlichen. Dadurch wird ermöglicht, horizontale Bohrlöcher in einer Höhe von bis zu 4 m über Sohlenoberkante auszuführen und eine Front von bis zu 20 m² vom selben Standort aus abzubohren. Die Verwendung dieser mehrarmigen leichten Bohrwagen in Stollenvortrieben mittlerer und grösserer Querschnitte, sowie in unterirdischen Kammern und Steinbrüchen wird in einem nachfolgenden Artikel besprochen werden.

II. Der leichte Bohrwagen «Sullivan-Joy» mit langen Auslegern

1. Aufbau und Abmessungen des Bohrwagens

Dieser Bohrwagen besteht aus einem kurzen und leichten, vierrädrigen Fahrgestell. Darauf befindet sich montiert:

am vordern Ende: ein bis vier 2,5 m lange Ausleger mit angebauter hydraulischer Pumpe und Hubzylinder zum Heben und Senken, ferner mit Blockierrad für die Seitenschwenkung;

am Auslegerende: ein in jeder Richtung drehbarer Sattel, auf dem eine lange Vorschublafette mit Vorschubmotor und Bohrhammer montiert ist;

im mittleren Teil des Bohrwagens: ein vertikaler Stahlrohr-Stempel mit angebauter hydraulischer Pumpe und Hubzylinder zur Blockierung des Bohrwagens zwischen Kalotte und Sohle;

am hintern Ende des Bohrwagens: ein Behälter zur Aufnahme der Gegengewichte (Blei- oder Gusstücke) zwecks Ausbalancierung des Bohrwagens;

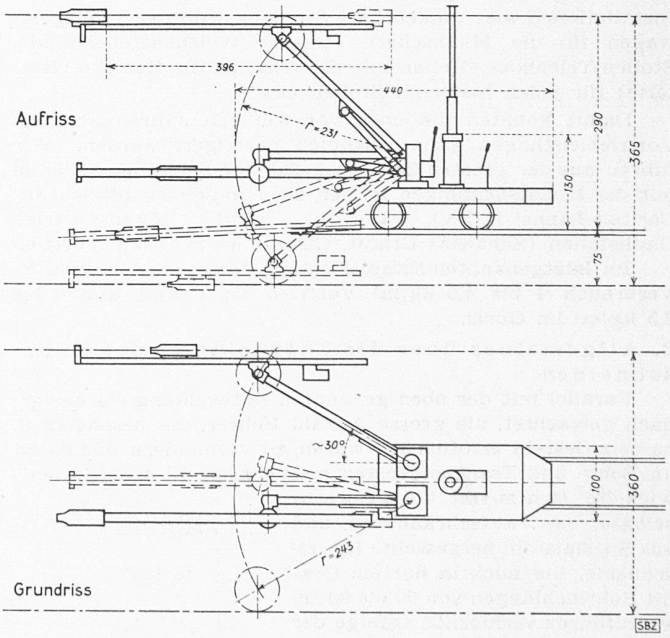
eine Verteilleitung der Druckluft, bestehend aus Hauptleitung von 2" ∅, Abzweigungen, Zwischenhahnen, Linienölern[2]), Anschlussleitungen von 1" ∅ für die Bohrhämmer und Abschlusshahnen; eine Verteilleitung für das Spülwasser der Bohrhämmer, bestehend aus Hauptleitung von 1" ∅, Zwischenhahn, Abzweigungen, Anschlussleitungen von $^1/_2$" ∅ für die Bohrhämmer und Abschlusshahnen; eine Werkzeugkiste.

Die Abmessungen des Bohrwagens sind aus Bild 2 ersichtlich. Bemerkenswert ist, dass zum Transport die Ausleger parallel zur Gleisaxe zusammengelegt werden können und dass in diesem Zustand der zweiarmige Bohrwagen rd. 1,0 m breit und bei abgenommenem Stempel 1,3 m hoch ist. Er weist somit Abmessungen auf, die einen reibungslosen Transport selbst durch Einbaustrecken in Minimalstollen gestatten. Die Länge des Bohrwagens ohne Ausleger ist rd. 2 m und die Gesamtlänge mit Auslegern und Vorschublafetten rd. 6 m. Die mühelos schwenkbaren Ausleger und die in jeder Richtung drehbaren Vorschublafetten gestatten das Befahren von engsten Kurven.

