

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 15/16 (1890)
Heft: 8

Artikel: Brennerscheinungen infolge vorhandener Spannungen im Gestein der Kehrtunnel auf der Nordrampe der Gotthardbahn
Autor: Bechtle, Rich.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-16440>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.03.2025

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

Auch die Wassermessungen haben bei uns zu Differenzen geführt. Ich will den Kampf zwischen Schwimmer und Flügel nicht aufrühren, aber einen Wunsch aussprechen: Bei Anlass des Streites zwischen Genf und Waadt über die Regulierung des Rhoneabflusses arbeitete ein Theil der Ingenieure mit Flügeln, der andere mit Schwimmern. Die sehr grossen Differenzen in den Resultaten führte zu Discussionen, die ohne Erfolg blieben; dann auch zu vergleichenden Versuchen in Zürich und an der Ziegelbrücke, die aber auch zu keinem endgültigen Resultate führten, weil die Ergebnisse nicht gehörig bearbeitet wurden. Wäre dies nicht eine passende Aufgabe für eine Diplomarbeit oder eine Preisaufgabe für Schüler des Polytechnikums? Oder andere ähnliche Probleme mehr, welche auf Bearbeitung warten. Ich weiss wohl, man wird mir einwerfen, die Schüler hätten nicht einmal die genügende Zeit für ihre programm-mässige systematische Ausbildung; noch weniger für solche Arbeiten. Ich glaube aber, trotz der mit einer solchen Beschäftigung verbundenen Einseitigkeit würden die Schüler durch die selbständige Arbeit weiter gefördert als durch stricte Einhaltung des Programmes. Es gilt dies auf technischem Gebiet ebenso gut als auf wissenschaftlichem, wo auf diesem Wege schon wichtige Resultate zu Tage gefördert wurden. So z. B. sind die wichtigen Sätze Kirchhoffs über Stromverzweigung das Ergebniss einer Seminar-Arbeit.

Zum Schluss will ich noch Einiges mittheilen über die Verwendung unserer Wasserkraft. Von der alten Anlage aus wird ein Theil, etwa 200 Pferde, direct durch Wellentransmission nach der auf dem Zürcher Ufer liegenden Bindfadenfabrik abgegeben. Die übrige Kraft wird durch Drahtseile nach der Stadtseite übertragen und vom untersten Pfeiler aus, rhein aufwärts durch zwei von

einander unabhängige Seilzüge weiter geleitet. Von jedem der vier Transmissionspfeiler aus wird Kraft abgegeben, theils durch kleinere Drahtseile, theils durch Wellen. Vom dritten Pfeiler aus führt eine Welle die Frauengasse hinauf, die sich mehrfach verzweigt; zwei Abzweigungen setzen wieder Seilscheiben in Thätigkeit. Die meiste Kraft wird vom IV. und V. Pfeiler aus abgegeben. Eines der Seile hat zu Zeiten etwa 400 Pferde übertragen müssen. Es ist klar, dass das gesammte Transmissionsnetz auch beim Leergang einer sehr grossen Kraft bedarf; wir sind nie dazu gelangt, dieselbe zu messen. — Bei einem Versuche Mittags zwischen 12 und 1 Uhr konnte ich die leere Anlage (einschliesslich der Turbinen und einzelner in den Fabriken leer laufenden Haupttransmissionen) mit der Dampfmaschine der Kammgarnspinnerei nur mit halber Geschwindigkeit antreiben. Aus einem andern Versuche schloss ich, dass der Leerbetrieb mit voller Geschwindigkeit über 300 Pferde erfordert. Wir geben von der alten Anlage Kraft von 1 bis 200 Pferde ab, zu Zeiten verwendete einer unserer Abnehmer bis auf 300 Pferde. Die Bestimmung der abgegebenen Kraft bot immer grosse Schwierigkeiten. Bei einzelnen Abnehmern wurde der Durchschnittsverbrauch taxirt, bei grössern Anlagen gemessen, mit Apparaten verschiedener Construction*). Gewöhnlich wurde nur zu bestimmten Momenten der Kraftverbrauch be-

