Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 1/2 (1883)

Heft: 8

Artikel: Beobachtungen über Ventilationsverhältnisse bei den Tunnels der Gotthardbahn

Autor: Trautweiler, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-11033

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: 21.08.2025

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

INHALT: Beobachtungen über Ventilationsverhältnisse bei den Tunnels der Gotthardbahn. Von Ingenieur A. Trautweiler. (Schluss.) — Zweckmässigkeit des First- oder Sohlenstollenbetriebes. — Rheincorrection. — Ueber das neue Reichstagshaus in Berlin. — Miscellanea: Eidg. Polytechnikum. Die Edison'sche Strassenbeleuchtung in New-York. † Joseph Shuttleworth. — Berichtigung. — Vereinsnachrichten: Zürcher. Ingenieur- und Architectenverein: Versammlung vom 17. Januar 1883. Gesellschaft ehemaliger Studirender der eidgenössischen polytechnischen Schule zu Zürich: Stellenvermittelung. — Culmann-Denkmal und -Stiftung. — Submissions-Anzeiger.

Beobachtungen über Ventilationsverhältnisse bei den Tunnels der Gotthardbahn.

Von Ingenieur *A. Trautweiler.*

(Schluss.)

Es verdient wohl beachtet zu werden, dass die höchste Gebirgstemperatur, welcher der Pfaffensprung-Tunnel begegnet, 22° beträgt, eine Wärme, die von derjenigen der äusseren Luft schon an mittelwarmen Sommertagen übertroffen wird. Die mittlere Gebirgstemperatur von 15,5° aber wird sehr leicht und sehr oft übertroffen. Wir wollen damit darthun, dass es unrichtig ist vorauszusetzen, wie dies oft geschieht, ein Tunnel in der Steigung habe die Tendenz eines natürlichen Luftzuges von unten nach oben. Da die mittleren Gebirgstemperaturen bei anderen Tunnels meistens niedriger sein dürften als beim Pfaffensprung-Tunnel, der eine bedeutende Gebirgs-Ueberlagerung besitzt, so dürfte anderwärts die Tendenz zu abwärts gehendem Luftzuge noch öfter vorkommen.

Merkwürdigerweise scheint es auch v. Weber in dem bereits genannten Werke als selbstverständlich zu betrachten, dass ein ansteigender Tunnel von unten nach oben ventilirt sei, wenigstens spricht er nur von einem aufwärts gehenden Luftzuge.

Nehmen wir nun die Differenz zwischen mittlerer Tunnelluft- und äusserer Temperatur als gegeben an, so ist damit für einen gewissen Tunnel (äusseres Luftgleichgewicht vorausgesetzt) die Intensität der natürlichen Ventilation bestimmt. In unserem Falle entsprach jeweilen einer solchen Differenz von 8° eine Luftgeschwindigkeit von ungefähr 1 *m* pro Secunde. Bei einer Differenz von nur 2 bis 3° war immer noch ein Wetterzug von 0,3 bis 0,5 *m* pro Secunde zu beobachten.

Vor Kurzem ist von Ingenieur Pürzl in der „Wochenschrift des Oesterr. Ingenieur- und Architecten-Vereins" (VII. Jahrgang No. 38) folgende Formel aufgestellt worden für die theoretische Bestimmung des Wetterzuges in steigenden Tunnels:

$$u = \sqrt{2 g \alpha \left(\frac{H'(t''-t')(1+\alpha t)}{(1+\alpha t')(1+\alpha t'')} + \frac{h(t-t'')}{1+\alpha t''} \right)} \times \frac{1}{\sqrt{1+2 g \varrho \frac{UL}{F}}}$$

wobei

u = Luftgeschwindigkeit in *m* pro Secunde;
g = Beschleunigung der Schwere = 9.81;
α = Ausdehnungscoëfficient der Luft für 1° C.;
H' = Luftsäulenhöhe, t' = Temperatur } über dem einen Mundloch;
H'' = Luftsäulenhöhe, t'' = Temperatur } über dem andern Mundloch;
h = Luftsäulenhöhe, t = Temperatur } im Tunnel;
U = Umfang, F = Fläche } des Tunnelprofils;
L = Länge des Tunnels;
ϱ = Reibungscoëfficient der Luft an den Tunnelwänden = 0,003.

