

Objektyp: **Singlepage**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band(Jahr): **59/60(1912)**

Heft 11

Erstellt am: **09.07.2014**

#### **Nutzungsbedingungen**

Mit dem Zugriff auf den vorliegenden Inhalt gelten die Nutzungsbedingungen als akzeptiert. Die angebotenen Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre, Forschung und für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrücke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und unter deren Einhaltung weitergegeben werden. Die Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern ist nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung möglich. Die Rechte für diese und andere Nutzungsarten der Inhalte liegen beim Herausgeber bzw. beim Verlag.

INHALT: Die Berninabahn. — Der Kraftbedarf der Gotthardbahn mit Rücksicht auf die Neuanlagen für deren elektrischen Betrieb. — Neuere Zürcher Giebelhäuser. — Die neuen elektrischen Lokomotiven der Berner Alpenbahn. — Bundesrat L. Perrier. — Miscellanea: Schweiz, Bundesbahnen und Schweiz, Wasserkräfte. Bebauungsplan für Karlsruhe. Erweiterung der Kraftreservenanlagen der Stadt Zürich. Standesfragen und Berufsmoral. Die Evertalsperre bei Hemfurth, Kraftgas-Generatoren zur Vergasung von Koksgrus, Anthrazitgrus und Rauchkammerlösch. Grösse der Schau-

fenster. Hauenstein-Basistunnel. Schweiz, Verband für die Materialprüfungen der Technik. Zur Frage der Gebirgs- und Gesteinsfestigkeit. — Konkurrenzen: Naturgeschichtliches Museum in der Rue Sturm in Genf. — Literatur: Beiträge zur Theorie und Berechnung der im Eisenbetonbau üblichen elastischen Bogen, Bogenstellungen und mehrstieligen Rahmen. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. G. e. P.: Stellenvermittlung. Tafeln 36 bis 39: Das „Schlössli“ am Zürichberg.

Band 59.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und unter genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 11.



Abb. 31. Bahnkörper in der verbreiterten Strasse am Poschiavo-See.

**Die Berninabahn.**

Von E. Bosshard, Ingenieur

der A.-G. Alb. Buss & Cie., Bauunternehmung in Basel.

(Fortsetzung von Seite 102.)

**III. Normalien.**

Die Ausführung der Berninabahn erfolgte auf Grund folgender Annahmen und Normalien:

Die *Maximalsteigung* ist zu 70‰ festgelegt worden. Die vorhandene Terraininformation bedingte, dass von dieser Maximalsteigung reichlich Gebrauch gemacht werden musste. Die längste 70‰-Rampe ist vorhanden zwischen dem Hospiz und Poschiavo und erreicht, abgesehen von den in den Haltestellen reduzierten Gefällen und der kurzen 15‰-Strecke bei Cavaglia, die ansehnliche Länge von rund 18,3 km. Das gesamte Längenprofil weist folgende Steigungsverhältnisse auf:

0 bis 15‰	= 19 949,50 m	= 32,9‰
15 „ 50‰	= 12 569,20 m	= 20,7‰
50 „ 70‰	= 28 162,20 m	= 46,4‰

Ganze Bahnlänge = 60 680,90 m = 100‰

Fast die Hälfte der ganzen Bahnlänge liegt also in der grossen Neigung von 50 bis 70‰.

Bei der Ausführung wurde im allgemeinen 50 m als *Minimalradius* eingehalten und nur an jenen Stellen, wo dies gar zu grosse Mehrkosten verursacht hätte, darunter gegangen. So kommt der zulässige *Minimalradius* von 40 m nur an einer Stelle (am Puschlavertsee) vor; Radien von 45 m sind an sechs Stellen vorhanden.

Die bisherigen Erfahrungen im Betriebe der Berninabahn zeigen, dass auch die Radien von 50 m den Betrieb noch sehr ungünstig beeinflussen und dass bei ähnlichen Bahnprojekten besser nicht unter 60 m Minimalradius gegangen wird.

Sämtliche Kurven bis und mit 200 m Radius haben *Uebergangskurven* erhalten. Für diese Uebergänge zwischen der Geraden und den Kurven wurden folgende Regeln aufgestellt:

Die Uebergangskurven sind kubische Parabeln mit konstanter Länge von 20 m für Strecken in 0 bis 50‰ Gefälle und von 15 m für Strecken in 50 bis 70‰ Gefälle (Abbildung 28, Seite 144).

Die Uebergangsbögen zweier Gegenkurven können sich in ihren Anfangspunkten berühren; die minimale Länge der Zwischengeraden zwischen den theoretischen Bogenanfängen zweier Gegenkurven ist daher gleich der Länge der Uebergangskurve.

Die *Ueberhöhungsrampen* fallen zusammen mit den Uebergangskurven, d. h. die Schienenüberhöhung beginnt mit 0 am Anfang A der Uebergangskurve und wächst gleichmässig bis zum vollen Betrage bis zum Ende B der Uebergangskurve. Die innere Schiene bleibt beständig in ihrer normalen Lage, die Schienenüberhöhung wird ausschliesslich durch Heben der äusseren Schiene herbeigeführt.

