Neuerungen im Tunnelbau

Autor(en): **Gruner, Eduard**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **127/128 (1946)**

Heft 21

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-83847

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

deren Verstärkungsrippen teilweise in den Magerbeton der Sohlentrichter hineinragen. Inwendig sind sie mit Sikamörtel und Purigotränkung gedichtet.

e) Dachkonstruktion. Das Kiesklebedach ist auf einer hölzernen Deckenschalung aufgebracht (Bild 8), deren Unterseite von der Aussenluft umspült wird. Hierdurch bleibt die Dachkonstruktion auf ihrer kalten Seite zum Vorteil für das Holz verdunstungsfähig, während sie auf ihrer warmem Seite gegen Eindringen von Feuchtigkeit möglichst sorgfältig abgedichtet ist. Zwischen den Dachsparren ist eine Wärmeisolation aus Aluminiumfolien angebracht (oben Windschutzfolie, darunter zwei Isolierfolien). Den Abschluss gegen die Waschhalle bilden Gipsdielen mit Bitumenüberzug (Ryfdielen), die schon allein einen luftdichten Abschluss auf der warmen Seite darstellen. Zur weiteren Sicherheit wurde über die Ryfdielen eine bituminierte Aluminiumfolie gelegt.

f) Bodenbeläge. In der Waschhalle sollen diese Beläge gegen hohe Beanspruchung widerstandsfähig, gleitsicher, hell im Ton und leicht zu reinigen sein. Bei dem in engere Wahl gezogenen farbigen Hartbetonboden hätte die Gefahr der Rissbildung bestanden, da dieser Boden mit möglichst wenig Fugen ausgeführt werden muss. Bei späterem Auswechseln der jetzigen Waschmaschinen gegen grössere muss der Boden bei den Fundamenten neu angepasst werden, was mit unschönen Flickereien verbunden gewesen wäre. In verschiedenen Wäschereien ist der Boden mit gerippten oder glatten Steinzeugplatten grau porphyr, Format 15/15 cm belegt. Dieser Boden hat sich gut bewährt und erfüllt die erwähnten Anforderungen. Leider war die Plattengrösse 15/15 cm nicht mehr erhältlich und das Format 10/10 cm wäre zu wenig stark gewesen. Weitere Studien führten zur Wahl des «Dura»-Klinkers, eines speziell für Industriezwecke (schwere Lasten) geschaffenen Materials. Er ist hart, sehr widerstandsfähig, durch seine Narbung gleitsicher und hell im Ton. Mit diesen Klinkern wurde die ganze Sortiererei, sowie der Teil bei den Waschmaschinen und Zentrifugen versehen. Die Platten messen 10/20 cm und sind 1,5 cm dick. Eine wasserdichte Asphaltschicht unter dem gesamten Klinkerbelag garantiert die Trockenheit des Röhrenkellers. Sie wurde bei allen Maschinenfundamenten hochgezogen und bei Rohrdurchbrüchen an die Futterrohre angeschlossen. Bei den Mangen, der Wäscheausgabe und den Pressen wählte man einen fugenlosen Steinholzboden. Die Toiletten, der Waschmittelraum, der Tröckneraum für Wollwäsche, die Duschen für Aufseher, sowie die Garderoben für Aufseher und Gefangene wurden mit Plättli, das Bureau mit Linoleum, die Duschen für Gefangene mit Hartasphalt, die Werkstatt mit Holzstöckli, die Treppe und die Vorplätze mit Granitplatten belegt. Sämtliche übrigen Böden, wie Röhrenkeller, Wasserenthärtung, Lagerräume, Transformatorenstation usw. sind mit einem fluatierten Zementüberzug versehen.

g) Wandbeläge. Platten mussten der Kosten wegen auf das Notwendigste beschränkt werden. In der Waschhalle erhielten nur die Zuluftkanäle in Verbindung mit den Binderstützen auf eine Höhe von rd. 1,30 m ringsum einen Porphyr-Plattenbelag. Den Sockel in der ganzen Waschhalle und um die Zuluftkanäle bilden glatte Duraklinker. Ein rd. 2 m hoher Hartemailanstrich auf Zementverputz schützt die Wände der Waschhalle und eines Teiles der Nebenräume gegen Beschädigungen. Ueber diesem Hartemailsockel sind die verputzten Wände ebenso wie die sichtbare, unverputzte Eisenbetonkonstruktion und die Decken geweisselt.

h) Beleuchtung. Die vier Binderfelder der Waschhalle werden von je einem Satteloberlicht mit Staubdecke belichtet. Diese Oberlichter sind 12,75 m lang und 3,20 m breit. Für die Satteloberlichter ist Drahtglas, für die Staubdecken Rohglas verwendet. Die Seitenschiffe werden durch hochliegende, doppeltverglaste Fenster erhellt und belüftet. Die Fenster sind um ihre vertikale Mittelaxe drehbar und werden durch Gruppenöffner für je drei Fenster mit Kurbelgetriebe bedient. Bei Nacht sorgen 31 Pendel mit Opalglaskugeln von 40 cm ∅ mit Mischlichtlampen für eine ausreichende gleichmässige Beleuchtung der Halle.

i) Aeusseres. Die Aussenfassaden mit ihrem gelben, sichtbaren Backsteinmauerwerk, ihrem Granitsockel und ihren übrigen Teilen übernehmen, mit einigen Vereinfachungen, die Architektur der bestehenden Bauten und fügen sich damit harmonisch in den gegebenen Rahmen ein. Nur das Hauptgesims in sichtbarer Holzkonstruktion weicht von dem des Hauptgebäudes ab.

k) Umgebung. Die Zufahrtstrasse entlang dem Frauenhaus musste wegen dem gesteigerten Verkehr neu erstellt werden. Die 5 m breiten, geteerten Fahrstrassen sind mit Granitstellriemen eingefasst. Der Wäschehängeplatz ist bekiest.

l) Kosten. Nach der vorläufigen Abrechnung stellen sich die Kosten angenähert wie folgt zusammen:

Hochbau	780 000 Fr.
Technische Einrichtungen	811 000 Fr.
Inventar einschliesslich Wäscheauto	92 000 Fr.
Umgebungsarbeiten und Gefängnismauer	227 000 Fr.
Total	1 910 000 Fr.

