

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 74 (1956)
Heft: 9

Artikel: Gebirgsdruck und Tunnelbau
Autor: Andreeae, C.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-62582>

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: 03.02.2026

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

stungen der Pumpen z. T. erheblich kleiner als diejenigen der daneben aufgestellten Turbinengruppen. Mit der Entwicklung des Speicherpumpenbaues ergab sich die Möglichkeit, die zweite elektrische Maschine zu sparen, indem man den vorhandenen Synchron-Generator als Synchron-Motor verwendete. Die Aufnahmefähigkeit der Pumpen konnte deshalb jeweils fast an die Abgabefähigkeit der Turbinen herangebracht werden. Es gelang auf diese Weise, die Erstellungskosten von Speicherkraftwerken erheblich zu senken, weshalb ihre Zahl stets zunahm. Mit der Verwendung der gleichen elektrischen Synchron-Maschine stellten sich jedoch verschiedene kon-

struktive und betriebliche Probleme ein: Da ein Synchron-Motor nicht ohne weiteres anläuft, müssen entweder auf der elektrischen Seite besondere Vorkehrungen getroffen werden, oder es ist die Gruppe mit andern Mitteln, z. B. mit der Hauptturbine hochzufahren und ans Netz zu legen. Gelegentlich werden auch besondere Anwurf-Turbinen verwendet, die meist als Freistrahl-Turbinen ausgebildet sind (Bild 12). Besondere Dispositionen können aber auch heute noch dazu führen, dass getrennte Pumpengruppen grosser Leistung aufgestellt werden [40].

Schluss folgt

Gebirgsdruck und Tunnelbau

Von Prof. Dr. C. Andreae, Zollikon bei Zürich

DK 624.191:622.831

Fortsetzung von S. 110

Vortrag im Rahmen des Fortbildungskurses der ETH und G. E. P., gehalten am 19. Oktober 1955

3. Die klassischen Bauweisen

Wenn die Verankerung in plastischen Zonen sich nicht bewähren sollte (was zu befürchten ist), so müsste, besonders bei grossen Querschnitten wie die von Eisenbahn- und Strassentunneln, wenn die betreffende Strecke so lang ist, dass sich der kostspielige und zeitraubende Wechsel der Methode lohnt, zu einer der klassischen Bauweisen mit Richtstollen und stufenweisem Vollausbruch übergegangen werden. Das wird auch der Fall sein, wenn der Stollen oder Tunnel lockeres Gebirge anfährt. So musste auch im Stollen Isère-Arc auf einer Länge von etwa 1 km in Myloniten ein Richtstollen vorgetrieben werden. Ungefähr 400 m dieser Strecke wurden hierauf belgisch abgebaut. Dabei erhielt der Richtstollen den ungewöhnlich grossen Querschnitt von 14 m^2 , um das Rollmaterial für die Förderung, die sich auf einem Ge-

leise von 1 m Spur abspielte, durchzulassen. Das bildet eine Schwierigkeit, an die jeweils schon bei Aufstellen des Bauprogrammes gedacht werden muss. Wo die Verhältnisse einen kleinern Querschnitt des Richtstollens erfordern, muss allenfalls die Spur gewechselt und das Fördergut umgeladen werden, was organisatorisch und wirtschaftlich ein Nachteil ist [8, 23].

Die Zeit der klassischen Bauweisen ist also auch im Bau grosser Tunnel noch nicht vorbei. Sie kommen eventuell im plastischen Bereich des echten Gebirgsdruckes in Betracht, jedenfalls aber in längeren Strecken mit Lockerungs- oder Schwellendruck. In Tunneln, die zu kurz sind, um den Einsatz der grossen, teuren Apparatur des Vollvortriebes zu rechtfertigen, ergeben sie sich sowieso.

Bei normalen Querschnitten, also bei Eisenbahn- oder Strassentunneln oder bei Wasserstollen von ähnlichen Quer-