Die *Spurerweiterung* beginnt mit 0 am theoretischen Bogenanfang, also im Punkte D der Uebergangskurve und erreicht ihren vollen Betrag im Endpunkte B der Uebergangskurve; der Uebergang von der nor-

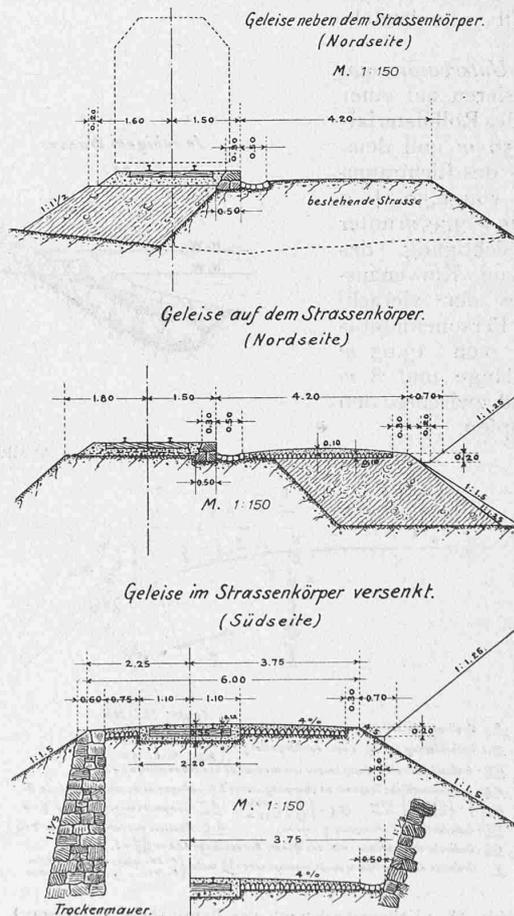


Abb. 30. Normalien für Geleise in und neben der Strasse.

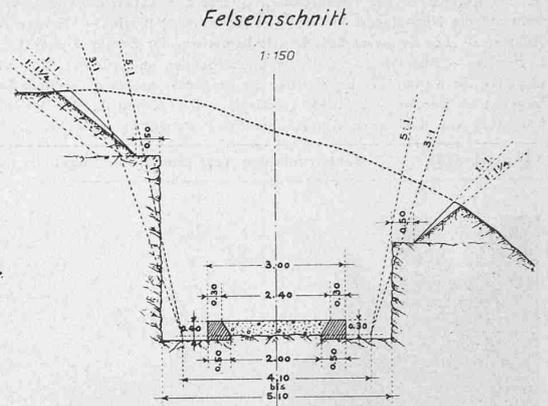
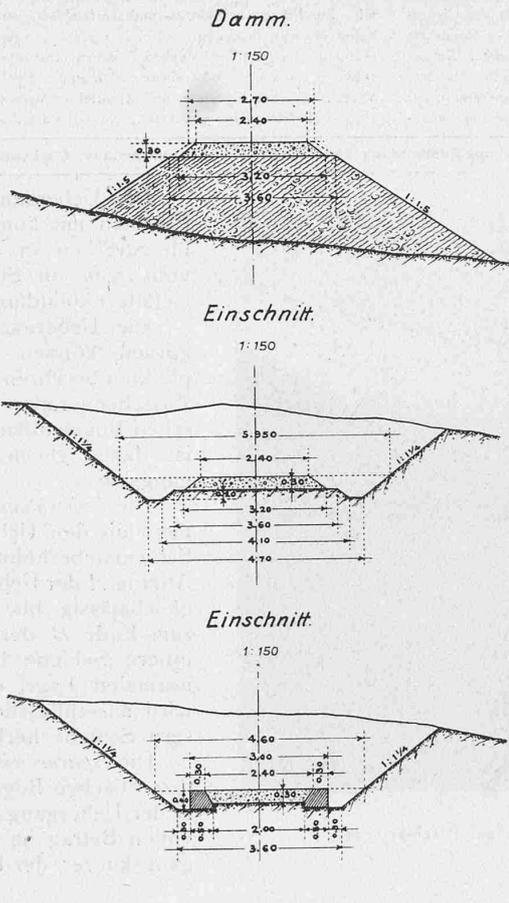
malen Spurweite in der Geraden zur erweiterten Spur in der Kurve findet also immer in der zweiten Hälfte der Uebergangskurve statt. Die äussere Schiene bleibt beständig in der normalen Lage, die Spurerweiterung wird ausschliesslich durch Auswärtsverschiebung der innern Schiene erreicht.

In Bezug auf die Tunnel:

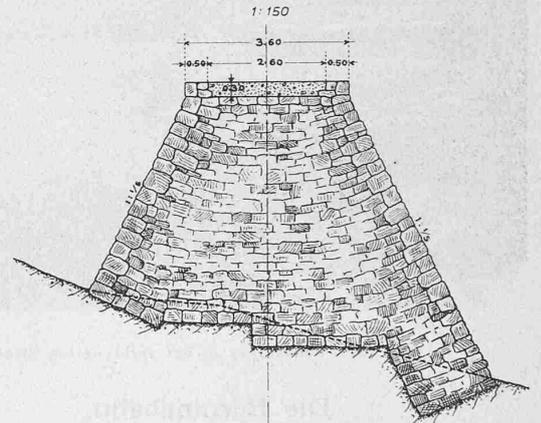
Beim Uebergang von der Geraden in die Kurve findet die Erweiterung des Tunnels immer in der ersten Hälfte der Uebergangskurve statt, sodass je-  
weilen am theoretischen Bogenanfang schon das voll erweiterte Kurven-Tunnelprofil vorhanden ist.

Bei teilweise gebogenen und teilweise geraden Tunneln ist für gerade Stücke von weniger als 20 m Länge das der anschliessenden Kurve entsprechende erweiterte Tunnelprofil durchzuführen.

