

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 59/60 (1912)
Heft: 16

Artikel: Ueber die Abrostungserscheinungen am eisernen Oberbau im Simplontunnel
Autor: Dänzer-Ischer, Alb
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-29974>

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: 18.02.2026

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

Rabius und *Somvix* den höher liegenden Ortschaften etwas näher gebracht. Erstere liegt bei Km. 64,008 an der Strasse nach Surrhein und dient zugleich dem Verkehr nach dem Somvixertal und dem Teniger Bad, letztere liegt bei Km. 66,260 zwischen den Ortschaften Somvix und Compadials.

Bis Km. 67,6 oberhalb Compadials bietet der Bahnbau, abgesehen von der Partie bei Val Mulineun, keine besonderen Schwierigkeiten. Zu erwähnen sind, neben mehreren Durchlässen von 2 bis 6 m Weite, vier gewölbte Durchfahrten von 3 bis 6 m Weite, die gewölbte Bach- und Wegüberführung von 12 m Länge bei Camplun, die gewölbte Rabiusabrücke mit drei Öffnungen zu 6 m, der gewölbte Viadukt in Val Mulineun mit vier Öffnungen zu 8 m und einer Öffnung zu 6 m und zwei gewölbte Viadukte mit fünf Öffnungen zu 3 m und mit drei Öffnungen zu 6 m.

Schwieriger und vor allem sehr teuer ist die folgende Strecke in der steilen Rheinlehne von Km. 67,6 oberhalb Compadials bis Km. 70,7 unterhalb Disentis, auf der der Bahnkörper fast durchwegs auf Viadukten und Stützmauern ruht und auf längeren Strecken auch Futtermauern erforderlich werden. Immerhin ist der Baugrund auch hier, abgesehen von kurzen Geröllhalden, solid, teilweise felsig und nirgends zu Rutschungen geneigt. Auf dieser Strecke befinden sich auch die beiden grössten Objekte der Linie, der gewölbte Viadukt über das tief eingeschnittene Val Rusein (Abbildung 3) mit vier Öffnungen zu 20 m Weite, einer Gesamtlänge von 97,4 m und einer Höhe von 56 m und der gewölbte Viadukt bei Val Lumpegna (Abbildung 3) mit einer Öffnung von 30 m Weite und 31 m Höhe und 16 Öffnungen zu 6 m Weite und einer Gesamtlänge von 153 m. Ausserdem weist diese Strecke noch zwölf gewölbte Viadukte auf mit fünf Öffnungen zu 8 m, zwei Öffnungen zu 8 m, fünf Öffnungen zu 6 m, vier Öffnungen zu 6 m, acht Öffnungen zu 6 m, drei Öffnungen zu 10 m, vier Öffnungen zu 6 m, zwei Öffnungen zu 6 m, fünf Öffnungen zu 6 m, zwei Öffnungen zu 6 m, drei Öffnungen zu 10 m und drei Öffnungen zu 6 m.

Ohne grössere Schwierigkeiten ist das letzte Stück der Bahn von Km. 70,7 bis Disentis, wo die Lehne, obwohl stärker coupiert, wieder flacher wird und der Bau, ausser dem gewölbten St. Plazi Viadukt bei Km. 71,970 mit vier Öffnungen zu 8 m und zwei gewölbten Durchfahrten mit drei Öffnungen zu 3 m und drei Öffnungen zu 6 m, nur noch grössere Erdarbeiten erfordert. Die *Station Disentis* bei Km. 72,885 liegt unmittelbar unterhalb des Dorfes, 1133 m ü. M. und ist so gelegt, dass die Einmündung der Bahn Brig-Furka-Disentis ohne Schwierigkeit erfolgen kann.

Die *Richtungsverhältnisse* der Bahn Ilanz-Disentis sind günstig. Auf der Strecke von Ilanz bis 3 Km. unterhalb Disentis ist der kleinste Kurvenradius 160 m und damit die Befahrung mit grösserer Geschwindigkeit gestattet. Eine Ausnahme bildet eine einzige Kurve bei der Rheinbrücke oberhalb Tavanasa, die den Radius 120 m hat, bei 53 m Länge. Die Geraden, von denen mehrere Längen von 400 bis 700 m und sogar eine von 3000 m aufweisen, überwiegen. Von der 29990 m betragenden baulichen Länge Ilanz-Disentis liegen 18300 m oder 61 % in der Geraden und 11690 m, gleich 39 % in Kurven. Das Verhältnis ist somit für eine schmalspurige Gebirgsbahn günstig. Ausserdem werden kurze Bögen, die unangenehm im Befahren sind, möglichst vermieden und kurze Geraden, zwischen Bögen gleichen Sinnes, durch flache Kurven mit Anwendung von Korbbögen ersetzt. Letztere fanden auch sonst häufig Anwendung, da sie eine gute Anpassung an die Bewegungen des Terrains gestatten. Der Uebergang von der Geraden in den Bogen wird bei allen Kurven bis und mit 500 m Radius durch parabolische Uebergangskurven vermittelt. Auf die verschiedenen Radien verteilen sich die Kurven wie folgt:

