

# Neuerungen im Tunnelbau

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

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

Heft 22

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-83850>

## **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.

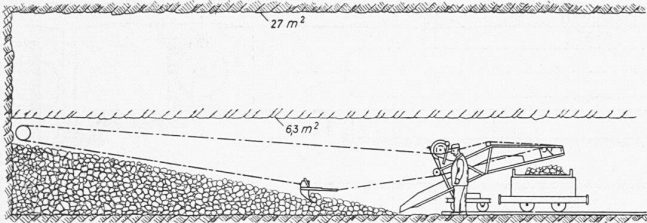


Bild 14. Verladeschraper, der 1931/32 im Unterwasserstollen des Krängedewerks in Schweden verwendet wurde

### Neuerungen im Tunnelbau

Von EDUARD GRUNER, Ing., Basel (Schluss von S. 264)

Für weit verbreitetes Haufwerk, wie es bei Aufbrüchen anfällt, eignet sich auch der Verladeschraper (Bild 14). Bei diesem läuft ein Schleppkübel zwischen einer Umlenkrolle, die provisorisch in die Ortsbrust verankert wird, und dem fahrbaren Antrieb. Der Aushub wird in einer Verladerinne unter diesem durch nach dem hinten stehenden Förderwagen geschleppt<sup>3)</sup>.

Im Grossprofil wird der spurfreie Löffelbagger verwendet. Nachdem am Lappland-Kraftwerk an den Porjusfällen ursprünglich der Handverlad im ersten der Unterwasserstollen von 50 m<sup>2</sup> angewandt worden war, stellte man zur Beschleunigung der Bauetappe 1935/38 den Betrieb für den zweiten Stollen auf einen Marion-Löffelbagger mit Wechselstromantrieb um (Bild 15). Der Löffel fasste 0,95 m<sup>3</sup> und die hölzernen Kippwagen 4,2 m<sup>3</sup> Granitfels<sup>3)</sup>. In der Kaverne von Innertkirchen wurde ebenfalls ein Löffelbagger, allerdings nur für den Kernabbau, benutzt.

Das Verladen in dem beengten Raum unter Tag ist jedoch schwieriger, als im Freien. Wenn dafür ein Gerät des Erdbetriebs eingesetzt wird, so darf man dies nur als Kompromiss bewerten, der in Ermangelung eines Spezialgeräts eingegangen wurde.

### 6. Die Förderung

Ein schwaches Glied in der Organisation eines Tunnelbaues ist häufig die Förderung. Besonders sind die Muldenkipper, die aus dem allgemeinen Tiefbau übernommen werden, zu leicht konstruiert und meistens auch zu klein. Auf alle Fälle müssen Verladeeinrichtungen und Muldenkipper aufeinander abgestimmt sein.

Die Normierung brachte die Beschränkung auf 60 cm, 90 cm oder Normalspur, oder man wählt den gleisfreien Betrieb. Da der Wagenwechsel vor Ort ebensoviel Zeit beansprucht, wie das Laden, sollen die Mulden gross sein. Die Atlas-Lademaschine füllt eine 3/4 m<sup>3</sup> Mulde der 60 cm Spur in sechs Gängen und ein Bucyrus-Erie-Bagger, Typ 42 B mit 1,3 m<sup>3</sup> Löffelinhalt eine 4 m<sup>3</sup> Mulde der 90 cm Spur in drei Gängen. Entsprechend der Stückgrösse, die das Verladegerät noch fassen kann, muss der Wagen robust gebaut sein, um ohne Schaden die Fallarbeit beim Verlad aufnehmen zu können.

Lademaschine und Zughackenlader sind der 60 cm und ausnahmsweise noch der 75 cm Spur angepasst; der letztgenannte ladet Wagen bis 1,2 m<sup>3</sup>. Für den Bau eines langen Bahntunnels ist sicher die Normalspur die rationellste. Allerdings wächst mit der Spurweite auch der Minimal-Radius und die Gleisanlagen bedingen eine geplante Trasse.