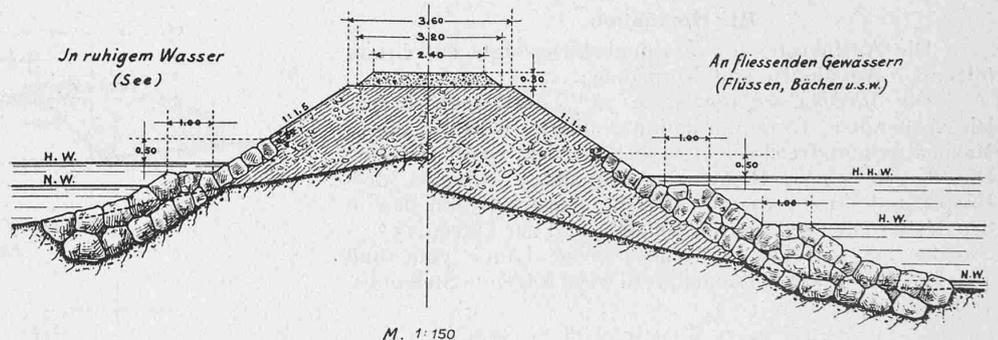
Die *Unterbaumnorma-  
lien* basieren auf einer Breite des Rollmaterials von 2,50 m und demgemäss des Lichtraumprofils von 2,50 + 2 × 0,425 = 3,35 m unter Berücksichtigung des jeweiligen Kurvenaus-  
schlages der vierachsigen Personenmotorwagen von 13,05 m Kastenlänge und 8 m Abstand zwischen den Drehzapfen.



Vollgeschichteter Steindamm  
aus bindendem Steinmaterial.

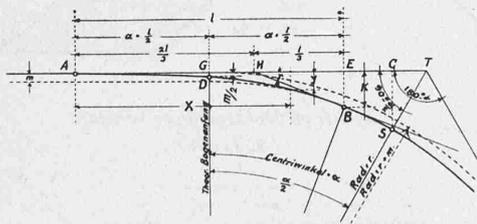


Dammfuss-Sicherung  
Steinwurf mit Trockenpflaster.



M. 1:150

Abbildung 29. Damm- und Einschnitts-Normalien.

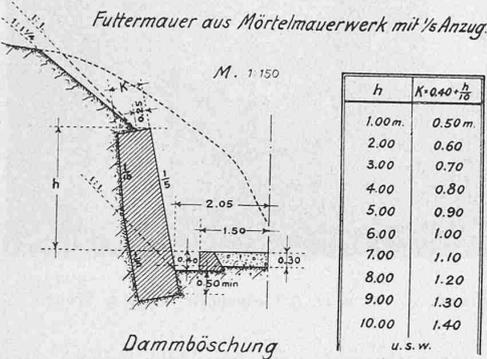
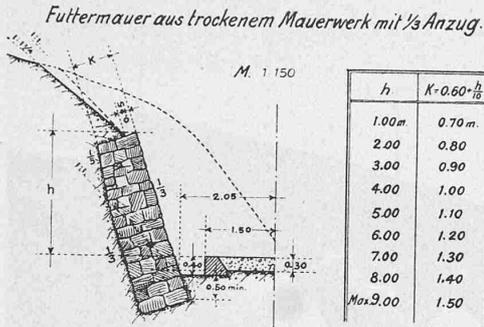


*K.*: Ordinate der Uebergangskurve am Endpunkte  $\frac{l^2}{6r}$  ( $\frac{66,667}{27,500}$  für  $l=20$  m,  
 $\frac{15,667}{3,375}$  für  $l=15$  m.)  
*m.*: Verschiebung der Curve oder der Tangente  $\frac{l^3}{24r}$  ( $\frac{15,667}{24}$  für  $l=20$  m.,  
 $\frac{3,375}{24}$  für  $l=15$  m.)  
*G.D.*: Ordinate der Uebergangskurve am theoretischen Bogenanfang  $\frac{l^2}{6r}$   
*H.B.*: Gemeinschafliche Tangente an Uebergangskurve & Kreisbogen im Berührungspunkte B.  
*H.E.*:  $\frac{l}{2} \cdot \left\{ 5,67 \frac{m}{l} \cdot \frac{l}{20} \text{ m.} \right\} \cdot \frac{l}{24}$  für  $l=20$  m.,  $\frac{l}{24}$  für  $l=15$  m.; *A.T.*: Tangententlänge  $(r+m) \cdot \frac{l}{24} + a$   
*T.S.*: Scheitelabstand  $(r-m) \cdot \left( \sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right) + m$ ; *A.C.*: Abscisse des Scheitels  $r \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + a$   
*C.S.*: Ordinate des Scheitels  $r \cdot (1 - \cos \frac{\alpha}{2}) + m$ ; Kurvenlänge  $ASA = \frac{l}{180} \cdot \alpha + l$   
*y.*: Ordinate einzelner Punkte der Uebergangskurve  $\frac{l^2}{6r}$  wobei  $(P-20, \text{ also } y = \frac{15,667}{180} \cdot \frac{P^2}{100} + l$  für  $l=20$  m.,  
 $(P-15, \text{ also } y = \frac{3,375}{180} \cdot \frac{P^2}{100} + l$  für  $l=15$  m.)

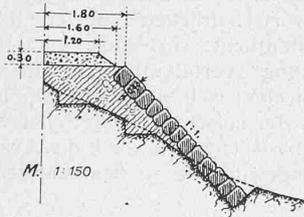
Abb. 28. Uebergangskurven der Berninabahn (Meterspur).  
Bei der Berechnung von HE und  $l \cdot \frac{l}{24}$  ist die zur Sehne  $l$  gehörige Pfeilhöhe des Kreisbogens gegenüber dem Radius  $r$  vernachlässigt.

Die Kronenbreite des 0,30 m hohen Schotterbettes beträgt 2,40 m, die Breite des Bahnplanums 3,60 m. In grössern Einschnitten wurde versucht, die Einschnittsmassen durch Anbringung von Bankettmüerchen zu reduzieren, indem sich dadurch die Einschnittsbreite auf Schwellenhöhe von 5,95 m auf 4,60 m vermindern liess. Die Breite der Felseinschnitte ist je nach Gestein und Höhe 4,10 bis 5,10 m (Abbildung, 29).

