# Die Bedeutung des Bausystems bei der Ausführung von Eisenbahntunneln

Autor(en): **Andreae, C.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **75/76 (1920)**

Heft 24

PDF erstellt am: **28.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-36472

**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**

INHALT: Die Bedeutung des Bausystems bei der Ausführung von Eisenbahn-Tunneln. — Die Wasserkraftanlage „Gösgen" an der Aare. — Ideen-Wettbewerb für die Erweiterung der Regierungsgebäulichkeiten in St. Gallen. — Einige Tatsachen betreffend Quecksilberdampf-Gleichrichter. — Die hydraulische Kraftakkumulierung und die schweizerische Sammelschiene. — Vereinheitlichung der Betriebspannungen der schweizerischen Kraftwerke. — Miscellanea: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein. Zur Förderung des Ausbaues der Wasserkräfte in Oesterreich. Eidgenössische Kohlenkommission — Nekrologie: A. Simonius. L. Bridler. — Konkurrenzen: Neubau des Bezirkspitals in Biel. — Vereinsnachrichten: Basler Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Stndierender: Stellenvermittlung.

Band 75. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 24.

# Die Bedeutung des Bausystems bei der Ausführung von Eisenbahntunneln.

Unter diesem Titel hat Ing. C. Andreae in Zürich in Nr. 3 und 4 dieses Bandes der S. B. Z. eine kurz gefasste, zutreffende Darstellung des Verhaltens des Gebirges nach der Herstellung von Hohlräumen durch Stollen und Vollausbruch, der Anwendbarkeit der verschiedenen Bausysteme, der Höhenlage des Richtstollens und der Baubetriebsweise veröffentlicht, die ich in zwei Punkten noch vervollständigen möchte.

1. *Die Länge* des der vordersten (jüngsten) Arbeitszone vorauseilenden *Richtstollens*, den man heute bei längeren Tunneln wohl nur mehr als Sohlenstollen ausführt, wird in günstiger Weise mit rund 1000 *m* angenommen. Gelingt es anfänglich nicht, dem Fortschritt vor Ort mit dem Vollausbruch und der Mauerung zu folgen, so besteht aber trotzdem kein Grund, mit dem Vortrieb des Richtstollens etwa zurückzuhalten. Von ihm hängen die ganzen Arbeiten in den sogen. Arbeitszonen ab, also die Anzahl der gleichzeitig im Betrieb stehenden Aufbruch-, Anschluss- und Schlussringe oder Längsstrossen und damit der tägliche Gesamtfortschritt an fertiger Tunnelröhre.

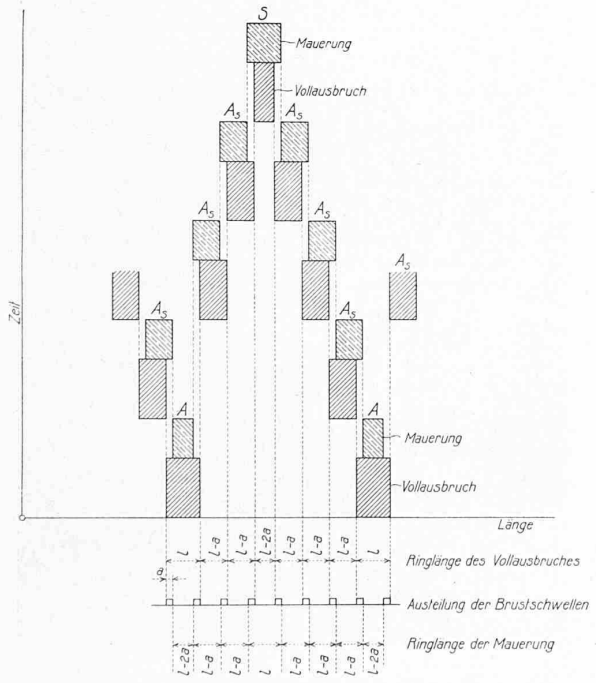


Abb. 1. Schema der österreichischen Bauweise mit ringweisem Abbau (Vollausbruch) und ringweiser Mauerung in Zeitfolge ihrer Angriffstellen innerhalb einer Arbeitszone von sieben Ringen.