In Amerika ist im einspurigen Betrieb für den Wagenwechsel vor Ort die vertikale Kreuzung (Bild 17) beliebt<sup>3)</sup>. Dabei wird der Leerwagen durch einen sogen. «cherry picker» hochgehoben, sodass das Manöver darunter durchgehen kann. Allerdings wird hierbei der Gleistraktor während der ganzen Ladezeit gebunden.

Auf einer Baustelle in Nord-Schweden ist das Hissen der Wagen auch für den zweisepurigen Betrieb, in einem Profil von 30 m<sup>2</sup> bei 8000 m Tunnellänge vorgesehen. Damit kommt der ständige Vorbau und der unsichere Betrieb einer Kreuzung in Ortsnähe in Wegfall. An der Brust wird auf jedem Gleiskopf eine Atlas-Lademaschine schüttern. Rückwärts sollen auf einem Gleis die Leerwagen und auf dem anderen die beladenen stehen. An der Hinterwand des Bohrgerüsts, das ausserliegend ein eigenes Gleis besitzt, hängt ein Hebezeug (Typ Demagaufzug)

<sup>3)</sup> Siehe Fussnote <sup>3)</sup> Seite 261 letzter Nummer.

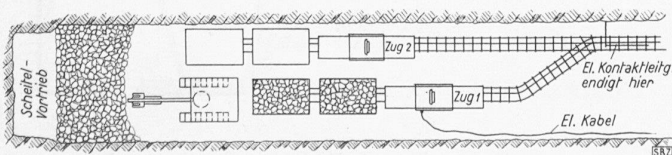


Bild 15. Verladen mit Elektro-Löffelbagger in einem Stollen des Lappland-Kraftwerkes an den Porjusfällen

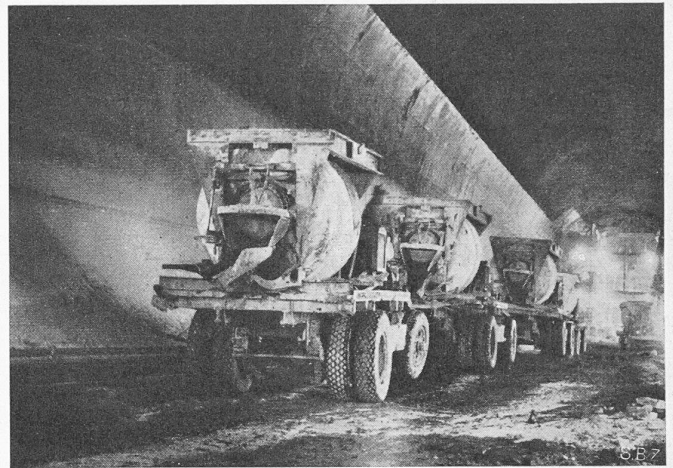


Bild 16. Gleisfreier Betontransport in einem Stollen des Boulder-Kraftwerkes, U. S. A., 1932. Stollendurchmesser 15 m

an einer Querschienen und besorgt die kreuzweise Verschiebung der Voll- und Leerwagen zwischen den beiden Zugskompositionen und den beiden Lademaschinen (Bild 19).

Ein bedeutendes Beispiel für gleisfreien Betrieb lieferte 1931/33 der Bau des Zuleitungsstollens von 15,10 m Durchmesser zum Elektrizitätswerk am Boulder-Dam, U. S. A. Aushub und Beton wurden dort ausschliesslich durch Benzin-Lastwagen von 10 bis 12 t Nutzlast verfahren (Bild 16). Ohne Zweifel ist diese Förderweise dort am Platze, wo über Tag bestehende Strassenanlagen benutzt werden können. Im Unterwasserstollen des Järp-Ström-Elektrizitätswerkes wählte man sie 1940/42, namentlich weil die Lastwagen mit 4 m<sup>3</sup> Laderaum gut auf den Bagger mit einem Löffelinhalt von 1,9 m<sup>3</sup> abgestimmt waren, wofür die Bruttoleistung von 50 m<sup>3</sup>/h spricht. Um dabei Reifen und Brennstoff zu sparen, versah man sogar die Stollensohle provisorisch mit einem einfachen Strassenbelag.