2. Transport, Ausstellen, Aufstellen und Abprotzen des Bohrwagens

Dank der gedrungenen Abmessungen und des verhältnismässig leichten Gewichtes von 1,5 bis 2 t kann der Bohrwagen von Hand an den Vortrieb und zurück gestossen werden. Zum Ausstellen des Bohrwagens genügt eine kleine seitliche Nische, nur wenig grösser als jene, die ohnehin alle 70 bis 80 m für den Rollwagenwechsel erforderlich sind. Der Bohrwagen kann genau wie ein Rollwagen mittels Schiebebühne oder Laufkatze ausgestellt werden. Die Ausleger und Lafetten (20 cm breit) ragen aus der Nische und sind an den Ulmen (Para-

[2]) In die Druckluftleitung eingebauter Oel-Behälter, der die durchströmende Luft automatisch mit einem feinen Oelstaub versieht (Schmierung der Bohrhämmer).



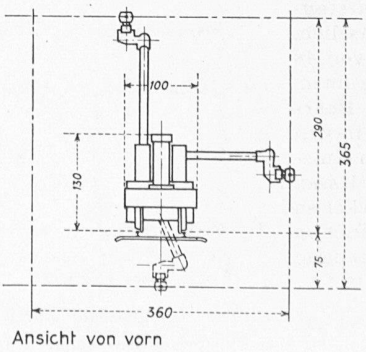


Bild 3. Bohrwagen SULLIVAN-JOY mit zwei Auslegern und Lafetten von 4 m Länge (die Lafetten werden auch in Längen von 2,20, 2,80 u. 3,40 m geliefert) Masstab 1 : 100

Photos: Zoy Mfg. Co. Pittsburg und New York, bzw. deren schweiz. Generalvertretung (Equipement Industriel S. A. Genf), sowie Fahrzeug- und Maschinenfabrik Gebr. Rubi A.-G., Thun-Gwatt

ment) anliegend, ohne in das Raumprofil der durchfahrenden Rollwagen zu ragen.

Der leichte Bohrwagen kann am Vortrieb innert 3 bis 4 min von zwei Mann blockiert und angeschlossen werden. Der rd. 20 m lange Hauptluftschlauch von 2″ Innen-Durchmesser und der gleich lange Hauptwasserschlauch von 1″ Innen-Durchmesser bleiben an einem Ende an den Stollenleitungen angeschlossen (kräftiges Schutzschild während des Abschiessens). Während dem Schuttern und dem Abschiessen sind beide Schläuche in Richtung Stollenausgang zurückgelegt und werden erst bei der Aufstellung des Bohrwagens gegen den Vortrieb gezogen und an den beiden Hauptleitungen des Bohrwagens angeschlossen. Der Stahlrohrstempel wird mittels der hydraulischen 20 t-Presse gegen die Kalotte gepresst, wodurch eine feste Einspannung des Bohrwagens zwischen Kalotte und Schienen, bzw. Sohle erreicht wird. Das Abprotzen geschieht in umgekehrter Weise, ebenfalls in etwa 3 min.