stimmt; bei einzelnen grössern Geschäften durch registrirende Apparate. Bremsversuche waren, aus nahe liegenden Gründen, nicht möglich. Meist wurde ein Messapparat (Federapparat) in die Transmission eingeschaltet. Bei einem schiedsrichterlichen Streite wurde mit einem Federapparat der Wasserwerks-Gesellschaft und einem auf hydraulischen Druck beruhenden, welcher vom damaligen Director der Kammgarnspinnerei construirt war, gleichzeitig gemessen; die Angaben beider differirten, bei einem Gesamtbetrage von 215 HP., nur um $\frac{1}{4}$ HP. — Eine zu entscheidende Principienfrage war die: Haben wir den mittlern Verbrauch, oder den Maximalverbrauch zu verrechnen? Anfänglich stellten wir uns auf letztern Standpunkt, da wir fanden, wir dürften nur so viel Abonnenten annehmen, dass wir allen den Maximalbedarf liefern können, weil sonst bei Coincidenz sämtlicher Maxima die vertragsmässige Tourenzahl nicht hätte erzielt werden können. Späterhin reducirten wir so, dass aus sämtlichen Beobachtungen das Drittel ausgesucht wurde, welches die höchsten Werthe ergab, und aus diesem wurde das Mittel genommen und verrechnet.

Noch in andern Fällen wurde der Kraftverbrauch jeder Maschine einzeln gemessen (mit Hefner's Riemendynamometer). Fast ohne Ausnahme ergab sich, dass die Fabricanten den

Kraftverbrauch ihrer Maschinen zu niedrig taxirt hatten, in Folge unrichtiger Angaben der Lieferanten, die selber vielleicht nie Messungen vorgenommen haben mögen.

Von unserer neuen Anlage haben wir erst 600 Pferde verwerthet, bzw. zwei Turbinen an die Kammgarnspinnerei zu eigenem Betriebe vermietet. Wegen fernerer Abgabe von Kraft sind wir mit verschiedenen Aspiranten in Unterhandlung, und wir hoffen in kürzester Zeit Verträge abschliessen zu können. Hier werden wir wegen Berechnung des Kraftzinses weniger

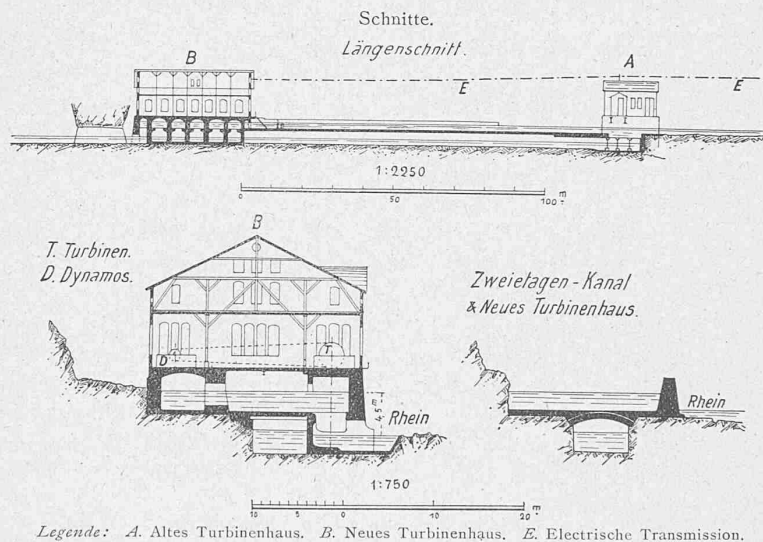
Schwierigkeiten haben als bei der alten Anlage. — Bei Uebergabe der beiden Turbinen an die Kammgarnspinnerei hat nur eine einmalige Messung stattzufinden. Mit andern grössern Abnehmern kann vielleicht ein ähnliches Vertragsverhältniss vereinbart werden. Bei kleinern Abnehmern geben Ampèremeter und Voltmeter einfachen Aufschluss.