Wegen dieser Förderart musste der Bewetterung besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Wegweisend waren hierfür die deutschen Vorschriften über die Verwendung von Diesellokomotiven in Gruben. Diesen entsprechend wurde der zulässige Anteil an CO-Gasen im Wetter auf 0,02 % beschränkt. Für einen gleichzeitigen Verkehr von sechs Diesel-Lastwagen musste die Ventilation 8 bis 20 m<sup>3</sup>/s Frischluft liefern. Die Wetterleitung mass 1,3 m im Durchmesser und wurde aus hölzernen Planken von 3 cm Stärke gefügt. Das Holzrohr war halb so teuer, wie ein solches aus Blech und ausserdem handlicher für den Transport. Im Winter waren jeweils max. 16 m<sup>3</sup>/s Frischluft durch vier elektrische Oefen von insgesamt 600 kW von -25° C auf +5° C erwärmt worden. Durch die Beachtung dieser Sicherheitsmassnahmen konnte der gleisfreie Betrieb voll ausgenutzt werden. Er erwies sich als anpassungsfähig und flüssig.

### 7. Die Mauerung

In Amerika wird auch die Mauerung weitgehend mechanisiert. Sie erfordert zu einem sinnvollen Aufbau eine Mindeststrecke von 150 bis 200 m.

Die Rationalisierung beginnt schon beim Versand des Bindemittels in der Fabrik. Dieses wird nicht mehr in Säcken oder Fässern, sondern in Wagenladungen von 20 t verfrachtet. Auf der Baustelle wird der Zement von einem Gebläse erfasst und durch Schlauch und Rohr in den Silo gefördert.

Eine Leistungssteigerung der Mischanlage verspricht der kontinuierliche Mischer mit Zuteilschnecken. Beim Betonpumpbetrieb fallen schwere Gerüste dahin, die für das Verfahren durch Muldenkipper oder Aufzüge nötig sind. Die Pumpleitungen sind jedoch auf einige 100 m Länge beschränkt.

Die Blechschalung ist verfahrbar und selbsttragend. In kleinen Profilen wird die Schalung für den ganzen Umfang gleichzeitig montiert. Dies geschah zum Beispiel 1933 beim Grundablass-Stollen des Bouquet-Reservoir in Californien (Bild 20). Er

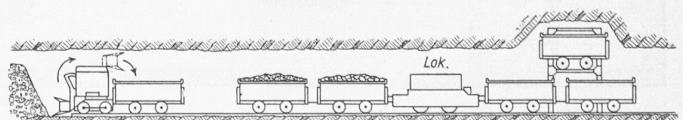


Bild 17. «Cherry-picker», Vertikalkreuzung zum Auswechseln der Förderwagen vor Ort im eingleisigen Betrieb



Bild 18. Gepresste Stahlplatten für den Einbau beim Colorado-River-Aquaedukt. Im Hintergrund A. L. Sonderegger, Dipl. Ing. E. T. H., Grundwasserexperte



Bild 20. Blaw-Knox Stahlschalung in einem Stollen des Bouquet-Reservoir in Kalifornien

fährt durch Biotitschiefer, misst 2,30 m im Lichten und erhielt eine Betonverkleidung von 30 cm Stärke. Die zwei Blaw-Knox Schalungselemente für Sohle und «Dach» wurden auf 10 bis 20 m Länge montiert. Die Betonierung erfolgte in einem Guss mit einer Ransompumpe. Zum Ausschalen besass das Dach in Kämpferhöhe zwei scharnierte Keile und ein Scharnier im Scheitel. Es wurde hierauf auf einen Transportwagen abgesetzt und im Lichtraum der weiteren Schalung verfahren. Die Tagesleistung war auf 15 m festgelegt.