Radien	Anzahl	Länge m	% der Bahnlänge	Radien	Anzahl	Länge m	% der Bahnlänge
120	11	788	2,6	Uebersicht	85	8219	27,4
150	1	271	0,9	400	5	630	2,1
160	22	2284	7,6	450	1	116	0,4
180	1	115	0,4	500	7	569	1,9
200	19	1501	5,0	800	4	734	2,4
250	11	1302	4,3	1000	6	928	3,1
300	17	1579	5,3	1400	1	50	0,2
350	3	379	1,3	1500	2	444	1,5
Uebersicht	85	8219	27,4	Total	111	11690	39,0

Die *Steigungsverhältnisse* sind, wie weiter oben bereits bemerkt, verschieden auf den Strecken Ilanz-Truns mit 16 ‰ Maximalsteigung und 8,6 ‰ mittlerer Steigung und Truns-Disentis mit 27 ‰ Maximalsteigung und 23,0 ‰ mittlerer Steigung. Für die ganze Länge beträgt die letztere 14,4 ‰. Gegengefälle ist nur eines von 7 ‰ auf 149 m Länge, hinter dem Strassenübergang in Ilanz. Die Steigungen verteilen sich wie folgt:

Gegen- steig.	Steigung						Total
	horiz.	0—5 ‰	5—10 ‰	10—15 ‰	15—20 ‰	27 ‰	
m	149	3032	2265	7375	5275	3138	8747
‰	0,5	10,1	7,6	24,6	17,6	10,5	29,1
							100

Uebergänge auf gleicher Höhe wurden möglichst vermieden und Strassen und Wege, wo immer tunlich, unterführt.

Die *Stationen* sind alle horizontal und weisen, mit Ausnahme von Truns und Disentis, eine Länge der Ausweichgeleise zwischen den Polizeipfählen von 120 m auf. Truns erhält eine solche von 200 m und Disentis eine ausgedehntere Geleiseanlage mit Drehscheibe und Lokomotivremise. Wasserstationen sind in Truns und Disentis vorgesehen. Die Aufnahmegebäude werden auf allen Zwischenstationen mit angebautem Güterschuppen in ähnlicher Konstruktion, wie auf dem bestehenden Netze der Rhätischen Bahn, nur etwas geräumiger, ausgeführt. Disentis erhält ein grösseres, massives Aufnahmegebäude und getrennten Güterschuppen. Wärterhäuser werden auf den Stationen Waltensburg und Tavanasa und beim Uebergang a. gl. H. der alten Landstrasse Km. 62,100 erstellt. Alle Stationen werden mit Abschlussignalen ausgerüstet.

Der *Oberbau* wird mit 15 m langen Schienen von 27 kg Gewicht pro m und 21 eisernen Schwellen pro Schienenstoss ausgeführt. Die Schwellen sind 1,80 m lang und wiegen 37 kg.

Die Gesamtlänge der *Brücken* beträgt 1582 m, gleich 5,3 ‰ und die Länge der *Stützmauern* 1952 m, gleich 6,5 ‰ der Baulänge. Hierfür ist auf der ganzen Strecke die Steinbeschaffung günstig: Verucano bis oberhalb Truns, dann Hornblende-Gneis und Granit und auf der ganzen Strecke zahlreiche, schöne Granit- und Diorit-Findlinge, sodass auch die Hausteine für Quadermauerwerk längs der Linie zu finden sind.

Die Eröffnung der Linie Ilanz-Disentis ist auf Anfang August dieses Jahres in Aussicht genommen.

(Schluss folgt.)

Ueber die Abrostungserscheinungen am eisernen Oberbau im Simplontunnel.

Von Alb. Dänzer-Ischer, Ingenieur der S. B. B., Bern.

(Schluss.)

Einbau von Isolierstrecken. Der zweite angedeutete Versuch zur Feststellung der wechselstromelektrolytischen Einflüsse bestand darin, dass an zwei Stellen im Tunnel, bei den Querschlägen 19 und 45 der Südseite, wo starke lokale Schienenabnützungen und Korrosionen beobachtet worden waren, isolierte Schienen eingebaut wurden, bei denen der Strom weder in Richtung des Stranges von

Schiene zu Schiene, noch in Richtung zur Erde passieren konnte. An beiden Stellen wurde je eine Schiene von 12 m Länge isoliert. Es wäre für den Versuch wünschenswert gewesen, eine grössere Länge zu isolieren; bei grösserer Längenausdehnung aber hätten sich die Feuchtigkeitsverhältnisse des Geleises so stark geändert, dass die Beobachtungen an der Isolierstrecke nicht ohne weiteres mit denjenigen am normalen Geleise vergleichbar gewesen wären. Die Isolierung wurde in der Weise vorgenommen, dass die Schienen, statt auf die üblichen eisernen Unterlagsplatten, auf Unterlagsplatten aus in Paraffin gekochtem Pappelholz gelegt wurden. Zur mechanischen Verbindung der isolierten Schiene mit den beiden anschliessenden Schienen wurden an Stelle der Eisenlaschen harthölzerne sehr kräftige Holzlaschen verwendet. Zwischen die Stossfugen wurden Mikaplättchen eingeschoben. Die isolierte Schiene wurde durch einen Kupferdraht von 50 mm² Querschnitt, mit dem die beiden anschliessenden Schienen gut verbunden waren, elektrisch umleitet. Isolationsmessungen ergaben, dass die so eingebauten Schienen so gut von

