

Woran leiden unsere Eisenbahntunnel, wie kann abgeholfen und wie vorgebeugt werden

Autor(en): **Rothpletz, F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **71/72 (1918)**

Heft 6

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-34712>

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.

Lotrechte Auflagerkraft:

$$V_g = g l_1 \frac{\sinh k}{k}$$

Wagrechte Auflagerkraft (Horizontalschub):

$$H_g = \frac{V_g}{\lg \varphi_k} = \frac{g l_1^2 (m-1)}{f k^2}$$

Kontrolle der Gleichung der Gewölbeaxe durch Differenzierung.

$$\text{Es ist } y' = \frac{f}{m-1} (\cosh \xi k - 1),$$

$$\frac{dy'}{dz} = \frac{f k}{l_1 (m-1)} \sinh \xi k,$$

$$\frac{d^2 y'}{dz^2} = \frac{f k^2}{l_1^2 (m-1)} \cosh \xi k.$$

Ferner hat man

$$\cosh \xi k = \frac{g z}{g}$$

und aus der Gleichung für H_g

$$k^2 = \frac{g l_1^2 (m-1)}{H_g f},$$

sodass durch Verbinden das Stützliniengesetz

$$H_g \cdot \frac{d^2 y'}{dz^2} = g z$$

herauskommt, womit der Beweis der Richtigkeit erbracht ist.

Um die Bestimmung der Gewölbeaxe zu erleichtern, ist für verschiedene Verhältnisse von m (m = Gewölbegewicht am Kämpfer durch Gewölbegewicht am Scheitel) für 12 Gewölbepunkte (vergl. Abb. 3) die Tabelle I zusammengestellt worden.

Für Zwischenwerte von m hat man zu interpolieren. Die Tabelle ist so eingerichtet worden, dass die Werte von $y' : f$ im Gewölbeviertel sich von Hundertstel zu Hundertstel ändern. Für $m=1$ ist die Gewölbeaxe eine Parabel.

Bei Gewölben mit Hinterfüllung erhält man nach der obigen Tabelle die Axe besonders genau. Bei Gewölben von mittlern Spannweiten ab aufwärts ist es zweckmässig, im Interesse der Sicherheit die Axe noch einmal graphisch oder analytisch nach dem bekannten Verfahren zu kontrollieren bzw. richtig zu stellen. Hauptsächlich ist diese Kontrolle bei gegliedertem Aufbau geboten. Hierbei wird man auch besser für das Gewicht g einen Wert in Rechnung stellen, der sich aus dem Fahrbahnengewicht und dem Gewicht des Gewölbes am Scheitel (ausschliesslich für die Wölbtragkonstruktion) zusammensetzt.

In jedem Falle hat man bei dem obigen Verfahren den Vorteil, dass man gleich nach der ersten Kontrolle, der sich ergebenden geringen Aenderung der Gewölbeaxe wegen, unmittelbar die endgültige Gewölbeaxe erhält. Bei Brücken mit Hinterfüllung ist gewöhnlich aber auch schon die Kontrolle überflüssig.¹⁾

Das folgende Beispiel soll die Anwendung des Verfahrens erläutern und zugleich ein Bild für die ausserordentliche Zuverlässigkeit abgeben.

Beispiel. Es ist die Axe des in Abbildung 4 dargestellten Gewölbes zu bestimmen.

Gewicht des Wölbmaterials $\gamma = 2,4 \text{ t/m}^3$,

Gewicht der Hinterfüllung $\gamma = 1,7 \text{ t/m}^3$

mithin

Gewicht am Scheitel $g = 0,40 \cdot 2,4 + 0,30 \cdot 1,7 = 1,47 \text{ t/m}$,

Gewicht am Kämpfer $g_k = 1,24 \cdot 2,4 + 3,68 \cdot 1,7 = 9,23 \text{ t/m}$
und

$$m = \frac{9,23}{1,47} = 6,28.$$

Man hat somit zwischen den Tabellenwerten $m = 5,322$ und $m = 6,532$ zu interpolieren und findet die in der Tabelle II festgestellten Werte.