Der umbaute Raum beträgt 14 500 m³. Der nach den Normalien des S. I. A. berechnete Kubikmeterpreis beläuft sich für den Hochbau allein demnach auf rd. 54 Fr., mit Einschluss der technischen Einrichtungen auf rd. 110 Fr. (Forts. folgt)

Neuerungen im Tunnelbau

Von EDUARD GRUNER, Ing., Basel

Von den Neuerungen im Tunnelbau, wie sie etwa im letzten Jahrzehnt gebräuchlich wurden, sollen nachfolgend die markantesten beschrieben werden. Dabei ist vorauszuschicken, dass wir uns in Anbetracht des ausserordentlich umfangreichen Stoffes auf wenige typische Züge der Entwicklung beschränken müssen und dass eine erschöpfende Darstellung im Rahmen dieses Ueberblickes weder gegeben werden kann, noch will. Einerseits erfuhren die Werkzeuge und Geräte durch den Bergbau bedeutende Verbesserungen zur Ersparung von Handarbeit und anderseits ermöglichten ausländische Grossbauten, speziell unter amerikanischem Einfluss, die Entwicklung neuartiger Bauweisen. Durch die Kombination sämtlicher Neuerungen der Spreng-, Förder- und Lüftungstechnik kann das Tunnelbauwesen nicht nur eine wertvolle Rationalisierung erfahren, sondern man kann auch nachweisen, dass dadurch noch grössere, also auch tieferliegende Bauwerke als die bestehenden Alpentunnel, in den Bereich der technischen Möglichkeiten gerückt sind.

1. Bauweisen

Die verschiedenen Bauweisen, die im Tunnelbau gebräuchlich sind, ihre geschichtliche Entwicklung und die mit ihnen erreichten Leistungen sind aus der Literatur bekannt, sodass wir uns mit dem Hinweis begnügen können, dass bei den modernen Bauten neben der österreichischen und der belgischen Bauweise, die je nach den Umständen auch heute noch bevorzugt werden, in zunehmendem Masse die Bank-Bauweise[1]) und die Sohlen-Bauweise zur Anwendung gelangen.

Bei der *Bank-Bauweise* (Bild 1) wird etwa 2,5 m vom First ein kurzes Stück von 3 bis 4 m zuerst vorgetrieben. Die verbleibende Bank kann in einer oder mehreren Stufen abgebaut werden. Beim Sprengen fallen alsdann die meisten Felstrümmer auf die Sohle. Die Schutterung für das ganze Profil geschieht dort in einem Arbeitsprozess. Derart wurde 1919, bei der Durchörterung des Kerckhoff-Tunnels im Granit Kaliforniens, vorgegangen. In Schottland benützte man diese Bauweise 1928 im Zuleitungsstollen zum Lochaber-Kraftwerk. Er hat 4,7 m Durchmesser und durchfährt auf 24 000 m die Granite des caledonischen Schildes. Diese Tunnel bedingten allerdings nur Einbauten in einigen kaolinisierten Strecken.

Bei der *Sohlen-Bauweise* (Bild 2) nimmt der Richtstollen die ganze Profilbreite ein. Ueber 2,5 m Höhe bleibt die Kalotte bei günstigem Fels vorerst «hängen», in einem zweiten Arbeitsgang wird hierauf die Kalotte durch wenige, 3 bis 4 m lange Schüsse herunter gesprengt. Dabei geschieht ein Teil der Gesteinzertrümmerung durch den freien Fall. Diese Bauweise soll beim Bau des einspurigen, 5700 m langen Gyland-Tunnels der norwegischen Südbahn rationell gewesen sein. Um den Verkehr in der Sohle nicht zu stören, wurden dort die Berge auf einem fahrbaren Schuttergerüst aufgefangen. Dieses Gefährt musste allerdings sehr robust sein und eine abgefederte Verladebühne haben.

Bei beiden Bauweisen erfolgt die Mauerung erst nachdem das ganze Profil ausgebrochen ist. Sie sind darin ähnlich, aber einfacher, als die österreichische. Unter Verzicht auf den engen

[1]) Siehe SBZ Bd. 97, S. 92* (1931): *H. Meyer-George,* Stollenvortriebsmethode «Heading and bench».

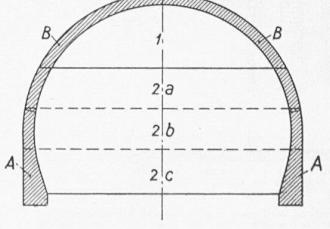


Bild 1. Bank-Bauweise

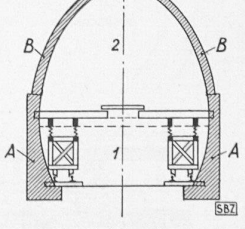


Bild. 2. Sohlen-Bauweise

1 Richtstollen, 2 Ausbruch und Abbau, A, B Mauerung

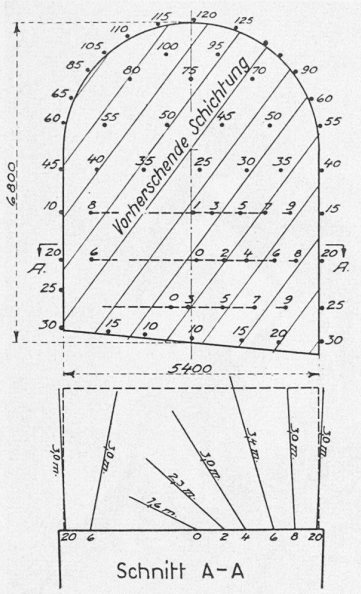


Bild 3. Normalbahn-Tunnel in Stockholm, 1 : 150. Zahlen = Brennzeit in s. Vertikaler Einbruchkeil

«Richtstollen» wird jedoch schon im Vortrieb die ganze Profilbreite erschlossen. Bei der Bankbauweise kann der Verlad des Kalottenausbruches nicht über ein Schuttergerüst gehen. Bei der Sohlenbauweise dagegen wird das Schuttergerüst dem Firstausbruch nachgefahren. Im übrigen aber werden in beiden Fällen noch die herkömmlichen Werkzeuge und Geräte verwendet.