erscheinungen der Säure, z. B. bei Akkumulatoren). Die Messungen, die in Abbildung 7 graphisch aufgetragen sind, sowie die örtlichen Beobachtungen lassen aber darüber keinen Zweifel aufkommen, dass durch die Isolierung der Schienen der Abnützungsvorgang und die Korrosionen in keiner merklichen Weise eine Änderung erfahren haben; die Abnutzung der isolierten Schiene ist in genau gleicher Weise fortgeschritten wie diejenige der anschliessenden nichtisolierten, gleich nassen Schienen. Wir sehen hierin den hauptsächlichsten Beweis dafür, dass der Bahn-Wechselstrom keinen bemerkbaren Einfluss auf die Abrostungs- und Abnützungsvorgänge am eisernen Oberbau des Simplontunnels hat. Wenn auch elektrolytische Wirkungen vorkommen sollten, wie sie die Versuche von Hayden als möglich erscheinen lassen, so sind diese jedenfalls so unbedeutend, dass sie neben allen andern meteorologischen und hydrologischen Faktoren als verschwindend betrachtet werden müssen.

Uebrigens ergeben überschlägige stöchiometrische Berechnungen, dass, wenn der ganze Bahnstrom als Gleich-

strom elektrolytisch wirksam wäre, die gelöste Metallmenge nur einen kleinen Prozentsatz der wirklichen, durch Korrosion und Abrostung weggefressenen Metallmasse ausmachen würde. Dies muss also bei Annahme einer Wechselstrom-elektrolytischen Wirkung noch viel mehr der Fall sein. Wir fanden so, dass sich bei Wechselstromelektrolyse höchstens etwa 0,5% des tatsächlichen Gewichtsverlustes erklären liessen.

Zum Vergleich mit den von uns im Simplontunnel gemachten Beobachtungen haben wir die

Verhältnisse im Gotthard- und Hauensteintunnel

einer Prüfung unterzogen. Nach den vor unserer Simplontunneluntersuchung bekannten Tatsachen war zu erwarten, dass die Abnützungerscheinungen in diesen beiden, einem intensiven Dampfverkehr dienenden Tunneln ein Vielfaches derjenigen am Simplon sein müssten.

Untersuchungen im Gotthardtunnel. Für den Vergleich mit dem Gotthard haben wir das umfangreiche Material benutzen können, das im „Gutachten der bundesgerichtlichen Experten in Sachen der Gotthardbahn-Gesellschaft gegen den schweizerischen Bundesrat betreffend Einlagen in den Erneuerungsfond“ niedergelegt ist. Ferner benutzten wir das „Mémoire du Département fédéral suisse des chemins de fer sur la construction du chemin de fer du St-Gothard“ (Berne, K. J. Wyss), in welchem sich Angaben über Temperaturen befinden. Weiter sind wertvolle Daten in der Studie von Oberingenieur *Bechtle* vom März 1889 „Les conditions Aéro-thermales dans le grand tunnel du St-Gothard“ enthalten, sowie endlich auch in der Arbeit von Ingenieur *Saccardo*, „Studio sulla ventilazione artificiale della Galleria del Gottardo, ottenuta coll'applicazione del sistema Saccardo“ (Ancona, settembre 1899).

Analog wie für den Simplon in Abbildung 2, haben wir für den Gotthard die mittlern jährlichen Schienenkopfabnützung nach den Tabellen der bundesgerichtlichen Experten bestimmt und die kilometrischen Mittelwerte gebildet, die wir in Abb. 8 (S. 214) darstellen. Da nun eine grosse Zahl von Schienen noch aus dem Jahre 1893 stammt, müssen sowohl die meteorologischen Verhältnisse vor Einführung der künstlichen Ventilation, die im Jahre 1898

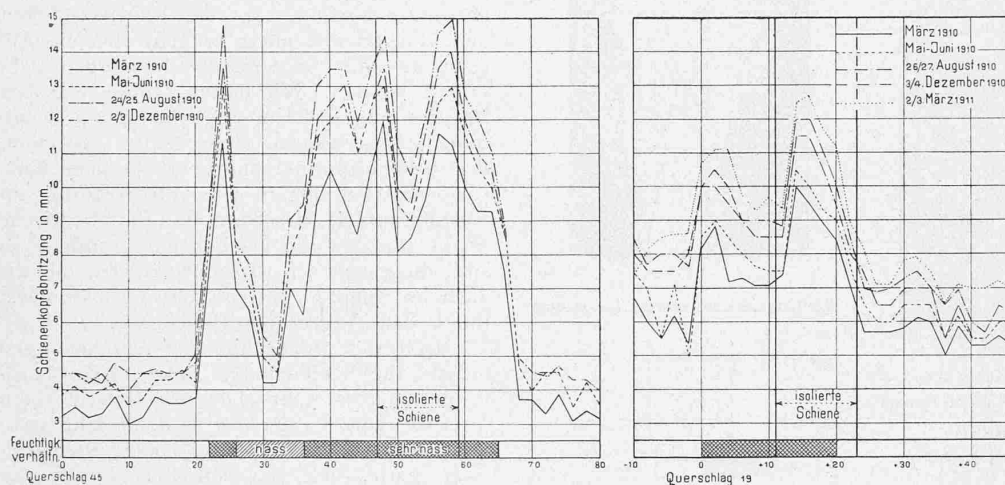


Abb. 7. Schienenkopfabnützung der isolierten Schienen und der benachbarten Strecken Querschlag 45 und Querschlag 19 der Südseite des Simplontunnels. — Längenssastab 1 : 1000.