Die Werte in Klammer bedeuten die unabhängig von dem obigen Verfahren in der bekannten Weise analytisch berechneten Gewölbeordinaten. Wie ersichtlich findet im mittlern Gewölbedrittel eine Abweichung überhaupt nicht

¹⁾ Betreffs der Bestimmung der „verbesserten Gewölbeform“, die von der Stützlinienform abweicht und bezweckt, dass am Scheitel des Gewölbes an der Leibung und am Rücken nur Druckspannungen von annähernd gleicher Grösse entstehen, siehe das in der Fussnote Seite 68 erwähnte Werk des Verfassers.

statt. In den äussern Dritteln entstehen nur geringe Unterschiede mit dem Höchstwert von 13 mm im Schnitt 2.

Es sei noch darauf hingewiesen, dass die erhaltenen geringfügigen Abweichungen grösstenteils darauf zurückzuführen sind, dass bei der durchgeführten analytischen Berechnung (beim gewöhnlichen Verfahren) die Schwerpunkte der Lamellen in der Mitte der lotrechten Teillinien angenommen worden sind. Bei einer streng durchgeführten Berechnung wäre die Uebereinstimmung noch vollkommener.

Woran leiden unsere Eisenbahntunnel, wie kann abgeholfen und wie vorgebeugt werden.

Von Ing. F. Rothpletz, Bern.¹⁾

Ein Gang durch unsere schweizerischen Eisenbahntunnel gibt bei aufmerksamer Beobachtung ein recht übersichtliches Bild über den Grossteil der Krankheiten, denen die Tunnel infolge der Verwitterung, des Einflusses der Gebirgswässer, der Lokomotivgase, der Erschütterungen durch Zugsverkehr, und wohl am meisten infolge des Gebirgsdruckes unterworfen sind.

Wenn der Arzt einen Kranken heilen will, muss er vor allem die Krankheit richtig erkennen, unzweideutig, sonst wird seine Heilmethode unter Umständen die Krankheit noch verschlimmern. Die Heilmethoden sind für die verschiedenen Krankheiten so ziemlich bekannt, die grösste Kunst des Arztes liegt demnach im Erkennen, im Stellen der *Diagnose*, wie er das nennt. Wenn ihm dann noch alle Hilfsmittel zur Verfügung stehen, die der Fall erfordert, wird ihm die Heilung gelingen, wenn keine Komplikationen eintreten und nicht Altersschwäche oder überhaupt schwächliche Konstitution des Patienten vorliegt.

Die grösste Kunst des Ingenieurs ist es nun, eine richtige Diagnose zu stellen, die an dem Bauobjekt auftretenden Krankheiten richtig zu deuten, deren *Ursache* zu erkennen. Es wird ihm, wenn er das kann und ihm genügend Mittel, in diesem Falle Geld, zur Verfügung stehen, beim heutigen Stand der technischen Wissenschaft im allgemeinen nicht mehr schwer fallen, für Abhilfe zu sorgen. Um eine richtige Diagnose zu stellen, muss der Arzt den Aufbau des menschlichen Körpers und die Veränderungen und Merkmale kennen, die die Krankheiten in ihm hervorbringen. Er muss den Einfluss, den seine Behandlung auf den Körper hat, richtig beurteilen können, um zu wissen, ob der Kranke in dem Zustande, in dem er sich befindet, diese erträgt. So muss auch der Tunnelingenieur den Bau des Gebirges studiert haben, durch den der Tunnel führt, er muss wissen, welche Veränderungen die Einflüsse der verschiedenen Gebirgsarten am Körper unserer Tunnel, dem Mauerwerk, hervorbringen können. Und wie der Mensch auch durch äussere Einflüsse erkranken kann, so wirken auch auf das Tunnelmauerwerk äussere Feinde, die es im besonderen auf seine „Leibung“ abgesehen haben, und diese Erkrankungen können oft recht tiefgehende sein. Der Tunnel kann sich erkälten, wenn er nicht gut genug angezogen, „verkleidet“ ist; der Ingenieur nennt dies verwittern. Gase und Wasser können seine Gesundheit schädigen, seine Haut allmählich zersetzen. Die gewaltigen Erschütterungen der rastlos verkehrenden Züge greifen seine Nerven an, namentlich wenn er sowieso von etwas schwächlicher Konstitution ist. Selbst dem dahinter liegenden Gebirge wird es oft zu viel; aus dem von Natur nicht bösartigen Jungen kann durch Vernachlässigung ein wüster Geselle werden.