Treten im Sohlenstollen grössere Hindernisse auf, etwa grosse kalte Quellen wie am Mont d'Or-Tunnel, oder gar heisse Quellen wie am Simplon-Tunnel, starker Druck aus irgend welchen Ursachen, Bergschläge oder grosse Erosionshohlräume wie im Karst oder Tennengebirge, so kann es vorkommen, dass der Stollenvortrieb auf Monate hinaus lahmgelegt oder erheblich verzögert wird.

Wenn nun inzwischen Vollausbruch und Mauerung mit einem für gut belüftete lange Tunnel normalen Tages-Fortschritt von 8 bis 9 *m* nachrücken, könnte es leicht vorkommen, dass die vorderste Arbeitszone, das Feldort des Richtstollens, bezw. die letzten 100 *m* davor, erreicht würden und dass dann keine Angriffstellen für weitere Aufbruchringe mehr zur Verfügung stünden, was unbedingt zu einer grossen Störung des Baubetriebes führen und eine Verminderung der Arbeiterzahl nach sich ziehen müsste. Aus Rücksicht auf die Kontinuität der Arbeiten ist ein weit vorauseilender Richtstollen wohl erforderlich. Er ist es auch nicht, der die den Bestand des Tunnels gefährdenden Auflockerungen mit sich bringt, wenn nicht rechtzeitige nötige Absicherungen leichtsinniger Weise versäumt werden.

Die Forderung, im gebrächen, rolligen und sich chemisch zersetzenden (blähenden) Gebirge keine vorzeitigen Durchörterungen vorzunehmen, ist aber bei Anwendung des österreichischen Bausystems unbedingt an den Firststollen zu stellen, bezw. an den Firstschlitz, der aber in solchem Gebirge besser nicht zur Anwendung kommen sollte. In den erwähnten Gebirgsarten darf bei Auftreten erheblicher Druckerscheinungen der Firststollen nur so weit vorgetrieben werden, als er für die Inangriffnahme des Vollausbruches des an die Reihe kommenden Ringes erforderlich ist. Dann steht das Gebirge nicht unnötig lang auf Holz und findet meistens nicht die Zeit, grössere Auflockerungen mitzumachen, die weitgreifende Bewegungen und stetig anwachsende Druckerscheinungen nach sich ziehen.

Aber auch hier braucht man, wenn man beim Vortrieb Verbrüche peinlich vermeidet, im allgemeinen nicht zu ängstlich zu sein. Die Druckerscheinungen treten hauptsächlich im Vollausbruch auf, da der Druck erfahrungsgemäss nicht proportional der Aufschlussfläche, sondern in erheblich grösserem Masse zunimmt. Aeusserst wichtig ist ein solider und gegen Längsbewegung in der Richtung der Tunnelaxe gehörig abgestrebter Brustverbau des jeweils in Arbeit stehenden Ringes, da ein geringes Nachgeben der Brust diesem und dem nächsten Anschlussring die allergrössten Schwierigkeiten zufolge der sich in grossem Masstab ausbreitenden Auflockerungen bereiten kann. Und ebenso wichtig ist bei jedem angewendeten Bausystem die Vermeidung von Verbrüchen durch kunstgerechte Zimmerung. (Hierüber wird die demnächst erscheinende neue [4.] Auflage des „Tunnelbaues" im Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften ausführlich handeln.)

Einig mit dem Verfasser kann aber nicht genug betont werden, einen einmal begonnenen Vollausbruch in drückendem Gebirge möglichst rasch zu beenden und ebenso rasch als möglich die Mauerung durchzuführen.