Wenn man es, wie in unserem Falle, nicht mit Scheiteltunnels zu thun hat, so kann man die Temperatur an beiden Mundlöchern als gleich annehmen, also $t' = t''$. Dadurch wird die Formel bedeutend vereinfacht:

$$u = \sqrt{2 g \alpha \frac{h(t-t'')}{1+\alpha t''}} \times \frac{1}{\sqrt{1+2 g \varrho \frac{UL}{F}}}$$

Versuchen wir die Formel in dieser Gestalt auf den Pfaffensprung-Tunnel anzuwenden, so haben wir, der vorherrschenden Profiltype, der Länge und Steigung entsprechend einzusetzen: $U = 24\ m$; $F = 35\ m^2$; $L = 1476\ m$; $h = 34\ m$. Wir können dadurch die Gleichung auf folgende einfache Form bringen:

$$u = 0{,}202 \sqrt{\frac{t-t''}{1+\alpha t''}}$$

Wir bestimmen nun u in Function der Differenz $t - t'' = \Delta$; es ist dann die äussere Temperatur t'' für sich von sehr geringem Einfluss auf das Resultat, so dass wir dafür einen Mittelwerth: $t'' = 10°$ einführen dürfen. So ergibt sich

$$u = 0{,}198 \sqrt{\Delta}$$

Hieraus berechnen sich folgende Werthe:

Differenz zwischen mittl. Tunnel- und äusserer Lufttemp. $= \Delta$	Entsprechende Luftgeschwindigkeit im Tunnel $= u$
1°	0,20 *m*
2°	0,28 *m*
3°	0,34 *m*
4°	0,40 *m*
5°	0,45 *m*
6°	0,49 *m*
7	0,53 *m*
8	0,56 *m*
9	0,58 *m*
12	0,69 *m*
16	0,79 *m*

Nach unsern Beobachtungen wären diese Werthe für u etwas zu gering, doch nähern sie sich denselben bei den äusserst mannigfaltigen Bedingungen, von welchen die Luftbewegung in einem Tunnel mit öfterem Profilwechsel abhängig ist, hinlänglich. Durch Aufzeichnung der ihnen entsprechenden Parabel erhält man ein Bild vom Zusammenhang der natürlichen Ventilation mit den sie bedingenden Temperaturverhältnissen.

Die Grösse des Reibungscoefficienten an den Tunnelwänden ist von Pürzl ohne Zweifel ziemlich willkürlich gewählt und wird namentlich bei nicht vollständig ausgemauerten Tunnels mit öfterem Profilwechsel sehr verschieden sein. Das hat jedoch nicht viel zu bedeuten, denn bei einer Röhre von 5 bis 8 *m* Durchmesser und bei so geringen Geschwindigkeiten spielt jener Coefficient in keinem Falle mehr eine wichtige Rolle.

Für die practische Anwendbarkeit jener Formel ist hauptsächlich der Umstand hinderlich, dass die mittlere Tunneltemperatur sich fast unter keinen Umständen vorausbestimmen lässt. Sie ist eben selbst zum Theil ein Resultat der natürlichen Ventilation.

Die Luftgeschwindigkeit von 0,5 *m* pro Secunde reicht schon hin, um einen Tunnel von 1500 *m* Länge (wie ungefähr die fünf grösseren Kehrtunnels) in 50 Minuten vollständig mit frischer Luft zu füllen; meistens ist jedoch der Luftzug lebhafter.

An den Stellen, wo ein Profilwechsel stattfindet, wird die Geschwindigkeit der Luft grösser oder geringer, je nachdem eine Verengung oder eine Erweiterung des Profils damit verbunden ist. Im Allgemeinen scheinen diese Stellen die natürliche Ventilation nicht zu beeinträchtigen, denn es

findet auch bei ihnen ein ungestörter Abfluss des Rauches statt.

Die Ventilationsverhältnisse, wie wir sie hier für den Pfaffensprung-Tunnel beschrieben haben, scheinen auch auf die andern Tunnels mit starker Steigung zu passen, wenigstens hat eine flüchtige Beobachtung bei denselben durchaus nur Uebereinstimmendes ergeben. Die Ventilationstendenzen sind bei den einzelnen Tunnels nur insofern verschieden, als die mittleren Gebirgstemperaturen, der Mächtigkeit der Ueberlagerung entsprechend, höher oder niedriger sind. Für die Beurtheilung dieses letztern Momentes haben wir auf der beigegebenen Tafel auch die Terrain-Längenprofile über den bedeutendern Tunnels der Zufahrtsrampen zusammengestellt. Man mag daraus entnehmen, welche dieser Tunnels zu den verhältnissmässig wärmeren und welche zu den kühleren gehören. Die Differenz in der mittleren Gebirgstemperatur zwischen dem Prato-Tunnel (dem wärmsten) und dem Naxberg-Tunnel (dem kühlsten) dürfte etwa 7 bis 8° betragen.

