

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 3 (1912)
Heft: 11

Artikel: Betriebserfahrungen bei der elektrischen Zugförderung am Simplon
Autor: Kilchenmann, Bruno
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1056927>

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: 25.12.2024

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

SCHWEIZ. ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

Erscheint monatlich mit den Jahres-Beilagen „Statistik der Starkstromanlagen der Schweiz“ sowie „Jahresheft“ und wird unter Mitwirkung einer vom Vorstand des S. E. V. ernannten Redaktionskommission herausgegeben.

Alle den Inhalt des „Bulletin“ betreffenden Zuschriften sind zu richten an die

Redaktion: Ing.-Consulent Dr. W. Kummer,
Mythenstrasse 15, Zürich II (Telephon 5806)

Alle Zuschriften betreffend Abonnement, Expedition und Inserate sind zu richten an den

Verlag: Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei
A.-G., Zürich
Bahnhofstrasse 61, Zürich I (Telephon 6741)

Est publié sous la direction d'une Commission de Rédaction nommée par le Comité de l'A.S.E.

Ce bulletin paraît mensuellement et comporte comme annexes annuelles la „Statistique des installations électriques à fort courant de la Suisse“, ainsi que l'„Annuaire“.

Toutes les communications concernant la matière du „Bulletin“ sont à adresser à la

Rédaction: Ing.-Conseil Dr. W. Kummer
Mythenstrasse 15, Zurich II (Téléphone 5806)

Toutes les correspondances concernant les abonnements, l'expédition et les insertions sont à adresser à

l'éditeur: Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei
S.-A., Zurich
Bahnhofstrasse 61, Zurich I (Téléphone 6741)

III. Jahrgang
III^e Année

Bulletin No. 11

November 1912
Novembre

Betriebserfahrungen bei der elektrischen Zugförderung am Simplon.

Von *Bruno Kilchenmann*, Lausanne.

Nachdem der elektrische Betrieb durch den Simplontunnel nun bereits länger als sechs Jahre besteht, mag es Interesse bieten, über die Betriebserfahrungen Näheres zu vernehmen. In Nachstehendem soll versucht werden, sowohl über die Kraftwerke und die Kontaktleitung, als auch über die elektrischen Lokomotiven die wahrgenommenen Vor- und Nachteile sachlich zu erörtern.

Da die Anlagen durch früher, in verschiedenen technischen Zeitschriften erschienene Beschreibungen bekannt sein dürften, so wird hier in Bezug auf die bauliche Ausführung nur soviel wiederholt, als für den Zusammenhang unbedingt erforderlich ist.

Die Kraftwerke.

Die Kraftwerke in Brig und in Iselle haben zur Zeit noch provisorischen Charakter, indem nämlich, so viel als möglich, die vom Tunnelbau her noch bestehenden hydraulischen Anlagen zur Verwendung gekommen sind.

In Brig wurde ein zwölfpoliger Drehstromgenerator für 3300 Volt verketteter Spannung und etwa 1200 PS bei 160 Umdrehungen in der Minute direkt an das eine Ende der vorhandenen Haupttransmission angebaut. Auf dieser letzteren befinden sich die Peltonräder der beiden Turbinen zu je 600 PS, die bei einem Wasserdrucke von etwa 4 kg/cm² arbeiten.

In Iselle ist ein zweipoliger Turbogenerator, von etwa 1500 PS Leistung, aufgestellt worden, auf dessen beidseitig verlängerter Welle die Turbinen-Räder befestigt sind. In Abbildung 1 ist die ganze Maschinengruppe ersichtlich. Jede der beiden Turbinen kann unter einem Wasserdrucke von etwa 12 kg/cm² und bei 960 Umdrehungen in der Minute ebenfalls, wie in Brig, etwa 600 PS leisten. Die Regulierung dieser Turbinen erfolgt mittels eines Oeldruckregulators. Um in der Druckleitung gefährliche Druckschwankungen zu ver-

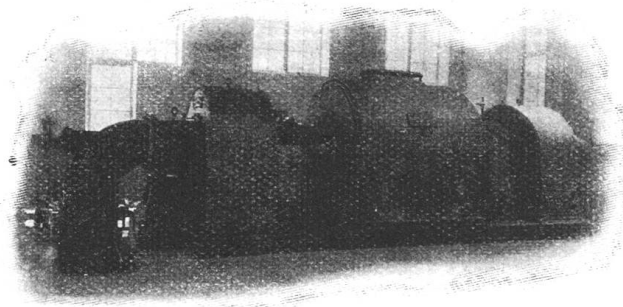


Abb. 1. Turbogenerator mit Wasserturbinenantrieb in Iselle.

angetriebene Gleichstrommaschine den Erregerstrom.

An dem erwähnten Provisorium macht sich in Brig hauptsächlich das Fehlen von Hilfsabsperrschiebern in der Druckleitung, sowie von Turbinenregulatoren unliebsam fühlbar. Infolge des ersteren Uebelstandes muss für jede Revision der hydraulischen Anlagen oder für an einer Turbine vorzunehmende Reparatur oder Revision die Druckleitung vollständig entleert werden, da die bestehenden Drosselklappen nicht genügend dicht abschliessen. Durch solche Revisionen und Reparaturen werden nicht nur der Fahrdienst, sondern auch die Tunnelventilation und die Bahnhof- und Tunnelbeleuch-

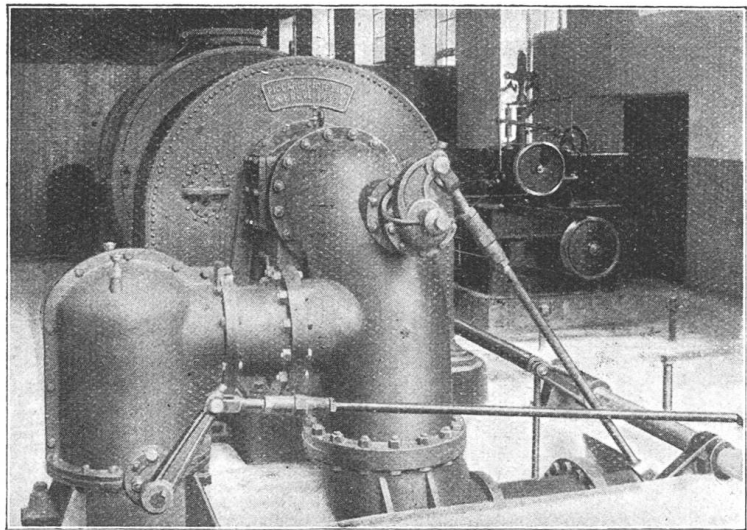


Abb. 2. Regulierung der Wasserturbinen in Iselle.

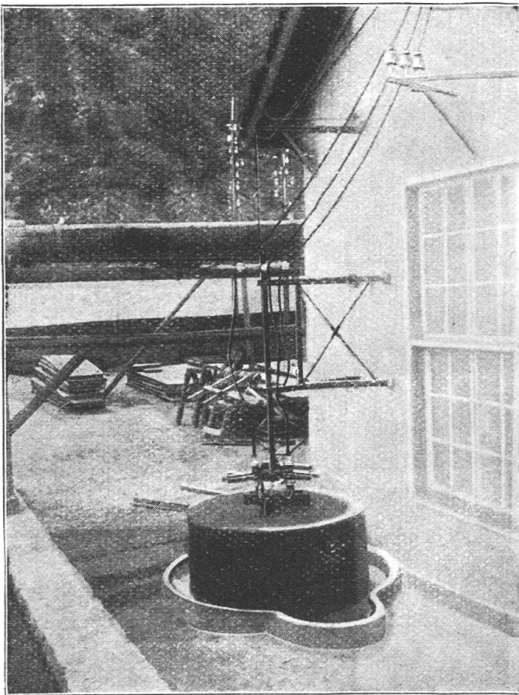


Abb. 3. Wasserwiderstand in Brig.

meiden, wie solche bei einem Betriebe mit sehr variabler Belastung auftreten könnten, ist, wie in Abbildung 2 ersichtlich, das Reguliergestänge derart mit einem Ablassschieber verbunden, dass bei jeder beliebigen Turbinenleistung ein konstanter Wasserablauf erfolgt.

In Brig ist die Erregermaschine mittels Riemen direkt von der Turbinenwelle aus angetrieben, in Iselle dagegen liefert die von einer Spezialturbine

in Mitleidenschaft gezogen. Das Fehlen der Turbinenregulatoren ist natürlich ganz besonders für Bahnbetrieb mit schwankender Belastung, wie dies bei der relativ kurzen Simplonstrecke von nur 22 km Betriebslänge unvermeidlich ist, sehr unangenehm.

Allerdings befindet sich an Stelle der Turbinenregulatoren ein regulierbarer, in Abbildung 3 dargestellter Wasserwiderstand, welcher aus drei nach der in Abbildung 4 a angedeuteten Weise zusammengebauten Eisenplatten besteht. Durch mehr oder weniger tiefes Eintauchen derselben in laufendes, der Druckleitung entnommenes Wasser, wird die, während sich kein Zug auf der Strecke befindet, überschüssige elektrische Energie von 800 bis 1000 Kilowatt vernichtet. Die Leitfähigkeit des Wassers ändert sich jedoch mit der Jahreszeit derart, dass zur Abbremsung genannter Leistung im Sommer, zur Zeit der Schneeschmelze, der Uebergangswiderstand durch Zusatzplatten verkleinert werden muss. Die Anordnung dieser Platten ist aus Abbildung 4 b ersichtlich. In welchem Masse sich

die Leitfähigkeit verändert, geht aus nachstehenden Diagrammen (Abb. 5 bis 9) hervor. Aus Abbildung 5 ist die Eintauchtiefe des Widerstandes mit einfachen Platten, also während der Wintermonate, aus Abbildung 6 diejenige wenige Tage früher, vor Entfernung der Hilfsplatten ersichtlich. Im Hochsommer, wenn die Rhone Gletscherwasser führt, ist dessen Leitfähigkeit so gering, dass der Widerstand, trotz der Zusatzplatten, zur Abbremsung der Turbinenleistung eben so tief eingetaucht werden muss, wie im Winter derjenige mit einfachen Platten (Abb. 5 und 7).