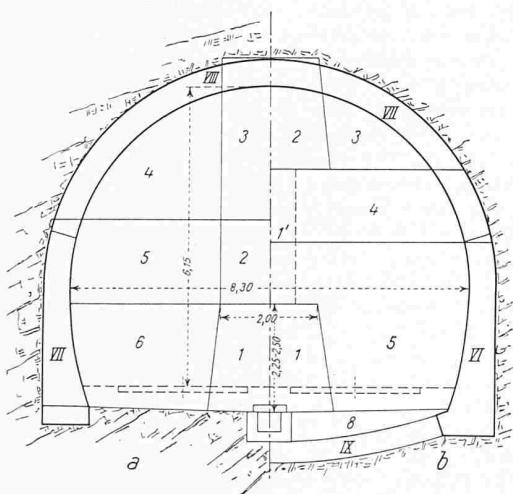


Bild 12 (links). Schema der österreichischen Bauweise

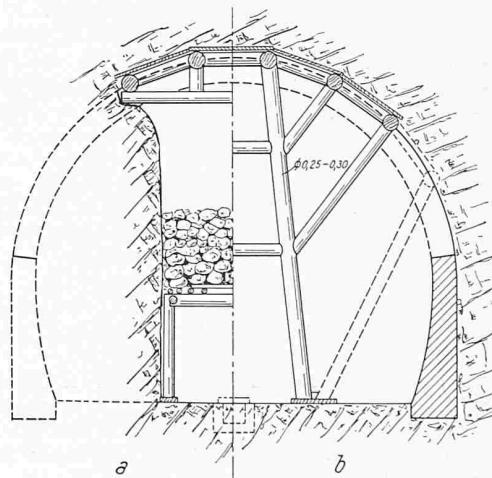


Bild 13 (rechts). Oesterr. Bauweise mit Langständereinbau

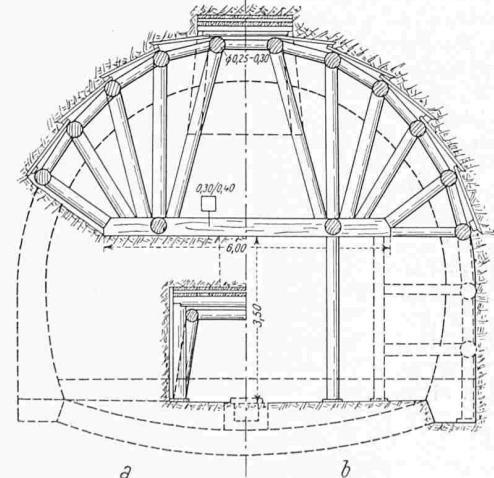


Bild 14 (links). Oesterreichische Bauweise mit Schwelleinbau

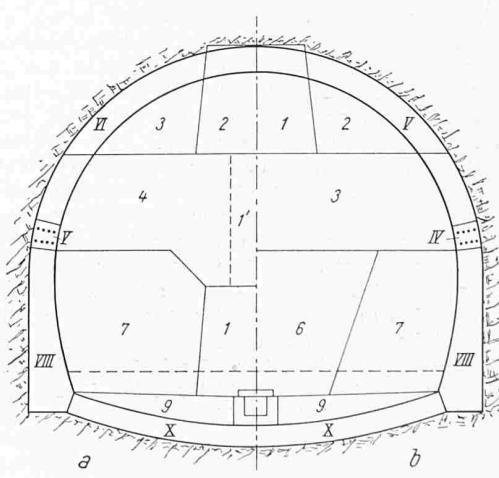


Bild 15 (rechts). Schema der Belgischen Bauweise

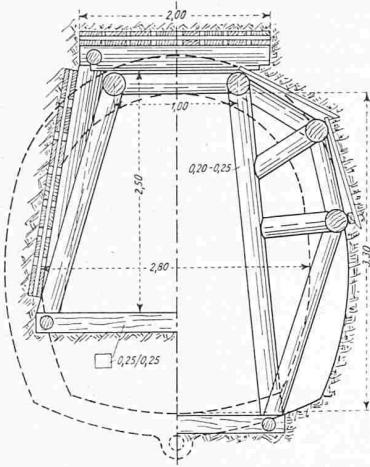
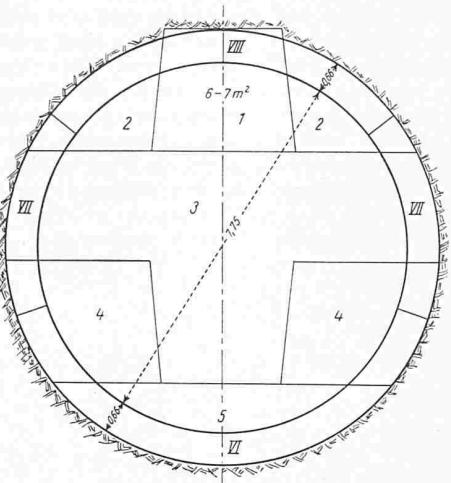


Bild 16. Schema für einen kleinen Stollenquerschnitt (Mörel)



seite des Simplontunnels, in der echter Gebirgsdruck mit Lockerungsdruck, Schwelldruck und grosser Feuchtigkeit verbunden auftrat, kann hier nicht eingetreten werden. Ihre Bewältigung in Tunnel I wurde durch K. Pressel [26], in Tunnel II durch F. Rothpletz [27] beschrieben. Der Vergleich der beiden Vorgänge zeigt wiederum, wie auch da das freiere Vorgehen mit grösseren Räumen und fortlaufender Betriebsweise dem stückweisen mit kleinern Räumen überlegen war. In Tunnel I erforderte der Ausbau dieser Strecke, ohne Richtstollen, einundehnhalb Jahre, in Tunnel II 150 Tage.