Bei den verschiedenen Tunnels konnten wir folgende Intensitäten des Wetterzuges beobachten: Im Wattinger Tunnel entsprach einer Differenz zwischen mittlerer Tunnel- und äusserer Temperatur von $\Delta = 2^0$ eine Luftgeschwindigkeit $u = 0{,}4$ *m* pro Secunde. Der ungefähr gleich (1100 *m*) lange Leggistein-Tunnel zeigte hingegen schon bei $\Delta = 1{,}4^0$ einen Wetterzug von $u = 0{,}7$ *m* pro Secunde. Dabei war ohne Zweifel der zur Zeit der Beobachtung ziemlich kräftige Wind mit im Spiele. Die bei völliger Windstille gemachten Beobachtungen beim Freggio- und Prato-Tunnel zeigten für ersteren $\Delta = 0{,}8^0$ — $u = 0{,}5$ *m*, für letzteren $\Delta = 1{,}2^0$ — $u = 0{,}7$ *m*. Für den Pianotondo-Tunnel ergab sich $\Delta = 0{,}9^0$ — $u = 0{,}45$ *m* und für den Travi-Tunnel $\Delta = 1^0$ — $u = 0{,}45$ *m*. Beim Monte-Ceneri-Tunnel blies zur Zeit der Beobachtung ein sehr kräftiger Südost-Wind direct gegen das höher gelegene Portal. Dessenungeachtet strömte hier die Tunnelluft mit 0,4 *m* Geschwindigkeit aus, während $\Delta = 1^0$ war.

Aus diesen Beobachtungen, deren verschiedene Ergebnisse hauptsächlich von Störungen des atmosphärischen Gleichgewichts herrühren dürften, geht doch deutlich hervor, dass sämmtliche Tunnels, welche ungefähr die gleiche Steigung besitzen, auch ähnliche Ventilations-Tendenzen aufweisen. Ueberall sind 13 bis 16° die Temperaturen, bei welchen die Ventilation stille steht, während bei höheren der Wetterzug abwärts, bei niedrigern aufwärts geht.

Wir sprachen bisher von einer durch die Temperaturverhältnisse und die Steigung eines Tunnels bestimmten Ventilations-*Tendenz* und machten dabei die stille Voraussetzung, dass diese Tendenz in der Wirklichkeit durch die atmosphärischen Druckverhältnisse mehr oder weniger gestört sei. Bei den Kehrtunnels, besonders bei den längeren, ist die Windrichtung nicht von bedeutendem Einfluss, da die Mündungen meist nahe beieinander an derselben Berglehne liegen, oft auch senkrecht zur Thal- und Windrichtung stehen. Dass aber die natürliche Ventilations-Tendenz eines Tunnels auch gegen einen ziemlich kräftigen Wind obsiegen kann, zeigt die Beobachtung am Monte-Ceneri-Tunnel.

Einfluss des Zugsverkehrs.

Die beschriebenen natürlichen Ventilations-Tendenzen erfahren nun noch eine mächtige Störung durch den Zugsverkehr. Die Beobachtung hat gezeigt, dass bei den hier besprochenen Tunnels die Luftbewegung sich mindestens zum vierten Theile nach den stattfindenden Zugsbewegungen richtet, die bald von günstigem, bald von ungünstigem Einflusse sind. Wir geben im Folgenden hierüber wieder speciell die beim Pfaffensprung-Tunnel gemachten Beobachtungen, deren Resultate übrigens auch auf die meisten andern Tunnels passen, namentlich auf die von annähernd gleicher Länge.

Der den Tunnel mit 8 bis 12 *m* Geschwindigkeit pro Secunde durchfahrende Zug wirkt nach Art eines Kolbens, dessen Bewegung die Tunnelluft, je nach dem Verhältniss des Tunnelprofils zum Zugsquerschnitt und der Tunnellänge, mit dem vierten bis dritten Theil der Zugsgeschwindigkeit folgt. Die natürliche Ventilations-Tendenz ist dabei ohne allen Effect, und sie kommt erst eine geraume Zeit nachdem der Zug den Tunnel verlassen hat, wieder zur Wirkung.