Die infolge der äusseren Einflüsse auftretenden Schäden sind kurz folgende:

Die Verwitterung der Mauersteine, seien es Natur- oder Kunststeine, und das Auswittern der Fugen. Bei kleinen Objekten liegt die Gefahr der Verwitterung auf der ganzen Länge vor. Auch grössere Tunnel von Kilometer-Länge können, je nach der Lage, durch und durch dem Einflusse der äusseren Temperaturschwankungen unterworfen sein. Bei grossen Tunnels, die nicht ventiliert werden, dringt der Frost, je nach der Ueberlagerung und damit den Wärmeverhältnissen, nur bis einige 100 m in das Tunnelinnere. Ist jedoch eine künstliche Lüftung vorhanden, so geht die Gefrierzone auf der Eintrittseite von 500 bis 2500 m ab Portal, während auf der Austrittseite die warme Luft jedes Gefrieren verhindert. Am Hauenstein-Basistunnel liegt die Gefrierzone im Südschenkel zwischen Südportal und Km 2,500. Im Nordschenkel, in dem der

¹⁾ Vortrag gehalten im Bernischen Ing.- und Arch.-Verein am 27. Dez. 1917.

Einfluss des Lüftungs-Schachtes viel geringer ist, zwischen Nordportal und rund 500 m. Am Simplon stellt man trotz grosser Wärme, aber auch mächtiger Ventilation (90 m³/sek), Eisbildungen bis 2000 m im Tunnelinnern fest.

Im allgemeinen findet man wenig ausgefrorene Natursteine. Immerhin muss erwähnt werden, dass auch oft ungeeignetes solches Material zur Verwendung kam. Die Wirkung zeigte sich in einem Abbröckeln oder einem Ablösen von Schalen. Wird diesem Vorgang nicht genug Beachtung geschenkt, so können schliesslich Deformationen des Mauerwerkes eintreten. Wichtiger ist die Verwitterung der Kunststeine, schlechte Erfahrungen hat man namentlich mit Backsteinen gemacht; aber auch Zementsteine bieten nur in allerbesten Qualität genügende Sicherheit.

Eine besondere Rolle spielt bei der Verwitterung der Steine die Fuge. Leere Fugen, seien es solche, die vom Baue herrühren, oder die allmählich durch Auswintern des Mörtels entstanden sind, begünstigen den Prozess. Das für die Eisbildung nötige Wasser fehlt leider im Tunnel sozusagen nie und namentlich nicht in der Nähe der Portale. Die Auswitterung der Fugen ist auf schlechten Mörtel zurückzuführen. Namentlich hat man mit aus hydraulischem Kalk hergestelltem Mörtel recht schlechte Erfahrungen gemacht. Es kann aber auch der verwendete Sand oder die Herstellungsart des Mörtels die Schuld an seiner minderwertigen Qualität tragen. Im allgemeinen wurde in dieser Beziehung den Tunnels zu wenig Beachtung geschenkt.

Fast in allen Eisenbahntunnels findet man, namentlich im Gewölbe, zersetzten Mörtel. Es treten sogenannte Ausblühungen auf, d. h. der Mörtel wächst als weiche, schmierige, weisse Masse aus der Fuge; Beton und Betonsteine zersetzen sich oberflächlich unter den gleichen Erscheinungen. Man schreibt diese Erscheinung schon lange der Einwirkung von säurehaltigen Wässern, bezw. der Lokomotivgase zu. Dabei nahm man an, dass sich Gips bilde und diese weisse aus den Fugen herauswachsende Masse Gips sei.