2. *Die Betriebsweise*, die sich bei den Tunneln durch den Weissenstein, Lötschberg (Nordseite), Grenchenberg und Simplon II ausgebildet haben soll, ist nicht neu. Die bekannten Tunnelbauer Oberbaurat Ing. Hannack † und Prof. Ing. Steinermayr † wandten die angedeutete Betriebsweise schon am Arlbergtunnel an. Systematisch ausgebildet wurde diese Betriebsweise in den Jahren 1898 bis 1900 bei den Tunneln im Jeschkengebirge in Böhmen und bei den grossen Tunnelbauten der zweiten Bahnverbindung mit Triest (Tauern-, Karawanken-, Wocheiner- und Bosrucklinie in den Jahren 1901 bis 1910).

In nebenstehender Abbildung 1 bedeutet: $A$ = Aufbruchring; $As$ = Anschlussring; $S$ = Schlussring; $l$ = durchschnittliche Ringlänge und $a$ = Stärke der Brustschwellen.

Der angedeuteten Betriebsweise besser Rechnung tragend, als wie in Andreaes Abb. 1 (auf S. 35 lfd. Bds.) dargestellt, war nicht jeder fünfte Ring ein Aufbruchring (zwischen zwei Aufbruchringen drei Zwischenringe), sondern jeder achte Ring (je sechs Zwischenringe). Nur in sehr

günstigem standfestem Gebirge wäre es möglich, neben einem Aufbruchring beide Anschlussringe gleichzeitig in Arbeit stehen zu haben oder gar *vor* erfolgtem Gewölbeschluss des Aufbruchringes die beiden Anschlussringe in Arbeit zu nehmen. Gestattet das Gebirge eine solche Arbeitsweise, so ist es nicht nötig, ringweise vorzugehen; es kann dann vielmehr Ausbruch und Mauerung in den einzelnen Zonen strossenförmig durchgeführt werden, was stets den billigsten Baubetrieb ergibt.

Die der obigen Abbildung 1 entsprechende Ringlänge beträgt je nach Gebirgsklasse 6 bis 10 *m*, die Zonenlänge daher 42 bis 70 *m*. Im Durchschnitt kann mit 8 *m* Ringlänge, gleich *Kronbalkenlänge,* gerechnet werden.

Der Bauvorgang bringt es mit sich, dass das Mauerwerk des Aufbruchringes *innerhalb* der beiden Brustschwellen aufgeführt wird, denn es wäre in drückendem Gebirge nicht gut möglich, die auf den Brustschwellen stehenden Ständer, an die der Brustverbau abgesteift ist und die die Kronbalken tragen, während der Mauerung zu entfernen, ohne die Brust des Nachbarringes, die nun sicher schon beansprucht ist, zu lockern und vermehrten Axialschub, dem dann starker Firstdruck folgen müsste, zu provozieren. In unserer Abbildung 1 ist dargestellt, wie sich Vollausbruch- und Mauerungslänge verteilen. Bei der Ringausteilungs- und Kronbalkenlänge $l$ und der Brustschwellenstärke $a$ ergibt sich die wirkliche Ringlänge des *Vollausbruches:*

im Aufbruchring . . . . . zu $l$
in den Anschlussringen . . . zu $l - a$
im Schlussring . . . . . zu $l - 2a$

und die wirkliche Ringlänge der *Mauerwerkes:*

im Aufbruchring . . . . . zu $l - 2a$
in den Anschlussringen . . . zu $l - a$
Im Schlussring . . . . . zu $l$.