Die Diagramme gemäss den Abbildungen 5 bis 7 entsprechen dem Parallelarbeiten des Generators in Brig mit demjenigen in Iselle, bei richtigem Funktionieren des Turbinenregulators in letzterer Zentrale. Befindet sich die Zentrale Brig allein in Betrieb, oder ist der Turbinenregulator in Iselle ausser Tätigkeit, so muss der Wasserwiderstand nach der in Abbildung 8 angegebenen Weise reguliert werden.

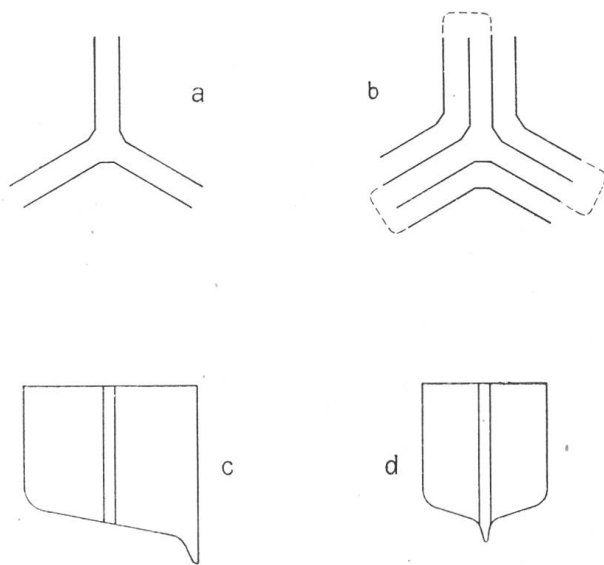


Abbildung 4. Wasserwiderstand in Brig.
 a = Zusammenbau der Platten für den Winterbetrieb.
 b = Zusammenbau der Platten für den Sommerbetrieb.
 c = Ansicht einer Hauptplatte.
 d = Ansicht einer Hilfsplatte.

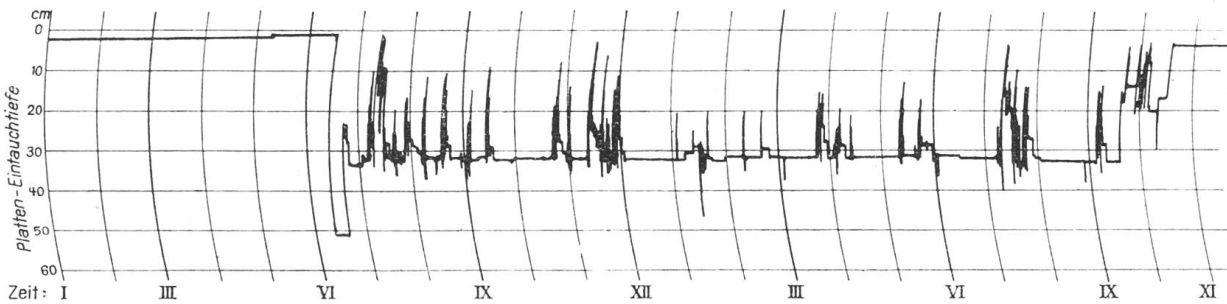


Abbildung 5. Widerstandsregulierung des Generators in Brig am 5. Oktober 1912.

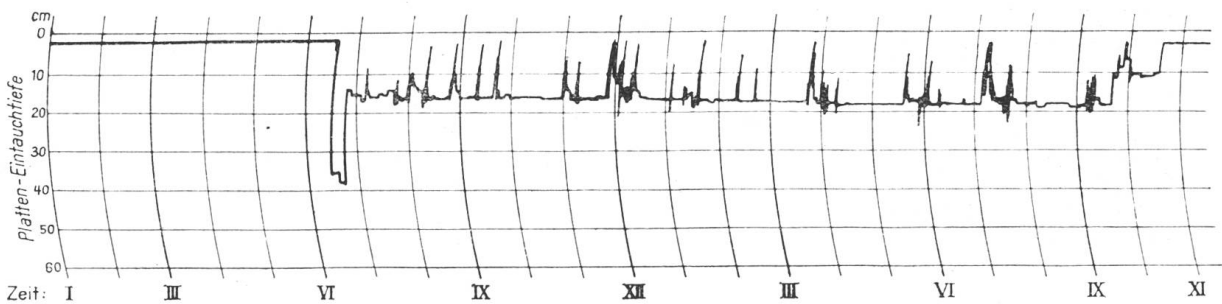


Abbildung 6. Widerstandsregulierung des Generators in Brig am 3. Oktober 1912.

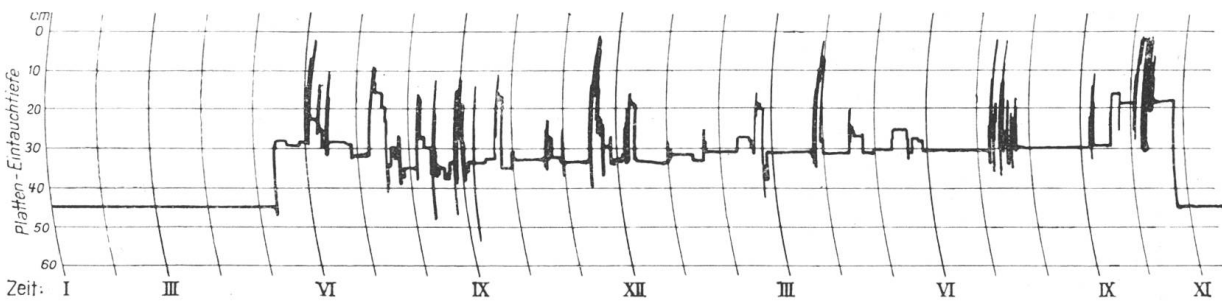


Abbildung-7. Widerstandsregulierung des Generators in Brig am 27. August 1912.

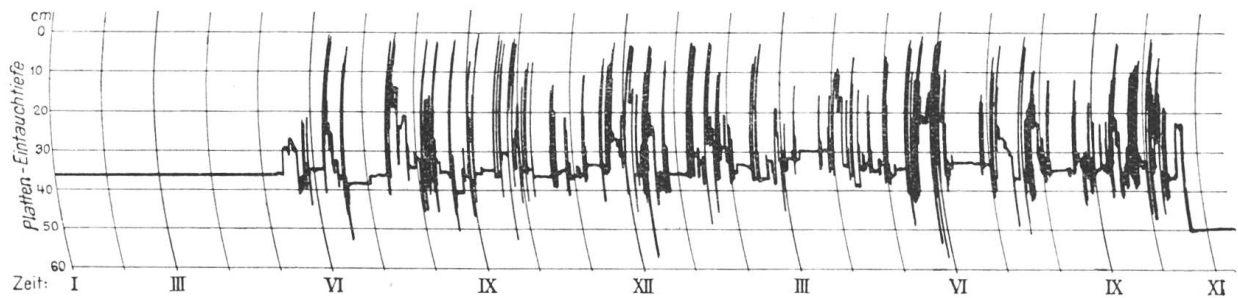


Abbildung 8. Widerstandsregulierung des Generators in Brig am 27. Mai 1912.

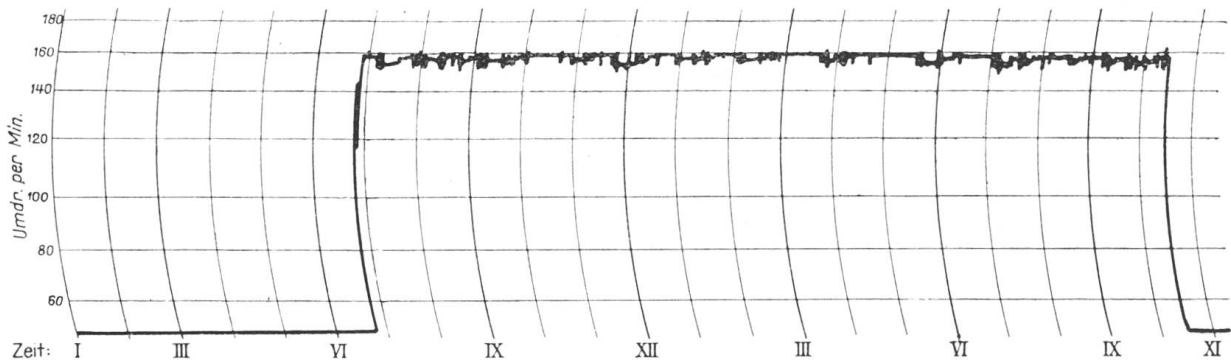


Abbildung 9. Diagramm der Umdrehungszahlen des Generators in Brig am 3. Oktober 1912.

Die Regulierung dieses Widerstandes erfolgt automatisch nach folgender Anordnung: Zwei kleine Gleichstromgeneratoren, von denen der eine durch die mit praktisch konstanter Umdrehungszahl laufende Beleuchtungsturbinen, der andere durch die Traktionsturbinen angetrieben werden, arbeiten, einander entgegengeschaltet, auf einen Motor, welcher mittels Seiltrieb den Widerstand betätigt.