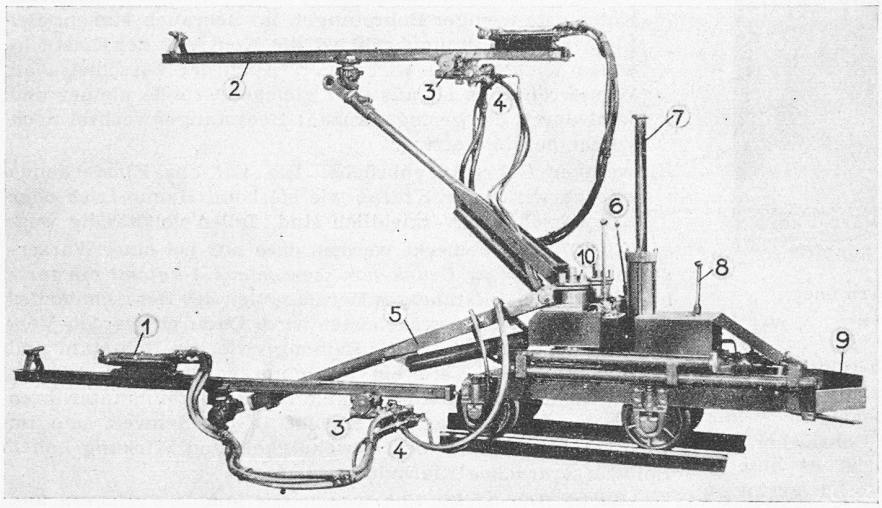


Bild 4. Leichter, zweiarmiger Bohrwagen SULLIVAN-JOY. Legende zu den Bildern 4 u. 5:
1 Bohrhammer, Gewicht 27 kg
2 Vorschublafette, 2,6 bis 4,2 m lang
3 Vorschubmotor für Bohrhammer
4 Zentralisierte Bedienung für Vorschub, Luft und Wasser
5 Ausleger (5a) mit Hubzylinder (5b) und Pumpe
6 Bedienungshebel für vertikale Bewegung
7 Stahlrohr-Stempel
8 Bedienungshebel für Stahlrohr-Stempel
9 Gegengewicht-Behälter
10 Blockierräder für Seitenschwenkung

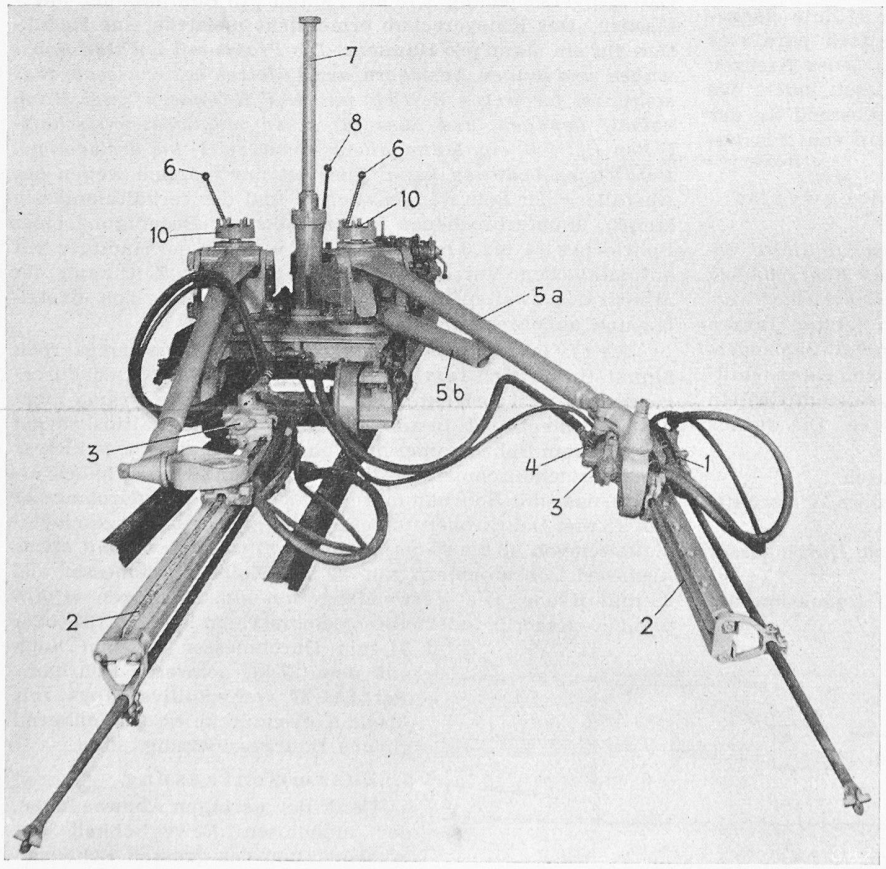


Bild 5. Leichter Bohrwagen mit Stellung der Bohrhämmer für Bohrlöcher in der Sohle und am Parament (Ulmen). Legende oben

3. Der lange Ausleger mit hydraulischer Betätigung

Der lange Ausleger mit Vorschublafette ermöglicht in erster Linie, dass der Bohrhammer vom Arbeiter weder gehalten noch an den Fels angepresst werden muss. Dank der robusten Konstruktion und der festen Blockierung des Bohrwagens erhält auch die Vorschublafette und der Bohrhammer eine starre Einspannung, was ein müheloses Anbohren selbst auf geneigter Felsoberfläche ermöglicht. Die langen Ausleger geben den Bohrhämmern einen grossen Wirkungsradius (Bild 3). Ein einziger Ausleger ermöglicht, parallele Bohrlöcher in einem Querschnitt von max. 3,2 m Breite und 3,65 m Höhe, also in rd. 11 m², auszuführen.