Dieser Arbeitsvorgang hat, abgesehen davon, dass er der Forderung der Erzeugung möglichst geringer Gebirgsbewegungen am besten Rechnung trägt, den Vorteil, dass die in einem geschlossenen Ring in Verwendung gestandenen und — so weit möglich — während der Mauerung in ihrer vollen Länge unzerstückelt entfernten Kronbalken im Anschlussring wieder verwendet werden können, falls sie nicht vom Gebirgsdruck zerdrückt worden sind. Wie sich aus diesem Vorgang ergibt, dient das noch stehende Brustgespärre des fertig gemauerten Ringes dem nun in Angriff zu nehmenden Anschlussring wieder als Brustgespärre (s. Abbildung 2). [Die auf der Brustschwelle stehenden und am Ringende hinter dem Gewölbe aufragenden Ständer über der Brustschwelle tragen keine Kronbalken mehr. Nach Inangriffnahme des Vollausbruches des Anschlussringes dienen sie aber wieder der Stützung der neu einzulegenden Kronbalken.]

Nach dieser Erörterung werden nun die Vorzüge der österreichischen Baubetriebsweise verständlich. Die zwei Aufbruchringe *A* (in langen Tunneln zehn solcher Ringe und mehr) werden miteinander begonnen, ausgebrochen und gemauert. Es wäre nun aber ein grosser Fehler, der sich schon oft gerächt hat, im *gebrächen* Gebirge noch während der Mauerung des Aufbruchringes den einen oder gar beide Anschlussringe in Angriff zu nehmen. Erst *nach Schluss* des Aufbruchringes darf *ein* Anschlussring in Abbau genommen werden und erst nach dessen Schluss der nächste Anschlussring (s. Abbildung 1). Würden neben einem fertigen Aufbruchring beide Anschlussringe gleichzeitig in Abbau genommen, so würde ein gebräches Gebirge durch die unvermeidlichen Setzungen zufolge der Auswechslung der beim Abbau nötigen Hilfsgespärre und dem Zusammenbeissen der Hölzer zufolge des Druckes auf eine derartig grosse Zone gleichzeitig aufgelockert und druckhaft werden, sodass verstärkte Mauerungsprofile nötig würden. Und schon öfters ist bei Begehung dieses Fehlers der bereits fertige Aufbruchring selbst zufolge des künstlich geschaffenen und stetig angewachsenen Druckes zugrunde gegangen.

Wird aber dem hier notwendigerweise einzuhaltenden Prinzip Rechnung getragen, so ist diese Bauweise die geeignetste, um sogar im rolligen Gebirge (Tauerntunnel Nordseite) und im Schwimmsand (Türkenschanztunnel der Wiener Stadtbahn) das Entstehen von Gebirgsbewegungen auf ein Mindestmass zu beschränken und trotzdem einen grösstmöglichen Arbeitsfortschritt zu erzielen.

Kommt aber der Tunnel aus einer Druckzone in standfestes Gebirge oder in Gebirge, das an und für sich drucklos ist, jedoch wegen der Lage von Schichtung und Klüftung Tendenz zur Loslösung einzelner Platten zeigt und deshalb leichten Deckenschutz erforderlich macht, dann bietet diese Betriebsweise gar kein Hindernis, innerhalb einer oder mehrerer Zonen zwei Ringe miteinander und auch gleichzeitig neben einem Aufbruchring zu beginnen, oder fortlaufenden Strossenbau, oder das belgische System zur Anwendung zu bringen, ohne dass auch nur im Geringsten die Arbeit in einer etwa wieder nachfolgenden und streng nach den Regeln dieser Betriebsweise abzubauenden gebrächen Gebirgspartie gestört würde.

Sinngemäss einig mit Andreae ist zu betonen, dass ganz allgemein den geologischen Verhältnissen, dem Streichen und Fallen von Schichten und Klüften, Gängen und Verwerfern, dem Verhalten des erschlossenen Gebirges bei Berührung mit Luft und Wasser, erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werde, um mannigfache Fehler, die zur Zeit begangen wurden, als die Geologie noch vielfach als unbequeme und nicht praktische Wissenschaft betrachtet wurde, zu vermeiden, unter welchen Fehlern ältere Eisenbahntunnel zum Teil schon sehr leiden (Cornallaztunnel, Hausrucktunnel u. a. m.).