In der „Zeitung des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen“ (Nr. 100 vom 28. Dezember 1912) behandelt Dr. Hans Kühl die Frage der Einwirkung der Lokomotivgase eingehend. Er kommt zum Schlusse, dass diese weisse schmierige Masse nicht Gips sei, sondern aus einer sehr wasserreichen Doppelverbindung aus Gips und Kalziumaluminat, sog. *Kalziumsulfaluminat* bestehe und dass diese Verbindung, also das Ausblühen, nur entstehen könne, wenn im Mörtel oder Beton freies Kalkhydrat und Tonerde vorhanden seien und zudem Schwefelsäure und Wasser dazutreten. Wenn einer dieser vier Bestandteile fehle, sei die Bildung dieses Kalziumsulfaluminates nicht möglich. Gelingt es nun, *einem* Teil, z. B. dem Wasser oder der Schwefelsäure, den Zutritt zum Mörtel bezw. Beton zu verwehren, so ist dem Uebel abgeholfen. Schutzanstriche haben keine Dauer, sie müssten immer erneuert werden. Dem Eindringen des Wassers vom Gebirge her in den Mörtel kann praktisch nicht absolut gesteuert werden, es ist zudem sehr teuer. Das Wasser wird also in den Tunnels nie auszuschalten sein. Die Schwefelsäure lässt sich durch Einführung des elektrischen Betriebes vermeiden. Es ist auch denkbar, Zemente zu verwenden, bei denen die Tonerde fehlt. Diese existieren in den sogenannten „Erzementen“, auch die „Chaux du Teil“, die in Südfrankreich hergestellt wird, enthält keine Tonerde. Diese beiden Produkte sind aber sehr teuer und binden ausserordentlich langsam ab, sodass sie für eine rasche Mauerung und namentlich für Mauerung im Nassen nicht in Frage kommen können. Mit „Chaux du Teil“ wurden im Lötschbergtunnel in Gipswasser Versuche gemacht. Es war nicht möglich, damit zu mauern, weil sie nach mehreren Tagen noch ganz weich war und erst nach Wochen erhärtete, dann allerdings gut hart wurde. Wo dieser Zement später für Verfugungen angewendet wurde, hat er sich gut bewährt. Nachdem auch die Ausschaltung der Tonerde auf grosse Schwierigkeiten stösst, bleibt nurmehr die Ausschaltung des freien Kalkes; solche Zemente stehen in den Hochofenzementen zur Verfügung, Zemente, die vorzugsweise aus granuliertem Hochofenschlacke bestehen. Der Zusatz von Gips zu diesem Zement, wenn er bei der Fabrikation geschieht, wirkt nicht nur nicht zerstörend, sondern steigert das Erhärtungsvermögen und die Festigkeit bedeutend.

Die Versuchsergebnisse lassen sich, soweit Wasser und Gase in Frage kommen, an Bauwerken leicht nachprüfen. Die Ausblühungen sollten nach Obigen in einem Tunnel, der elektrisch befahren wird, nicht auftreten, wenigstens nicht jene Schäden, die

auf Lokomotivgase zurückzuführen sind. Sie sollten demnach im Simplontunnel und Lötschbergtunnel, die von Anbeginn an elektrisch betrieben wurden, nicht nachzuweisen sein. Dies ist auch tatsächlich der Fall. Die am Simplontunnel I auftretenden Zersetzungen von Mörtel und Beton um Km. 4 ab Nordportal herum sind ganz örtlicher Natur und nachgewiesenermassen in Stellen, wo Gipsquellen auftreten. Im übrigen konnten im ganzen Simplontunnel I keine weiteren Zersetzungen festgestellt werden, obschon der Mörtel teilweise nicht erster Güte ist. Wenn demnach die Gase, und damit die Säure, fehlen, treten auch die Zersetzungen nicht auf. Im Tunnel verschieben sich oft die Quellen, feuchte Stellen werden trocken und umgekehrt. Sobald eine Stelle im Tunnel trocken wird, hört der Zerstörungsprozess auf. An früher trockenen Stellen, die keine Spur von Zersetzung zeigten, treten diese allmählich auf, sobald Wasser, sei es als Gebirgs- oder aus der Luft abgeschiedenes Wasser, auftritt. Ueber Hochofenzemente liegen leider in der Schweiz keine Versuchsergebnisse vor.

Wie bereits angedeutet, können auch säurehaltige Wässer die Ursache der Zersetzung bilden. Im Simplon I und II sind Zersetzungen von Mörtel und Beton eingetreten, ohne dass im Wasser freie Säure nachgewiesen werden konnte, und doch besteht kein Zweifel mehr, dass dort die Ursache der Zersetzung im Wasser liegen muss. Der Prozess hört sofort auf, wenn die Quellen versiegen.

Der Vollständigkeit halber sei auch noch die erodierende Wirkung der Gebirgswässer erwähnt. Sie können vom Gewölbe oder Widerlager Rücken her das Mauerwerk anfressen und allmählich die Ursache von Deformationen werden.