Heben und Senken des Auslegers geschieht durch leichte Betätigung des Pumpenhebels bzw. Oeffnen einer Ventilschraube. Die seitliche Schwenkung erfolgt durch mühelose Deblockierung des mit starken Bolzen versehenen Kopfrades. Der Ausleger selbst dreht auf Kugellagern. Jede Höhen- oder Seitenschwenkung kann somit mit kleinstem Kraftaufwand und innert kürzester Zeit von einem Mann allein ausgeführt werden. Im Gegensatz dazu bietet ein Bohrwagen mit starrem Rohrfenster und daran mit Schellen befestigten kurzen Auslegern jedem Bohrhammer einen stark beschränkten Wirkungskreis. Zudem ist auch die kleinste Parallelverschiebung auf die Seite oder in senkrechter Richtung mit grossem Zeitverlust und Kraftaufwand verbunden. Praktisch kann sie von einem Mann allein nicht ausgeführt werden, da Bohrhammer und Vorschublafette meistens mehr als 100 kg wiegen.

Der grosse Schwenkbereich und die leicht in allen Richtungen um den Ausleger schwenkbare Lafette gestatten sämtliche Bohrlöcher an Parament, Kalotte und Sohle mindestens in der Weise «parallel» zur Stollenaxe auszuführen, wie dies von Hand oder mit Knievorschub erreicht werden kann. Damit kann, im Gegensatz zur allgemeinen Annahme, trotz Verwendung eines Bohrwagens ein sehr genauer Ausbruch erfolgen. Dies ist hingegen mit Bohrwagen, wo kurze Lafetten auf kurzen Kragarmen montiert sind, praktisch nicht möglich. Der kleine Schwenkbereich und der grosse Kraft- und Zeitaufwand zur Parallelverschiebung führen dazu, dass in der Praxis viele Randschüsse von der gleichen Position aus gebohrt werden, wie die Herzschüsse und Helfer. Der Drehpunkt der Lafetten ist in den meisten Fällen nur 1,5 m von der Stollenbrust entfernt, so dass damit ein ganz beträchtliches «Stechen» in Kauf genommen werden muss (Bild 7). Dies hat nicht nur viel und unregelmässiges Ueberprofil zur Folge, sondern die Enden der Bohrlöcher liegen in der Tiefe weiter auseinander, was entweder zu einer Erhöhung der Anzahl Bohrlöcher oder des Sprengstoffbedarfes führt.

Von grossem Wert und arbeitserleichternd ist der Bohrwagen mit langen Auslegern besonders dort, wo mit Hilfe des Parallelbohrverfahrens tiefe Abschüsse erreicht werden sollen. Die im Idealfall

Bild 6. Leichter Bohrwagen mit langen Auslegern und langen Lafetten

parallel verlaufenden Bohrlöcher des Einbruch-Bündels haben untereinander etwa 10 cm Abstand. Um einen fehlerfreien Einbruch zu erhalten, müssen die Bohrlochenden weder zu weit auseinanderliegen, noch dürfen die Bohrlöcher sich kreuzen. Von Hand oder mit Knievorschub ist es unmöglich, eine Anzahl paralleler Bohrlöcher in solch geringem Abstand und mit 2 bis 2,5 m Tiefe auszuführen.

Selbst bei Verwendung einer Lochlehre ist dies noch sehr schwer und in der Praxis nicht mit genügender Sicherheit zu erreichen. Der lange Ausleger mit langer Vorschublafette erlaubt jedoch das Bohren des ganzen Bündels mit grösster Leichtigkeit und Sicherheit. Dank der Distanz von 4 bis 5 m zwischen Drehpunkt und Stollenbrust muss lediglich der Ausleger geschwenkt, gehoben oder gesenkt werden, was bei jedem neuen Bohrloch in weniger als einer Minute ausgeführt werden kann. Dadurch wird ein praktisch paralleles Bohrlochbündel erreicht (Bild 8), das zudem jedes Kreuzen oder Ineinanderlaufen der Bohrlöcher ausschliesst, indem das Bündel leicht divergent verläuft (bei 10 cm Abstand an der Stollenbrust sind die Bohrlöcher in einer Tiefe von 2 m ungefähr 14 bis 15 cm auseinander).