Die natürliche Luftbewegung kann sich nun mit derjenigen, wie sie der Zugsverkehr hervorruft, auf vier Arten combiniren:

1. *Aufwärtsfahrender Zug bei aufwärtsgehendem Wetterzug.* Während der Durchfahrt des Zuges hat die Tunnelluft 2 bis 2,5 *m* Geschwindigkeit, so dass z. B. ein Kerzenlicht meist ausgeblasen wird. Beim Austritt des Zuges aus dem Tunnel ist dieser auf circa $^3/_4$ seiner Länge mit Rauch gefüllt. Von jenem Momente an nimmt die Geschwindigkeit des Luftzuges wieder allmälig ab und nach 5 bis 10 Minuten ist sie wieder normal. Unterdessen ist die untere Grenze der Rauchsäule im ungünstigsten Falle um 400 *m* vorgerückt und diese füllt nun den Tunnel nur noch zur Hälfte. Derselbe wird dann durch den ungestörten natürlichen Wetterzug mit bis 1,5 *m* Geschwindigkeit durchschnittlich in weiteren 17 Minuten ganz von Rauch gesäubert.

Es dürfte in diesem Falle auch die beträchtliche Erwärmung der Tunnelluft durch die von der Locomotive abgegebenen Gase für die Luftbewegung fördernd wirken. An einer Stelle im Tunnel, wo die normale Temperatur 11,2° betrug, stieg dieselbe unmittelbar hinter einem aufwärts fahrenden Güterzug mit zwei Locomotiven auf 19° und sank erst nach acht Minuten wieder auf die alte Höhe zurück.

Während der Raum neben dem Zuge bei dessen Fahrt im Tunnel ziemlich rauchfrei ist, mischen sich hinter ihm die Tunnelluft und die Locomotivgase sogleich, und das Athmen ist hier ziemlich erschwert. Bei Voraussetzung eines Kohlenverbrauches von 2 × 50 *kg* pro *km* (zwei Locomotiven) und eines mittleren Tunnelprofils von 35 m^2 Lichtfläche ergibt sich ein Kohlensäuregehalt der Tunnelluft hinter dem Zuge von circa 0,8 %.

2. *Abwärts fahrender Zug bei aufwärts gehendem Wetterzug.* Der abwärts fahrende Zug bringt keine merkbare Verschlechterung der Tunnelluft hervor, er stört jedoch die vorherige Luftbewegung auf einige Zeit, und wenn der Tunnel bei seinem Eintritt noch nicht ganz von dem Rauche eines kurz vorher aufwärts gefahrenen Zuges geleert war, so folgt dieser Rauch nun dem abwärts gehenden Zuge vielleicht wieder bis über die Tunnelmitte hinaus, um erst dann wieder umzukehren. Die Säuberung des Tunnels wird dadurch erheblich verzögert.

3. *Abwärts fahrender Zug bei abwärts gehendem Wetterzug.* Dies ist der günstigste Fall. Die Tunnelluft wird wiederum nicht verschlechtert. Allfällig noch im Tunnel befindlicher Rauch wird um so rascher hinausgetrieben.

4. *Aufwärts fahrender Zug bei abwärts gehendem Wetterzug.* Hier haben wir den ungünstigsten Fall. Die durch die Zugsbewegung umgekehrte Luftbewegung hält 8 bis 12 Minuten lang an, dann gewinnt allmälig wieder der natürliche Wetterzug die Oberhand. Die Rauchsäule, welche noch ungefähr die obere Hälfte des Tunnels anfüllt, tritt nun erst wieder den Rückweg an nach der untern Tunnelmündung und braucht bei schwachem Wetterzug sehr lange bis sie abgeflossen ist. Im Durchschnitt sind vom Momente an, wo der Zug den Tunnel verlässt (0,8 *m* pro Sec. Wetterzug vorausgesetzt) 40 Minuten zur Säuberung des Tunnels erforderlich.

In den meisten Fällen wird jedoch schon vorher ein abwärts gehender Zug folgen, der dann einen rascheren Abfluss des Rauches veranlasst.

Tunnels mit schwacher Steigung.