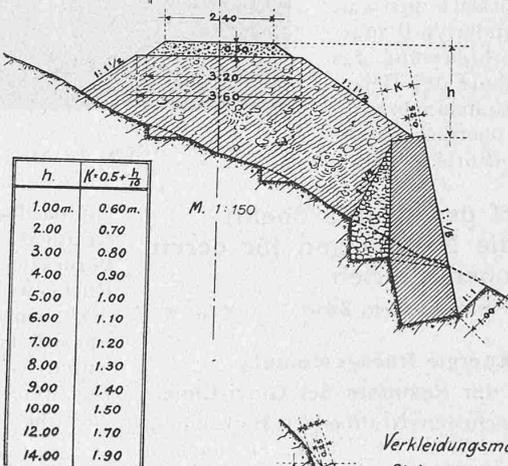
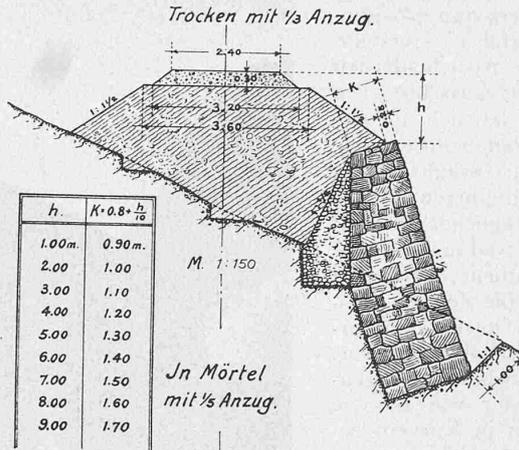
Bankettmüerchen in Trockenmauerwerk kamen ferner zur Verwendung beim Strassenprofil der Nordseite zur seitlichen Abgrenzung des um 0,05 bis 0,50 m erhöhten Bahnkörpers von der Strasse. Diese Erhöhung des Bahnkörpers über die Strasse wurde vorgesehen, um die Nivellette der Bahn von dem stark wechselnden Längenprofil der Strasse unabhängig zu machen und überdies die Schneeräumung zu erleichtern. Auf der Südseite von Poschiavo abwärts, wo Strassenbenützung durch die Bahn streckenweise vorkommt, liegt der Schnee nicht lange und gewöhnlich nur in unbedeutender Menge, sodass hier von einer Er-



*Dammböschung mit Trockenpflaster*



*Stützmauern mit Überschüttung*

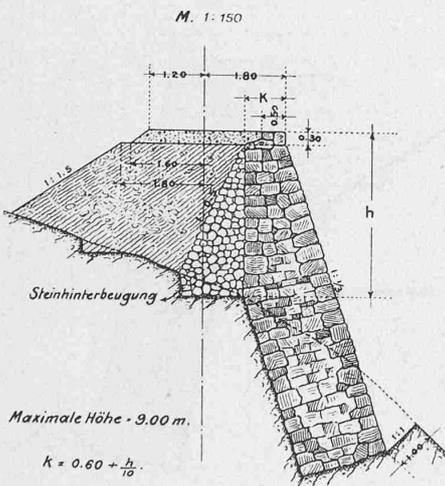


wagens von rund 31,3 t und der Länge von 13,95 m zwischen den Puffern entsprechend, einem Achsdruck von 7,85 t bzw. einer gleichmässig verteilten Belastung von 2,25 t pro lfd. m zu genügen. Eiserne Brücken kamen speziell da zur Verwendung, wo die Konstruktionshöhe für eine Steinkonstruktion fehlte.

An Brücken und Viadukten von über 10 m Länge sind 21 Stück vorhanden, wovon 17 in Stein und vier in Eisen (Abbildung 35, 36).

Beton kam für die Brückenbauten nur ganz ausnahmsweise zur Verwendung, die hohen Anschaffungs- und Transportpreise von Sand und Zement machten ihn zu teuer. Das Pfeilermauerwerk der steinernen Brük-

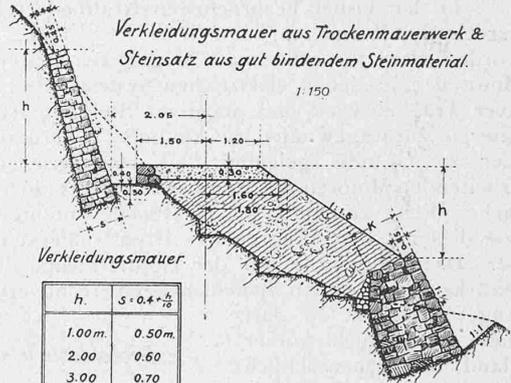
*Stützmauer mit 1/3 Anzug trocken*



**Die Berninabahn.**

Abbildung 32. Normalien für Stütz- und Futtermauern in Mörtel- und in Trockenmauerwerk; Böschungs-Verkleidungen.

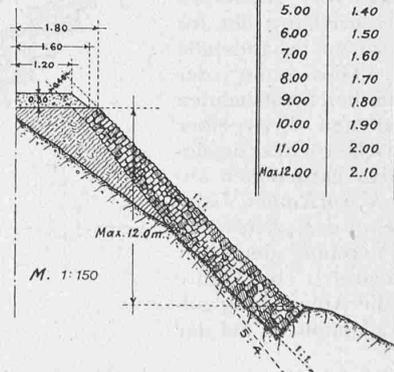
Masstab 1 : 150.



*Steinsatz.*

h	$K = 0.9 + \frac{h}{10}$
1.00m	1.00m
2.00	1.10
3.00	1.20
4.00	1.30
5.00	1.40
6.00	1.50
7.00	1.60
8.00	1.70
9.00	1.80
10.00	1.90
11.00	2.00
Max 12.00	2.10

*Dammböschung mit Rollirung.*



höhung des Bahnkörpers Umgang genommen und das Geleise in den Strassenkörper versenkt wurde. Dadurch konnte die totale Breite von Bahn- und Strassenkörper, ohne Seitengraben, von 7,50 m der Nordseite auf 6, bzw. 6,50 m der Südseite reduziert werden (Abb. 30 u. 31, S. 143).