Wichtiger ist aber das Auslaugen der feinen Bestandteile des Gebirges, wo dieses z. B. aus Bergschutt, Moräne oder Sand besteht, durch das nach dem als Drainierrohr wirkenden Tunnelhohlraum ziehende Wasser. Jeder Tropfen bringt eine Spur mit sich, mit den Jahren werden daraus m³; so entstehen Hohlräume, die nach und nach zu Einstürzen hinter dem Gewölbe führen, ohne dass dieses in Mitleidenschaft gezogen zu werden braucht. Diese Einstürze können aber zu Tagbrüchen führen und je nach Umständen recht unangenehme Folgen haben. Hier gibt es nur ein Mittel: den Tunnel ganz abzudichten und damit diese Auswaschungen zu verunmöglichen.

*

Eine weit grössere Rolle spielen die Schäden, die dem *Einfluss des Gebirgsdruckes* zuzuschreiben sind. Gebirgsdruck ist ein Sammelbegriff, er fasst eine Menge Vorkommnisse in sich, die wir vor allen Dingen richtig auslegen, genau kennen und verstehen müssen, wenn wir die auftretenden „Krankheiten“, die auf Gebirgsdruck zurückzuführen sind, richtig behandeln wollen. Der Begriff „Gebirgsdruck“ lässt sich in zwei Gruppen teilen, deren erste den Gebirgsdruck umfasst, der durch die mehr oder weniger grosse *Zusammenhanglosigkeit des vom Tunnel durchfahrenen Gebirges* veranlasst wird, während die zweite die Einflüsse in sich schliesst, die durch *chemische Umsetzung des Gesteins* verursacht werden.

Die erste Gruppe lässt sich abermals teilen in

1. Druck, der im Gebirge *latent vorhanden* ist und bei dessen Aufschliessen aktiv wird;
2. Druckerscheinungen sekundärer Natur, die als Ursache eine *mangelhafte Bauausführung* haben (Nichtfüllen von Hohlräumen, Nichtschützen der Sohle).

Unter 1 reiht sich das „schwimmende Gebirge“ ein, worunter ganz allgemein alle Gebirge verstanden seien, die ohne soliden, inneren Zusammenhang sind, die namentlich bei Zutritt von Wasser mehr oder weniger flüssig werden (Sand, Kies, Mergel, Trümmergesteine) und Gebirge, die infolge ihrer Lagerung und Schichtung druckhaft werden.

		Gebirgsdruck	
		Druck, der auf die Zusammen- hanglosigkeit des Gebirges zurückzuführen ist.	Druckerscheinungen infolge der chemischen Umsetzung des Gesteins.
nachträglich infolge der Bauausführung auftretender Druck.		Druck, der latent im Gebirge vor- handen ist.	
Belassen von Hohl- räumen.	Nicht- schützen der Sohle.	Schwimmen- des Gebirge. (Zusammen- hanglosigkeit).	Druck aus- ungünstiger Lagerung des Gebirges.

Der auf den Tunnel einwirkende Druck kann ein allseitiger oder auch bloss einseitiger sein. Das Auftreten des einseitigen Druckes ist selten, er kommt meistens nur in Spezialfällen vor, z. B. bei Lehnentunnels, die man unvorsichtigerweise oder aus Sparsamkeitsgründen zu weit an die Oberfläche rückte, statt den sichern Felsen aufzusuchen; bei Paralleltunnels, wie beim Simplon, bei dem der Abstand eines Tunnels vom andern zu klein ist. Endlich kann einseitiger Druck auch veranlasst werden durch schlechte Bauausführungen: Hohlräume hinter dem Mauerwerk können in gebräuchlichem Gebirge durch Nachbrechen zur Folge haben, dass allmählich das Mauerwerk eine örtliche Belastung erhält, für die es nicht erstellt wurde.

Druckerscheinungen zeigen sich im allgemeinen schon bei den Bauausführungen und zwar zuerst durch ein Aufsteigen der Sohle, welcher Erscheinung das Senken der „Decke“ und das Zusammengehen der „Stösse“ folgt. Im fertigen Tunnel zeigt sich der Druck, vorausgesetzt, dass kein Sohlengewölbe vorhanden ist, nach der Zeitfolge, in der im allgemeinen die Erscheinungen bei guter Bauausführung auftreten, in einem Auftreiben der Sohle, im Zusammengehen der Widerlager und dem Bruch der Gewölbe und Widerlager.