Erde und Schienenstrang isoliert waren, dass sie von keinen nennenswerten Strommengen durchflossen werden konnten. Selbstverständlich wurde die Isolierung nur an einer Schiene des einen Stranges gemacht; die Schiene des andern Stranges nahm beim Passieren des Zuges den Strom von der Lokomotive ab.

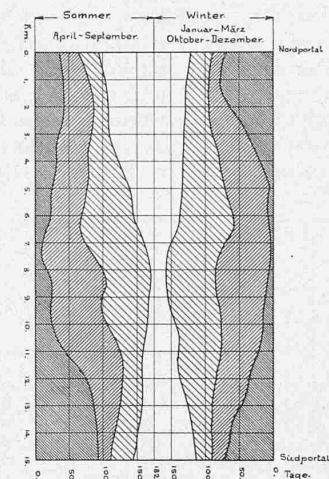
Diese Isolierstrecken, sowie die anschliessenden Schienen wurden auf eine Länge von 60 bis 80 m mit dem Profilographen eingemessen und zwar in Abständen von je 2 m. Alle Vierteljahre wurden an den nämlichen Messstellen während der Dauer eines Jahres Nachmessungen vorgenommen. Es ergaben sich so vierteljährliche Abnützungsschalen des Schienenkopfes. Die jährlichen Abnützungen hatten an den Messstellen vor Beginn des Versuches 3 bis 4 mm betragen. Treten nun infolge des elektrischen Stromes elektrolytische Wirkungen auf, die sich im Sinne von Sauerstoffabspaltungen aus dem Tropfwasser geltend machen würden, wenn das Wasser Quellwassercharakter hat, oder im Sinne von Säureabspaltungen, wenn das Wasser Sulfate, Chloride oder Nitrate gelöst enthält, oder als direkte Eisenkorrosionen, so müsste, wenn dem Strom der Durchgang verwehrt wird, diese elektrolytische Wirkung aufhören. Damit müsste auch die fressende Wirkung der abgespaltenen Säure oder des Sauerstoffes aufhören und es müssten die Korrosions-, Abrostungs- und Abnützungerscheinungen ganz erheblich vermindert werden. Es scheint zwar auf den ersten Blick, dass die Kopfabnützung hiervon unabhängig sein sollte. Wenn aber berücksichtigt wird, dass die Schiene über und über nass ist, so würde das angesäuerte oder mit Sauerstoff angereicherte Wasser den Schienensteg hinaufkriechen und schliesslich auch den Schienenkopf angreifen (Kriech-

erfolgte, als auch die *nach* Einführung der künstlichen Ventilation berücksichtigt werden. Bis zum Jahre 1898 war die Lüftung des Gotthardtunnels den natürlichen barometrischen Druckdifferenzen, der Wirkung der durchfahrenden Eisenbahnzüge und der Temperatur überlassen. In der Studie von Oberingenieur Bechtle sind die Rauch- und Ventilationsverhältnisse dieser Epoche behandelt; wir geben in Abbildung 9 eine charakteristische graphische Darstellung daraus wieder. Es geht daraus hervor, dass die beiden Tunnelportale nahezu die grösste Zahl von ständig rauchbelegten Jahrestagen aufweisen; gleichzeitig ist dort aber auch die Zahl der gänzlich rauchfreien Tage am grössten.



Abb. 8. Schienenkopfabnutzung und meteorologische Verhältnisse im Gotthardtunnel.

Abb. 9. Rauchverhältnisse im Gotthardtunnel vor 1899 (nach Bechtle).



Richtung des natürlichen Luftzuges

	Sommer.				Winter.				ganzes Jahr.			
	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N
stark	33	11	—	30	36	—	63	47	—	—	—	—
mittel	35	14	68	15	24	67	53	38	135	—	—	—
schwach	9	10	—	6	4	—	15	14	—	—	—	—
total	80	35	68	51	64	67	131	99	135	—	—	—

stark. mittel. schwach. rauchfrei.

In der Tunnelmitte gibt es sozusagen keine rauchfreien Tage, wohl aber auch fast keine ganz rauchbelegten Tage; die Tunnelmitte stellt eine Zone stark wechselnder Rauchbelegung dar. Bei der natürlichen Ventilation ist, wie aus dem Diagramm beigeetzten Zahlen zu ersehen ist, der Nord-Südzug vorherrschend; infolgedessen erscheinen auch die Rauchmengen im Diagramm in diesem Sinne verschoben. Die Temperaturen haben wir nach dem „Mémoire“ zu ermitteln versucht und diese in Abbildung 8 eingetragen. Vor Einführung der künstlichen Ventilation gestalteten sich die Rauchverhältnisse ferner in der Darstellung nach Saccardo angenähert nach Abbildung 10, nach der Einführung der Ventilation Saccardo nach Abbildung 11 und 12, die wir dem Berichte Saccardos entnehmen; immerhin ist hier zu sagen, dass die tatsächliche Rauchbelegung am Nordportal grösser ist, als in den Abbildungen angegeben. Aus dem Tunnelventilationsbuch des Gotthard ersieht man, dass die Ventilatoren fast ständig in Betrieb sind und dass somit die Rauchverhältnisse, wie sie Saccardo darstellt, fast für das ganze Jahr Gültigkeit haben, dass also das Südportal des Tunnels die maximale Rauchmenge abgibt. Die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse haben wir im Mai 1910 gemessen (Abbildung 8); es herrschte dabei eine tiefe Aussentemperatur und eine kräftige Nord-Südventilation. Die gegenwärtige mittlere Temperaturverteilung im Tunnel liegt daher zwischen dem von uns beobachteten extremen Fall und jenem, wie er bei natürlichem Nord-Südzug herrscht. Wir tragen diese wahrscheinlichen Mittelwerte in Abbildung 8 strichpunktiert ein. Der Verlauf dieser Kurve entspricht nun durchaus demjenigen der Kurve der mittlern Schienenabnutzung, mit Ausnahme der Partie bei Km. 73 bis 74, die sich unter der Urserenmulde (IX. Wasserregion nach Stapff) befindet und Tropfwasser aufweist, sowie der-