Der nächste und letzte Schritt zur Vertiefung des Abschlages führt zum *Vollausbruch*, der übrigens nun auch vereinzelt in der Schweiz gebraucht wird. Diese Entwicklung erheischt aber nicht nur leistungsfähige Bohr-, Schutter- und Fördergeräte, sondern auch neuartige Rüstungen und Einbauten. Ein solches Inventar kommt eigentlich nur für lange Tunnelbauten in Frage, einerseits wegen der Amortisation und andererseits, weil zu seiner Entwicklung bereits eine Strecke von etwa 200 m benötigt wird. Diese Mechanisierung lässt sich mit derjenigen im Autobahnbau vergleichen. Der Tunnelbau vollzieht sich damit sozusagen in einer fahrenden Fabrik. Seit dem Bau des Simplon-Tunnel II, also seit 1921, bot sich bei uns leider keine Gelegenheit mehr zum Einsatz von derartigem Grossinventar.

Eine interessante Anwendung des Vollausbruches fand im Unterwasserstollen des Järp-Ström-Kraftwerkes 1940/41 in Mittel-Schweden statt, das 160 km östlich des norwegischen Trondheim gelegen ist. Er misst 4500 m Länge, 105 m² Querschnitt und hat ein Hufeisenprofil von 12 m Höhe und 10,8 m Breite (Bild 4). In den Schiefern des Obersilur wurde die Brust auf 5,0 m abgebohrt und auf 4,5 m Tiefe abgeschlagen. Es waren jeweils 475 m³ zu schuttern.

Selbst im Vergleich mit den Leistungen, die in den Alpentunneln vollbracht wurden, sind diese Masse und Massen enorm. Bohrlochlänge und Abschlagtiefe sind dreimal grösser als üblich und das Haufwerk wuchs entsprechend. Dass der Vollausbruch als Bauweise möglich wurde, ist dem Werkzeug- und Gerätebau zu verdanken. In erster Linie gestatten die neuzeitlichen Bohrhämmer eine axsichere Führung der langen Meissel, in zweiter Linie kann mit robusten und gedrängt gebauten Verladegeräten die Schutterung rasch vonstatten gehen.

Bisher bemühte man sich beim Handbetrieb möglichst über das Schuttergerüst zu verladen. Beim Maschinenbetrieb muss dagegen das Haufwerk auf der Sohle möglichst gross sein. Der Einsatz des Verladegerätes wird dadurch besser ausgenützt.

Die Hilfsmittel sollen im Einzelnen nun kurz dargestellt werden.

2. Das Bohrschema

Bei den üblichen Bauweisen misst die Brust im Richtstollen etwa 2,5×2,7 m. Meistens kommt der Kern-Einbruch im Bohrschema zur Anwendung. Durch 3 bis 4 überladene Schüsse wird vorerst ein Herz herausgerissen, anschliessend folgen Nachbruch-, Kranz- und Sohlschüsse. Ein mittlerer Abschlag misst dabei etwa 1,2 m.

Verblüffende Vorteile bietet der «Michigan»- oder Quetsch-Vortrieb, der im Urgestein der Vereinigten Staaten und in Canada für kleine Profile entwickelt wurde. Hierbei werden die Herzschüsse parallel zur Axe angelegt, aber von 3 bis 5 «blinden», ungeladenen Löchern eingerahmt. Wenn diese dem Fels entsprechend richtig angelegt sind, so haben sie die Wirkung von zusätzlichen freien Flächen. Beim Abschiessen des Einbruches erleidet der von ihnen eingeschlossene Raum eine intensivere Zertrümmerung und soll schliesslich als offene Röhre von 40 cm Durchmesser ausbrechen. Weil die Herzschüsse nicht mehr auskeilen, bleiben zudem die Gesteinstrümmer näher an der Brust liegen, wodurch Schäden an den Leitungen vermindert werden und die Lademaschine das Haufwerk näher beisammen findet. Dieser Vortrieb ist dort rasch und billig, wo Arbeitslöhne gespart werden müssen[2]).

Beim Vollausbruch wird der Einbruch durch Serien von Schüssen hergestellt. Diese brechen einen nach und nach tiefer greifenden Keil aus der Brust des endgültigen Profils heraus (Bild 3 und 4). Er misst entsprechend dem Vortrieb 3 bis 7 m Breite und 4 bis 8 m Höhe. Mit Rücksicht auf die Schichtung und die Schutterung kann er horizontal oder vertikal gerichtet sein. Hierauf folgen die Kranz- und Sohlschüsse, um die Regulierung des Lichtraumes herzustellen.

Als Beispiel für die Anwendung des vertikalen Keils sei der Ausbruch eines einspurigen Normalbahnprofils bei Stockholm 1938/39 (Bild 3) angeführt[3]). Die Tunnel hatten 393 m und 372 m Länge, führten durch Gneis und massen 33,5 m² im Querschnitt. Die Tiefe der 59 Bohrlöcher ging von 1,6 bis 3,4 m, wobei der mittlere Abschlag 2,70 m betrug, mit einem Sprengstoffverbrauch von 1,04 kg/m³ Nettoausbruch. Im Unterwasserstollen des Järp-Ström-Kraftwerkes in Mittelschweden (Bild 4) wurde im horizontal gelagerten Schiefer der horizontale Keil angewendet[3]). Man erstellte 132 Bohrlöcher von 2,8 bis 6,2 m Tiefe, oder insgesamt von 622 m Länge. Das Mittel der Abschläge betrug 4,49 m, bei einem Sprengstoffverbrauch von 0,9 kg/m³. In beiden Fällen erfolgte pro Arbeitstag ein Abschlag, sodass Monatsmittel von 65 m, bzw. 97 m erreicht wurden. Die Organisation kann aber für Objekte von grösserer Dringlichkeit noch intensiviert werden. Es brauchte jeweils auch einige Zeit, bis die Einzelheiten der mechanischen Ausrüstung vervollständigt waren, sodass die Arbeiten mit richtiger Präzision vonstatten gingen. Bei einem Abbau von solchem Ausmass wird der Bohrplan der allgemeinen Struktur des Felsens angepasst. Die Bohrarbeit erfolgt schematisch, weil die Ladungen so tief sitzen, dass ein Ausblasen nach der freien Oberfläche nicht zu befürchten ist. Die grosse Anzahl Schüsse, durch die nahezu 0,5 t Sprengstoff verschossen wurden, bedingte die Anwendung der elektrischen Zündung (die Sicherheitsvorschriften sehen sie bei uns zwar schon für mehr als 10 Schüsse vor, weil dann Vorgabe und Feuerlegung auf pyrotechnischem Wege immer unzuverlässiger werden). In der grossen

[2]) *J. Lorimer:* Some Uses of Explosives in Civil Engineering, «Journal of the Institution of Civil Engineers», Nr. 5, London, March 1946.