4. Lange Vorschublafette mit mittelschwerem Bohrhammer

Erst die Verwendung einer langen Vorschublafette ermöglicht es, aus einem Bohrhammer und einer Bohrschneide ein Maximum herauszuholen und zwar bei gleichzeitiger Verminderung des Personalbedarfes. Die in den letzten Jahren auf den Markt gekommenen Bohrer mit Hartmetall-Schneiden, wie auch die aufschraubbaren oder aufsteckbaren Hartmetall-Bohrkronen gestatten, ein Bohrloch auch in hartem Gestein mit einer *einzigen* Bohrstange fertig zu bohren. Die daraus folgenden Vorteile sind:

a) Wegfall jeden Bohrstangenwechsels, dadurch
b) Reduktion des Personalbedarfes und grössere Wirtschaftlichkeit;
c) Möglichkeit, das Bohrloch mit kleinerem Durchmesser auszuführen, dadurch
d) Verwendung leichterer Bohrhämmer und Reduktion der Materialkosten;
e) Verwendung einschneidiger, mit Hartmetall besetzter Bohrstangen und dadurch grössere Wirtschaftlichkeit (schwere Bohrhämmer von 35 kg und mehr Gewicht erfordern Hartmetall-Kreuzschneiden, da ihr Schlag für eine einzige Schneide zu stark ist);
f) Erhöhung der Bohrgeschwindigkeit trotz leichterem Bohrhammer und zwar: Erhöhung der Nettogeschwindigkeit infolge kleineren Bohrloch-Durchmessers, ferner zusätzliche Erhöhung der Bruttogeschwindigkeit infolge Ausfall jeden Bohrstangenwechsels;
g) geringerer Bedarf an Bohrstangen und Bohrkronen, dadurch Verringerung der Anschaffungs- und Transportkosten;
h) weniger Ersatzteile für Bohrhämmer. Weniger abgenützte Kolben, da weniger Bohrstangen im Gebrauch stehen. Bei kleinerer Bohrstangenzahl ist die Kontrolle der Einsteckenden leichter und wirksamer. Auch der Verschleiss an Wasserröhrchen ist aus dem gleichen Grunde kleiner und wird durch die geringe Anzahl Bohrstangenwechsel noch weiter herabgesetzt;
i) weniger Bohrstangenbrüche. Die auf das Einsteckende seitlich wirkenden Kräfte, wie sie beim Handbetrieb oder Knievorschub unvermeidlich sind, fallen vollständig weg.

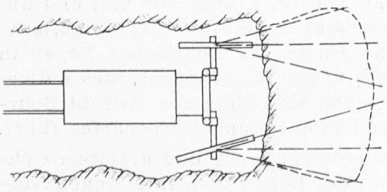
Zu a) muss bemerkt werden, dass nur bei einer Wasserspülung *mit einem Druck von wenigstens 5 kg/cm²* ein fortlaufendes und vollständiges Herausspülen des Bohrschmandes aus dem Bohrloch gewährleistet wird. Dadurch werden Verklemmungen vermieden, die Reibung zwischen Bohrstahl und Bohrschmand wird auf ein Minimum herabgesetzt und die Schlagwirkung sinkt trotz langem Bohrloch kaum unter ihren Anfangswert. Eingehende Versuche in der Schweiz und im Ausland haben über die Notwendigkeit und Wirkung hohen Spülwasserdruckes Klarheit geschaffen.