Schliesslich noch einige Bemerkungen über die Rolle des Wassers und über sog. «Schwimmendes Gebirge». Angeschlagene Quellen haben für den Gebirgsdruck keine Bedeutung, solange das Wasser klar fliest. Grösste Aufmerksamkeit verlangt aber trüb fliessendes Wasser; denn was es trübt, ist suspendiertes, irgendwo mitgerissen Gebirgsmaterial. Lässt man es lange so fliessen, so stellt dieses Material ein Volumen dar, das im Gebirge irgendwo fehlt. Es entstehen Hohlräume, die plötzliche Niederbrüche, sogar Tagbrüche zur Folge haben können (Weissensteintunnel unter Gänzenbrunnen). Da heisst es in der Regel die Strecke möglichst rasch fertig stellen und den Tunnel gut abdichten [5].

In lockarem Gebirge, in Moräne, Schliesand, Mergel usw. ist das Gebirge gelegentlich mit Wasser gesättigt, wodurch «schwimmendes» Gebirge entsteht, das stark auf den Stolleneinbau drückt oder gar als Schlamm vorzu in den Stollen nachdringt. Da bleibt oft nichts anderes übrig, als Druckluft zu Hilfe zu nehmen. In der Schweiz geschah dies bis jetzt zweimal, in den neunziger Jahren im Emmersberger-tunnel der Linie Schaffhausen—Emmishofen ohne Schild, und in den Jahren 1923/25 im Sulgenbachstollen in Bern mit Schild [29, 30]. Druckluft kann aber nicht in beliebiger Tiefe verwendet werden, denn der Druck sollte 30 m WS nicht wesentlich übersteigen. Um ihn zu bestimmen muss man bedenken, dass er in manchen Fällen dem Druck einer Flüssigkeit zu widerstehen hat, deren spezifisches Gewicht, weil sie mit Gebirgsmaterial vermischt ist, grösser als 1 ist. Wo nun die Tiefe für die Anwendung von Druckluft zu gross ist, kann, wenn die so zu durchfahrende Strecke kurz ist, das Gefrier-, Zementier- oder ein chemisches Verfestigungsverfahren angewendet werden. Diese Verfahren sind jedoch sehr teuer und nicht unbeschränkt anwendbar. Wenn die so zu durchfahrende Strecke aus wirtschaftlichen oder andern Gründen zu lang ist, so bleibt schliesslich als «ultima ratio» nur die Umfahrung der schlechten Strecke durch Trasseverlegung wie seinerzeit beim Lötschbergtunnel [31].

Natürlich kommt es im Tunnel- und Stollenbau nicht auf das Bauprogramm allein an, sondern auch auf die Ausführung, also, wie immer, auf die ausführenden Menschen. Die Arbeit muss fliessend und entschlossen durchgeführt werden und womöglich durch Leute mit bergmännischem Empfinden. Wie der Arzt aus äussern Anzeichen auf den inneren Zustand des Menschen und auf Erkrankungsgefahr schliessen kann, so muss auch der Tunnelingenieur drohende Gleichgewichtsstörungen, die Gebirgsdruck auslösen können, dem Gebirge ansehen, bevor sie zur Wirkung gelangen, und er muss seine Baumethoden so wählen und den Verhältnissen anpassen, dass möglichst wenig schädliche Kräfte ausgelöst werden. Schon vor mehr als 80 Jahren hat Altmeister Rzha den Satz geprägt, dass es die grösste Kunst im Tunnelbau sei, grossen Gebirgsdruck fernzuhalten [32]. Um das zu erreichen, darf, wie der Arzt, der Ingenieur nicht gegen, er muss mit der Natur arbeiten.