jenigen bei Km. 81 bis 82, die sich in der V. Stapff'schen Wasserregion befindet und ebenfalls viele Tropfstellen hat. Die Zahl der Tropfstellen im Gotthardtunnel ist bedeutend geringer als im Simplon. Hingegen ist die Luftfeuchtigkeit nahezu im ganzen Tunnel 100%, was sich ohne weiteres aus der grossen Menge Dampf und Rauch, die von den zahlreich durchfahrenden Lokomotiven ausgestossen werden, erklärt. Es kann also für den Gotthardtunnel gesagt werden, dass, da die Luftfeuchtigkeit fast für die ganze Tunnellänge konstant ist, *die mittlere Schienenabnutzung im wesentlichen eine Funktion der Temperatur ist*. Das Resultat ist umso bemerkenswerter, als der Angriff der Rauchgase auf den Oberbau vor Einführung der künstlichen Ventilation an den beiden Portalen, seit Einführung der künstlichen Ventilation am Südportal (d. h. auf der anliegenden Strecke) am stärksten ist und dass die Nordseite eine stärkere Steigung aufweist als die Südseite; das Maximum der mittlern Schienenabnutzung befindet sich aber nicht an diesen Stellen, sondern dort, wo die mittlere Jahrestemperatur ihr Maximum erreicht. Mit der Rauchhäufigkeit und Rauchdichte allein können also die Abrostungs- und Abnutzungserscheinungen nicht erklärt werden. Wir hatten schon anlässlich Besprechung der Unterlagsplatten auf Abbildung 6 hingewiesen. Jene Platte entstammt dem Gotthardtunnel und zeigt ähnliche Korrosionserscheinungen wie die Platten im Simplontunnel. Hier kann nun der elektrische Strom nicht die Ursache sein, sondern es sind die gleichen Korrosionsfaktoren, die wir auch im Simplon hatten, nur noch verstärkt durch den Angriff der Rauchgase.

Nach den früher üblichen Anschauungen müsste die Schienenabnutzung im Gotthardtunnel, der im Jahr 1893 per Geleise einen Verkehr von 1 438 000 t und im Jahr 1910 einen solchen von rund 3 330 000 t zu bewältigen hatte, und der mit dem Rauch der Dampflokomotiven erfüllt ist, ein Mehrfaches der Abnutzung im Simplon betragen sollen, wo der Verkehr nur etwa 1 500 000 t beträgt und kein Rauch vorhanden ist. Die mittlere Abnutzung im Gotthardtunnel beträgt aber nur 1,488 mm, diejenige im Simplon 0,796 mm pro Jahr, d. h. etwas mehr als die Hälfte. Wenn die Rauchgase und die rollende Last einen so durchgreifenden Einfluss ausüben würden, wie man seinerzeit annahm, so hätte das Verhältnis der Abnutzung ein ganz anderes sein müssen. Da aber im Simplon Temperaturen bis 30° C. vorkommen (Mittel für den ganzen Tunnel 21° bis 23°), im Gotthard dagegen nur 19° bis 20° (Mittel für den ganzen Tunnel etwa 15°), da zudem elektrische Einflüsse keine nennenswerte Rolle spielen, so muss geschlossen werden, dass bei gegebener Feuchtigkeit *die Temperatur ein Faktor ist*, der die Abnutzungs- und Abrostungsverhältnisse ganz bedeutend beeinflusst. Daher gestalten sich die Abrostungsverhältnisse für den Simplontunnel wohl nicht absolut, jedoch relativ ungünstiger als für den Gotthardtunnel.

Beobachtungen im Hauensteintunnel. Analog wie im Simplon- und Gotthardtunnel haben wir für den Hauensteintunnel, der in 26,26‰ Gefälle liegt und eine Länge von 2495 m besitzt, die mittlern kilometrischen Schienenkopfabnutzungen per Jahr bestimmt, nach den Angaben des Bahningenieurs; wir berechneten, ebenfalls nach den uns vom Bahningenieur gelieferten Unterlagen, auch die mittlern Jahrestemperaturen. Beide Grössen sind in Abbildung 13 graphisch aufgetragen; die Kurve der relativen Feuchtigkeit wurde von uns am 21. Juni 1911 aufgenommen. Die Feuchtigkeit beträgt auch hier, wie für den Gotthard, für den grössten Teil der Tunnellänge 100%, unabhängig von der Feuchtigkeit der Aussenluft, trotzdem die Zahl der Tropfwasserstellen bedeutend geringer ist als im Simplon. Die vorwiegende Richtung der natürlichen Lüftung ist von