Bei normaler Belastung des Bahngenerators und somit auch normaler Umlaufzahl der Turbinen erzeugen beide Reguliergeneratoren dieselbe Spannung, so dass der Reguliermotor nicht beeinflusst wird und also stille steht. Sobald nun aber die Belastung des Bahngenerators und dadurch dessen Umlaufzahl sich ändern, erfolgt auch eine Störung der Gleichgewichtslage der Regulierspannungen. Der Reguliermotor fängt an, sich in der einen oder andern Richtung zu drehen, und er läuft so lange, bis durch mehr oder weniger tiefes Eintauchen der Platten der Normalzustand wieder hergestellt ist. Diese Regulierung muss allerdings als sehr grob bezeichnet werden, so dass die Maschinisten öfters genötigt sind, von Hand nachzuhelfen. Immerhin werden durch diese automatische Regulierung gefährliche Tourenschwankungen vermieden. Da aber eine Einwirkung direkt nur auf den elektrischen Teil erfolgt, so ist ein Durchbrennen der Turbinen doch nicht vollständig ausgeschlossen. Wenn nämlich aus irgend einem Grunde eine Störung in der Erregung des Generators auftritt und dieser plötzlich vollständig entlastet würde, so könnte trotz Eintauchen des Wasserwiderstandes eine Erhöhung der Tourenzahl nicht vermieden werden. Selbstredend ist eine derartige Regulierungsart sehr unökonomisch. Der Generator leistet während dem 16stündigen Betriebe etwa 12 000 Kilowattstunden, wovon aber für die Traktion unter den jetzigen Verhältnissen nur etwa 3 000 Kilowattstunden verwendet und der Rest, also über 70 %, im Wasserwiderstand in Wärme umgesetzt werden.

Unliebsam bemerkbar macht sich diese Regulierungsart auch auf das Parallelarbeiten der beiden Kraftwerke in Brig und in Iselle. Da in Iselle ein Turbinenregulator vorhanden ist, so muss natürlich die Umdrehungszahl der dortigen Traktionsgruppe um einige Prozent sinken, bevor der Regulator öffnet. Wenn nun aber, wie oben angedeutet, in Brig beständig auf konstante Tourenzahl reguliert würde, so wäre zwischen den beiden Zentralen der Synchronismus nicht immer gewahrt, und es träten mehr oder weniger starke Ausgleichströme auf, die, wenn nicht direkt störend, so doch nachteilig auf den Betrieb einwirken können.

Um ein besseres Parallelarbeiten zu erzielen, wird nun, sobald sich ein Zug auf der Strecke befindet, in Brig mittels des Wasserwiderstandes die Umdrehungszahl um 4 bis 5% tiefer gehalten, als wenn auf der Strecke kein Strom verbraucht wird. Diese Regulierung ist im Diagramm der Umdrehungszahl (Abb. 9) deutlich ersichtlich.

Ueber die Maschinen und Schaltapparate ist nichts wesentliches zu bemerken. Die an Stelle der Sicherungen vorhandenen Maximalrelais arbeiten im allgemeinen zu langsam und doch dürfen dieselben nicht zu genau eingestellt werden, da sonst Stromstöße, die z. B. beim Schleudern der Lokomotivräder und plötzlichem Sanden auftreten, allzuleicht ein Ausschalten und unliebsame Stromunterbrechungen zur Folge haben könnten. Für einen Bahnbetrieb mit grösserer Ausdehnung kommt dies natürlich weniger in Betracht, immerhin wird es ratsam sein, die Maschinenanlage möglichst kräftig zu bauen, so dass die Schutzvorrichtungen wirklich nur für direkte Kurzschlüsse zu funktionieren haben.

Die Kontaktleitung.

Die Länge der ausgerüsteten Geleise beträgt:

im Bahnhofs Brig	6,4 km
im Tunnel	20,4 km und
auf der Station Iselle	2,0 km
zusammen	28,8 km

Die Kontaktleitung, deren Anordnung aus den Abbildungen 10 bis 14 hervorgeht, hat sich bis jetzt, mit Ausnahme einiger Stellen im Tunnel, auf welche wir noch zurück-

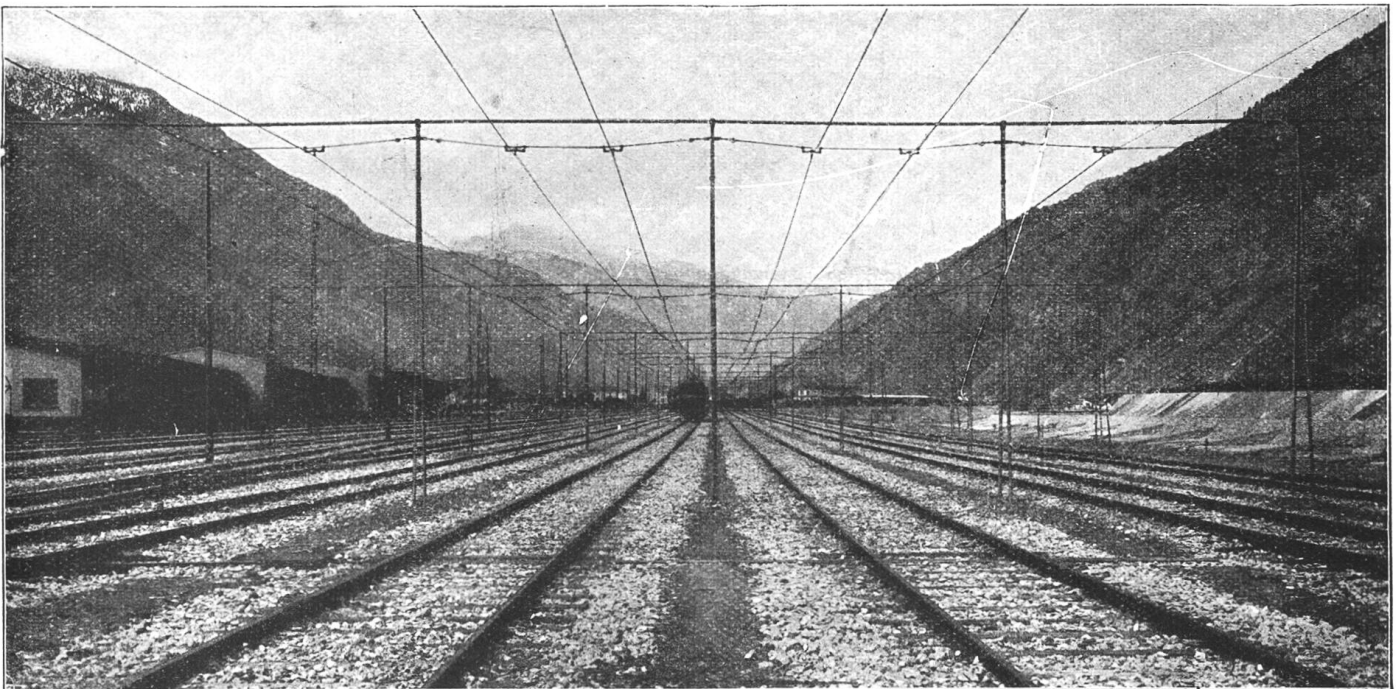


Abb. 10. Gesamtansicht der Leitungsanlagen in Brig.

kommen werden, sehr gut bewährt und erfordert einen nur ganz geringen Unterhalt. Dies sei hier besonders hervorgehoben, weil noch vielfach die Ansicht besteht, der Unterhalt einer zweiphasigen Oberleitung biete auch bei relativ niedriger Spannung ziemlich viele Schwierigkeiten.

Obschon keine automatische Nachspannvorrichtungen vorhanden sind, so konnten irgendwelche Störungen, verursacht durch die Ausdehnung der Fahrdrähte, infolge der nicht unbedeutenden Temperaturschwankungen, nicht wahrgenommen werden. Allerdings ist es

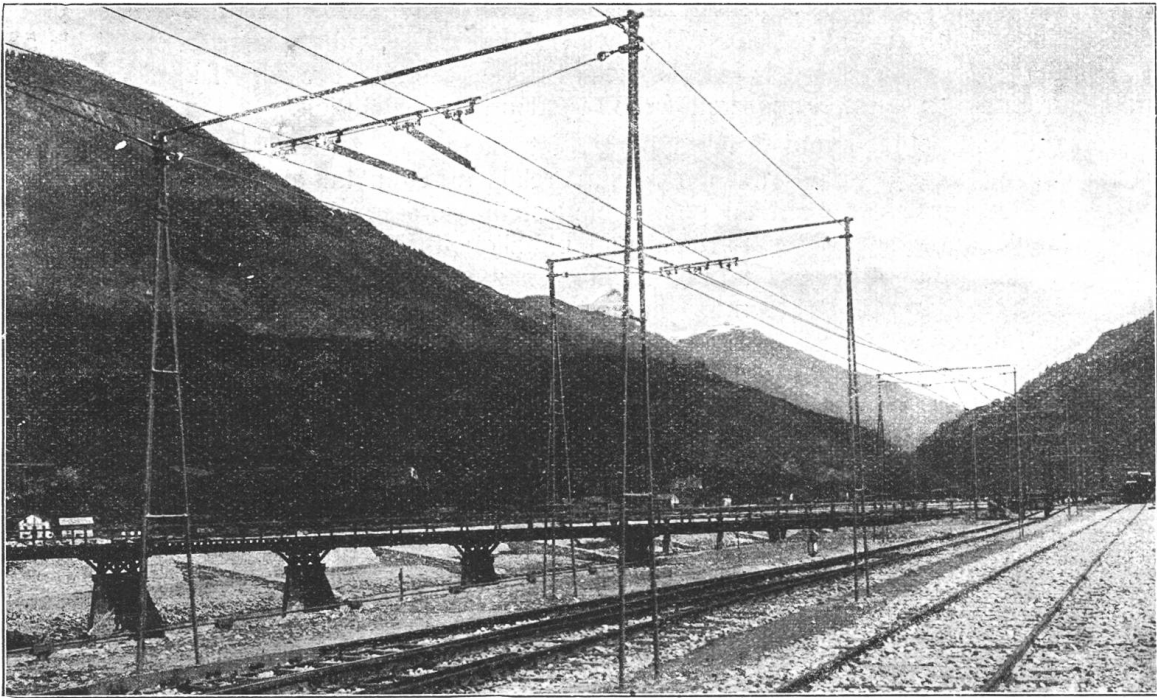


Abb. 11. Einfache Weiche.

erforderlich, bei am Geleise vorzunehmenden Arbeiten gleichzeitig die Oberleitung auf deren richtige Lage zu prüfen und, wenn nötig, nachzuregulieren. Dies hat ganz besonders bei Weichen zu geschehen, während auf offener Strecke ziemlich grosse Abweichungen zwischen Kontaktleitung und Geleise ohne nachteiligen Einfluss bleiben. Die geringe Höhe der Fahrdrähte bei der Simplonanlage, die nur 5,3 bis 4,8 m beträgt, ist hiefür vorteilhaft. Die Verhältnisse würden selbstredend mit zunehmender Höhe ungünstiger, da ein Schwanken der Lokomotive gefährlich werdende seitliche Ausschläge der Stromabnehmerbügel verursachen könnte.