[3]) «Atlas-Mitteilungen» 1939, Nr. 5, 6, 7; 1943, Nr. 6 und 9. Atlas-Diesel A.-G., Stockholm.

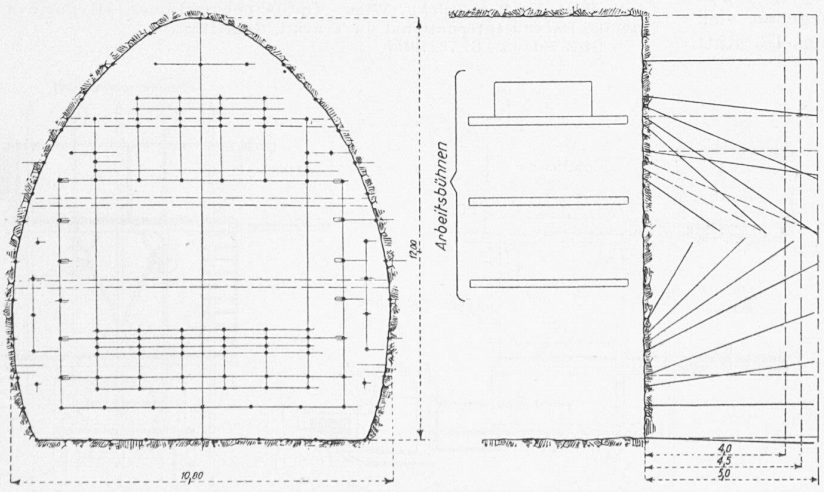


Bild 4. Unterwasserstollen des Järp-Ström-Kraftwerks in Schweden, 1 : 200 Horizontaler Einbruchkeil

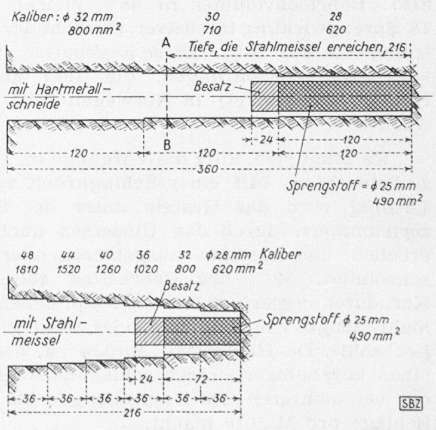


Bild 5 und 6. Vergleich von Bohrlöchern, erzeugt durch Hartmetallschneide, bzw. durch Stahlmeissel

Brust des Järp-Ström-Stollens hatte man die 132 Loch in 11 Serien von 12 Schüssen unterteilt. Die Verzögerung erfolgte für den Einbruchskeil in Intervallen von je 1 Sekunde und für die Nachbrüche von je 5 Sekunden, sodass die Sprengung nach 35 Sekunden beendigt war.

3. Das Bohren

Eine Förderung der Bohrtechnik muss sich auf eine Verbesserung der Meisselschneiden, eine Steigerung der Bohrgeschwindigkeit, die Bohrlochspülung und die Schmiedearbeit erstrecken[4]). Nicht zu beeinflussen ist die Ausdauer der Mineure: nach einem individuell und konstitutionell begrenzten Mass von Anstrengung tritt die Ermüdung ein, wonach ihre Leistung zurückgeht. Die Mineure können jedoch durch Verbesserung der Arbeitsbedingungen entlastet werden. Nach diesem Ziel strebt der Werkzeugbau.

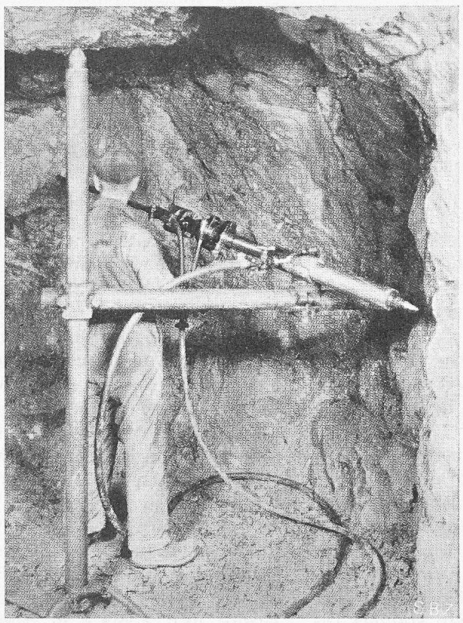


Bild 7. Bohrhammer auf pneumat. Säule



Bild 8. Bohrhammer mit Knievorschub

Für das Bohren war die *Hartmetallschneide* eine wichtige Neuerung. Sie besteht aus einem Wolfram-Karbid, das unter Beigabe von Kobalt gesintert wird. Diese Schneiden stehen in hartem Gestein, wie Quarzschlieren des Granit, 10 mal länger als Stahlbohrer. Einen besonders handlichen Typ hat die Gewerkschaft Wallram in Lünen entwickelt. Sie verlötet je vier der teuern Hartmetallplättchen mittels Elektrolytkupfer in einer Kreuzschneide aus Chrom-Molybdän-Stahl. Der Meissel ist jeweils dreiteilig und besteht aus dem 12 cm langen Bohrkopf, dem Hohlgestänge und dem Zapfeneinsteckende. Die Endteile stecken mittels einfachen konischen Nippeln im Gestänge von veränderlicher Länge. Wegen der überlegenen Schneidehaltigkeit werden damit zeitraubende Meisselwechsel vermieden. Die Bohrlöcher teleskopieren schwächer, erfordern dementsprechend weniger Bohrarbeit und versprechen bessere Sprengergebnisse. Beides spart auch Pressluft. Dann fallen die Hin- und Hertransporte vieler Tonnen Gestänge dahin. Lediglich die Bohrköpfe müssen auf eine Karborundumscheibe zum Schleifen gebracht werden, sodass auch die Schmiede mit Esse und Gesenke überflüssig wird. Die Bilder 5 u. 6 (S. 265) zeigen einen schematischen Vergleich für ein Bohrloch, das in einer Quarzit-Schliere des Granit entweder mit Stahlmeisseln von 28 bis 48 mm Durchmesser oder mit Hartmetallschneiden von 28, 30, 32 mm Durchmesser erbohrt wird. Die Schneidehaltigkeit, besonders die Radiale, ist für Hartmetall in diesem Gestein zehnmal grösser. Ein Stahlmeissel steht für 12 cm, ein Hartmetallmeissel für 120 cm. Bei dreimaligem Einsatz aller Kaliber werden mit insgesamt 18 Stahlmeisseln nur 216 cm, mit drei Hartmetallschneiden aber 360 cm erreicht. Auf 216 cm Länge misst das Bohrlochvolumen 2540 cm³ gegen nur 1430 cm³, das Luftkissen im Bereich einer Sprengladung von $^1/_3$ Lochlänge oder 72 cm 160 cm³ gegen nur 90 cm³; die Meisseltransporte zwischen Ort und Werkstatt wiegen 110 kg gegen nur 18 kg. Als Vorteile der Hartmetallschneiden ergeben sich also: Bohrlochvolumen rd. 48 % kleiner, Bohrerwechsel 3 statt 18, Sprengwirkung intensiver, Gewicht der Bohrertransporte nur 16 %. Diese Ergebnisse stammen von Vergleichsbohrungen, die 1941 an einem Hamar (Felsbuckel) in Norwegen durchgeführt wurden.