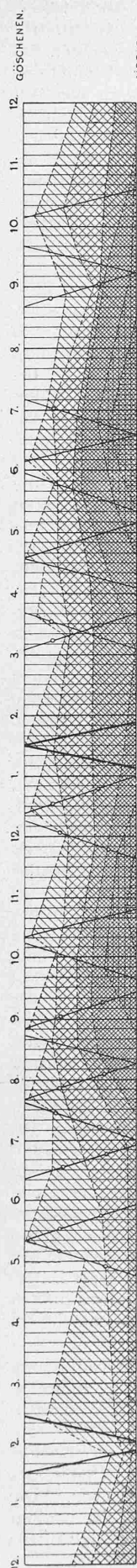


Abb. 10. Rauchverhältnisse im Gotthardtunnel vor Einführung der Ventilation Saccardo. — Fahrplan von 1884, Luftgeschwindigkeit 1 m/sec.

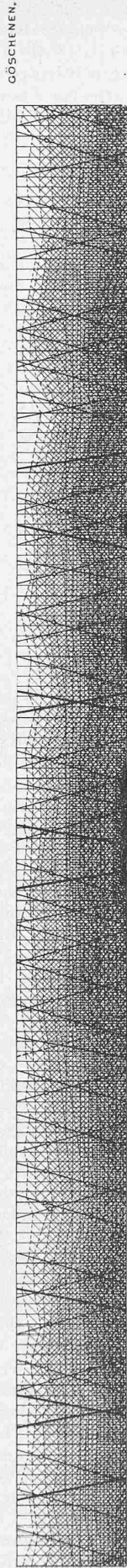


Abb. 11. Rauchverhältnisse im Gotthardtunnel nach Einführung der Ventilation Saccardo. — Fahrplan von 1899, Luftgeschwindigkeit 1 m/sec.

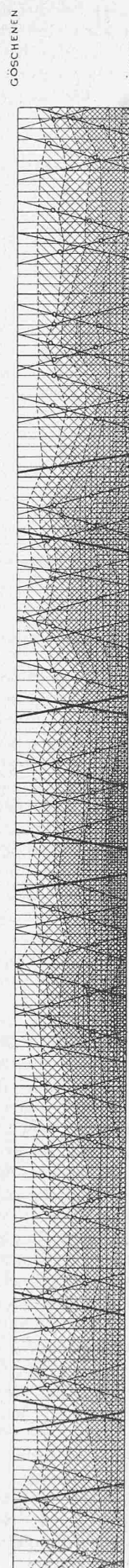


Abb. 12. Rauchverhältnisse im Gotthardtunnel nach Einführung der Ventilation Saccardo. — Fahrplan von 1899, Luftgeschwindigkeit 2 m/sec.

Tal zu Berg (Süd-Nord), sodass das Nordportal die grössere Zahl rauchbelegter Stunden aufweist, als das Südportal; immerhin wird der Tunnel fast alle Tage für einige Stunden rauchfrei, insbesondere während der Nachtzeit. Auch beim Hauenstein zeigt sich ein Parallelismus zwischen Temperatur und Abnützung. Die absolute Grösse der mittlern jährlichen Abnützung beträgt 1,72 mm oder rund 2,17 mal mehr als im Simplon. Ueber jedes Geleise rollen jährlich rund 5 000 000 t oder rund das Dreifache wie im Simplon. Die mittlere Temperatur des wärmsten Punktes im Tunnel übersteigt aber 12° C. nicht. Trotz dem grossen Einfluss der starken Steigung und des grossen Verkehrs ist aber auch hier der Einfluss der Temperatur nachweisbar.

Uebersichten wir nun das ganze Gebiet der durchgeführten Untersuchungen, so können wir das Ergebnis in folgende Sätze zusammenfassen:

1. Der elektrische Betrieb mit Wechselstrom übt auf die Abnützungs- und Abrostungs-Erscheinungen des Oberbaues im Simplontunnel keinen wesentlichen Einfluss aus.

2. Zu den bis jetzt bekannten Einflüssen, die die Abrostungen und Abnützungen in langen Tunneln verursachen, wie Feuchtigkeit, rollende Last, Rauchgase der Lokomotiven, Steigung der Bahn, tritt als neuerkannter, die Abnützung sehr ausgesprochen beeinflussender Faktor die *Temperatur der Tunnelluft* hinzu. Durch diesen Einfluss lassen sich die Ungleichheiten erklären, die die mittlern kilometrischen Abnützungen in verschiedenen Tunneln, bei gegebenen Feuchtigkeitsverhältnissen, erleiden. Beobachtungen im Gotthard- und im Hauensteintunnel zeigen, dass dies auch für Tunnel mit Dampfbetrieb zutreffend ist. Der Einfluss der Rauchgase auf den Oberbau scheint geringer zu sein, als man gemeinhin anzunehmen geneigt ist.

3. Die lokalen starken Abnützungen treffen überall mit nassen Stellen, insbesondere mit Tropfwaterstellen, im Tunnel zusammen.

4. Die chemische Zusammensetzung des Tropfwassers scheint auf die Stärke der Abnützungen, Korrosionen und Abrostungen, soweit es wenigstens Sulfate und Chloride betrifft, keinen merklichen Einfluss auszuüben.