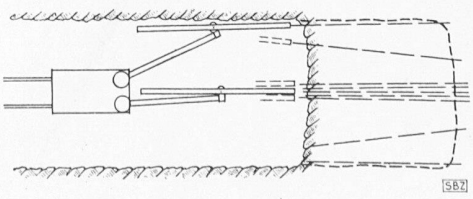
Zu b). *Der leichte Bohrwagen mit langen Auslegern und Vorschublafetten ist das einzige Bohrgerät, das praktisch ermöglicht, weniger Mineure am Vortrieb einzusetzen, als die Anzahl der arbeitenden Bohrhämmer.* Im Handbetrieb und wo zwei bis drei Hämmer gleichzeitig arbeiten, werden pro Hammer 1 bis 1,5 Mann eingesetzt. Beim Bohren mit kurzen Lafetten und auf Bohrwagen mit kurzen Auslegern sind infolge des ständigen Bohrstangenwechsels und der mühevollen Lafettenverschiebung 1,75 bis 2 Mann pro Bohrhammer unerlässlich. Der Knievorschub ermöglicht meistens eine Reduktion auf ein Mann pro Hammer. *Die Praxis mit leichten Bohrwagen und langen Auslegern und Lafetten hat erwiesen, dass selbst im forcierten Betrieb mit drei Hämmern zwei Mann vollauf genügen, und dass für einen möglichst wirtschaftlichen Betrieb ein Mann allein einen zwei- bis dreiarmigen Bohrwagen bedienen kann.* Dies ist nur möglich wegen des Ausfallens der Bohrstangenwechsel und der verhältnismässig langen, ununterbrochenen Bohrzeit bis zur Beendigung eines Bohrloches (4 bis 6 min), während welcher der Hammer mit automatischem Vorschub arbeitet. In dieser Zeit kann der Mineur den zweiten Hammer auf ein neues Bohrloch einstellen und anbohren.

Zu f). Die beim Bohren zu leistende Zerstörungsarbeit nimmt theoretisch im Quadrat mit kleinerem Bohrlochdurchmesser ab. Bei perfekter Spülung ist auch die Praxis nicht weit davon entfernt. In annähernd gleichem Verhältnis wächst bei gleichem Bohrhammer die Bohrgeschwindigkeit, je kleiner der Bohrlochdurchmesser ist. Versuche und Praxis haben ergeben, dass mit Bohrhämmern mit 90 mm Kolbendurchmesser und 48 mm Bohrkronen ungefähr die gleichen Bohrgeschwindigkeiten von 40 bis 60 cm/min erreicht werden, wie mit etwas kleineren Bohrhämmern mit 82 mm Kolbendurchmesser und 38 mm Krone. Die Verwendung von einschneidigen «Coromant», «Record» oder «Seco»-Bohrstählen von 30, 32 oder 34 mm Durchmesser ergeben auch mit dem 27 kg schweren Bohrhammer LM-57 von «Sullivan-Joy» mit 73 mm Kolbendurchmesser annähernd gleiche Bohrgeschwindigkeiten.

5. Zusammenfassung

Dank der geringen Abmessungen, der mühelosen Beweglichkeit der Ausleger und des grossen Schwenkbereiches, ferner dank der Verwendung mittelschwerer Bohrhämmer mit





Anordnung der Bohrlöcher und Regelmässigkeit des Ausbruches

Bild 7. Bohrwagen mit kurzen Kragarmen und kurzen Lafetten

Bild 8. Bohrwagen mit langen Auslegern und langen Lafetten

einschneidigen Hartmetall-Bohrstählen, sowie dank der langen Vorschublafetten, welche die Beendigung der Bohrlöcher mit einem einzigen Bohrstahl gestatten, ist der beschriebene Bohrwagen ein ideales Bohrgerät. *Er ermöglicht nicht nur genaue und tiefere Abschläge innert kürzester Zeit abzubohren, sondern darüber hinaus eine Ersparnis an Personal zu erzielen.*

(Forts. folgt)

Renovation des Fraumünsterturmes in Zürich

Von Arch. ROBERT FÄSSLER, Zürich DK 729.36.025(494.34)