Als regelmässige Revisionen der Kontaktleitung werden am Simplon nachstehend verzeichnete Arbeiten ausgeführt:

Im Frühjahr und Herbst erfolgt durch Befahren mit einem kleinen Bügelwagen eine Untersuchung sämtlicher Weichen, Haupt- und Nebengeleise. Gleichzeitig sind auch die Isolatoren und Queraufhängungen, sowie die Abspanndrähte nachzusehen. Im Tunnel muss überdies eine Reinigung jedes einzelnen Isolators vorgenommen werden, da sonst infolge des Russ- und Staubniederschlags schadhafte Isolierbolzen und Porzellanlocken nicht wahrgenommen werden

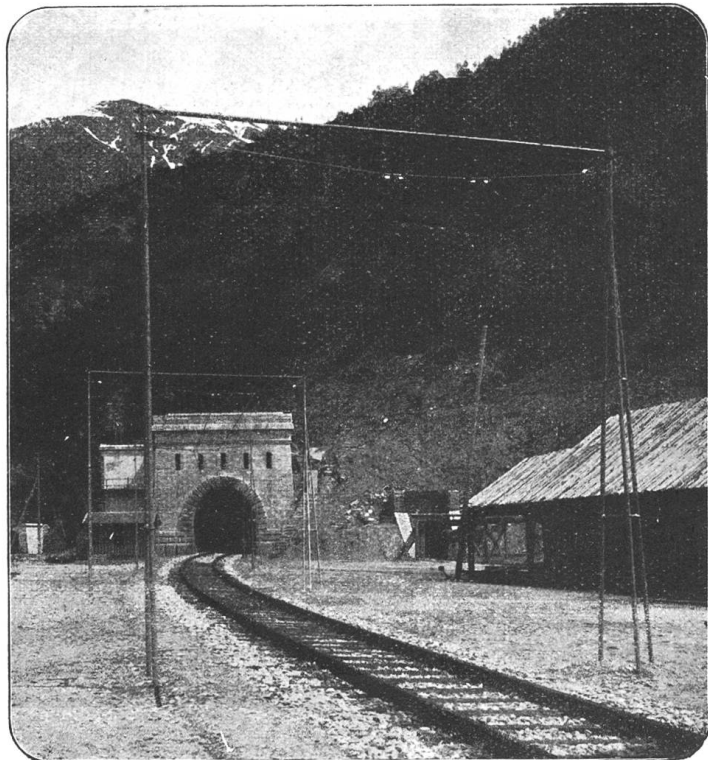


Abb. 12. Tunnelleingang in Brig.

könnten. Ueberschläge wären dann ganz besonders in den feuchten Stellen des Tunnels unvermeidlich.

Die Konstruktion der Kontaktdraht-Isolatoren muss wegen der horizontalen Anordnung der Porzellanglocken speziell für den Tunnelbetrieb als unvorteilhaft bezeichnet werden.

Für den zweiten Tunnel, dessen Ausbau nächstens in Angriff genommen werden soll, wird es erforderlich sein, die Beschaffung eines abgeänderten Isolator-typs zu erwägen.

Als Uebelstand am bestehenden Isolator-typ ist auch die Verwendung von Eisengummi zu bezeichnen. Während dieses Material im Freien keine Schwierigkeiten bietet, sind die damit im Tunnel, und ganz besonders an den feuchten und gleichzeitig warmen Stellen, gemachten Erfahrungen sehr schlecht. Es treten Beschädigungen auf, wie solche aus Abbildung 15 ersichtlich sind. Versuche mit Eisengummibolzen, die für Spannungen von 15 000 bis sogar 25 000 Volt bezeichnet waren, ergaben kein besseres Resultat. Derartige Isolierbolzen mussten teilweise schon nach 6 bis 8 Wochen Betriebsdauer wegen allzustarker Beschädigung ausgewechselt werden.

Diese rasche Zerstörung ist jedenfalls darauf zurückzuführen, dass, sobald sich ein Russbeleg gebildet hat, durch die warme feuchte Temperatur gefördert,

Oberflächenfunken entstehen. Infolge dieser Funken werden dann der Russ- und Kohlenstaub in das Isoliermaterial eingebrannt; der Stromdurchgang kann leichter erfolgen, wodurch nach und nach die Isoliermasse des Bolzens mehr und mehr beschädigt wird.

Ein Versuch, den Eisengummibolzen durch einen mit tellerförmigem Rande versehenen Porzellanisolator zu ersetzen, hat befriedigende Resultate ergeben. Dies bedingt allerdings die Auswechslung des kompletten Isolators. Neuerdings ist an Stelle des Eisengummis probeweise auch Glas verwendet worden (mittlerer Bolzen der Abbildung 15). Trotz der Versuchsdauer von nur einigen Monaten kann doch schon mit ziemlicher Sicherheit gesagt werden, dass auch hier das Resultat günstig sein wird. Bevor diese beiden letzteren Versuche ausgeführt wurden, sind die Eisengummibolzen probeweise mit einem auf denselben befestigten Porzellanring versehen worden, um, wie man annahm, die direkte Russablagerung auf dem Bolzen zu verhindern. Das Ergebnis war jedoch nicht den Erwartungen entsprechend. Lag nämlich der Ring ganz dicht am Bolzen an, so brach das Porzellan bei der geringsten Temperaturdifferenz entzwei. Wurde aber zwischen Bolzen und Ring ein kleiner Zwischenraum belassen, so sickerte das Kondensationswasser zwischen beiden durch, und es erfolgte dann wiederum ein Stromdurchgang und eine Beschädigung des Isoliermaterials.

Die Frage des Kontaktdraht-Isolators ist also trotz der oben erwähnten Versuche für den Simplontunnel noch nicht als endgültig gelöst zu betrachten.

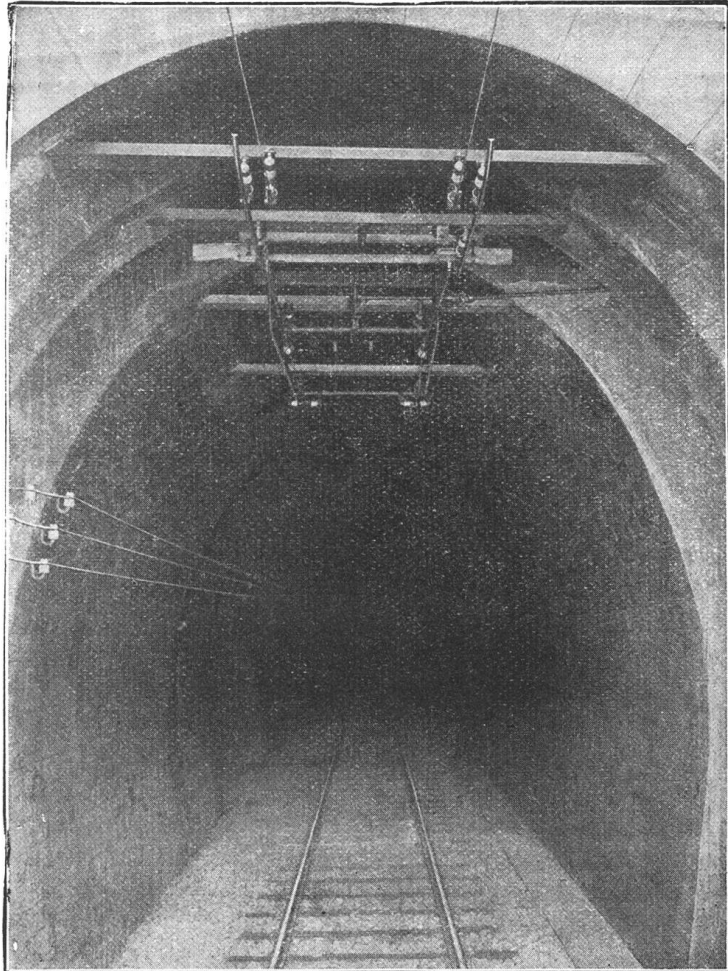


Abb. 13. Anordnung der Ueberbrückung beim Tunneleingang.



Abb. 14. Anordnung der Kontaktleitung im Tunnel.

Leitfähigkeit, sowie die Zugfestigkeit verringert werden. Die Gewichtsabnahme des Drahtes beträgt indessen, unter Berücksichtigung der Aushöhlungen durch Oxydation, Abnützung durch die Stromabnehmer-Bügel, nur etwa 6,5 bis 7 %. Trotzdem schien es nicht ratsam, mit der Auswechslung des Drahtes länger zuzuwarten, indem die Oxydation in den letzten sechs Monaten sehr grosse Fortschritte gemacht hatte.