5. Die örtlichen, von Tropfwasser herrührenden starken Abnützungen können durch Wegschaffen des Wassers beseitigt werden. Im Simplon sind zu diesem Zweck an verschiedenen Stellen Dächer aus Eternit über dem Geleise angebracht worden, die das Tropfwasser neben das Geleise ableiten. Die bisherigen Beobachtungen lassen erkennen, dass dadurch die örtlich abnorm starke Abnützung herabgemindert wird. Im Gotthardtunnel sollen zum gleichen Zweck die Gewölbefugen mit Bleiwolle verstemmt und ausserdem soll hinter das Gewölbe Zementmilch eingepresst werden, was dann eine vollständige Abdichtung des Gewölbes gewährleisten soll. Es soll sich dies in Deutschland bei Eisenbahntunneln bewährt haben. Wir fügen bei, dass ein ähnliches Verfahren seit mehreren Jahren auch zur Dichtung von Wasserstollen, die unter innerm Druck stehen, verwendet wird, wie z. B. bei den Stollen der Elektrizitätswerke am Lötsch, an der Albula und in der Biaschina.

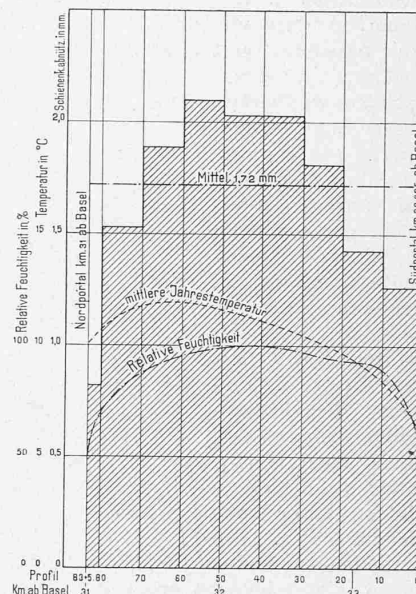


Abb. 13. Schienenkopfabnützung und meteorolog. Verhältnisse im Hauensteintunnel.

Anhang. Wir haben uns bemüht, für die hier vortragene Ansicht vom massgebenden Einfluss der Temperatur auf den Rost-, Korrosions- und Abnützungsvorgang in der Literatur bestätigende Angaben zu finden. Die Arbeiten der Professoren Heyn und Bauer vom Kgl. Materialprüfungsamt in Charlottenburg über den „Angriff von Eisen durch Wasser und wässrige Lösungen“ unterstützen unsere Ansicht. Wir bemerken, dass uns die Arbeiten erst bekannt wurden, nachdem wir bereits unsere Schlussfolgerungen gezogen hatten, dass wir also bei unsern Untersuchungen von ihnen in keiner Weise beeinflusst waren. Die Arbeiten sind erschienen in den „Mitteilungen aus den Königl. Technischen Versuchsanstalten zu Berlin“, Jahrg. 1900 Heft 1, Jahrg. 1908 Hefte 1 und 2, Jahrg. 1910 Hefte 2 und 3. Die weitgehenden und sorgfältig durchgeführten Untersuchungen haben u. a. folgendes ergeben:

1. Für den Angriff des Eisens durch Wasser ist die Mitwirkung freien Sauerstoffs, der im Wasser enthalten ist, wesentliche Bedingung. Es kommt dabei nicht etwa der im Wasser chemisch gebundene Sauerstoff primär zur Wirkung.
2. Ist das Eisen vollständig in Wasser eingetaucht, so wird, nachdem der ursprünglich im Wasser vorhandene freie Sauerstoff durch den Rostvorgang verbraucht ist, von der Wasseroberfläche her atmosphärischer Sauerstoff in die Flüssigkeit eintreten; es geschieht dies durch Diffusion. Das Rosten nimmt also seinen Fortgang. Die Geschwindigkeit des Rostens ist dann abhängig von der Schnelligkeit, mit der der atmosphärische Sauerstoff durch die Wasseroberfläche in das Wasser und durch das Wasser zum Eisen diffundiert.
3. Ragt das Eisenstück zum Teil ins Wasser und zum Teil in die atmosphärische Luft, so spielt die unmittelbare Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs an der Berührungsstelle zwischen Wasser, Luft und Eisen eine wichtige Rolle. Es zeigen sich an dieser Stelle ausserordentlich kräftige Rostangriffe.
4. Meist bewirken ganz verdünnte Lösungen von Metallsalzen einen etwas schwächeren Angriff auf das Eisen als das destillierte Wasser. Er erreicht vielfach bei einer bestimmten Konzentration einen Höhepunkt; jenseits dieser „kritischen Konzentration“ nimmt der Angriff wieder ab. Die Ansicht, dass alkalische Lösungen (Natriumkarbonat z. B.) einen unbedingten Schutz gegenüber dem Rostangriff bieten, ist irrig. Ebenso ist nicht richtig, dass die Chloride und Sulfate der Alkalimetalle stärkeren Rostangriff bedingen als reines Wasser. Nur die Salze des Ammoniums (Phosphate, Chloride, Sulfate, hauptsächlich aber Nitrate) ergeben in ihren kritischen und in den diesen naheliegenden Lösungen sehr starke Angriffe auf Eisen.
5. Der Rostangriff von Wasser und wässrigen Lösungen wächst mit steigender Temperatur; er erreicht ein Maximum und nimmt nachher wieder ab. Der Rostangriff von destilliertem Wasser auf Eisen bei verschiedenen Temperaturen ist in Abbildung 14 Linie v graphisch dargestellt. Nach dieser findet der maximale Angriff bei 60° C. statt; er ist

Ueber die Abrostungserscheinungen am eisernen Oberbau im Simplontunnel.