Das Stütz- und Futtermauerwerk wurde, wo irgendwie angängig und wo passendes Steinmaterial in der Nähe vorhanden, nach den kräftigen Normalien in Trockenmauerwerk ausgeführt, um die in jener Gegend überaus kostbaren Baumaterialien, Bindemittel und Sand, nach Möglichkeit zu sparen (Abbildungen 32 bis 34, S. 146).

Die steinernen und eisernen Brücken und Viadukte haben, dem Gewicht eines voll besetzten Personenmotor-

ken wurde in Schichtenmauerwerk in hydraul. Mörtel 1:3, das Gewölbemauerwerk in Spitzsteinmauerwerk und grösstenteils in Portlandzementmörtel 1:3 erstellt. Als Steinmaterial für die Ansichtsflächen der Kunstbauten kam fast ausschliesslich Granit zur Verwendung, der sich an verschiedenen Stellen, bei Montebello Km. 13, beim Berninahospiz Km. 24, Cavaglia Km. 33 und Brusio Km. 55 in Findlingen in der Nähe des Tracé in vorzüglicher Qualität vorfand. Dieses Steinmaterial musste aber grösstenteils auf beträchtliche Distanzen zugeführt werden, sodass die Zeit der Ausführung der verschiedenen Objekte vom Vorrücken des Oberbaues stark abhängig war.

Als Minimalabstand zwischen Wagenkasten und Viaduktgeländer war 0,60 m festgesetzt. Auf Viadukten in Kurven, wo der Wagenausschlag zu berücksichtigen war, wurde mit Vorteil der Geländertyp II angewendet, da hierbei die Verbreiterung des Mauerwerkes mit der Zunahme des Geländereabstandes nicht Schritt zu halten braucht (Abb. 37); er erwies sich überdies solider als Typ I. (Forts. folgt.)

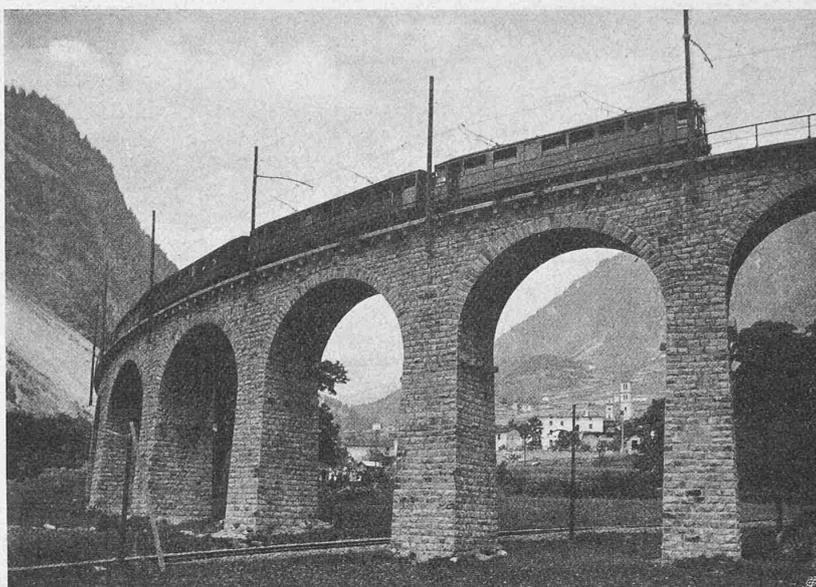


Abb. 36. Viadukt der Kehre bei Brusio,  $R = 70\text{ m}$ , 9 Öffnungen zu 10 m Weite.

### Der Kraftbedarf der Gotthardbahn mit Rücksicht auf die Neuanlagen für deren elektrischen Betrieb.

Von Dr. W. Kummer, Ingenieur, Zürich.

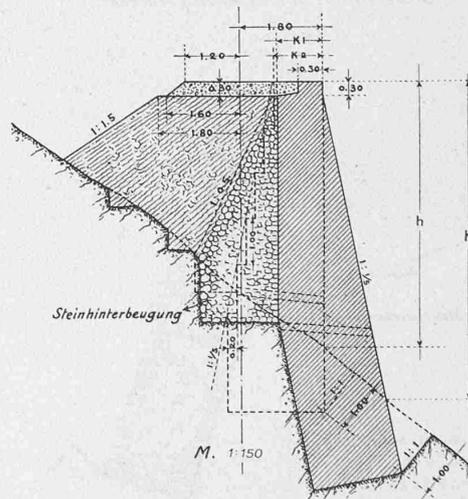
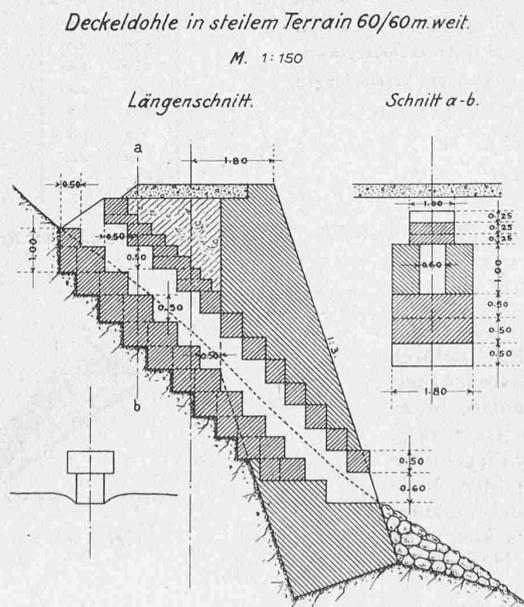
#### Die Frage der Energie-Rückgewinnung unter Berücksichtigung der Resultate der Giovi-Linie.