Die vorgenommenen Zerreißproben ergaben für den neuen Draht von 50 mm² Querschnitt eine

Zugfestigkeit von 1965 bis 1970 kg und eine Dehnung von 7,5 %,

Gehen wir nun über zum Fahrdrabt selbst und sehen, wie sich derselbe gehalten hat. Die Abnützung kann im Allgemeinen als gering bezeichnet werden. Sie beträgt da, wo nicht bestimmte Einflüsse eine nachteilige Wirkung ausgeübt haben, nach ungefähr 80 000 Bügelbestreichungen nur 0,3 bis 0,4 mm. An einigen Stellen steigt dieselbe bis auf 0,7 bis 0,8 mm. Diese Stellen befinden sich an Orten, wo der Draht fortwährend tuffsteinhaltigem Tropfwasser ausgesetzt ist, und sie stimmen auch mit den Stellen der abnormal grossen Schienenabnützung überein.

Bei den Aufhängepunkten ist gleichfalls keine abnormale Abnützung des Fahrdrabtes zu Tage getreten, trotzdem die Einfachaufhängung, ohne Tragdraht, mit 25 bis 30 m Aufhängeentfernung, zur Anwendung gekommen ist.

Anders verhält es sich mit dem Fahrdrabt am südlichen Ausgange des Simplontunnels, indem dort der Kupferdraht durch Oxydation nach und nach stark angegriffen und beschädigt wird. Diese Oxydation war auf eine Distanz von etwa 2 km, vom Südportal aus gemessen, derart vorgeschritten, dass die Leitung im Laufe des letzten Sommers ausgewechselt werden musste. In Abbildung 16 ist die photographische Aufnahme eines oxydierten Drahtstückes reproduziert. An solchen Stellen des Fahrdrabtes ist vor der Entfernung der Russ- und Oxydationsschicht eine ganze Anzahl Erhöhungen sichtbar. Wird nun der Draht gereinigt, so treten an Stelle der Erhöhungen tiefe Einkerbungen zu Tage, durch welche der Querschnitt und damit auch die

während der oxydierte Draht nur noch eine

Zugfestigkeit von 1815 bis 1830 kg und eine

Dehnung von 5 % aufwies.

Die Abnahme der Zugfestigkeit beträgt somit etwa 7,5 %, diejenige der Dehnung jedoch 33 %.

Die Bruchstelle des Drahtes ist aus Abbildung 16 deutlich ersichtlich (Bruch bei der Zerreißprobe).

Vorsichtigerweise sind für die Leitung im Tunnel keine Eisenbestandteile verwendet worden. Dieselben hätten jedenfalls, infolge der äusserst starken Rostbildung, innert zwei Jahren ausgewechselt werden müssen.

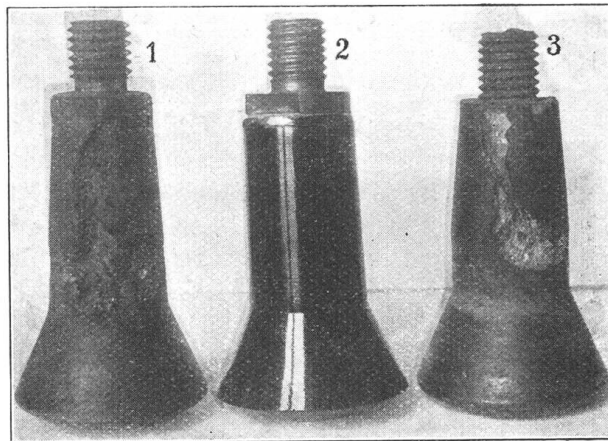


Abbildung 15. Isolierbolzen der Kontakttraht-Aufhängung.

- 1 = Schwarzer Eisengummi.
- 2 = Glas.
- 3 = Roter Eisengummi.

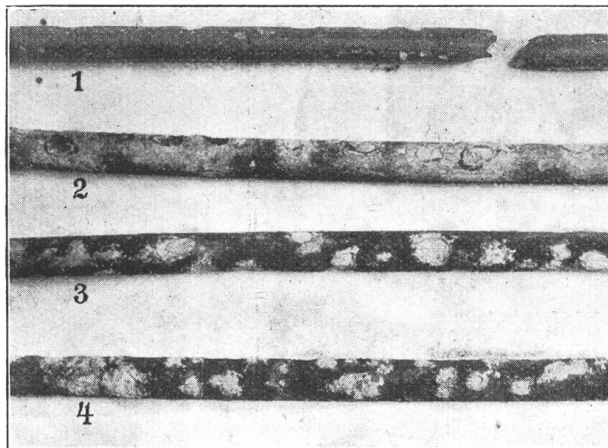


Abbildung 16. Oxydierte Kontaktträhte aus Kupfer.

- 1 = gereinigter Draht mit Bruchstelle der Zerreißprobe.
- 2, 3, 4 = ungereinigte Drähte.

Welches ist nun der Grund dieser starken Oxydation des Kontakttrahtes? Darüber herrschten verschiedene Vermutungen. Man glaubte anfänglich an Ozonerscheinungen, hervorgerufen durch die, wenn auch nur selten, doch von Zeit zu Zeit infolge der feuchten Atmosphäre zwischen den Stromabnehmer-Bügeln und dem Kontakttrahte auftretenden Funken. Doch stellte sich diese Vermutung als unrichtig heraus. Es konnte nämlich festgestellt werden, dass die Oxydation der Kontaktleitung hauptsächlich auf die Russablage und die Einwirkung der feuchten und warmen Luft zurückzuführen ist. Um sich diesbezüglich Gewissheit zu verschaffen, ist folgender Versuch ausgeführt worden:

In einer Thonröhre wurden drei Kupferdrähte, wovon der eine durch Lokomotivrauch berusst, der zweite blank und der dritte mit einem Farbanstrich versehen war, einem warmen und feuchten Luftzuge ausgesetzt. Bereits nach zwei Monaten konnten am berussten Drahte Oxydationsstellen wahrgenommen werden, während sowohl der blanke, als auch der angestrichene Draht absolut keine derartige Spuren aufwies. Dieser Versuch lässt erkennen, dass die Verhältnisse jedenfalls bedeutend günstiger sein würden, wenn es tunlich wäre, das Befahren des Simplontunnels mit Dampflokomotiven vollständig zu vermeiden. Solange jedoch nur vier elektrische Lokomotiven zur Verfügung stehen, ist an ein solches Vorgehen nicht zu denken. Zudem wäre es betriebstechnisch nicht angezeigt, die auf der Strecke Iselle-Domodossola zur Verwendung kommenden Dampflokomotiven, welche dem Depot Brig zugeteilt sind, und somit regelmässig dorthin geleitet werden müssen, mit einer elektrischen Lokomotive durch den Tunnel zu schleppen, es sei denn, dass andere Gründe, wie beispielsweise der Ausbau des zweiten Tunnels, dies bedingen würde. Das einfachste Mittel, die Dampftraktion durch den Simplontunnel vollständig zu unterdrücken, wäre natürlich die Ausdehnung des elektrischen Betriebes bis Domodossola. Da sich dies in nächster Zeit jedoch noch nicht verwirklichen dürfte, so ist es richtiger, nach Mittel und Wegen zu suchen, durch die der oben erwähnte, nachteilige Einfluss der Lokomotivgase auf die Kontaktleitung beseitigt werden kann. Der angedeutete Versuch lässt erkennen, dass dies durch

Verwendung eines Fahrdrathmaterials, auf welches die Rauchgase nicht schädlich einwirken, wird erreicht werden können.

Ein solches Material wäre Aluminium. Doch bietet Draht aus Reinaluminium zu wenig mechanische Widerstandsfähigkeit und dies ganz besonders gegen die Bestreichung durch die Stromabnehmer-Bügel. Zudem können sowohl Aluminiumdraht als auch Aluminiumlegierungen nicht in genügender Länge geliefert werden, da die Fabrikanten solche zu nur 150 bis 250 m herstellen. Dasselbe gilt auch für verzinnten oder verbleiten Kupferdraht. So kleine Längen bieten aber bei der Montage und beim Unterhalt der Leitung so viele Schwierigkeiten und Nachteile, dass von der Verwendung genannter Materialien Umgang genommen werden muss.

Es bleibt somit nur noch die Möglichkeit, mit einem Anstrich der Leitung einen praktischen Versuch zu machen. Ein diesbezüglicher Versuch ist bereits vor längerer Zeit in kleinem Massstabe begonnen worden, doch wäre es verfrüht, jetzt schon einen definitiven Schluss ziehen zu wollen. Immerhin sei erwähnt, dass allem Anschein nach die Oxydation fast vollständig vermieden und also ein günstiges Resultat erzielt werden dürfte. Um diesen Versuch auszudehnen, ist der oben erwähnte, letzten Sommer ausgewechselte Kontakt draht auf einer grösseren Distanz mit verschiedenen Schutzmitteln angestrichen worden. Wie schon gesagt, ist die Versuchsdauer zu kurz, um jetzt schon über die Wirkung ein Urteil fällen zu können.

Im Winter macht sich ganz besonders beim ersten elektrisch geführten Zuge die Eisbildung im Tunnel unangenehm fühlbar. Durch Gefrieren des Tropfwassers bilden sich im Simplontunnel auf der Nordseite, wo die kalte Ventilationsluft eingeblasen wird, sowie auch im kleinen Trasqueratunnel, welcher zwischen dem Simplontunnel und der Station Iselle liegt und eine Länge von nur 142 m hat, Eiszapfen, die oft in kurzer Zeit auf mehrere Dezimeter Länge anwachsen. Die Lokomotivbügel schlagen diese Eiszapfen ab, wodurch aber leicht Beschädigungen an den Isolatoren der Leitung, an den Lokomotivbügeln und an der Lokomotive selbst auftreten können.