Das Fraumünster hatte ursprünglich zwei unscheinbare Türme. Der Südturm wurde in den Jahren 1150 bis 1170 und der Nordturm zwischen 1220 und 1230 erbaut. Beide waren mit vierseitigen niederen Spitzhelmen eingedeckt und flankierten den aus der zweiten Hälfte des 13. Jahrhunderts stammenden Chor. Wie es in der Spätgotik gelegentlich geschehen war, verzichtete man auf die Doppeltürmigkeit; in den Jahren 1728/1732 wurde der Südturm als selbständiger Bauteil preisgegeben. Er wurde um sein viertes Geschoss gekürzt und der Rest mit dem Querschiff unter ein gemeinsames Walmdach gebracht, während der Nordturm erhöht und mit einem achtseitigen schlanken Helm versehen wurde (Höhe bis zur Spitze 80 m), «damit das Geläut desto besser in der Nähe und Ferne möge gehört werden» heisst es in der Chronik. Die kielförmigen Ziergiebel (Wimpergen), die verzierten Uhrzeiger und die vortrefflich als Delphine gebildeten Wasserspeier bringen barockes Leben in die müden Formen der Gotik. Mit dieser Erhöhung erhielt das Fraumünster die Bedeutung als Dominante der Altstadt, wie sie das Grossmünster und der St. Peter dank ihrer erhöhten Lage schon längst besassen.

Der Turmhelm war zuerst mit einem Schindelbelag versehen, aber offenbar befriedigte diese Eindeckungsart nicht. Nach Aufzeichnungen von Handwerkern, die unter anderen interessanten Dokumenten in der grossen Kugel vorgefunden wurden, waren alle 12 bis 15 Jahre erhebliche Reparaturen notwendig. Schon nach 57 Jahren wurde der Schindelbelag erstmals durch eine Kupfereindeckung ersetzt, die im Jahre 1846 einer Erneuerung weichen musste. An dieser gut 101 Jahre alten Kupferbedachung hatte am Abend des 14. Januar 1948 ein wuchtiger Föhnsturm ein Stück von etwa 30 m² losgerissen. Einer mächtigen Fahne gleich schwenkte das grosse rechteckförmige Blechstück in einer Höhe von gut 50 m über der Strasse hin und her, nur noch an einer Seite mit dem übrigen Blechbelag zusammenhängend (Bild 1). Keinen Moment war man sicher, wann der rd. 200 kg schwere Teil der Helmhaut sich ganz losreissen und in die Tiefe sausen würde. Zur Vorsicht hatte die Polizei den Platz abgesperrt. Die Feuerwehr versuchte vergebens, mit ihren Leitern auf diese Höhe zu gelangen. Erst mit Hilfe eines Fahrstuhles konnte ein Spengler an die schadhafte Stelle herankommen, das losgerissene Blechstück abschneiden und mit einem schrägen Seilzug auf den Platz herunterlassen.

Obwohl von verschiedenen Seiten die Ansicht geäussert wurde, mit einer Reparatur könne der Schaden wieder geheilt werden, zeigte eine nähere Untersuchung eindeutig, dass eine Gesamterneuerung der Dachhaut nicht zu umgehen war. In dem von Carl E. Scherrer, Schaffhausen, Präsident der Techn. Kommission des Schweiz. Spenglermeister- und Installateur-Verbandes, ausgearbeiteten Gutachten heisst es u. a.: «Die Ausführung der Bedachung zeigt bei näherem Zusehen alle Mängel der früheren Verlegungsmethode (schlechte Haftung, sehr unschöne und ungleich ausgeführte Fälze usw.). Die Wetterseite der Turmeindeckung befindet sich noch einigermassen in ordentlichem Zustand, die Gegenwetterseite dagegen ist sehr schlecht erhalten. Die starken Temperaturunterschiede auf der nach Süden gerichteten Turmhälfte haben der Bedachung sehr zugesetzt. Dies zeigt sich vor allem an den vielen reparierten und geflickten Stellen, verlöteten Rissen und auf die Unterlage geschraubten und genagelten einzelnen Blechscharen. Diese Erscheinungen sind nicht zuletzt auf die durch alle diese Massnahmen *behinderte Dilatationsmöglichkeit* zurückzuführen, der wahrscheinlich von Anfang an nicht genügend Rechnung getragen worden war».