In der bisher besprochenen Kraftbedarfs-Berechnung der Gotthardbahn ist keine Rücksicht darauf genommen worden, dass theoretisch die Möglichkeit besteht, mit den Motoren eines jeden elektrischen Systems die infolge negativer Trägheitskraft und negativer Steigung frei werdende Energie zurückzugewinnen zu können. Allerdings sind die hier zu Grunde gelegten und mit Serie-Charakteristik arbeitenden Motoren des Einphasensystems nicht in so einfacher Weise zur Funktion der Rückgewinnung zu bringen, wie dies mit den Motoren des Drehstromsystems der Fall ist. Da aber gerade auf der Gotthardbahn die eventuell zurückzugewinnenden Arbeitsmengen recht erhebliche Beträge erreichen, so darf diese Frage nicht kurzer Hand als nebensächlich behandelt werden. Auch findet sich in der technischen Literatur schon eine auf Grund der Berücksichtigung der Energie-Rückgewinnung durchgeführte Kraftbedarfs-Berechnung für die Gotthardbahn vor. Anlässlich der Beschreibung des für die noch zu behandelnde sogen. „Giovi-Linie“ der italienischen Staatsbahnen geschaffenen Typs einer elektrischen Güterzugslokomotive hat nämlich Direktor K. von Kando, Vado-Ligure, in der „Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure“<sup>1)</sup> im Jahre 1909 die Anwendung solcher Lokomotiven auf der

Gotthardbahn vorgeschlagen und bei dem Anlass eine Kraftbedarfsberechnung für die Gotthardbahn mit besonderer Berücksichtigung der wirtschaftlichen Tragweite der Energie-Rückgewinnung veröffentlicht. In einem kurz nachher in der „Schweiz. Bauzeitung“ veröffentlichten Aufsatz „Ueber Speziallokomotiven für elektrisch betriebene Alpenbahnen“<sup>2)</sup> hatten wir sowohl an der maschinentechnischen Seite jener Beschreibung etwas anzusetzen, als auch die Ausführungen über die Energie-Rückgewinnung zu beanstanden, obwohl

<sup>2)</sup> Band LIV, Seite 300.

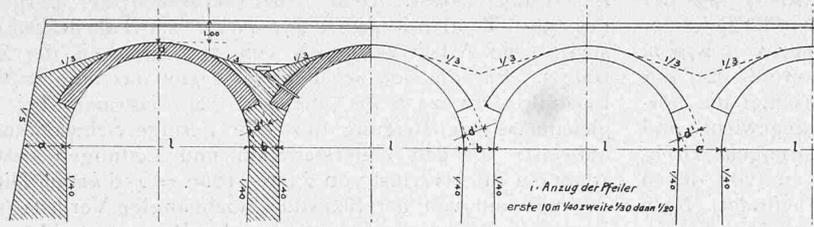
Stützmauer senkrecht & mit  $\frac{1}{5}$  Anzug in Mörtel.



Höhe h in m	Kranenbreiten in m	
	K <sub>1</sub> , bei $\frac{1}{5}$ Anzug	K <sub>2</sub> , senkrecht
1.00	0.60	0.70
2.00	0.60	0.70
3.00	0.75	0.90
4.00	0.85	1.00
5.00	1.00	1.20
6.00	1.15	1.30
7.00	1.25	1.45
8.00	1.40	1.60
9.00	1.50	1.70
10.00	1.65	1.80
12.00	1.90	2.10
14.00	2.15	2.30

<sup>1)</sup> Z. d. V. d. J. 1909, S. 1249 ff.

Abb. 33 u. 34. Berninabahn-Normalien. — 1:150.



Dimensionen.

Spannweite	l	8	10	12	15	20	25	m.
Schlussstein	d	0.55	0.65	0.70	0.75	0.85	0.95	m.
Kämpfer	d'	0.85	0.95	1.05	1.15	1.30	1.45	m.
Standpfeilerstärke	b	1.30	1.45	1.60	1.95	2.60	3.50	m.
Gruppenpfeilerstärke	c	1.30	2.05	2.25	2.65	3.35	4.30	m.
Widerlagerstärke	a	1.85	2.05	2.70	3.45	4.15	5.25	m.

Die Dimensionen der Widerlager gelten nur solange als das Widerlager nicht höher wird als die angegebene Stärke a. Wird es höher, so ist es um 0.15 m. für jeden Meter Meterhöhe zu verstärken.  
Die Pfeilerstärke b ist um 0.2 m. zu vergrößern, wenn der Pfeiler höher als 5.0 m ist. In den Kurven gilt die Pfeilerstärke b für die innere Seite.

Abb. 35. Viadukt-Normalien (Gewölbe und Pfeiler) der Berninabahn.

wir auf die letztere Angelegenheit, als nicht zum Thema gehörig, damals nicht weiter eintreten konnten. Heute möchten wir uns jedoch mit dieser Angelegenheit eingehender befassen.

Unter Zugrundelegung eines Tagesverkehrs von 4,91 Millionen tkm Anhängengewicht, bezw. von 5,975 Millionen tkm Gesamtzugsgewicht<sup>1)</sup>, der mittels Drehstrom-Lokomotiven für 60 km/Std und für 45 km/Std — erstere für Schnell- und Expresszüge, letztere für Omnibus- und Güterzüge —

<sup>1)</sup> Es muss bemerkt werden, dass zufolge viel zu gering bemessener Lokomotivgewichte der Unterschied der tkm des Anhängengewichts und des Gesamtzugsgewichts nicht der von Kando angegebene sein kann. Für die Giovi-Linie, die mit den von Kando für die Gotthardbahn vorgeschlagenen Lokomotiven betrieben wird, beträgt das Verhältnis der tkm des Gesamtzugsgewichts zu den tkm des Anhängengewichts im praktischen Betrieb nämlich nicht 1,2 sondern 1,45 und mehr.

gewinnung, und von 13400 kw, wenn mit Rückgewinnung gerechnet wird. Stellen wir nun für die Gesamtzugsgewichte die Vergleichsziffern „Wattstunden pro Tonnenkilometer“ sowohl für die soeben erörterte Berechnung Kummer, wie auch für jene von Kando zusammen, so ergibt sich folgendes Bild:

Vergleich berechneter Verhältnisse Wattstd/tkm am Fahrdrabt für die Gotthardbahn.