Für Einführung der electricischen Beleuchtung in der Stadt ist vor der Hand wenig Aussicht, da für die öffentliche Beleuchtung ein Gasvertrag besteht. Ob die Gemeinde in Zukunft die Beleuchtung in eigene Hand nehmen wird, ist noch sehr unsicher; das Studium dieser Frage hatte bis jetzt nur den Erfolg, dass wir von uns aus keinen Schritt thun können, um die electricische Privatbeleuchtung einzuführen; es ist sogar die Frage angeregt worden, ob uns die Stadt überhaupt die Concession ertheilen solle, electricische Leitungen für Kraftabgabe auf Stadtgebiet anzulegen, oder ob sie nicht vielmehr sich das Monopol für solche Anlagen reserviren solle.

Brennerscheinungen infolge vorhandener Spannungen im Gestein der Kehrtunnel auf der Nordrampe der Gotthardbahn.

Bei den tief in das Berginnere eindringenden Kehrtunneln der Gotthardbahn sind auf der Nordrampe während des Baues und der ersten Betriebsjahre Erscheinungen auf-

Turbinenanlage der Wasserwerksgesellschaft in Schaffhausen.



Legende: A. Altes Turbinenhaus. B. Neues Turbinenhaus. E. Electriche Transmission.

*) Einige derselben wurden vorgelegt und nach der Sitzung erklärt.

getreten, welche meines Wissens bis jetzt noch bei keinem Tunnelbau beobachtet wurden.

Es sind dies die in den drei Kehrtunneln der Nordrampe vorgekommenen Absplitterungen dünner Schalen von compactem, massigem, krystallinischem Gestein. Dieselben hatten Aehnlichkeit mit dem sog. „Brennen“ der Lagerfugen, welches bei ungleichmässiger Druckvertheilung an Steinbauten zum Vorschein kommt. Aus diesem Grunde nannte man die betreffenden Gesteinsabsplitterungen oder Abschälungen in den Gesichtsfächen auch „Brennerscheinungen“.

Nach Dr. F. M. Stapf, ehemaligem Ingenieurgeologen der Gotthardbahn, besteht das Grundgebirge des durch die Finsteraarhorngruppe gehobenen Gotthardmassives, in welchem die Bahnstrecke von Station Gurtellen bis Göschenen verläuft, aus verschiedenen Arten des zum Finsteraarhornmassiv gehörigen Gneissgranites, welcher dem in dem Göscheren Tunnelort durchbrochenen identisch ist, und welche neben Orthoklas und wenig Oligoklas glasigen Quarz, schwarzen sogenannten Eisenglimmer und wenig hellgrünen Glimmer enthalten, sowie bald mehr granitische, bald mehr gneissähnliche Structur aufweisen.

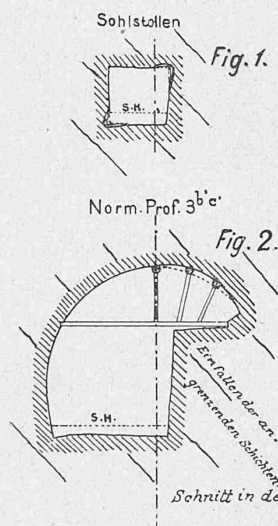
Die Brennerscheinungen wurden erstmals im Jahre 1880 beim Vortrieb des Sohlenstollens an verschiedenen Stellen einer etwa 435 m langen, vom unteren Portal 640 m, vom oberen 400 m entfernt gelegenen Strecke des 1476 m langen Spiraltunnels beim Pfaffensprung*) beobachtet, welcher Tunnel in horizontaler Entfernung von der Reuss gemessen bis 700 m in das Gebirge eindringt und von demselben am höchsten Punkt in etwa 80° geneigter Schichtung 440 m hoch überlagert wird.