In den Tunnels der Thalbahn, deren Steigung nur ausnahmsweise bis 10 ‰ beträgt, ist der Wetterzug hauptsächlich abhängig von der Windrichtung. Da die meisten dieser Tunnels ziemlich gerade sind und in der Thalrichtung, also auch in der vorherrschenden Windrichtung liegen, so macht sich dieser Einfluss leicht geltend, und ein absoluter Stillstand kommt selten vor. Dazu kommt, dass die Rauchentwicklung überhaupt bei der geringen Steigung nicht

beträchtlich ist. Von ungünstigem Einflusse ist jedoch das einspurige Tunnelprofil, in welchem der Rauch sich auf eine kleinere Fläche vertheilt und das einen grösseren Reibungswiderstand für die Luftbewegung zur Folge hat. Auch hier trägt die durch die Zugsbewegung selbst hervorgerufene Luftbewegung, welche noch einige Zeit nach dem Austritt des Zuges anhält, wesentlich zur Ventilation bei. Die Luft bewegt sich dabei weit schneller in diesen einspurigen als in den zweispurigen Tunnels; jedoch nimmt sie wegen der grossen Reibung auch um so rascher wieder die normale Bewegung an.

In den längeren Tunnels am Vierwaldstättersee haben wir eine mittlere Temperatur von 13° bei einer äusseren Lufttemperatur von 14° beobachtet. Die durchschnittliche Tunneltemperatur liegt hier wie bei allen Tunnels von geringer Tiefenlage zwischen der mittleren Jahrestemperatur der betreffenden Localität und der äusseren Lufttemperatur, jedoch näher der letzteren.

Resultate.

Die Luftbeschaffenheit längerer Tunnels ist im Durchschnitt um so besser, je geringer deren Steigungen sind, denn die Nachtheile in Folge der Rauchentwicklung wachsen mit der Steigung viel rascher als der Vortheil, welchen die Steigerung der Intensität des Wetterzuges bietet. Für sehr lange Tunnels sind starke Steigungen deswegen äusserst ungünstig. Es dürfte z. B. aus diesem Grunde das Simplon-Tunnel-Project mit 8 ‰ Steigung auf eine Länge von 10 *km* sehr zu Bedenken Anlass geben.

Der durch den Zugsverkehr direct veranlasste Luftwechsel ist von wesentlicher Bedeutung und würde für die Ventilation eines Tunnels ohne Steigung nahezu genügen. Es ist von grosser Wichtigkeit, dass ein Tunnel kühl sei, damit die Locomotivgase sich möglichst lange in der Höhe über dem Zuge halten. Die Winterzeit ist deshalb mit Rücksicht auf die Belästigung durch Rauch bei der Fahrt durch Tunnels viel vortheilhafter als der Sommer.

Zweckmässigkeit des First- oder Sohlenstollenbetriebes.

Ueber dieses seiner Zeit lebhaft erörterte Thema liegt uns eine von dem Oberingenieur der Gotthardbahn, Herrn Bridel verfasste Broschüre vor, welcher wir Nachstehendes entnehmen:

Zunächst hebt der Herr Verfasser hervor, dass der Richtstollenfortschritt am Gotthardtunnel in Folge der vervollkommneten Maschinenbohrung und der Anwendung des Dynamits, sowie der Sprenggelatine jenen des Mont-Cenis-Tunnels weit übertroffen habe. Dagegen sei für den Ausbau nach dem Durchschlag des Richtstollens bei ersterem 22 Monate, bei letzterem blos 9 Monate verwendet worden. Hieraus erhelle, dass bei dem Gotthardtunnel die theuer erkaufte Forcirung des Richtstollens nicht gehörig ausgenutzt worden, und es lege sich daher die Frage zur Beantwortung vor, welcher Vorgang einzuhalten sei, um den grossen Fortschritt, welcher nach dem heutigen Stande der Technik im Richtstollen erzielt werden kann, auch auf den Ausbau auszudehnen.

Nachdem der Herr Verfasser noch erwähnt, dass, während am Mont-Cenis der Sohlenstollenbetrieb angewendet worden, Herr Favre am Gotthard, gestützt auf seinen Vertrag, den von der Bauleitung bereits begonnenen Sohlenstollen verlassen und den Firststollen eingeführt hat und dass bei dem seit über zwei Jahren im Bau stehenden Arlbergtunnel bei dem Sohlenstollenbetrieb der Fortschritt im Vorstollen 50 % jenen des Gotthard übersteige und der Ausbau diesem in gleicher Distanz wie am Mont-Cenis folge, wodurch die Ueberlegenheit des Sohlenstollenbetriebes eigentlich schon vollkommen bewiesen sei, untersucht er, ob die weniger günstigen Resultate am Gotthard dem Firststollenbetriebe oder anderen Ursachen zuzuschreiben sei und nimmt den Vergleich beider Baumethoden nach dreierlei Richtungen vor, nämlich:

1. Einfluss der Baumethode auf die rasche Vollendung der Strecken, welche durch den Richtstollen aufgeschlossen sind.
2. Einfluss derselben bei Bewältigung von druckhaftem Gebirge.
3. Einfluss auf die Baukosten.