Während im Trasqueratunnel vor Durchfahrt des ersten Zuges ein Arbeiter die Eiszapfen entfernt, wird im Simplontunnel der Eisbildung auf andere Weise vorzubeugen gesucht. Bekanntlich erfolgt die künstliche Ventilation des Tunnels in der Richtung Brig-Iselle, und zwar arbeiten in Brig zwei Ventilatoren mit Druckwirkung, in Iselle ebenfalls zwei mit Saugwirkung. Es sei nebenbei erwähnt, dass die Ventilationsanlage, die ursprünglich für den Bau des Tunnels erstellt worden ist, den jetzigen Verhältnissen nicht mehr ganz entspricht und deshalb einen ziemlich niedrigen Nutzeffekt aufweist. Die pro Sekunde durch den Tunnel getriebene Luftmenge beträgt bei einem Druck von 40 mm Wassersäule ungefähr 100 m^3 , während zur Zeit des Tunnelbaues nur etwa 25 m^3 mit entsprechend höherem Drucke befördert worden sind. Um nun die Eisbildung im Simplontunnel zu vermeiden, wird auf folgende Weise verfahren:

Während der kalten Jahreszeit werden in Brig die Ventilatoren abgestellt; die Lüftung erfolgt somit nur durch Saugwirkung der Ventilatoren in Iselle. Trotzdem würden sich bei direktem Eintritt der Luft in den Tunnel Eiszapfen bilden. Nun wird aber die kalte Luft auf eine Distanz von ungefähr 3 Kilometern durch den Parallelstollen geleitet, so dass sie sich bis zum Eintritt mittels Querstollens in den Tunnel I auf eine bestimmte Temperatur erwärmt hat. Ein Versuch, die Richtung der Ventilation fortwährend oder nur zu gewissen Tages- oder Nachtstunden umzukehren, um so die Eisbildung durch die von der Südseite kommende warme Luft zu vermeiden, musste aufgegeben werden. Es ergaben sich nämlich schon nach kürzester Zeit, infolge der sehr starken Kondensation, schwerwiegendere Nachteile, die unbedingt vermieden werden mussten.

Während dem Ausbau des Tunnels II und nach Fertigstellung desselben muss dann neuerdings geprüft werden, wie der Eisbildung vorgebeugt werden können. Das Richtigeste wäre natürlich, im Tunnel das Tropfwasser derart abzuleiten, dass sich eventuell noch bildende Eiszapfen ausserhalb der von den Stromabnehmer-Bügeln bestrichenen Zone und ausserhalb des Lichtraumprofils befinden würden. Beim Ausbau des Tunnels II sollte zu-

dem von Anfang an auf eine vollständige Trockenlegung Bedacht genommen werden, was nicht nur in Bezug auf die elektrische Traktion, sondern auch für den Geleiseunterhalt von grossem Vorteil wäre.

Auf der Station Iselle sind einige Beschädigungen der Kontaktleitung durch Eisschlag vorgekommen. Die sehr steilen Felswände bedecken sich im Winter mit einer Eisschicht, die, nebenbei bemerkt, einen sehr malerischen Eindruck macht. Sobald aber Tauwetter eintritt, stürzen diese Eisblöcke mit gewaltigem Getöse zur Tiefe, wobei einmal ein Kontaktdraht direkt entzwei geschlagen wurde; abgesehen von einem kräftigen Kurzschluss, der an der Maschinenanlage, infolge Ansprechen der Maximalrelais, keinen direkten Schaden verursachte, hatte diese Störung keine weitere Folgen. Die seither vorgenommenen Schutzbauten dürften in Zukunft derartige Eisschläge auf die Leitung verunmöglichen.

Ueber die Kontaktleitung ist nichts mehr zu erwähnen, was allgemeines Interesse bieten könnte.

Es sei jedoch noch beigefügt, dass sich die bei den Schienenverbindungen angewandte Metallpasta, die bekanntlich zwischen die mittels eines Sandstrahlgebläses gut gereinigten Schienen und Schienenlaschen aufgetragen wird, an den nass-warmen Stellen im Tunnel nicht bewährt hat, so dass jetzt nachträglich Kupferverbindungen angebracht werden müssen. Das Bohren der erforderlichen Löcher in den Schienen erfolgt mittels einer pneumatischen Bohrmaschine. Die nötige Druckluft von 5 bis 7 Atm. wird der Bremsleitung einer Lokomotive entnommen.

Durch Anbringung von Kupferverbindungen ist die Leitfähigkeit des Schienenstranges um etwa 50 % erhöht worden.

Die Lokomotiven.

Der Lokomotivpark besteht, wie bereits erwähnt, aus 4 elektrischen Lokomotiven. Die zwei Lokomotiven der älteren Bauart (Abb. 17), die ursprünglich für die Veltliner-Bahn bestimmt waren, besitzen je zwei Motoren mit bewickeltem Anker und zwei Normalgeschwindigkeiten, während die Motoren der beiden Lokomotiven der neueren Bauart (Abb. 18) mit Kurzschlussankern ausgerüstet und für vier Normalgeschwindigkeiten gebaut sind.

Diese Lokomotiven haben sich, trotz der schwierigen Betriebsverhältnisse, sehr gut bewährt. Allerdings sind auch hier die sogenannten Kinderkrankheiten nicht ausgeblieben. Ganz besonders fühlbar machten sich die grosse Feuchtigkeit im Simplontunnel, wie auch die sehr hohen Temperaturdifferenzen, die im Winter oft über 40° C. in 10 Minuten betragen. Die Isolation litt sehr infolge der durch die Kondensation verursachten Wasserniederschläge, und oft konnte man sich glücklich schätzen, dass die normale Betriebsspannung nicht über 3300 Volt beträgt. Durch derartige Niederschläge verursachte Störungen sind zunächst hauptsächlich an den Schaltapparaten (Abb. 19) aufgetreten, und wenn ein Kurzschluss erfolgte, während sich die Lokomotive gerade im südlichen Teile des Tunnels befand, so wurde die zerstörende Wirkung durch die feuchte warme Luft noch erhöht. Die in besonders starkem Masse auftretende Kondensation ändert sich auch mit den Witterungs- und Temperaturverhältnissen ausserhalb dem Tunnel. Die Kontaktfinger

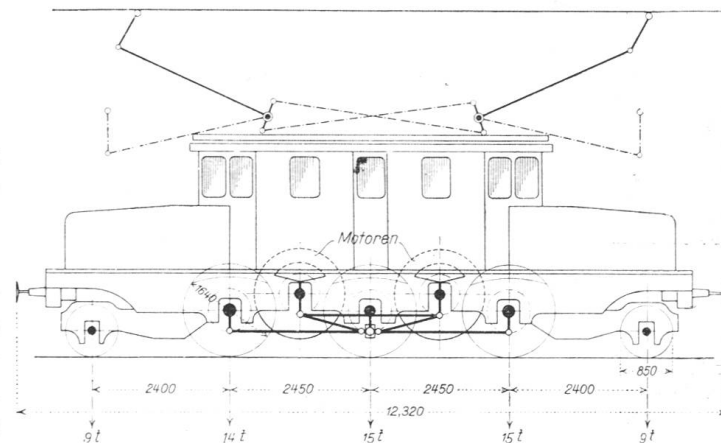


Abbildung 17. Ältere Simplonlokomotive, Bauart Fb $\frac{3}{5}$.

Die Achsbelastungen sind nur approximativ, indem das totale Lokomotivgewicht 62,07 t beträgt. Die Länge zwischen den Puffern ist nachträglich durch Einbau der normalen S. B. B.-Puffern auf 12524 mm abgeändert worden.

und alle übrigen blanken Teile sind gewöhnlich schon nach der ersten Fahrt durch den Tunnel infolge der Niederschläge ganz nass. Selbst die Holzverkleidung im Führerstand wird oft vollständig feucht. Durch einen abfallenden Wassertropfen können sehr leicht Stromübergänge und Kurzschlüsse eingeleitet werden. Trotz der relativ niedrigen Spannung ist zu Anfang, bis alle Teile genügend isoliert waren, mehrmals ein Ueberspringen auf eine Entfernung bis zu 10 cm und mehr erfolgt, glücklicherweise ohne allzugrosse Beschädigungen zu verursachen, indem durch rasches Abheben der Lokomotivbügel von der Leitung der Strom in kürzester Zeit unterbrochen wurde. Dies ist das beste Mittel, um die Wirkung der trotz aller Vorsichtsmassregeln doch etwa auftretenden Kurzschlüsse möglichst zu beschränken. Durch Verwendung von Oelschaltern würden sich wahrscheinlich derartige Störungen fast vollständig vermeiden lassen. Bei den Simplonlokomotiven fehlt es jedoch hierzu am erforderlichen Platz, so dass man genötigt war, dem Uebelstande auf andere Weise abzuwehren. Dies geschah durch Anstreichen sämtlicher blanker,

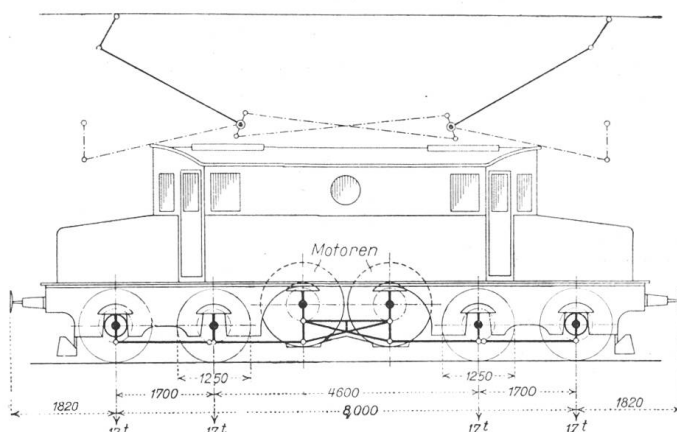


Abbildung 18. Neuere Simplonlokomotive, Bauart Fb $\frac{1}{4}$.

Die Achsbelastungen sind nur approximativ, indem das totale Lokomotivgewicht genau 68,88 t beträgt.