Der Kupferbelag wies die typischen Merkmale der Zerstörungen auf, wie Windrisse, Spannungsrisse und Verwerfungen (Bilder 2 und 3). Merkwürdigerweise war zwischen der Kupferbedachung und der Schalung von nur 24 mm ein Schindelbelag von rd. 1 cm Stärke vorhanden. Es ist nicht anzunehmen, dass das die ursprüngliche Helmeindeckung war, wahrscheinlich wurde sie als Sicherheit gegen allfällig durch die Kupferbedachung eindringendes Wasser erstellt, oder als Zwischenlage zur Durchlüftung des Raumes zwischen Blech und Holz. Für die Befestigung der Kupferbedachung war dieser Schindelschirm eine gänzlich unmögliche und unzweckmässige Unterlage, die mit den viel zu weiten Abständen der Haften von 50 bis 80 cm der ganzen Dachhaut den denkbar schlechtesten Halt gab. Nach diesen Feststellungen war es nicht mehr erstaunlich, dass der Windangriff an einer schwachen Stelle Erfolg haben konnte. Eine abermalige Reparatur des entstandenen Schadens hätte auch das Bild des Turmes noch mehr verunstaltet. Das Einsetzen eines ästhetisch befriedigend wirkenden

Photos: Bachmann, Zürich, und A. Jansen, Zürich

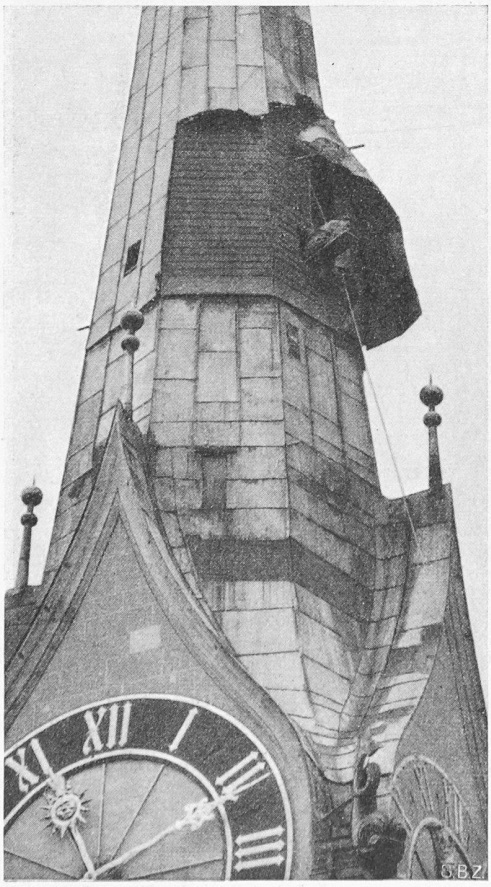


Bild 1. Der alte Kupferbelag mit dem Sturmschaden. Die verschiedenen Flicke sind deutlich erkennbar

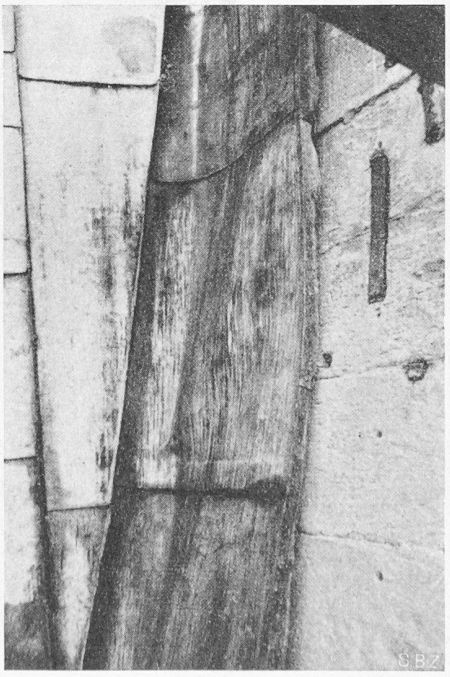


Bild 2. Verwerfung in einer Kehle

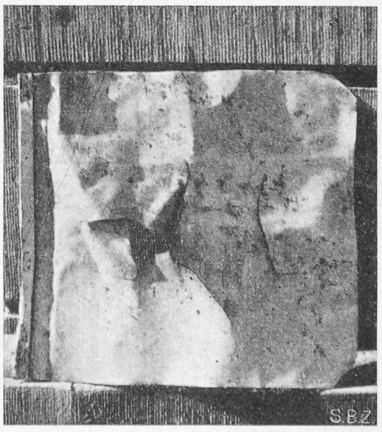


Bild 3. Typischer Windspannungsriss