Falls das Profil ausreicht, soll die Blechschalung ihr eigenes Gleis haben und den Förderraum nicht versperren. Gleich hinter dem Ausbruch werden dann auf dem anstehenden Fels etwa alle 2 m genau einnivellierte Betonsockel erstellt. Sie gehen später im endgültigen Mauerwerk auf und sind mit dessen Innenfläche bündig. Darüber werden beidseits des Fördergleises Schienen von kräftigem Profil verlegt. Als erstes Gefährt erscheint dann die Profilierungsbühne (trimming car), von der das Stollenprofil nachgearbeitet wird. Dann folgen solche, die die ganzen Schalungssegmente oder Elemente derselben tragen. Normalerweise wird die Schalung abgesetzt und gegenseitig verspannt. Mittels Keilstücken und Scharnieren soll sie soweit zusammenlegbar sein, dass die einzelnen Segmente untereinander durchgeschoben werden können. Die Sohle wird im Grossprofil zum Schluss eingebracht, worauf das Gleis im fertigen Stollen entfernt wird.

**8. Die Gerätemieten**

Derart spezialisierte und teure Geräte setzen einen häufigen Einsatz voraus, damit sie richtig amortisiert werden können. Vor allem haben sich die Projektverfasser an einige Standardprofile zu halten. Man liest darum gelegentlich in ausländischer Literatur, dass ein Stollenprofil wegen einer vorhandenen Lademaschine oder Schalung um einige Dezimeter erweitert wurde. Immer häufiger wird man aber auch zu Leihgeräten greifen müssen.

Für die Bewertung dieser Mietgeräte hat das deutsche Kriegsbauwesen eine vortreffliche Basis geschaffen<sup>10)</sup>. Die Wirtschaftsgruppe Bauindustrie verfasste 1939 eine Liste über Ab-

<sup>10)</sup> Wirtschaftsgruppe Bauindustrie: «Abschreibung und Verzinsung für Maschinen und Grossgeräte». H. Klokow, Berlin SW. 68, 1939.

schreibung und Verzinsung für Maschinen und Grossgeräte als Grundlage für sämtliche Baupreisberechnungen und Berechnungen der Baugerätemieten. Sie enthält in fünf Spalten: 1. Neuwert, 2. Gewicht, 3. Nutzungsdauer, 4. Monatliche Miete (Abschreibung und Verzinsung) in Prozenten des Neuwertes, 5. Monatliche Miete in Geldwert. Geordnet nach elf Gruppen werden 256 Geräte von insgesamt 840 Typen erfasst. Nicht berücksichtigt wurden Werkzeuge und Kleingeräte. Solche sollen im Sinne von Verbrauchsmaterial käuflich erworben werden.

An Hand des Neuwertes wird die jährliche Miete als Summe aus Abschreibungs- und Verzinsungssatz nach folgender Formel der Rentenrechnung ermittelt:

$$X = \frac{q^n (q - 1) 100}{q^n - 1}$$

Darin bedeuten:

- X = jährlichen Abschreibungs- und Verzinsungsanteil in Prozenten des Geräteneuwertes;
- q = Verzinsungsfaktor = 1 + p/100;
- n = Nutzungsdauer in Jahren, beschränkt auf 4, 5, 6 1/2, 8, 10, 12, 15 Jahre;
- p = Zinsfuß, normalerweise 5 % (bzw. 3 %);
- 100 = Aequivalent des Geräteneuwertes.

Die dermassen errechnete Miete setzt den ununterbrochenen Einsatz des Gerätes während diesen n Jahren voraus. Um auch dem Wertverzehr während Stilliegezeiten im Gerätehof des Vermieters Rechnung zu tragen, wird dieser theoretische Wert um 66 % erhöht. Die Miete beruht auf dem Einsatz in einer Schicht von 200 Dienststunden pro Monat, von denen 2/3 eigentliche Betriebsstunden sind. Der Mehrschichtenbetrieb wird zusätzlich berücksichtigt. Die laufenden und Schlussreparaturen werden gegen Nachweis rückerstattet oder pauschal entschädigt. Diese einheitlichen Gesichtspunkte sind für den Baukaufmann ebenso plausibel, wie für den Techniker.