Berechnung Kando, ohne Rückgewinnung	31,
desgl. mit Rückgewinnung	22,
Berechnung Kummer, Maximal-Verkehr	} ohne Rück-
desgl. Durchschnitts- „	
	46,
	47.

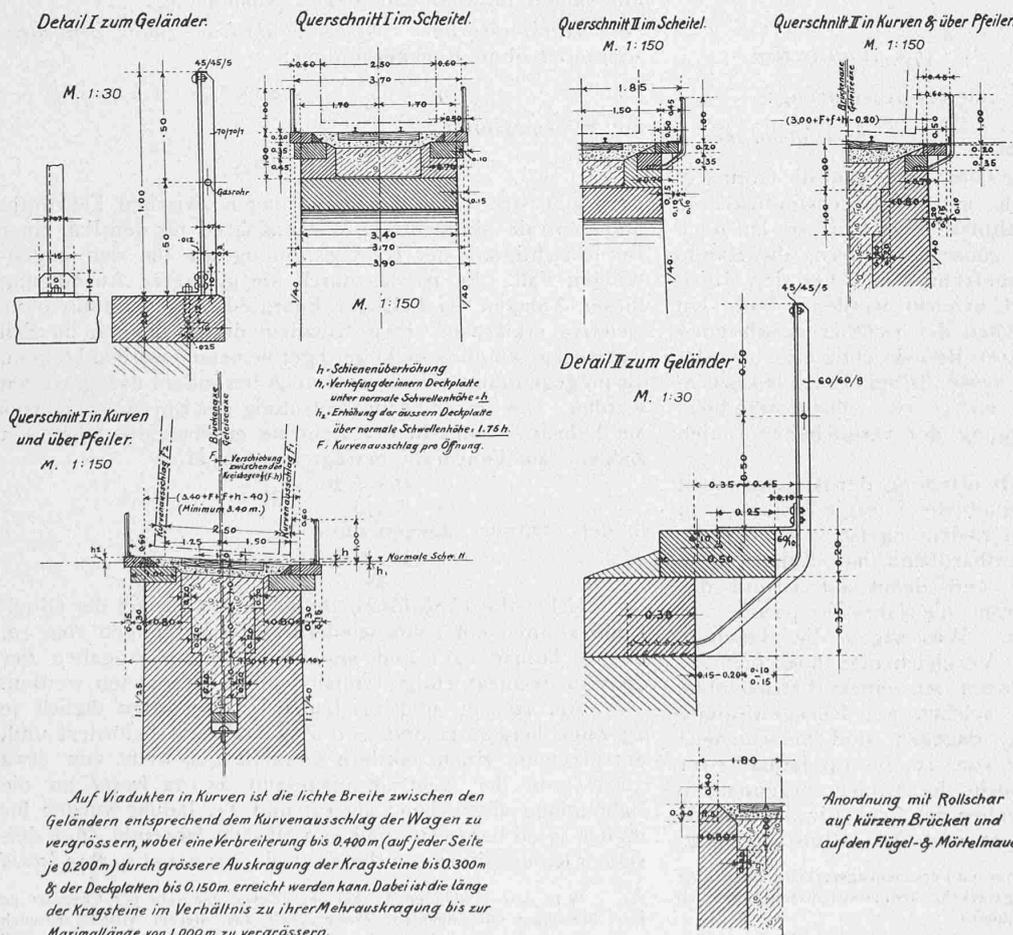
Der grosse Unterschied in den Rechnungsergebnissen bei Nichtberücksichtigung der Rückgewinnung rührt her

einmal von den etwas andern Projektgrundlagen, sodann von anderer Auffassung über die Widerstands-Konstanten und endlich von dem Umstande, dass Kando mit höheren Wirkungsgraden der Triebfahrzeuge gerechnet hat.

Für die Beurteilung dieser Kraftbedarfs-Berechnungen liefern nun die soeben in der „Revue générale des Chemins de fer“<sup>1)</sup> und in der „Rivista tecnica delle ferrovie italiane“<sup>2)</sup> veröffentlichten Ergebnisse von Messungen auf der elektrisch betriebenen Giovi-Linie ein wertvolles Zahlenmaterial, insbesondere mit Rücksicht darauf, dass die Giovi-Linie, wie kaum eine zweite Hauptbahnlinie geeignet ist, eine abklärende Erfahrung über die Angelegenheit der Energie-Rückgewinnung

<sup>1)</sup> 35<sup>e</sup> année, 1<sup>er</sup> semestre No. 2, février 1912, page 105, Pietro Verole, Note sur l'électrification de la ligne des Giovi.

<sup>2)</sup> Anno I. Vol I, No. 2, febbraio 1912, pag. 106, Alfredo Donati, Prove e risultati di esercizio a trazione elettrica ai Giovi ed al Lötschberg.



Auf Viadukten in Kurven ist die lichte Breite zwischen den Geländern entsprechend dem Kurvenauschlag der Wagen zu vergrößern, wobei eine Verbreiterung bis 0.400 m (auf jeder Seite je 0.200 m) durch grössere Auskragung der Kragsteine bis 0.300 m & der Deckplatten bis 0.150 m erreicht werden kann. Dabei ist die Länge der Kragsteine im Verhältnis zu ihrer Mehrauskragung bis zur Maximallänge von 1.000 m zu vergrößern.