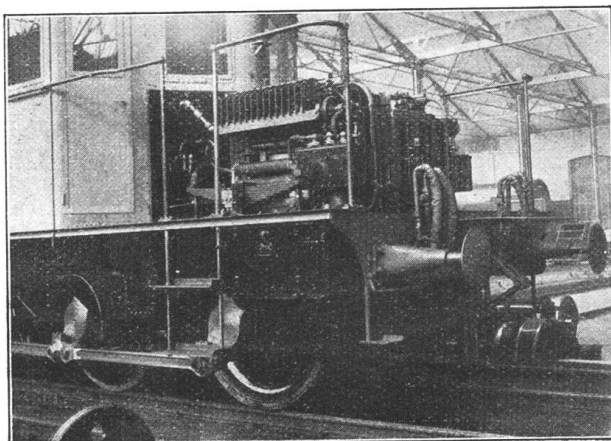


Abbildung 19. Autotransformator mit Schaltapparaten von Lokomotive No. 366.

nicht als Kontaktflächen aber doch als Stromleiter dienenden Teile mit einem Isolierlack. Auf diese Weise tritt eine bedeutend geringere Wirkung der Kondensation auf, und es sind tatsächlich die Unregelmässigkeiten fast vollständig verschwunden.

Die Triebmotoren erfordern nur einen sehr geringen Unterhalt. Es sei erwähnt, dass bei einer Lokomotive die Revision der Motoren erst nach einer Betriebsdauer von etwa 18 Monaten, bzw. nach Leistung von etwa 60,000 km vorgenommen wurde. Es betrifft dies die Motoren mit bewickeltem Anker. Allerdings war die Revision dringend, indem zur Vermeidung von Kurzschlüssen die sonst nicht genügend zugänglichen Bürsten der Rotorschleifringe ausgewechselt werden mussten und zudem die Isolation zwischen den Schleifringen einer Reinigung bedurfte.

Für die Motoren mit Kurzschlussankern wäre eine Revision nach dieser Zeit noch nicht unbedingt erforderlich gewesen. Zur Erzielung einer erhöhten Betriebssicherheit ist es jedoch nicht ratsam, mit den periodischen Revisionen allzulange zuzuwarten. Für den Simplonbetrieb sollte eine Revision der Motoren regelmässig alle 9 bis 10 Monate Betriebsdauer erfolgen, so dass also zwischen zwei Hauptrevisionen der Lokomotiven, die vorschriftsgemäss alle drei Jahre erfolgen muss, drei Zwischenrevisionen der Motoren vorzunehmen wären. Die Schaltapparate müssen häufiger untersucht werden, doch kann dies ohne eine eigentliche Ausserdienstsetzung der Lokomotive geschehen. Es wird in den meisten Fällen möglich sein, solche kleinere Arbeiten durch das Lokomotivpersonal ausführen zu lassen.

Die aus Metallgeflecht bestehenden Anlasswiderstände der Motoren mit bewickeltem Anker geben zu keiner besondern Bemerkung Anlass. Zwar machen sich auch hier die

Die aus Metallgeflecht bestehenden Anlasswiderstände der Motoren mit bewickeltem Anker geben zu keiner besondern Bemerkung Anlass. Zwar machen sich auch hier die

Kondensation und die grossen Temperaturschwankungen unliebsam bemerkbar, indem im Winter ein grösserer Bruch von Widerstandsbändern zu verzeichnen ist, als während der Sommermonate.

Als wichtiger Teil einer elektrischen Lokomotive müssen die Stromabnehmer bezeichnet werden. Bei den Simplonlokomotiven kommen dreieckförmige Bügelrohre aus Messing zur Verwendung. Währendem deren Lebensdauer s. Z. nur etwa 2000 bis 2500 Betriebskilometer betrug, halten sie heute etwa 6000 km, vereinzelt sogar bis 8000 km aus. Diese Erhöhung wurde z. T. durch eine etwas andere Disposition der Kontaktleitung erzielt.

Früher war die Zickzackführung der Fahrdrähte symmetrisch zur Bügelmitte angeordnet, wodurch die Bügel naturgemäss in der Mitte die stärkste Abnützung aufwiesen. Die Kontaktdrähte sind dann derart verschoben worden, dass sich nun die Zickzackführung abwechselungsweise auf einen Kilometer Distanz nur auf der linken oder nur auf der rechten Seite der Bügelachse befindet (Abb.20). Auf diese Weise ist allerdings die Zickzackführung reduziert worden, doch hat sich diesbezüglich kein Nachteil gezeigt.

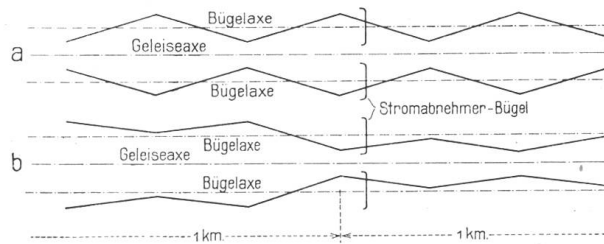


Abbildung 20. Zickzackführung der Kontaktdrähte im Tunnel.

a = ursprüngliche Ausführung.
b = abgeänderte Ausführung.

Was nun den mechanischen Teil der Lokomotiven anbelangt, so wird ganz besonders das Verhalten der Klien-Lindnerschen Hohlachsen der Lokomotiven der neueren Bauart einiges Interesse bieten, indem dieses System für so hohe Achsdrücke, wie sie hier vorhanden sind, unseres Wissens noch nirgends zur Anwendung gekommen war. Obschon sich die Kugelachsen, sowie auch deren Lagerung gut halten, so scheint es doch, als ob sich diese Ausführung für Achsdrücke von 17 Tonnen, wie solche bei den Simplonlokomotiven auftreten, nicht besonders eigne. Schon bei der geringsten Lagerabnützung treten nämlich vertikale Schläge auf, die den ruhigen Gang der Lokomotiven nachteilig beeinflussen. Seitliche Schwankungen kommen nicht vor, so dass die Spurkränze der Räder keine Abnützung aufweisen. Die vertikalen Schläge sind aber um so fühlbarer, als die Maschine ungenügend abgefedert ist. Bei einer Neukonstruktion ist zu empfehlen, längere Tragfedern zu verwenden. Es ist nun nicht ausgeschlossen, dass der erwähnte, nicht besonders ruhige Gang eben gerade auf die zu kurzen Tragfedern zurückzuführen ist und sich die Hohlachsen bei einer richtigen Abfederung auch entsprechend besser halten würden. Die Verhältnisse wären sehr wahrscheinlich bei höher gelagerten Motoren auch noch besser.

Eine derartige Anordnung ist aber nicht nur in bezug auf den ruhigen Gang erforderlich, sondern auch um nicht schon bei geringem Schneefall unliebsame Störungen befürchten zu müssen. Am Simplon ist es nämlich vorgekommen, dass während eines Schneegestöbers die Fahrbahn nicht rechtzeitig durch einen Schneepflug gereinigt werden konnte. Durch Anhäufung von Schnee unter den Motoren, der wie ein Keil wirkte, wurde die Fahrt vom Bahnhofe Brig bis zum Tunnelleingang bedeutend gehemmt, was beim Befahren einer längeren offenen Strecke beträchtliche Zugsverspätung zur Folge gehabt haben würde.

Nun noch kurz einige Bemerkungen über die Normalgeschwindigkeiten der Drehstromlokomotiven:

Gestützt auf die gemachten Erfahrungen sind nach unserer Ansicht zwei Normalgeschwindigkeiten, wie sie die beiden Lokomotiven der ältern Simplontype aufweisen, für einen einwandfreien Betrieb nicht genügend. Obschon beim Simplonbetrieb dieser Uebelstand nicht besonders nachteilig wirkt, so wäre es doch schon öfters wünschenswert gewesen, z. B. Züge mit Belastungen, für welche die Fahrt mit grosser Geschwindigkeit wegen ungenügender Leistung der Lokomotiven nicht mehr möglich war, mit einer Mittelgeschwindigkeit ausführen zu können, statt auf eine Distanz von 10 km mit nur 35 km pro Stunde fahren zu müssen. Sollte der Betrieb mit Drehstrom später einmal eine Aus-

dehnung von Brig bis St. Maurice oder Lausanne erfahren, woran allerdings bei dem gegenwärtigen Stande der Einphasenstromtechnik kaum zu denken ist, so würde sich das Vorhandensein von nur zwei Hauptgeschwindigkeiten entschieden sehr unangenehm fühlbar machen.

Die neueren Lokomotiven mit den vier Hauptgeschwindigkeiten von 25, 50 und 35, 70 km/Std. wären hiefür bedeutend geeigneter. Tatsächlich haben diese vier Stufen bisher für den Simplonbetrieb auch vollständig genügt. Man hätte nur noch die Frage aufzuwerfen, ob die Abstufung anders zu wählen wäre, vielleicht derart, dass die Maximalgeschwindigkeit auf etwa 80 km/Std. erhöht würde. Für ausserordentliche Fälle, wie Befahren einer im Umbau befindlichen Strecke, wäre immer die Möglichkeit geboten, durch teilweises Vorschalten der Autotransformatoren eine beliebige Zwischengeschwindigkeit zu erhalten. Der Gesamtenergieverbrauch würde dadurch keine merkbare Erhöhung erfahren.

Die vier Simplonlokomotiven weisen seit ihrer Inbetriebsetzung bis Ende September 1912 folgende Fahrleistungen auf:

Lokomotive Nr.:	364	365	366	367
Datum der Inbetriebsetzung	1. VI. 06	1. VI. 06	24. IX. 07	25. II. 08
Anzahl der geleisteten km	258 572	240 324	180 150	161 216
Anzahl der tkm Anhängengewicht . .	41 340 935	42 293 008	33 791 328	29 434 168

Die monatliche Maximalleistung betrug bis zu diesem Zeitpunkt 7400 km pro Lokomotive. In Anbetracht des Umstandes, dass die Fahrt unter nichts weniger als günstigen Verhältnissen fast ausschliesslich im Tunnel stattfindet, kann dies als eine ganz bedeutende Leistung bezeichnet werden.