In der unteren linksseitigen und in der diagonal gegenüberliegenden rechtsseitigen oberen Stollenecke zeigte sich nämlich ein Absplittern des Gesteins in dünnen Plättchen (vgl. Fig. 1). Beim Kappenausbrüche auf dieser Strecke wiederholten sich die Absplitterungen in erhöhtem Masse, so dass ein leichter Sicherheitseinbau an der Tunneldecke zum Schutze des im Tunnel beschäftigten Personals erforderlich wurde (vergl. Fig. 2). Diese Brennerscheinungen kamen, wie oben erwähnt, in dem ganz festen und massigen Gestein — Eurith — vor, während in den angrenzenden, geschichteten oder zerklüfteten Gesteinspartien dergleichen nicht wahrnehmbar war.

Um einer späterhin nach Schluss des Gewölbes durch abfallende Steintrümmer etwa verursachten Hinterfüllung desselben Rechnung zu tragen, wurde von der Oberleitung angeordnet, die Steinauspackung hinter dem rechtsseitigen Gewölbebogen nur in schmalen etwa 2 m von einander entfernten Rippen auszuführen, die Zwischenräume aber frei zu lassen, so dass die belassenen Sporne durch etwa auftretende Pressungen umgeworfen werden konnten. In dem betreffenden Gewölbemauerwerk ist bis heute nicht die geringste Aenderung gegenüber dem ursprünglichen Zustande eingetreten was darauf schliessen lässt, dass spätere bedeutende Ablösungen nicht stattgefunden haben. Bei einem Einbruch in das Gewölbe haben sich nur wenige dünne Steinsplitter (Schalen) auf dem Gewölberücken liegend vorgefunden.

Während im Pfaffensprungtunnel die beschriebenen Absplitterungen des Gesteins beim Bau in grösserem Masse

Pfaffensprungtunnel

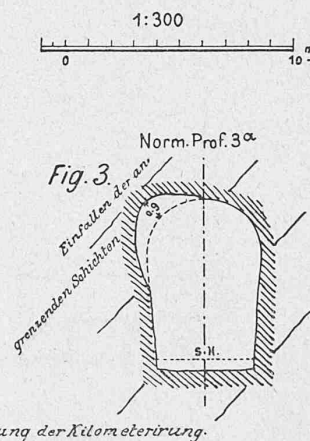


aufgetreten waren, zeigten sich solche in dem, die mittlere mit der oberen Linie bei Wassen verbindenden, 1088 m langen Kehrtunnel am Leggistein*) während der Bauzeit nur in ganz geringer Ausdehnung. Eigentliche Brennerscheinungen traten in diesem Tunnel erst nach Vollendung desselben beim Bahnbetrieb vom September 1882 bis 1886 an einer 58 m langen, einspurigen, überhöhten und in der anschliessenden 10 m langen, zweispurigen, zusammen auf 68 m Länge ungemauert belassenen Tunnelstrecke auf, welche 300 m vom oberen Portal entfernt liegt. Während des oben angegebenen Zeitraumes kamen auf dieser 68 m langen, theilweise in festem massigen Gestein ausgebrochenen Tunnelstrecke wiederholte Schalenablösungen an der Decke links, also gleich wie im Pfaffensprungtunnel auf der convexen Hälfte der Tunnelröhre und bei ähnlicher Beschaffenheit der, die compacten Massen umgebenden, geschichteten Felspartien vor.