Es lohnt sich, kurz die Vorgänge im Bohrloch zu betrachten. Mit einer Schlagarbeit von 3 bis 4,5 mkg wird das Gestein unter der Schneide zertrümmert, durch das Umsetzen auch losgebrochen und alsdann ausgeblasen oder ausgeschwemmt. 50 % des Bohrkleins sollte einen Korndurchmesser von 0,25 bis 3 mm haben; Bohrmehl zeugt von ungenügender Reinigung der Lochsohle. Da Hartmetall spröde ist, bedingt es einen kurzhubigen, rasch schlagenden Hammer, der bei mehreren 100 Umdrehungen bis zu 3000 Schläge pro Minute macht.

[4]) Dr. *H. Jeschke:* «Hartmetall für schlagendes Gesteinsbohren», Duisburg 1938.

Wird der Hammer von Hand geführt, so sinkt bei fortschreitender Ermüdung des Mannes die Bohrleistung, da er den Stossreaktionen ausweicht. Mit der Zeit wird sich beim Mineur das typische Bild der durch Pressluftwerkzeuge verursachten Berufskrankheit abzeichnen[5]). Die dauernden Erschütterungen lösen gleichliegende Zug- und Druckwirkungen in bestimmten Knochen und Organen aus, es entstehen Strukturveränderungen am Ellbogen, Hand- und Schultergelenk, sowie eine Verlagerung der innern Organe. Hinzu treten Empfindungsstörungen und eine Gefühllosigkeit des Nervensystems, ja sogar Bewegungshemmungen der Hände. Körperschäden durch die dauernden Erschütterungen der Pressluftwerkzeuge sind zwar weniger ernsthaft als die Silikose[6]), sie wurden aber in Staaten mit ausgedehntem Minenwesen oder namhaftem Schiffbau auch bereits von den Versicherungsgesellschaften erfasst.

Zur Abhilfe werden ein Wechsel in der Haltung des Werkzeuges und längere Arbeitsunterbrüche vorgeschlagen. Richtiger ist es aber, wenn man das Werkzeug durch eine Haltevorrichtung tragen lässt und den Mann lediglich zu seiner Führung und Ueberwachung daneben stellt. Nur so wird er einwandfrei von der Rüttelwirkung erlöst. Zu diesem Zweck wurde für leichtere Hämmer der Knievorschub oder «Bohrknecht» und für schwerere die Bohrsäule entwickelt[3]). Es handelt sich dabei um Vervollkommnungen längst bekannter Hilfsmittel.

Der *Knievorschub* (Bild 8) besteht aus einem Pressluftzylinder, dessen Kolbenstange über ein Gelenk mit dem Bohrhammer verbunden wird. Er besitzt somit pneumatischen Vorschub, bedarf aber nur einer Abstützung, wodurch seine Anwendung vielseitig wird. Als Stütze von Handbohrhämmern eignet er sich für Nacharbeiten, zum Bohren mit Hartmetall und für weicheres

[5]) Prof. Dr. h. c. *Teleky*, Wien: Outils pneumatiques, «Hygiène du Travail», Bureau International du Travail, Genf 1938.

[6]) SBZ Bd. 125, S. 72 (1945).

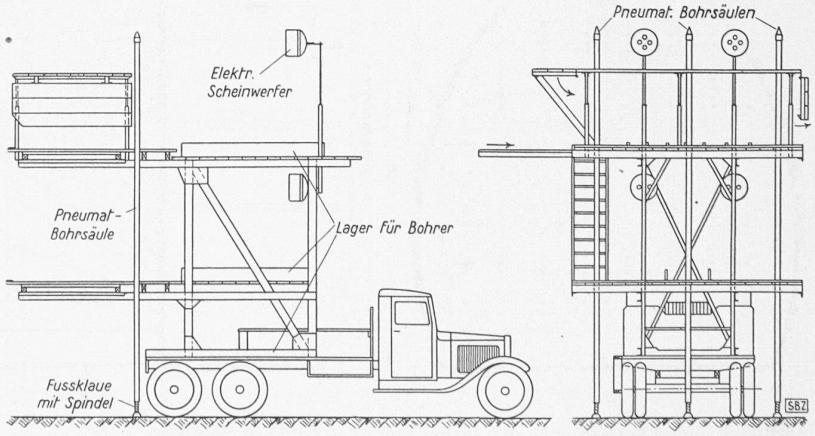


Bild 9. Dreistöckiges Bohrgerüst für den Bau des Tunnels in Stockholm (Bild 3)

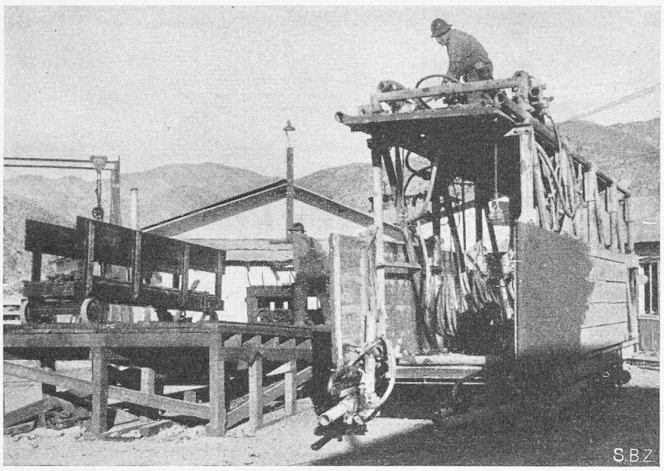


Bild 10. Dreistöckiger Bohrwagen vom Bau des Colorado-River-Aquaedukts, U.S.A.