Die ersten Anzeichen, dass Mauerwerk unter einem Druck steht, dem es nicht gewachsen ist, zeigen sich einerseits am Mörtel, der aus den Fugen sich löst, wohl auch ganz zerstört und zusammenhanglos wird, andererseits am Abbröckeln der Steine an Stellen, in denen Pressfugen, d. h. Stein auf Stein, gemauert wurden oder wo infolge zu schwacher Fugen die Steine sich in einzelnen Punkten oder Kanten berühren. Beim Abklopfen findet man hohl-tönende, oft parallel zu den Lagerfugen oder Stossfugen gebrochene Steine. Im einspurigen Tunnel zuerst im Scheitel, im zweispurigen Tunnel etwa im zweiten Drittel der Gewölbehöhe. Allmählich beginnen sich Platten zu lösen, die den Bruch der Steine parallel zur Sichtfläche des Gewölbes anzeigen. Splitter und ganze Schalen, halbe Steine fallen vom Gewölbe und sind für das Bahnpersonal, oft das erste Zeichen, dass etwas nicht in Ordnung ist. Diese Abspaltungen gehen immer tiefer, bis Löcher und Schlitz im Gewölbe und Widerlager entstehen, denen Deformationen, schliesslich auch Einsturz folgen muss. In Partien, die mit Sohlengewölbe voll ausgebaut sind, werden Brüche immer im schwächsten Teil des Profiles auftreten. Im grossen und ganzen werden aber die Erscheinungen, die oben bereits beschrieben, dieselben sein, nur in anderer Reihenfolge.

Alle diese Schäden treten nun in einem Grossteil unserer Tunnels auf und geben Veranlassung zu recht teuren und langwierigen Reparaturen. Es muss unsere vornehmste Aufgabe sein, dem Grunde nachzuforschen, warum der Gebirgsdruck diese Schäden hervorbringen konnte. Erst dann werden wir imstande sein, die Reparaturen richtig, sach- und fachgemäss durchzuführen.

Die Gründe sind nun:

1. Zu schwache Ausmauerung im allgemeinen.
2. Verkennung der Natur der Gesteine und der Vorgänge im Berginnern und daher Anwendung ungeeigneter Profile.
3. Schlechte, unsorgfältige Mauerung, sei es schlecht ausgeführte Arbeit, oder Verwendung von schlechtem Material, oder beides.

Der Tunnelbau war immer ein wenig das Stiefkind der Bauingenieure. Auf die offene Linie wurde bei einem Bahnbau alle Sorgfalt verwendet, für den Tunnel fand man alles gut genug. Strenge Reglemente werden aufgestellt, aber für deren Handhabung nicht genügend gesorgt. Die grossen Anforderungen, die der Tunnelbau an das Aufsichtspersonal stellt, das Unbequeme und das Unsaubere, das dem Handwerk anhaftet, verhindert das Heranziehen eines Stammes wirklicher Tunnelbauer. Wohl nannte sich der und jener, der einmal in seinen ersten Lehr- und Wanderjahren einen Tunnelbau mitgemacht hat, seither aber nur die ungemäss spärliche Literatur über dieses Fach las, Tunnelbauer. Den Tunnelbau kann aber nur der gründlich verstehen, der sich praktisch intensiv damit abgibt. Wäre ein Arzt, ein Chirurg noch als prakt. Arzt zu gebrauchen, wenn er zwanzig Jahre seinen Beruf nicht mehr ausgeübt, sondern nur Bücher seines Faches gelesen, oder hin und wieder einer Operation zugesehen hätte? Wohl kaum! Es lohnt sich in der Schweiz nun gewiss, diesem Zweige der Ingenieurwissenschaft volle Aufmerksamkeit zu schenken. Es braucht nur daran erinnert zu werden, welcher grosser Teil der Gesamtkosten bei der Mehrzahl unserer Bahnlinien in Tunnels angelegt werden

muss, und wie jede Verbesserung der Linienführung unserer Bahnen unwillkürlich zu neuen Tunnelbauten Veranlassung gibt. Am Lötschberg, um eines der neuesten Bauwerke anzuführen, wurden 50 Millionen nur für den Haupttunnel verausgabt. Ein grosser Teil der beidseitigen Rampen besteht ebenfalls aus Tunnelbauten. Von den schätzungsweise 45 bis 50 Millionen, die für den Bau dieser Rampen noch angelegt werden mussten, ging wiederum ein guter Teil in Tunnelbauten auf. Dasselbe war noch in vermehrtem Masse bei der Gotthardlinie der Fall und wird bei allen Eisenbahnlinien, die unser Land von Norden nach Süden durchqueren, immer der Fall sein.