Mit Rücksicht auf den provisorischen Charakter der Kraftwerke sind die Maximalbelastungen der Lokomotiven wie folgt festgesetzt worden:

Lokomotiven:	Nr. 364 und 365 der alten Bauart	Nr. 366 und 367 der neuen Bauart
Fahrt in Richtung Brig-Iselle:		
Güterzüge	600 T.	660 T.
Personenzüge	350 „	350 „
Fahrt in Richtung Iselle-Brig:		
Güterzüge	430 „	450 „
Personenzüge	330 „	330 „

Die Lokomotiven wären kräftig genug, um grössere Lasten schleppen zu können, doch gestattet dies die Leistung der Kraftwerke nicht. Aus demselben Grunde war es bis jetzt auch nicht möglich, die normale Doppeltraktion mit zwei elektrischen Lokomotiven zu gestatten.

Abbildung 21 zeigt die Diagramme über die in den Kraftwerken abgegebene Leistung für die Beförderung einiger Züge. Infolge Fehlens von registrierenden Leistungsmessern sind während der Fahrt der Züge an den vorhandenen Schalttafelinstrumenten von je 15 zu 15 Sekunden Ablesungen gemacht und graphisch aufgetragen worden. Die Geschwindigkeitsdiagramme wurden den auf den Lokomotiven angeordneten Registrierapparaten entnommen.

Der Stromverbrauch beträgt durchschnittlich 33 bis 35 Wattstunden pro Tonnenkilometer, einschliesslich des Lokomotivgewichts. Derselbe kann als ziemlich hoch bezeichnet werden; doch rührt dies von dem bedeutenden Luftwiderstande im Tunnel her. Ein Zug, welcher auf dem Gefälle von 7 ‰ in der Richtung Brig-Iselle fährt, also in gleichem Sinne wie die Ventilation, wird eine Maximalgeschwindigkeit von 60 km/Std. nicht übersteigen, wenn er nur der Schwerkraft ausgesetzt ist. Dies rührt von dem relativ kleinen Tunnelprofil her, in welchem der Zug wirkt wie ein nicht vollständig dichter Kolben in einem Cylinder. Die Verhältnisse werden durch den Ausbau des zweiten Tunnels bedeutend günstiger, indem durch die Querstellen ein Druckausgleich zwischen Spitze und Ende des

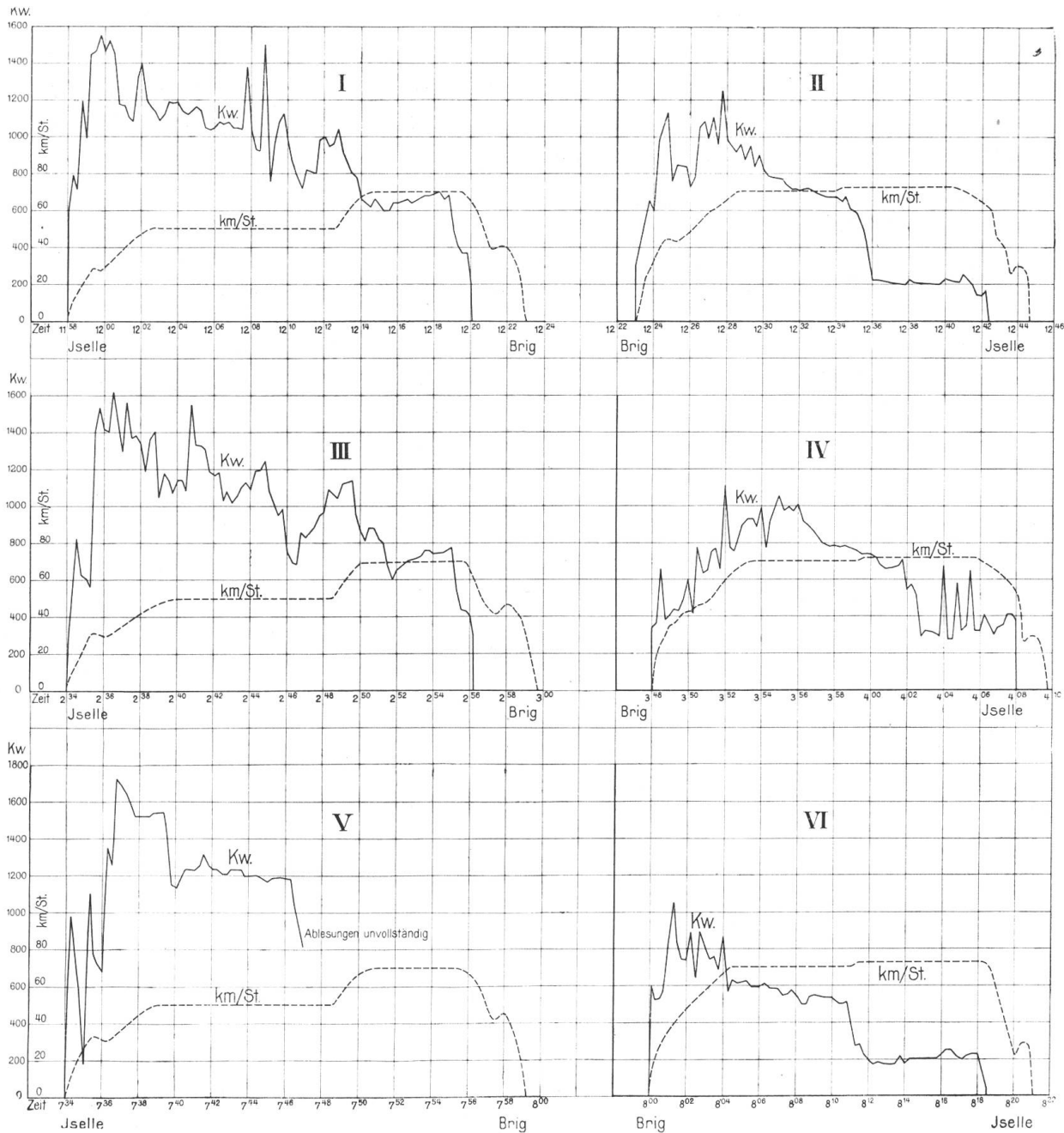


Abbildung 21. Energiediagramme (ab Zentralen Brig und Iselle insgesamt) und Geschwindigkeitsdiagramme einzelner Züge.

- I = Diagramme für Zug No. 208 vom 2. Juni 1911; Lokomotive No. 366 und 294 t Anhängengewicht.
- II = Diagramme für Zug No. 209 vom 2. Juni 1911; Lokomotive No. 365 und 228 t Anhängengewicht.
- III = Diagramme für Zug No. 210 vom 2. Juni 1911; Lokomotive No. 366 und 328 t Anhängengewicht.
- IV = Diagramme für Zug No. 213 vom 2. Juni 1911; Lokomotive No. 365 und 259 t Anhängengewicht.
- V = Diagramme für Zug No. 214 vom 1. Juni 1911; Lokomotive No. 366 und 315 t Anhängengewicht.
- VI = Diagramme für Zug No. 1133 vom 1. Juni 1911; Lokomotive No. 364 und 150 t Anhängengewicht.

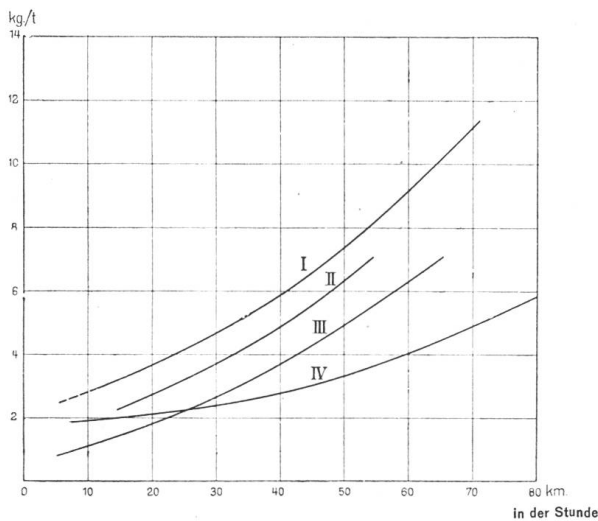


Abbildung 22. Kurven der auf die Horizontale bezogenen Widerstände beim Befahren des Simplontunnels.

- I = Fahrt in Richtung Iselle-Brig (gegen die Ventilation).
- II = Fahrt in Richtung Brig-Iselle (Ventilation ausser Betrieb).
- III = Fahrt in Richtung Brig-Iselle (mit der Ventilation).
- IV = Zossener Versuche (als Vergleich).

Zuges erfolgen kann. Bei Fahrt entgegengesetzt der Ventilationsrichtung ist der Widerstand so gross, dass er z. B. bei einer Geschwindigkeit von 70 km/Std. bis 11,2 kg/t ausmacht. Die in Abbildung 22 mitgeteilten Kurven sind durch Auslaufversuche ermittelt worden.

Da im Laufe des nächsten Jahres die mit Einphasenstrom zu betreibende Lötschbergbahn eröffnet werden soll, deren Endpunkt in der Simplonstation Brig liegt, so werden dann daselbst das Einphasen- und Drehstromsystem gleichzeitig nebeneinander beobachtet werden können. Obschon die Betriebsverhältnisse beider Bahnen nicht vollständig übereinstimmen und somit ein direkter Vergleich nicht ohne weiteres zulässig sein wird, so dürfte dennoch eine Gegenüberstellung der Resultate des elektrischen Tunnelbetriebs der beiden Vollbahnen viel Interessantes bieten.

An dieser Stelle sei der A.-G. Brown, Boveri & Cie., in Baden, der Erstellerin des elektrischen Teils der Anlagen, für die gütige Ueberlassung einiger Clichés (Abb. 1, 2, 3, 10, 11, 12, 13, 14) der beste Dank ausgesprochen.