Bild 12. Lademaschine «Atlas-Diesel» mit Schaufel für $^1/_8$ m³

Gestein. Im Gegensatz dazu muss die *Säule* (Bild 7) stets eingespannt werden. Gegenüber der Schraubensäule[7]) lässt sich die pneumatische Säule rascher und bequemer aufspannen. Ein Rückschlagsventil schützt bei Luftunterbruch vor plötzlichem Einsinken. Die Säule trägt die schwersten Bohrhämmer und ermöglicht durch die Vorschubvorrichtung axgetreues Bohren langer Löcher, besonders in sehr hartem Gestein.

Anfangs geschah der Vorschub durch eine Spindel oder auf einer Rüttelschiene. Verklemmt sich dabei die Schneide in klüftigem Gestein, so erfolgt ihr Bruch, weil der Mechanismus nicht nachgibt. Beim pneumatischen Vorschub, wie ihn zum Beispiel einige Atlas-Bohrhämmer haben, wird die Schneide mit einem konstanten Druck auf die Lochsohle gepresst; sie kann aber Ueberlastungen nach rückwärts ausweichen.

Säulen und pneumatischer Vorschub entlasten den Mineur vom Gewicht und den Erschütterungen des Bohrhammers. Sie gewähren präzisere Arbeit, ermöglichen tiefere Bohrlöcher und sparen Arbeitslöhne. Ein Mann kann zwei Bohrhämmer von 50 kg bedienen. Seine Arbeit erstreckt sich nur noch auf das Ansetzen der Hämmer, das Wechseln der Bohrgestänge und die Ueberwachung.

4. Das Bohrgerüst

Bisher trachtete man darnach, die Brust ohne Zuhilfenahme eines Gerüstes abzubohren. Dadurch spart man Zeit, beschränkt sich aber auch auf etwa 2,70 m Höhe. Der Vollausbruch bedingt ein Gerüst zum gleichzeitigen Bohren in 2 bis 5 Stockwerken. Um seinen Einsatz zu beschleunigen, wird es je nach den Raumverhältnissen auf dem Fördergleis, auf eigenem Gleis oder spurfrei angefahren.

In grossem Umfang wurde das dreistöckige Bohrgerüst auf Fördergleis 1930/34, beim Bau des Colorado-River-Aquaedukts erprobt (Bild 10). Diese imposante Bewässerungsleitung führt von der Bouquet-Stauanlage, also etwas unterhalb des Boulder-Dam, über 386 km nach den Fruchtgärten des Metropolitain-District of Los Angeles. In ihrer Trasse liegen 29 Stollen von 3,90 m Durchmesser und insgesamt 137 km Länge. Das Gefährt stand auf zwei Drehgestellen, seinen Rahmen bildeten verschweisste Stahlrohre. Diese dienten auch als Druckluftleitungen und als Spannsäulen, sie erfüllten also gleichzeitig drei Aufgaben. Für die Fahrt wurden die äussern Verladebühnen niedergeklappt, während die innern dem Werkzeugtransport dienten. Die grosse Sorgfalt, die man dieser Konstruktion angedeihen liess, erkennt man schon in der Massnahme, dass die engen Druckluftschläuche auf wenige Meter verkürzt wurden und dass durch die Rohrhohlräume vor den Hämmern nochmals ein kleines Druckluft-Reservoir geschaffen wurde. Der Colorado-River-Aquaedukt führt durch zersetztes Urgestein, Schiefer und sogar Quartär. Der Baugrund kann eher als schlechter beurteilt werden, als derjenige, der in den heterogenen Felsen der Schweiz angetroffen wird. Trotz der schwierigen geologischen Verhältnisse hat sich der Vollausbruch bewährt. Allerdings standen ihm auch sämtliche nötigen Hilfsmittel zur Verfügung. Man unterschied zwischen zwei Gefahrmomenten, den Niederbrüchen und der Verwitterung. Zwischen Ausbruch und Mauerung ruhte nicht standfestes Gebirge auf der Zimmerung. Da die Stempel des Einbaues den Förderraum beeinträchtigt hätten, sowie wegen der Holzkosten und der Brandgefahr, griff man zum Rohrsegmenteinbau[8]). In schwererer Form ist dieser vom Tubebau in London bekannt. Die Armaturen wurden im Bedarfsfall satt hinter der Brust montiert und womöglich vor oder während der Mauerung wieder entfernt. Es verblieb dabei stets ein lichter Arbeitsraum, der nur um etwa 20 cm weniger Durchmesser hatte, als das Stollenprofil. Gegen die Verwitterung wurde der Fels, der unter Zutritt von Luft und Feuchtigkeit quoll, unverzüglich gunitiert, nicht an Stelle der Mauerung, sondern lediglich als temporäre Baumassnahme.

Es empfiehlt sich, dem Bohrwagen oder «Jumbo», wie ihn der Arbeiter nennt, ein eigenes Gleis zu geben, das beidseits des Fördergleises liegt. Sein Rahmen ist dann gespreizt, sodass Mulden und Gleistraktoren unter ihm durchfahren können. Während des Sprengens muss er jeweils 100 bis 150 m zurückgezogen werden. Leider wird sein Einsatz erst wieder möglich, wenn die Berge vor Ort geschuttert sind. In einem Fall versuchte man den Vortrieb dadurch zu beschleunigen, dass man die Bohrbrücke nach vorne über das Haufwerk auskragen liess. Es ist aber nicht bekannt, ob sich dieses monstruöse Fahrzeug bewährt hat.