Als Zahlenbeispiel diene ein fahrbarer Kompressor mit einem Neuwert S = 12000 Fr. und einer Nutzungsdauer von n = 6,5 Jahren bei p = 5 % Zins.

$$q = 1 + \frac{5}{100} = 1,05$$

Die theoretische Amortisation und Verzinsung beträgt pro Jahr:

$$X_J = \frac{1,05^{6,5} (1,05 - 1) 100}{1,05^{6,5} - 1} = 18,8 \%$$

und pro Monat einschliesslich Zuschlag für Wertverzehr während Stilliegezeiten:

$$X_m = \frac{18,8}{12} \cdot 1,66 = 2,6 \%$$

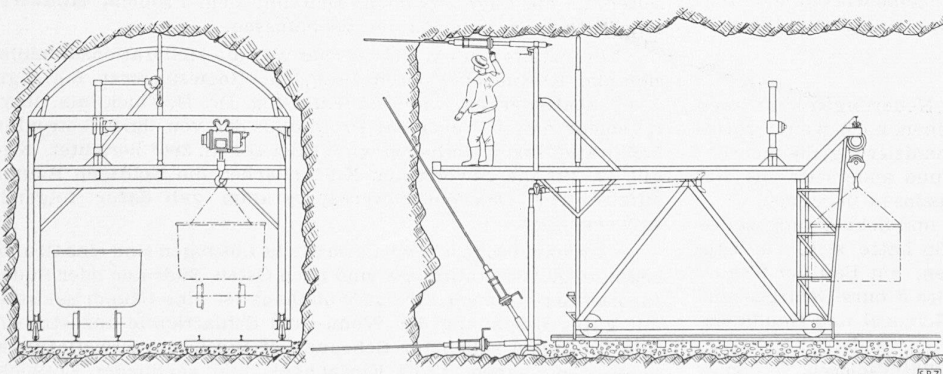
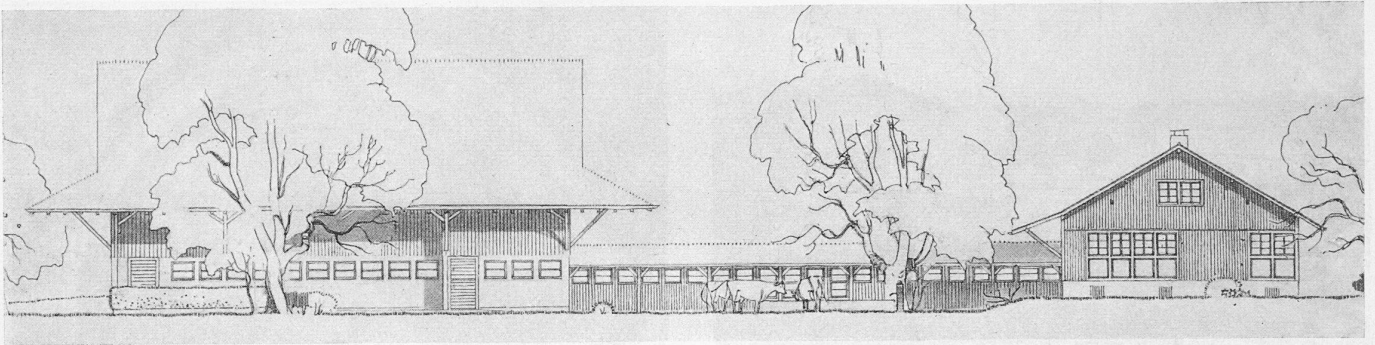
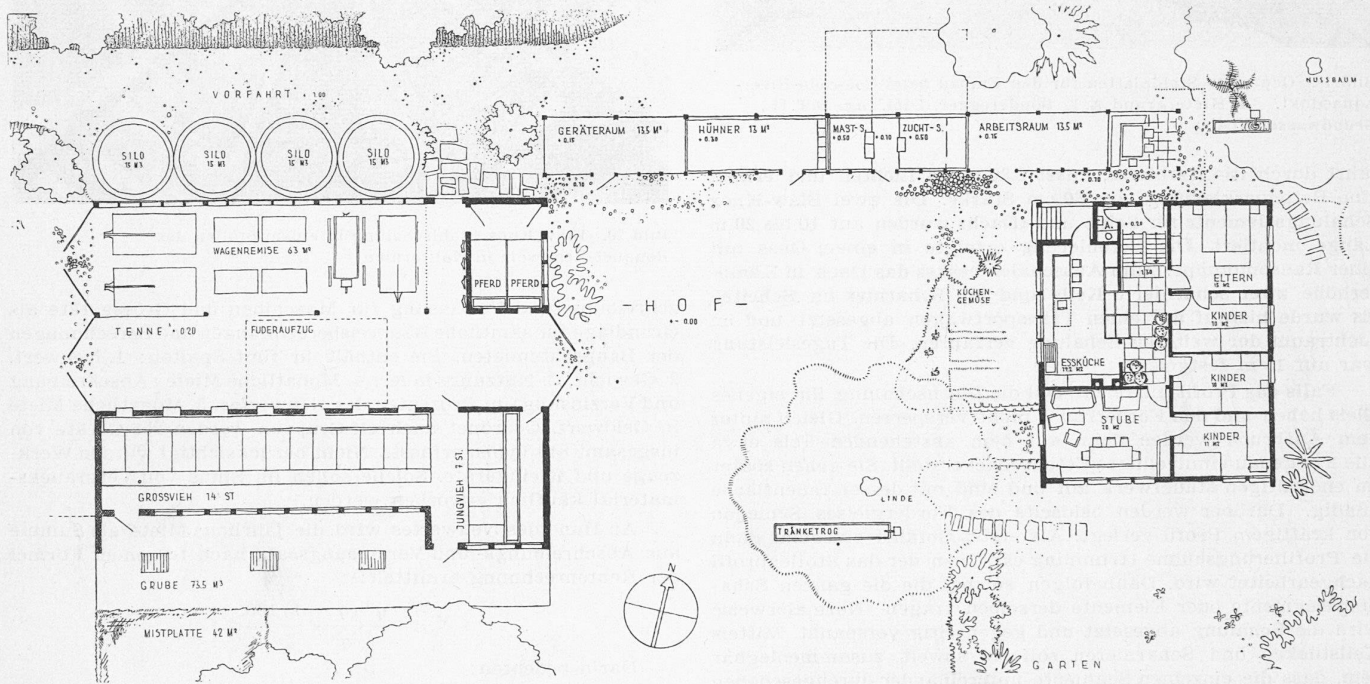


Bild 19. Projekt der Atlas Diesel A.-G. für das Bohrgerüst und die Förderung in einem Eisenbahn-Tunnel der Erzzechen in Kiruna (Schweden). Masstab 1:125



1. Preis, Typ III, Südansicht, unten Erdgeschoss-Grundriss. Masstab 1 : 300



Die Miete ist dann pro Monat :

$$M = 12000 \text{ Fr.} \cdot 2,6\% = 312 \text{ Fr.}$$

Analog berechnen sich die monatlichen Mieten für die übrigen Nutzungstermine zu :

3,9 %	für	4	Jahre
3,2 %	für	5	Jahre
2,6 %	für	6 1/2	Jahre
2,1 %	für	8	Jahre
1,8 %	für	10	Jahre
1,6 %	für	12	Jahre
1,2 %	für	15	Jahre

Da die unterstrichenen Werte in der sogen. WIBAU-Liste figurieren, können nicht nur die Mietkosten, sondern auch Interpolationen derselben von wenig geschultem Werkpersonal aufgestellt werden. Dieses Verzeichnis über Gerätemieten hat im Bereiche der deutschen Bauindustrie verbindliche Kraft. Die Liste ist für jede Kalkulation auf einer Baustelle eine wertvolle Grundlage. Es wäre nur zu wünschen, dass für unsere Verhältnisse ein Analogon geschaffen würde<sup>11)</sup> <sup>12)</sup>.