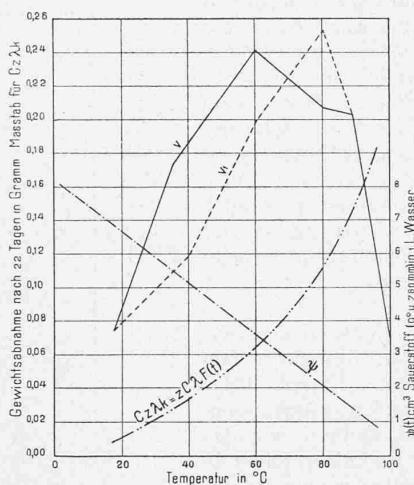
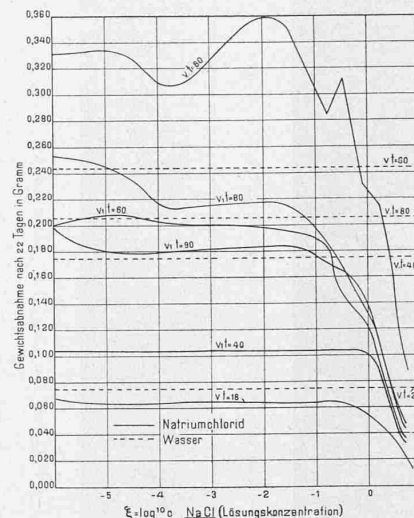


Abb. 14

und



bei dieser Temperatur etwa 4 mal stärker als bei Zimmertemperatur. Bei höherer Temperatur nimmt der Angriff ab und erreicht bei 100° wieder die Stärke desjenigen bei Zimmertemperatur. Bei diesem Versuch war die Temperatur während der ganzen Versuchsdauer von 22 Tagen konstant gehalten worden. Die gestrichelte Linie v_1 gibt die Stärke des Rostangriffs, während die Temperatur täglich nur während sieben Stunden konstant gehalten und die Lösung nachher der Abkühlung auf Zimmertemperatur überlassen wurde; in diesem Falle liegt das Maximum bei 80° C. In Abbildung 15 ist der Angriff von Natriumchloridlösungen auf Eisen bei verschiedenen Temperaturen und verschiedenen Lösungskonzentrationen dargestellt. Die Lösungskonzentration ist in Briggschen Logarithmen aufgetragen, um ein

übersichtliches Bild zu erhalten. Zum Vergleich haben wir die Wirkung des destillierten Wassers in gestrichelten Linien bei den verschiedenen Temperaturen eingetragen.

Die Arbeiten von Heyn und Bauer bestätigen somit durchaus das Ergebnis unserer Beobachtungen hinsichtlich der Angriffe von Metallsalzlösungen auf den Oberbau, namentlich aber auch hinsichtlich des Einflusses der Temperatur auf den Abrostungsvorgang. Die Rosttheorie von Heyn und Bauer, gemäss welcher der im Wasser enthaltene freie Sauerstoff die Hauptsache des Rostens ist, erklärt die Verhältnisse im Simplontunnel sehr gut. Die Luft wird mit einer Geschwindigkeit von 4 m/sek in die Tunnelröhre eingeblasen. Das Gewölbewasser fliesst entweder dem Mauerwerk entlang oder tropft direkt auf den Oberbau, zerspritzt beim Aufschlagen auf den Boden und lagert in dünnen Schichten auf den Oberbaumaterialien. Die der Einwirkung der Luft dargebotene Wasseroberfläche ist sehr gross im Verhältnis zum Wasservolumen und bietet eine äusserst günstige Gelegenheit für das Hineindiffundieren des atmosphärischen Sauerstoffs einerseits und für das Verdunsten des Wassers anderseits. Da nun das Eisen zum Teil mit einer dünnen Feuchtigkeitsschicht bedeckt ist, die sich ständig erneuert, zum Teil aber mit der feuchten Luft in direkter Berührung steht, ergeben sich an diesen Stellen ähnliche Korrosionserscheinungen, wie sie Heyn und Bauer an ihren, halb in die Flüssigkeit eingetauchten Eisenplättchen beobachtet haben und die das Aussehen von Aetzungen aufweisen. Es ist also zu deren Erklärung nicht nur notwendig, sondern nach dem Ergebnis unserer Untersuchungen geradezu unstatthaft, wesentliche Einwirkungen elektrolytischer Natur durch den Bahnstrom anzunehmen.

Anmerkung. Zur Vermeidung irrthümlicher Auffassung hinsichtlich des Begriffs der „Gesteinswärme“ im Simplontunnel ist zu beachten, dass die Kurve der „gegenwärtigen Gesteinstemperatur“ in Abbildung 1 Diagramm III (S. 197) nach den periodischen Ablesungen der Gesteinstemperatur in 1,5 m tiefen Bohrlöchern der Westwand (Ulme) des unventilierten Parallelstollens aufgezeichnet wurde. Die Senkung der Kurve zwischen Km. VIII bis XI ist bedingt durch die Annäherung und Vereinigung des Parallelstollens mit dem Tunnel I in der Tunnelstation.