Es löste sich erstmals im September 1882 von der Decke links mit starkem Knalle ein etwa 1 1/2 kg schwerer Stein ab, worauf etwa 3/4 m³ lose Steine abgebrochen werden konnten, beim nachfolgenden Untersuchen der Decke aber nur durchaus festes Gestein vorgefunden wurde. Dieser Vorgang wiederholte sich an der gleichen, wie auch an

mehreren anderen linksseitig gelegenen Stellen dieser Tunnelstrecke mehrmals und es wurde bei den monatlichen — nach Erforderniss auch in kürzeren Zeiträumen — vorgenommenen Untersuchungen stets constatirt, dass nach erfolgter Entfernung der losen Theile das vorhandene feste Gestein mehrere Monate hindurch unverändert geblieben war und keine Ablösungen sich gezeigt hatten. Am 12. Juli 1886 fand sich, nachdem zwei Monate früher bei der Untersuchung durch Abklopfen der Decke keine hohlklingenden Stellen sich gezeigt hatten, eine frisch gelöste 5 cm dicke, 0,8 m² grosse Schale vor, welche mit Leichtigkeit abgebrochen werden konnte. Seit dieser Zeit haben sich bei den monat-

Leggisteintunnel



lich vorgenommenen Untersuchungen an dieser 68 m langen ungemauerten Strecke im Leggisteintunnel keine Ablösungen mehr gezeigt, wesshalb angenommen werden darf, dass die betreffende Felspartie nun vollständig sicher ist, obwohl oder vielmehr weil — wie aus Fig. 3 ersichtlich ist, — die durch Abbrennen und Abräumen eingetretene successive Erweiterung der linksseitigen Deckenhälfte, stellenweise bis 0,9 m über das ursprünglich hergestellte normale Profil hinausreicht, indem die vorhandene Spannung sich nur den nöthigen Raum geschaffen hat.

In dem Lageplan Fig. 4 ist die Streichrichtung und das Einfallen der Schichten, sowie die Ausdehnung der Brennerscheinungen (— Linie) im Pfaffensprung und Leggisteintunnel ersichtlich gemacht.

Etwas anderer Art als in den erwähnten beiden Tunneln waren die Gesteinsablösungen in dem 1084 m langen, die untere mit der mittleren Linie der Wassener Schleife verbindenden Kehrtunnel bei Wattingen.***) Dieselben kamen aber, soweit sie beobachtet werden konnten, nicht nur vereinzelt im Firststollen und bei der seitlichen Erweiterung desselben, sondern hauptsächlich auch an der Sohle des Strossenabbruches zum Vorschein, indem das Gestein an zwei je 100 m langen, 300 m von den Portalen entfernten

*) Vgl. Bd. XIV Nr. 17 und Bd. XV Nr. 8 und Nr. 14 der „Eisenbahn“.

*) Vgl. Bd. XIII Nr. 26 und Bd. XIV Nr. 1 der „Eisenbahn“.

**) Vgl. Bd. XIV Nr. 8 der „Eisenbahn“.

Strecken häufig mit einem Knalle, von unten nach oben aufbrach.

Es unterliegt nun keinem Zweifel, dass diese in den drei Kehrtunneln aufgetretene, interessante Erscheinung auf eine ganz bestimmte Ursache zurückzuführen ist, weil das Abbrennen des Gesteins sowohl im Stollen als im vollen Tunnelprofil an dem nämlichen Orte auftrat.

An eine Gebirgsbewegung*) ist dabei nicht zu denken, weil der Tunnelquerschnitt doch zu minim erscheint im Vergleich zum Gebirgsstock; das Ansaugen von Feuchtigkeit aus der Luft könnte höchstens nur zum Theil mitgewirkt haben. Als eigentliche Ursache muss eine Spannung angesehen werden, welche bei der Bildung des massigen Gesteins entstanden ist und welche in Folge der Oeffnungen durch den Stollen und Tunnel ihre Lösung findet. Dass die Lagerungsverhältnisse hiebei eine Hauptrolle spielen, darf als sicher angenommen werden. In den an die massigen Gesteinspartien anstossenden Strecken mit deutlich ausgesprochener Schichtung und Zerklüftung konnten diese Brennerscheinungen sich nicht äussern, weil die Schicht- und Klüftflächen hinreichenden Raum darboten zur Auslösung einer ursprünglich etwa vorhandenen Spannung.