Geschieht der Abbau gleisfrei, so muss der Bohrwagen entsprechend sein. Für den vorgenannten einspurigen Bahntunnel in Stockholm (Bild 3) wurde auf einem 4 t-Ford Lastwagen ein dreistöckiges Gerüst (Bild 9) montiert[3]). Ein Rahmen aus Profileisen trug holzbelegte Bühnen. Die Verspannung vor der Brust geschah nach der Sohle mit drei Spindeln und nach der Decke durch ebensoviele pneumatische Säulenpressen. Zur Fahrt wurden die Bühnen zusammengelegt. Aufbau und Abbruch erforderten 20 % der Arbeitszeit. Der Lastwagen brachte gleichzeitig 250 Bohrmeissel, 6 Bohrhämmer von 50 kg, Zubehör, den 18 m langen 5″-Luft-

[7]) SBZ Bd. 95, S. 75* (1930).

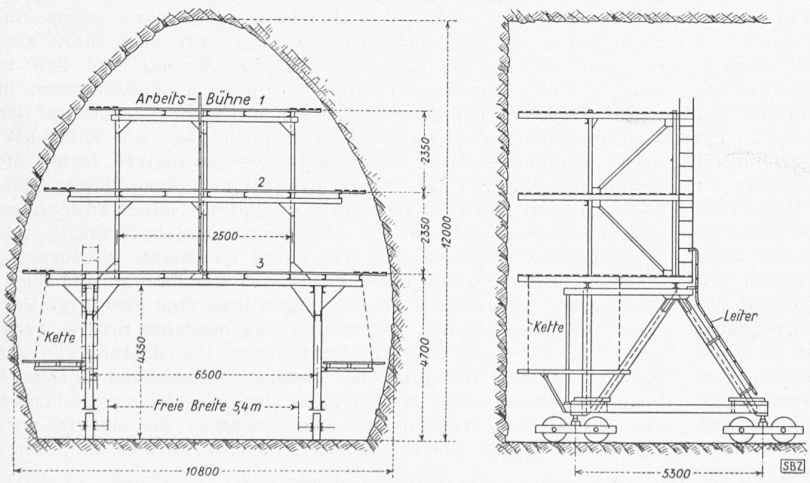


Bild 11. Vierstöckiges Bohrgerüst für den Järp-Ström-Tunnel (Bild 4). 1 : 100

[8]) Vgl. auch SBZ Bd. 106, S. 164* (1935).

schlauch und die elektrischen Leuchten vor Ort.

Im Unterwasserstollen des Järp-Ström-Werkes (Bild 4) mass der frei fahrende Bohrwagen (Bild 11) 9,00 m Breite, 9,40 m Höhe und wog 25 t [3]). Um das Verladegerät, einen Bagger Bucyrus-Erie Typ 44 B, von 1,9 m³ Löffelinhalt, überholen zu können, besass er ein Portal von 5,40 m Breite und 4,35 m Höhe. Ein schwenkbarer Kran mit Druckluftwinde beförderte die Werkzeuge zu den Arbeitsbühnen. In diesem «Schieferberg» genügten 19 Handbohrmaschinen von 25 kg Gewicht auf Knievorschubvorrichtungen. Der Wagen mit seinen acht Rädern zu 2,5 t Achsdruck wurde von einem Traktor in Führungen von Spunddielen verfahren.

5. Das Ladegerät

Bisher erfasste im Richtstollen ein Abschlag etwa 10 m³ gewachsenen Fels. Beim Vollausbruch können es bis 500 m³ sein. Solche Mengen kann nur ein Gerät in nützlicher Frist verladen.

Seit langem wurden Lademaschinen für Gruben entwickelt. Es war naheliegend, diese auch im Stollenbau zu benützen. Etwa 1920 tauchte in den U. S. A. ein mit Pressluft betriebener Löffelbagger auf. Da im engen Raum die Bewegung möglichst linear sein muss, war er so konstruiert, dass sein Löffel den Aushub nach rückwärts über die Maschine in den Förderwagen warf, der auf dem gleichen Gleis stand. Damit sollen 1921 im Stollen von 3,3 × 3,6 m Querschnitt der Kern-Canyon-Anlage der San Joaquim Light & Power Co., durch vier Mann 76 m³ in acht Stunden verladen worden sein. Die Maschine ersetzte zwölf Handschutterer und beschleunigte die Vortriebszeit um 30 %.

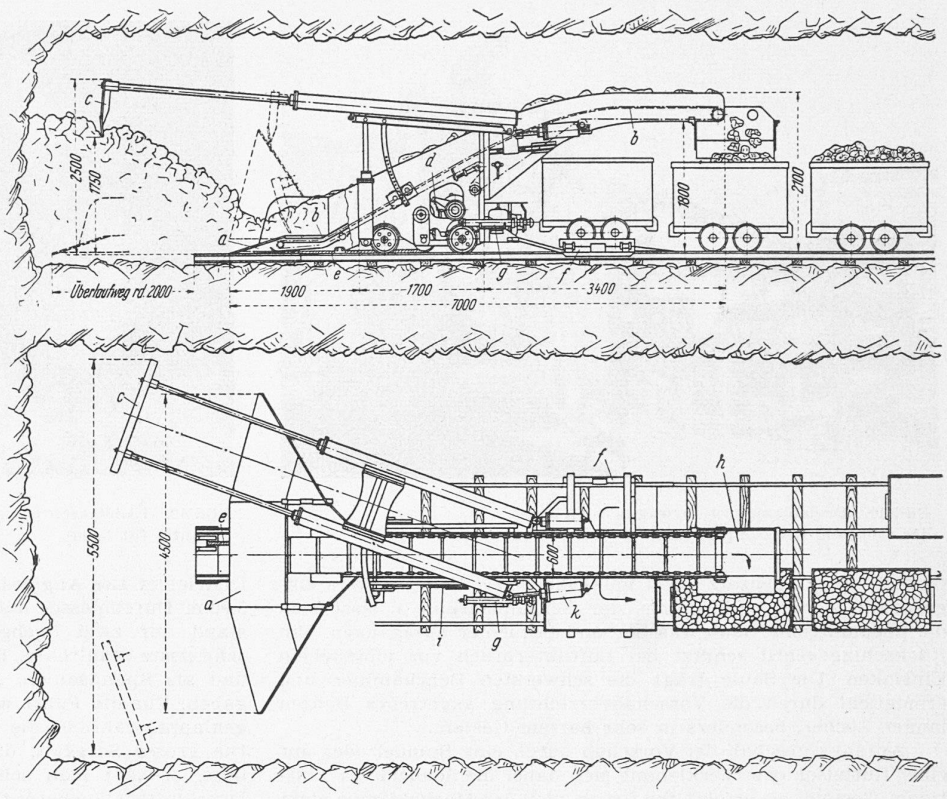


Bild 13. Zughackenlader, Masstab 1 : 100. a Aufnahmeschaufel, b Kratzband, c Zughacke, d Klinkwerk zum Vorschub der Maschine, e Ankerseil, f Rollweiche oder Wendeplatte, g Abdrückzylinder für Wagenwechsel, h für Links- oder Rechtsabwurf umsteckbare Ladeschurre, i Spillwerk, k Schwenkzylinder (Cliché nach «Z. VDI»)