**9. Zusammenfassung**

Durch den kombinierten Einsatz aller Neuerungen kann auch der Tunnelbau, besonders in langen Strecken, noch weiter rationalisiert werden. Es ist einerseits die Mechanisierung, die menschliche Arbeitskraft, also Löhne, erspart und andererseits die Beschleunigung, die den unproduktiven Bauzinsen begegnet.

Neuzeitliche Bauweisen, Bohrtechnik und Schutterung sollen aber stets sinnvoll angewandt werden. So hatte sich, um zum Schluss noch ein Gegenbeispiel zu zitieren, am Bau der Trans-Iranbahn, 1928/39, in der oberen Kreide des Elburs-Gebirges und den Bergen Luristan's, der Mineur mit Schlegel und Handmeis-

<sup>11)</sup> Eidg. Volkswirtschaftsdepartement Preiskontrollstelle: Verfügung Nr. 628, A/42 und A/44 über Mietpreise für Rollbahnanlagen, Verfügung Nr. 659, A/43 und A/44 über Mietpreise für Baumaschinen.

<sup>12)</sup> Der Geniechef der Armee: Verordnung über die Requisition von Bauinventar, Nr. 35274, A. H. Q., 1940.

sel, für Tunnel bis etwa 600 m Länge, erneut bewährt. Seine Leistungen erreichten sogar 2/3 derjenigen, die dort mit Druckluftwerkzeugen zustande kamen.

Lange Stollen und Tunnel, wie sie immer häufiger von der Elektrizitätswirtschaft und dem Verkehrswesen geplant werden, können aber durch diese Entwicklung des Tunnelbauwesens massgebende Baubeschleunigung und Verbilligung erfahren.

**Wettbewerb für landwirtschaftliche Siedlungsbautypen im st. gallischen Rheintal**

Auf Wunsch des st. gallischen Kantonsbaumeisters veröffentlichten wir nachträglich die Ergebnisse dieses Wettbewerbes, der gerade vor Jahresfrist abgeschlossen worden ist. Es waren dabei Aufgaben zu lösen, die, obwohl nicht schwierig, den Architekten im allgemeinen nicht geläufig sind, weil sie offenbar selten in die Lage kommen, sich mit dem Problem landwirtschaftlicher Siedlungsbauten zu befassen.

Veranstalter des Wettbewerbes war die Meliorationskommission der Rheinebene, deren Präsident Regierungsrat Ing.-Agr. J. J. Gabathuler ist, während Kult.-Ing. Dr. H. Fluck als Ober-Ingenieur amtiert. Ueber das Programm der von ihnen betreuten Meliorationsarbeiten haben wir in Bd. 120, S. 286\* berichtet. Nun gilt es, für die gewonnenen Kulturflächen die richtigen Bauten aufzustellen. Das Wettbewerbsprogramm gab dafür folgende Anweisungen :

«Zweckmässige und wirtschaftliche Lösungen sind eine Grundbedingung. Die Stallräume sind nach Osten, Südosten oder Süden zu orientieren. Auch für das Wohnhaus ist eine Grundrisslösung mit guter Besonnung der Wohn- und Schlafräume anzustreben. Alle Bautypen sollen für Scheune mit Stall eine Erweiterungsmöglichkeit haben. Trotz Einfachheit und sachlicher Entwicklung soll auch der neuzeitliche Siedlungsbautyp der Landschaft Reiz und Gepräge verleihen und sich der Landesgegend anpassen.