Literaturverzeichnis

- [1] Wilh. Ritter: Die Statik der Tunnelgewölbe, Julius Springer, Berlin 1879.
- [2] A. Bierbäumer: Die Dimensionierung des Tunnelmauerwerkes, Wilh. Engelmann, Leipzig und Berlin 1913.
- [3] O. Kommerell: Statische Berechnung von Tunnelmauerwerk, 2. Aufl., Wilh. Ernst, Berlin 1940.
- [4] R. V. Proctor and T. L. White: Rock tunnelling with steel supports, with an introduction to tunnel geology, by Karl Terzaghi, Youngstown, Ohio 1946. — Redlich-Terzaghi-Kampe: Ingenieurgeologie, Julius Springer, Berlin 1929.
- [5] L. v. Rabzewicz: Gebirgsdruck und Tunnelbau, Springer-Verlag, Wien 1944.
- [6] Olivier Martin et M. Kobilinsky: L'exécution d'un grand souterrain pour l'aménagement hydroélectrique d'Isère - Arc, la Technique moderne, Construction, avril 1955. — M. Kobilinsky:
- [7] K. Brandau: Das Problem des Baues langer, tiefliegender Alpen-tunnel und die Erfahrungen beim Bau des Simplontunnels, SBZ Bd. 54 (1909), S. 75 ff. — Der Einfluss des Gebirgsdruckes auf einen tief im Erdinnern liegenden Tunnel, Bd. 59 (1912) S. 277.
- [8] C. Andrae: Der Bau langer, tiefliegender Gebirgstunnel, Julius Springer, Berlin 1926. — Les grands souterrains transalpins, Leemann-Verlag, Zürich 1948. — Gebirgsdruckerfahrungen und Baumethoden im schweizerischen Tunnelbau, Internat. Fachtagung für Gebirgsdruckfragen im Bergbau und Tunnelbau, Leoben 1950, Urban-Verlag, Wien 1950. — Besondere geologische Verhältnisse im Alpen- und Juragebiet, in K. H. Fraenkel: Handbuch für Sprengarbeiten, Stockholm 1952.
- [9] Alb. Heim: Mechanismus der Gebirgsbildung, Basel 1878. — Tunnelbau und Gebirgsdruck, Vierteljahrsschrift der Naturf. Gesellschaft Zürich, Geolog. Nachlese Nr. 14, 1905. — Nochmals über Tunnelbau und Gebirgsdruck und über Gesteinsumformung bei der Gebirgsbildung, Geolog. Nachlese Nr. 19, 1908. — Zu Schmidts Simplongeologie, Ecl. Geol. Helv. Vol. X, 1908. — Letzte Bemerkungen zur «Simplongeologie», Ecl. Geol. Helv. Vol. X, 1908. — Zur Frage der Gebirgs- und Gesteinsfestigkeit, SBZ Bd. 59 (1912), S. 107.
- [10] C. Schmidt: Die Geologie des Simplontunnels, Rektoratsprogramm der Universität Basel 1906/07. — Bemerkungen zur «Simplongeologie», Ecl. Geol. Helv. Vol. X, 1908.
- [11] E. Wiesmann: Ein Beitrag zur Frage der Gebirgs- und Gesteinsfestigkeit, SBZ Bd. 53 (1909), S. 163. — Ueber Gebirgsdruck, SBZ Bd. 60 (1912), S. 87 ff. — Ueber Stabilität von Tunnelmauerwerk, SBZ Bd. 64 (1914), S. 27 ff.
- [12] C. J. Wagner: Tunnelbau und Gebirgsdruck, SBZ Bd. 46 (1905), S. 2 ff.
- [13] E. v. Willmann: Ueber einige Gebirgsdruckerscheinungen in ihren Beziehungen zum Tunnelbau, Wilh. Engelmann, Leipzig 1911.
- [14] v. Karmen: Festigkeitsversuche unter allseitigem Druck, Berlin 1912. — Considère: Influence des pressions latérales sur la résistance des solides à l'éraslement, «Ann. des Ponts et Chaussées» 1904. — Résistance à la compression du béton armé, «Génie Civil» 1902/03.
- [15] R. Maillart: De la construction de galeries sous pression intérieure, «Bull. Techn. de la Suisse Romande» 1922. — Ueber Gebirgsdruck, SBZ Bd. 68 (1923), S. 168.
- [16] J. Schmid: Statische Grenzprobleme in kreisförmig durchörtem Gebirge (Diss. ETH), Julius Springer, Berlin 1926.