Die Schuld an der Anwendung zu schwacher und ungeeigneter Profile trifft Den, der die Mauerungstypen bestimmt. Im allgemeinen sind die Grundlagen, die Typenserien, die vom Bauherrn ausgegeben werden, schon unrichtig. Für gutes Gestein mag schliesslich alles gehen, das schwächste Verkleidungsmauerwerk ist gut genug, wenn es sorgfältig ausgeführt und imstande ist, sein Eigengewicht und die Erschütterungen durch den Zugverkehr aufzunehmen. In Druckpartien sollten wir andere Profilformen und andere Sohlengewölbe-Konstruktionen anwenden.

Die Bestimmung der Profile, je nach dem vorgefundenen Gebirge, liegt je nach dem Vertragsabschluss beim Unternehmer (Forfait-Vertrag) oder beim Bauherrn (Vertrag nach Ausmass). Allgemein ist man der Ansicht, dass bei Bestimmung der Profile durch den Bauherrn für genügend starke und richtige Profilbestimmung eine grössere Garantie geboten sei. Die richtige Profilbestimmung auf rechnerischem Wege ist heute leider noch nicht möglich, sie beruht ganz auf Erfahrungen und diese werden im allgemeinen beim Unternehmer im grösseren Umfange vorhanden sein als beim Bauherrn. Der erfahrene Unternehmer weiss aber auch, was er für Reparaturen anlegen muss, wenn die Profile zu schwach gehalten wurden, und das wird ihn zur Vorsicht mahnen. Andererseits will und muss er billig bauen, um auf seine Rechnung zu kommen, darf aber seinen Ruf nicht gefährden, um seine Kundschaft nicht zu verlieren. Die finanziell nicht haftbaren Organe des Bauherrn haben diese Triebfedern nicht. Der Bauherr selbst will seinen Voranschlag einhalten, denn Ueberschreitungen sind für ihn immer eine unangenehme Sache.

Es ist zum mindesten zweifelhaft, welche Methode als die bessere anerkannt werden soll. Die obigen Ueberlegungen führen eher zur Vergebung „à forfait“ des ganzen Bauwerkes und Bestimmung der Profile durch den, für die Haltbarkeit für einige Jahre mit seinem Gelde haftenden, verantwortlichen Unternehmer, der vom Bauherrn, der für sein angelegtes Geld das Bestmögliche haben möchte, zur Durchführung starker Profile gedrängt wird. Dabei muss aber eine tadellose Bauleitung vorausgesetzt werden.

(Schluss folgt.)

Miscellanea.

Solothurn-Niederbipp-Bahn. Am 9. Januar wurde als neues Glied unter den schweizerischen Sekundärbahnen die Solothurn-Niederbipp-Bahn dem Betriebe übergeben. Die neue, 14 km lange Meterspur-Linie zieht sich von Solothurn dem Jura entlang durch das bernische Bipperramt und schliesst in Niederbipp an die Langenthal-Jura-Bahn an, sodass nun eine durchgehende schmalspurige Linie von Melchnau über Langenthal nach Solothurn führt, die später noch mit der Solothurn-Bern-Bahn zusammengeschlossen werden soll.

Das ursprüngliche, für die Finanzierungs-Grundlagen aufgestellte Projekt sah eine reine Strassenbahn vor. Diese Linie wurde später vollständig umprojektiert und ist nun zum grössten Teil als Ueberlandbahn auf eigenem Bahnkörper ausgeführt, die auch dem Rollschemelverkehr zum Transport von Normalbahnwagen dienen soll.

Die Kraftversorgung geschieht gemeinsam mit der Solothurn-Bern-Bahn von der Umformerstation der bernischen Kraftwerke Bätterkinden aus mit Gleichstrom von 1200 Volt. Der kleine, aber moderne Wagenpark stammt aus den schweizerischen Wagenfabriken Schlieren und Neuhausen, der elektrische Teil aus der Maschinenfabrik Oerlikon und die Fahrdrathleitung von der Firma Kümmler & Matter in Aarau.

Die Projektierungsarbeiten und die Bauleitung wurden von Obering. W. Luder in Solothurn besorgt. Der Bau ist vollständig während der Kriegsjahre entstanden und hat die daraus resultierenden Schwierigkeiten durchzukosten gehabt.