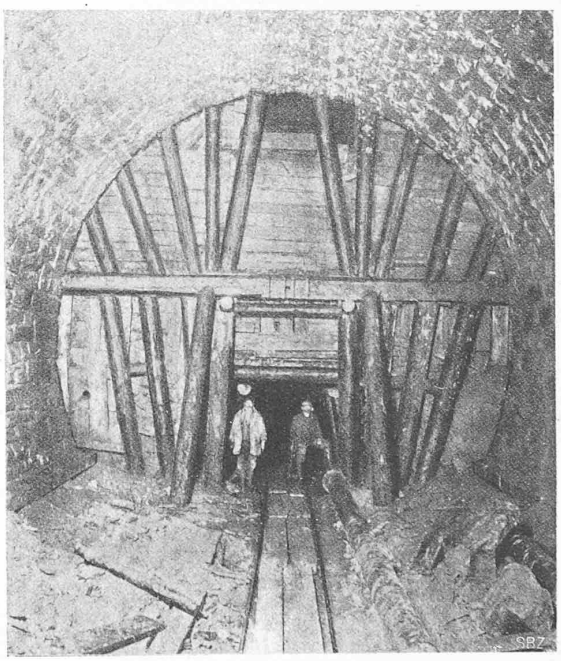


Abb. 2. Brustverbau eines geschlossenen und bereits ausgeschalten Aufbruchringes in rolligem Gebirge des Tauern-Tunnels.

[Die Reste der abgeschnittenen Unterzüge und die kräftige Abspreizung der zweiteiligen Brustschwelle sind deutlich erkennbar. Der Axialschub des Gerölles wurde vollkommen aufgefangen und jede Deformation vermieden.]

*Rziha,* der Altmeister des Tunnelbaues, dessen Wahrspruch Andreae erwähnt: „Zur grössten Kunst des Tunnelbaues gehört es, den Druck fernzuhalten", hätte aber nach allem Dargelegten „*Bewegung*" statt „Druck" sagen sollen. Einen gewissen Druck, den die Erddrucktheorie festzustellen lehrt, kann keine Kunst abwenden. Im gebrächen, rolligen und plastischen Gebirge ist Druck a priori vorhanden und ihm entsprechend muss mit Hilfe der Gewölbetheorie das Tunnelprofil geformt und bemessen werden.

*Gebirgsbewegung* und damit die Einwirkung eines unnötig grossen Teiles der Gebirgsüberlagerung durch das

Gewicht wird hervorgerufen durch: unzweckmässige Ausbrucharbeit; zu grosse Ausbruchräume; zu geringe Entfernung einzelner gleichzeitig in Ausführung befindlicher Abbaustellen; mangelhafte Abstützung des Einbaues (hauptsächlich zu grosse Entfernung der Brust- und Mittelschwellen; Unterlassung des Einlegens von Unterzügen unter diesen Schwellen, leichtfertige Unterfangung der Kronbalken durch die provisorischen Gespärre während des Kalottenausbruches, schlechten Brustverbau, schlechte Getriebezimmerung); ungenügendes Verfüllen etwa entstandener Hohlräume sowohl während des Ausbruchs wie während der Mauerung; Vernachlässigung der Messung des Zusammengehens der Widerlager fertig gemauerter Ringe und infolgedessen zu spätes Einlegen der Sohlengewölbe; Belassung von Einbauhölzern hinter dem Mauerwerk (nur die Verpfählungsdielen dürfen liegen bleiben).

Nur bei Verhütung von Bewegung und Lockerung wird der bei Begehung der angeführten Fehler nicht a priori vorhanden gewesene, sondern erst *erzeugte* Druck gewölbeartig seitwärts über den Tunnelraum hinaus übertragen.

Es ist daher die grösste Kunst und Aufgabe des Ingenieurs, durch rechtzeitige Erkenntnis der Natur des Gebirges jenen Arbeitsvorgang und jene Konstruktionen anzuordnen, die Bewegungen im Gebirge hintanhalten. Dazu gehören, abgesehen von der reinen Fachausbildung, geologische Kenntnisse, Beobachtungsgabe und statisches Gefühl.