In ersterer Beziehung erläutert der Herr Verfasser nun, wie es bei *Hand*betrieb im Richtstollen ganz gut möglich ist, dem Fortschritte in diesem mit dem Vollausbruche auf *einer* Front und mit der Mauerung zu folgen, und dass in diesem Falle die belgische Baumethode entschiedene Vortheile darbiete, dass sich das Verhältniss aber anders gestalte, sobald im Richtstollen Maschinenbohrung in Anwendung komme, welche 4—8 mal grösseren Fortschritt erzielt als die Handarbeit, so dass für den Nachbruch und die Mauerung eine grössere Anzahl Angriffspunkte geschaffen werden müssen.

Nachdem der Herr Verfasser die drei Varianten des *Sohlen*stollenbetriebs, wie sie am Arlberg, am Mont-Cenis und am Laveno-Tunnel (Pino-Novarra) eingeführt worden, erläutert und hervorgehoben, wie sich diese Baumethode namentlich bei dem ersten und letzten dieser Tunnel glänzend bewährt, indem bei jenem die Vollendung in circa 4½ Monaten nach dem Durchschlag des Sohlenstollens möglich und bei diesem in derselben Zeit wirklich stattgefunden hat, führt er die *First*stollenbaumethode in ihren verschiedenen Variationen am Gotthardtunnel vor. Der Herr Verfasser stellt den Zustand der Bauplätze der Südseite des Gotthardtunnels von einem Zeitpunkte (October 1877), wo der Baubetrieb ein ganz normaler war, im Vergleiche mit einer Periode der Ostseite des Arlberg (31. Dec. 1881) dar und weist auf die kolossale Ausdehnung der im Bau begriffenen Strecke am Gotthard, welche 2750 *m* beträgt (im Vergleiche zum Arlberg mit 950 *m* ohne Rücksicht auf den Canalausbau), hin. Zur Untersuchung inwiefern dieser Zustand gerechtfertigt sei, construirt Herr Verfasser einen Normalplan für den Firststollenbetrieb, findet die nöthige Länge der Angriffsstrecke mit 2365 *m* und gelangt, indem er die Abweichung von der Praxis (gegenüber 2750 *m* Länge) nicht als abnormal bezeichnet, für die erste Abtheilung seiner Untersuchung zu dem Schlusse:

Der Firststollenbetrieb eignet sich **nicht** *für die Erstellung von Tunnels, in welchen man behufs Erzielung grosser Fortschritte den Richtstollen mit Maschinenbohrung erstellt.*

In Bezug auf den *Einfluss der Baumethode in druckhaftem Gebirge* wird gesagt, dass die *belgische* Methode in festem und namentlich in gebrächem Gebirge ihre entschiedenen Vortheile habe, welche sich durch Ersparniss am Holzausbau besonders bemerkbar machen, dass die Anwendung derselben jedoch schwierig und sogar bedenklich werde, sobald das Gebirge auf die Mauerung bis unter die Gewölbeanfänge einen stärkeren Druck ausübe. Der Herr Verfasser theilt nun die Erscheinungen mit, welche sich bei *rolligem* und *plastischem* Gebirge dabei kund geben, und welche im Wesentlichen darin ihr Resultat haben, dass sich das Gewölbe senkt und verengt, ohne dass man in der Lage ist, wirksam genug entgegenzutreten. Herr Bridel führt in Kürze die Erscheinungen in den Tunneln der Linie Foggia-Neapel, beschrieben von Herrn Ingenieur Lanino, an, vergleicht dieselben mit jenen an der berüchtigten Druckstrecke bei 2800 im Gotthardtunnel und findet, dass diese bei Weitem nicht so schlimm war, wie die ersteren; zweifelt aber, ob auch bei regelrechtem Verspannen der Gewölbefüsse und scheibenweisem Abbauen der Strosse, ohne Treibung eines Sohlenschlitzes, es gelungen wäre, die Mauerung unbeschädigt zu Stande zu bringen.

Für *schwimmendes* Gebirge wird von der belgischen Methode von vornherein abstrahirt, weil für die Füsse des voraus eingezogenen Gewölbes keine genügende Unterlage zu finden ist.

Herr Bridel behauptet darauf, dass in rolligem und plastischem Gebirge die belgische Mauerungsmethode zum