Wie oben erwähnt, sind an der betreffenden ungemauert belassenen Partie des Leggesteintunnels die Abblätterungen seit einigen Jahren nicht mehr wahrnehmbar und ist dies ein Beweis dafür, dass die Feuchtigkeit der Luft kaum dabei mitgewirkt haben kann, sondern dass das „Brennen“ auf hörte, nachdem sich die vorhanden gewesene Spannung durch Bildung einer geeigneten Form des Tunnelprofils aufgelöst hatte.

Der ehemalige Tunnelinspector der Gotthardbahn, Herr Ing. J. Kauffmann, ist mit mir der Ansicht, dass die mehrfachen Ablösungen während des Baues an den ohne Verkleidung bestimmten Tunnelstrecken zum Theil ihren Grund in der vorstehend geschilderten Erscheinung hatten, dass

solche zum Theil aber auch von den heftigen Erschütterungen der starken Dynamitschüsse herrührten, welche häufig noch senkrecht zur Tunneldecke angesetzt worden waren, ferner dass letzterer Uebelstand bei sorgfältigem Ausschüssen, wie solches bei der seit zwei Jahren in Ausführung begriffenen Verbreiterung der Bergstrecke der Gotthardbahn auf zwei Geleise in Regie vorgenommen wird, leicht vermieden werden kann, und endlich dass nach einer alten Erfahrung, welche sich auch beim Bau der Gotthardbahn bestätigt hat, für die Beurtheilung der Standfestigkeit eines Gesteins keineswegs etwa wiederholte Ablösungen nach der Ausweitung, sondern die Natur und die Lagerungsverhältnisse des Gesteins massgebend sind.

Luzern, im August 1890.

Rich. Bechtle,

Oberingenieur der Gotthardbahn.

*) Wäre eine solche an den betreffenden Stellen im Pfaffensprungtunnel vorhanden gewesen, so würde der daselbst angewandte leichte Sicherheitseinbau nicht Stand gehalten haben.

Miscellanea.

Ueber die Lage der schweizerischen Cement-Industrie im vergangenen Jahre spricht sich der soeben herausgekommene Bericht des „Schweizerischen Handels- und Industrie-Vereins“*), auf den wir später noch einlässlicher zurückkommen werden, wie folgt aus:

Eine Vergleichung der Zolltabellen zeigt, dass die Einfuhr von Cement (hydraulischer Kalk, Roman- und Portlandcement) gegenüber 1888 um 427 569 Fr. gestiegen ist, ebenso die Ausfuhr um 161 279 Fr. Während aber an der Steigerung der Einfuhr sämtliche Marken theilhaftig sind, trifft dies bei der Ausfuhr nur für hydraulischen Kalk und Portlandcement zu; die Ausfuhr von Romacement hat dagegen um 1 853 Fr. abgenommen.

Dem Gewichte nach wird immer noch am meisten Romacement in die Schweiz eingeführt. Die geringe Ausfuhr von Portlandcement erklärt sich wohl daraus, dass die inländische Production immer noch relativ klein ist und im Berichtsjahre noch nicht den inländischen Consum zu decken vermochte. Dass die schweizerische Einfuhr für diese Cementart im Jahre 1889 gegenüber dem Vorjahre sich um etwa 277 000 Fr. gesteigert hat, dürfte seinen Grund darin haben, dass die deutschen Fabriken nicht mehr so stark mit Lieferungen für Festungsbauten beschäftigt sind, und dass sie nun wieder dem Schweizergeschäft grössere Aufmerksamkeit schenken.

Ueberdies ist, vorzüglich in Süd-deutschland, eine ganze Reihe neuer Fabriken entstanden, die darauf rechnen, ihre Production nach der Schweiz absetzen zu können.