Nicht alle Schwierigkeiten beim Tunnelbau, aber ein grosser Teil davon, entstehen erst durch die Vernachlässigung der angedeuteten wichtigen Aufgaben und sie haben zur Folge, dass der Bau gefahrdrohend und kostspielig und dass die geplante Beschleunigung des Baues verunmöglicht wird, die Standfestigkeit des Bauwerkes bedroht und Wiederherstellungsarbeiten erforderlich werden.

Alles Dargelegte gilt natürlich nicht nur für Eisenbahntunnel, sondern für Gebirgsdurchörterungen zu jedem möglichen Zweck, wie für Strassentunnel, Wassertunnel, Hauptförderstrecken für grosse Bergbaubetriebe u. s. f.

Böckstein, am 3. März 1920. Ing. *K. Imhof.*

### Bemerkungen zu vorstehendem Aufsatz.

Ad 1. Es ist richtig, dass die Druckerscheinungen hauptsächlich im Vollausbruche auftreten, sie können aber, wenn auch seltener, schon im Richtstollen auftreten (Karawankentunnel!), namentlich wenn dieser so voreilt, dass die Mauerung zu lange auf sich warten lassen muss. So traten z. B. auch beim Rickentunnel im Sohlenstollen Hebungen der Sohle und Bewegungen auf, die sich so ausdehnten, dass stärkere Mauerungsprofile notwendig wurden. Besonders gefährlich kann es werden, wenn der Stollen nach Gebirge, das sich bei Berührung mit Wasser verändert, wasserführende Schichten durchfährt. Im Hauenstein-Basistunnel hob sich die Sohle an einer Stelle bis etwa 1 *m* (nach E. Wiesmann in „S. B. Z." Bd. LXIV S. 31). Ein Voreilen um 1000 *m* ist höchstens im Anfang, gutes Gebirge vorausgesetzt, zulässig, wobei nach Inangriffnahme der Aufbrüche auf etwa 500 *m* Länge der vorauseilende Stollen alsbald auf ebenfalls etwa 500 *m* reduziert wird. Je nach dem Gebirge wird es zweckmässig sein, diese Länge noch mehr zu reduzieren.

Ad 2. Zur ausführlicheren Beschreibung der „modernen österreichischen Betriebsweise" durch Ingenieur Imhof, einen guten Kenner dieser Arbeitsweise (und zwar aus persönlicher praktischer Erfahrung), hätte ich nichts zu bemerken, wenn sie nicht in einen Zusammenhang mit meinem gleichbetitelten Aufsatze in der „S. B. Z." gebracht wäre, der leicht zu Missverständnis Anlass geben könnte. Die von mir aufgezählten schweizerischen Tunnel wurden zwar grossenteils nach österreichischer *Bau*weise ausgebaut, nicht aber nach der sogen. modernen österreichischen *Betriebs*weise, während in den Tunneln, die Ingenieur Imhof aufzählt, mit Ausnahme des Christoforustunnels im Jeschkengebirge (vergl. K. Imhof, „S. B. Z." Bd. XXXVII S. 255 und ff.) gerade diese ausgebildet wurde. In meinem Aufsatze beabsichtigte ich übrigens nicht, eine besondere Bauweise eingehender zu beschreiben, noch weniger eine solche als die allgemein zweckmässigste hinzustellen, sondern es lag mir daran, einem *Grundsatze,* der bisher bei Wahl und Beurteilung von Bau- und Betriebsweisen oft zu wenig berücksichtigt wurde, die ihm gebührende Geltung zu verschaffen. Es ist durchaus richtig, dass der Druck, bezw. die Bewegung in einem Tunnel mit der Ausbruchfläche stark anwächst; dieser Tatsache trägt die österreichische Betriebsweise allerdings in vorzüglicher Art Rechnung. Bewegung und Druck sind aber auch eine stark ansteigende *Funktion der Zeit.* Ein Beispiel dafür ist die bekannte Druckstrecke des Simplontunnels bei Km. 4,5 ab Südportal. Beim Ausbau des II. Tunnels war die Stelle wohl ebenfalls druckhaft, die Schwierigkeiten standen aber denen, die sich dem Ausbau von Tunnel I entgegenstellten, bedeutend nach. Die Strecke wurde bei „fortlaufender" Betriebsweise in nur 150 Arbeitstagen verhältnismässig glatt bewältigt. Auf die Frage, ob die Schnelligkeit des Ausbaues die Ursache und der verhältnismässig geringe Druck die Wirkung sei oder umgekehrt, gibt wohl der Umstand die Antwort, dass die Bewegung gegen den Schluss hin anstieg. Hätte die Arbeit längere Zeit gebraucht, so hätte sich die Strecke auch zur zünftigen Druckstrecke ausgewachsen.