Eine für hiesige Verhältnisse sehr geeignete Lademaschine baut Atlas-Diesel in Stockholm (Bild 12). Sie ist robust, klein und einfach. Da ein Betriebsraum von 2,0 × 2,0 m genügt, kann sie auch zwischen Einbau laden. Die vorn liegende Schaufel wird durch das nachfahrende Gerät ins Haufwerk gestossen. Hierauf kippt sie auf zwei kufenförmigen Armen nach hinten und wirft das Material in den nachgeschleppten Wagen. Die Schaufel fasst $^1/_8$ m³ und füllt daher eine $^3/_4$ m³-Mulde in sechs Gängen. Der Fahrmotor von 13 PS und der Hubmotor von 6 PS benötigen pro m³ Fels etwa 15 m³ freie Luft. Bei ausreichendem Haufwerk und raschem Wagenwechsel erreicht der Ladeeffekt 15 m³, in der Praxis aber nur 5 m³ pro Stunde; die Differenz entsteht aus Nebenarbeiten und Pausen für Wagenwechsel. Das Gerät hat sich bereits auf verschiedenen schweizerischen Baustellen bewährt. Betriebskosten, Reparaturen, Zins und Amortisation sollen 1,20 Fr./m³ betragen, wogegen zwei Schutterer wegfallen und die Wagen rascher umlaufen.

Für Profile von 15 bis 25 m² hat die Eisenhütte Westfalia in Lünen den Zughackenlader (Bild 13) konstruiert [9]). Das gedrängt gebaute Gerät wird durch zwei Drahtseile am Gleisende verankert. Der Druckluftmotor von 10 PS Leistung, für normalen Betriebsdruck von 5 atü, schiebt alsdann langsam eine 4,5 m breite Schaufel unter das Haufwerk. Dieses wird dadurch angehoben und einem Doppelketten-Kratzband zugeschoben, das den Rückschub nach dem hintenstehenden Förderwagen besorgt. Der Fördervorgang wird durch eine Druckluft-Zughacke unterstützt, die das Gut von oben ergreift. Der Luftverbrauch beträgt für den Motor und sämtliche Zylinder während des Ladens 11 m³ angesaugter Freiluft pro min. Die Bedienung besteht aus einem Maschinisten und zwei Mann für den Wagenwechsel über die Rollweiche. In grobstückigem Sandstein erreichte der Zughakkenlader eine effektive Leistung von 16 m³/Stunde.

(Schluss folgt)

MITTEILUNGEN

Demonstrationstagung bei Brown Boveri. Ein Ereignis ganz besonderer Art, das die weit über 400 teilnehmenden Gäste aus fast allen Ländern Europas tief beeindruckte, war die Tagung vom 14., 15. und 16. Mai in Baden. Brown Boveri bezweckte damit die durch den Krieg zerrissenen Fäden neu zu knüpfen und durch Vorführen der in den Zeiten der Abgeschlossenheit entwickelten Neuerungen das Vertrauen in die Leistungsfähigkeit ihres Werkes und in die hohe Qualität seiner Erzeugnisse zu vertiefen und zu festigen. Offensichtlich war es den Veranstaltern daran gelegen, eindrücklich nachzuweisen, dass die Badener Firma dank der geleisteten Entwicklungsarbeit heute in der Lage ist, die in der nächsten Zukunft sich stellenden Aufgaben auf dem Gebiete der elektrischen und thermischen Zugförderung, der Grosskraft-Erzeugung und -Fernübertragung, der Hochfrequenz-Technik, sowie auf einigen andern wichtigen Gebieten zu lösen und die hierfür nötigen Maschinen und Apparate zu liefern. Auf einige der behandelten Probleme soll hier später näher eingegangen werden. Die Tagung war überaus grosszügig geplant und meisterhaft organisiert; für ihre Durchführung scheute die Geschäftsleitung keine Kosten. Am ersten Tag klärten gruppenweise in deutscher, französischer und englischer Sprache gehaltene Lichtbildervorträge über die von Brown Boveri besonders gepflegten Fachgebiete auf. Die Wirkungsweise der zur Lösung der behandelten Probleme entwickelten Apparate wurde am zweiten Tag den einzelnen Gruppen vorgeführt. Man fühlte sich in ein physikalisches Grosslaboratorium versetzt und sah in rascher Folge die verwickelten Vorgänge gewissermassen in Naturgrösse vor sich ablaufen. Besonders eindrucksvoll war das Anfahren einer zweistufigen Gasturbinenanlage von 12 000 kW, die in wenigen Minuten voll belastet werden konnte, ferner die stabile selbsttätige Regelung der Frequenz bei einstellbarer Lastverteilung auf verschiedene parallelgeschaltete Netze und schliesslich die Demonstrationen im Hochspannungslaboratorium. Die störungsfreie Durchführung der durch geschickt angebrachte Anzeigegeräte und Lautsprecher überaus anschaulich und leicht verständlich gestalteten Vorführungen liess eine gewaltige Vorbereitungsarbeit ahnen. Am dritten Tag besuchte man in grösseren und kleineren Gruppen Kraftwerke, Industrieanlagen und Bahnen, um die Erzeugnisse der Badener Werkstätten im Betrieb kennenzulernen. Diese Reisen nach den verschiedensten Teilen der Schweiz vermittelten den Auslandgästen gleichzeitig auch einen Einblick in die Schönheiten unseres Landes und boten

[9]) *F. Radtke:* Neuzeitliche Lademaschinen für Bergbau, «VDI-Zeitschrift», Bd. 87, 1943.