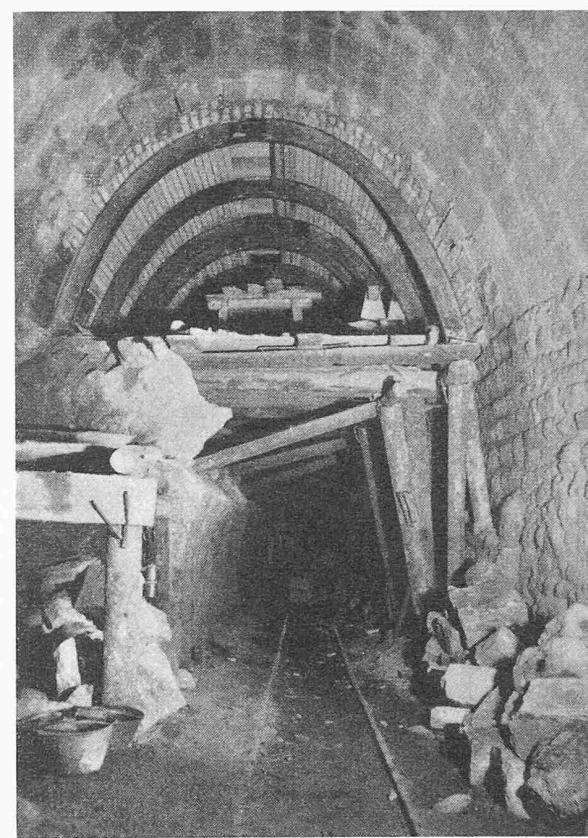


Bild 19 Simplontunnel II. Halbbelgischer Bauvorgang bei Firstdruck

Der Durchstich Isère - Arc des Kraftwerkes Randens, SBZ 1955, S. 798 ff.

- [17] K. Brandau: Das Problem des Baues langer, tiefliegender Alpen-tunnel und die Erfahrungen beim Bau des Simplontunnels, SBZ Bd. 54 (1909), S. 75 ff. — Der Einfluss des Gebirgsdruckes auf einen tief im Erdinnern liegenden Tunnel, Bd. 59 (1912) S. 277.
- [18] C. Andrae: Der Bau langer, tiefliegender Gebirgstunnel, Julius Springer, Berlin 1926. — Les grands souterrains transalpins, Leemann-Verlag, Zürich 1948. — Gebirgsdruckerfahrungen und Baumethoden im schweizerischen Tunnelbau, Internat. Fachtagung für Gebirgsdruckfragen im Bergbau und Tunnelbau, Leoben 1950, Urban-Verlag, Wien 1950. — Besondere geologische Verhältnisse im Alpen- und Juragebiet, in K. H. Fraenkel: Handbuch für Sprengarbeiten, Stockholm 1952.
- [19] Alb. Heim: Mechanismus der Gebirgsbildung, Basel 1878. — Tunnelbau und Gebirgsdruck, Vierteljahrsschrift der Naturf. Gesellschaft Zürich, Geolog. Nachlese Nr. 14, 1905. — Nochmals über Tunnelbau und Gebirgsdruck und über Gesteinsumformung bei der Gebirgsbildung, Geolog. Nachlese Nr. 19, 1908. — Zu Schmidts Simplongeologie, Ecl. Geol. Helv. Vol. X, 1908. — Letzte Bemerkungen zur «Simplongeologie», Ecl. Geol. Helv. Vol. X, 1908. — Zur Frage der Gebirgs- und Gesteinsfestigkeit, SBZ Bd. 59 (1912), S. 107.
- [20] C. Schmidt: Die Geologie des Simplontunnels, Rektoratsprogramm der Universität Basel 1906/07. — Bemerkungen zur «Simplongeologie», Ecl. Geol. Helv. Vol. X, 1908.
- [21] E. Wiesmann: Ein Beitrag zur Frage der Gebirgs- und Gesteinsfestigkeit, SBZ Bd. 53 (1909), S. 163. — Ueber Gebirgsdruck, SBZ Bd. 60 (1912), S. 87 ff. — Ueber Stabilität von Tunnelmauerwerk, SBZ Bd. 64 (1914), S. 27 ff.
- [22] C. J. Wagner: Tunnelbau und Gebirgsdruck, SBZ Bd. 46 (1905), S. 2 ff.
- [23] E. v. Willmann: Ueber einige Gebirgsdruckerscheinungen in ihren Beziehungen zum Tunnelbau, Wilh. Engelmann, Leipzig 1911.
- [24] v. Karmen: Festigkeitsversuche unter allseitigem Druck, Berlin 1912. — Considère: Influence des pressions latérales sur la résistance des solides à l'éraslement, «Ann. des Ponts et Chaussées» 1904. — Résistance à la compression du béton armé, «Génie Civil» 1902/03.
- [25] R. Maillart: De la construction de galeries sous pression intérieure, «Bull. Techn. de la Suisse Romande» 1922. — Ueber Gebirgsdruck, SBZ Bd. 68 (1923), S. 168.
- [26] J. Schmid: Statische Grenzprobleme in kreisförmig durchörtem Gebirge (Diss. ETH), Julius Springer, Berlin 1926.

Schluss des Literaturverzeichnisses S. 134