In jedem Fall muss erwogen werden, welches Bausystem *in kürzester Frist zum fertigen Tunnel führt.* In sehr vielen Fällen — nicht in allen — wird es die österreichische *Bau*weise sein, bei der nach erfolgtem Vollausbruche die Mauerung in den Widerlagern beginnt; die moderne östereichische *Betriebs*weise aber, bei der nach der österreichischen Bauweise ringweise so vorgegangen wird, dass der Vollausbruch eines Ringes erst in Angriff genommen wird, wenn der Nachbarring geschlossen ist, wird es in sehr vielen Fällen nicht sein.

Zürich, 3. April 1920. *C. Andreae.*

---

## Die Wasserkraftanlage „Gösgen" an der Aare
### der A.-G. „Elektrizitätswerk Olten-Aarburg".

Mitgeteilt von der *A.-G. «Motor»* in Baden.

(Fortsetzung von Seite 254.)

*Die Transformatoren.*

Die Spannungen für die Fernübertragung der Energie waren durch die Absatzverhältnisse festgelegt; ausser der Maschinenspannung von 8000 *V* für die Versorgung im nächsten Umkreis kamen noch die zwei Oberspannungen von 50000 und 70 000 *V* in Betracht. Wenn auch in Aussicht genommen ist, je nach der Entwicklung des Absatzes die Spannung von 70000 *V* später auf 100000 *V* zu erhöhen, worauf bei der Ausführung der Schalt- und Leitungs-Anlagen bereits Bedacht genommen wurde, so sah man doch davon ab, bei den bestehenden Transformatoren auf die Abgabe dieser künftigen höhern Spannung Rücksicht zu nehmen, da dies sich als nicht vorteilhaft erwies. Es gelangten somit, entsprechend den beiden für die Stromabgabe vorkommenden Oberspannungen, Transformatoren von zwei verschiedenen Ausführungen, für 50000 *V* bezw. für 70000 *V* zur Aufstellung. Da aber mit der Möglichkeit gerechnet werden soll, die unter 50000 *V* abzusetzende Energiemenge steigern zu müssen, wurden die 70000 *V*-Transformatoren derart ausgebildet, dass sie nach Bedarf leicht und verhältnismässig rasch auf die niedere Spannung von 50000 *V* umgeschaltet werden können.

Die normale Dauerleistung der Transformatoren beträgt bei beiden Ausführungen je 7050 *kVA* und entspricht somit der Leistung einer Generatoreneinheit, was sowohl für die Zweckmässigkeit des Betriebes, als auch in Bezug auf die Disposition der Schaltanlage wesentliche Vorteile zeitigte. Nachdem grösstenteils die Energie unter 50000 *V* abgesetzt wird, sind von der dieser Spannung entsprechenden Ausführung vier und von den 70000/50000 *V*-Transformatoren drei Einheiten vorhanden, wobei eine dieser