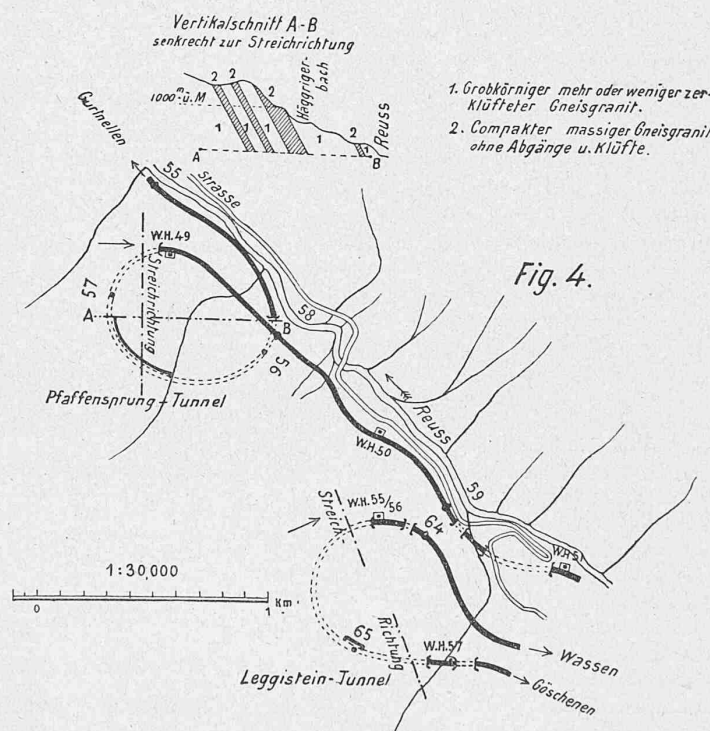
Die Einfuhr von hydraulischem Kalk hat nicht zugenommen. Es ist dies dem Umstand zu danken, dass in der Schweiz eine grosse Zahl von Kalkfabriken besteht, die ein vorzügliches Product zu liefern im Stande sind. Die Ausfuhr dieses Artikels nach Deutschland hat bedeutende Fortschritte gemacht. Nächstes Jahr wird zwar voraussichtlich wieder eine Abnahme zu constatiren sein, da die strategischen Bahnen an der Schweizergrenze, bei denen viele hundert Wagenladungen schweizerischen hydraulischen Kalks Verwendung fanden, nunmehr ausgebaut sind. Immerhin darf dem inländischen hydraulischen Kalk noch eine schöne Zukunft vorausgesagt werden, da dieser

Artikel in Deutschland gegenwärtig noch fast gar nicht bekannt ist, und dort auch nur an sehr wenigen Orten sich das passende Rohmaterial vorfindet. In Frankreich allerdings bestehen schon seit vielen Jahren bedeutende Kalkfabriken, welche auch in der Westschweiz ihre Waare absetzen und naturgemäss die schweizerische Ausfuhr dorthin fast unmöglich machen.

Mit der Zeit wird der hydraulische Kalk den Luftkalk (Fettkalk) verdrängen und dadurch an Anwendbarkeit ganz enorm zunehmen. Auch statt des theuern Cementes oder in Verbindung mit demselben kann er in sehr vielen Fällen mit bestem Erfolge gebraucht werden. Leider wird aber das Aufblühen dieser Industrie durch einen thörichten Concurrenzkampf kleinerer Kalkfabriken gehemmt, die auf Unkosten der Qualität der Waare sich im Reduciren der Preise überbieten.

Das ausserordentliche Steigen der Kohlen- und Coakspreise hat selbstverständlich auch die Cement- und Kalkfabrication beeinflusst. Um diesem Umstande Rechnung zu tragen, beschloss der „Verein schweizer. Cement-, Kalk- und Gypsfabricanten“ die Preise für ihre Fabricate zu erhöhen. Diese Massregel fand aber nicht überall Durchführung, trotzdem — wenigstens in der Mittelschweiz — nicht viele Schwierigkeiten

*) Nicht zu verwechseln mit dem in No. 6 d. B. besprochenen Bericht der „Kaufmännischen Gesellschaft Zürich“.



1. Grobkörniger mehr oder weniger zerklüfteter Gneisgranit.
2. Kompakter massiger Gneisgranit ohne Abgänge u. Klüfte.