Abb. 37. Viadukt-Normalien (Querschnitt und Geländer) der Berninabahn.

zu bringen. Die Teilstrecke Pontedecimo-Busalla, auf der die betreffenden Messungen erfolgten, überwindet bei einer Tracelänge von 10,4 km eine Höhendifferenz von 270 m bei verhältnismässig gleichförmigem Längenprofil. Bei der Bergfahrt (Richtung Pontedecimo-Busalla) arbeitet die normale Zugkomposition von 380 t Anhängengewicht und 120 t Lokomotivgewicht mit fast gleichförmigem Drehmoment an den Motorwellen der Lokomotiven (von denen sich je eine vorn und eine hinten am Zug befindet). Nach den in der „Rev. gén. des Ch. de fer“ veröffentlichten Einzelmessungen erfordert für den 500 t-Zug die Bergfahrt von Pontedecimo nach Busalla ohne Zwischenhalt eine Energieaufnahme am Stromabnehmer von 1880 durchschnittlichen kw während 900 sek, d. h. 470 kwstd. Andererseits müssen für die Talfahrt desselben Zuges (nur die Lokomotiven beide nach vorne gestellt) dem Fahrdrabt für die Anfahrt in Busalla 23,5 kwstd entnommen werden; im übrigen kann dann der Zug durch die eigene Schwerkraft entweder ohne Benützung der Rückgewinnung, also bei abgenommenem Stromabnehmer, oder bei Benützung der Rückgewinnung, wobei auf der Fahrt ohne Zwischenhalt<sup>1)</sup> 188,5 kwstd an den Stromabnehmer zurückgegeben werden können, nach der Endstation Pontedecimo gelangen. Von den zurückgewonnenen 188,5 kwstd können von einem genau entgegengesetzt bergfahrenden Zuge im Maximum soviel aufgenommen werden, als nicht durch den Energieverlust in der Fahrdrabt- und Schienenrückleitung bei einer mittleren Zugsdistanz von rund 5 km verbraucht werden. Unter Berücksichtigung der Belastungsverhältnisse, der Konstanten der Fahrdrabt- und Schienenrückleitung und der allgemeinen Betriebsdisposition berechnen wir diesen Energieverlust auf 5,5 kwstd. Demgemäss ergeben sich die selbstverständlich für Hin- und Herfahrt zu berechnenden Vergleichsziffern „Wattstunden pro Tonnenkilometer am Fahrdrabt“ der Giovi-Linie folgenderweise:

Ohne Rückgewinnung:

$$1000 \times \frac{470 + 23,5}{2 \times 500 \times 10,4} = \sim 47,5 \text{ Wattstd}/\text{tkm}$$

Mit Rückgewinnung bei idealer Ausnützung:

$$1000 \times \frac{470 + 23,5 - 188,5 + 5,5}{2 \times 500 \times 10,4} = \sim 30 \text{ Wattstd}/\text{tkm}$$

Wenn nun auch für die Giovi-Linie und die Gotthard-Linie nicht übereinstimmende mittlere Geschwindigkeiten, Steigungen und Anfahrverhältnisse bestehen, so ist doch bemerkenswert, dass die so günstigen Ziffern, die Kando für die Gotthardbahn herausgerechnet hat, bei der Giovi-Linie auch nicht annähernd erreicht werden. Dass ein Unterschied der Ziffern zwischen der Nichtberücksichtigung der Rückgewinnung und ihrer Berücksichtigung bei der Giovi-Linie grösser ausfallen muss als bei der Linie Luzern-Chiasso (etwa 37% gegen 29%) ist selbstverständlich, wenn man die mittlere Steigung der verglichenen Linien in Betracht zieht.

Die für die praktische Beurteilung der Angelegenheit wichtigste Frage ist nun die, ob die Energie-Ersparnis in der Zentrale<sup>2)</sup> von derselben Bedeutung ist, wie diejenige am Fahrdrabt. Für die Gotthardbahn hat Kando diese Frage ohne weiteres bejaht und damit auf Grund des Energiepreises in der Zentrale die Jahres-Ersparnis von 550 000 Fr. herausgerechnet. Was sagen die Resultate an der Giovi-Linie hierzu? Vergleichende, über mehrere Monate durchgeführte Messungen mit einem Betrieb ohne Rückgewinnung und einem solchen mit Rückgewinnung stehen nicht zur Verfügung, dagegen sind verschiedene Messungen, insbesondere die vom 10. bis 14. Januar 1911 durchgeführten Abnahmeversuche der Anlage vorgenommen worden, die zum Teil den Angaben der Artikel in der „Revue générale des Chemins de fer“ und der „Rivista tecnica“

<sup>1)</sup> Die im normalen Betrieb nur im Personenzugsverkehr, nicht aber in dem viel bedeutenderen Güterzugsverkehr bedienten Zwischenstationen sind «Montanesi» und «Piano orizzontale».

<sup>2)</sup> Die Zentrale Chiapella der Giovi-Linie, ein Dampfkraftwerk, befindet sich zunächst des Hafens von Genua, etwa 10 km südlich von Pontedecimo, bzw. 20 km südlich von Busalla.

zu Grunde liegen. Dem Arbeitsverbrauch der Bergfahrt des 500 Tonnen-Zugs = 470 kwstd am Fahrdrabt, entspricht ein Arbeitsverbrauch von 584 kwstd in der Zentrale<sup>1)</sup>. Für die 900 sek Fahrzeit ergibt das eine mittlere Leistung von 2336 kw, die laut Fahrdrabtogramm bei der gleichmässigen Steigung nur sehr geringe Schwankungen aufweist. In den Unterstationen und Leitungen besteht somit ein Effektverlust von 2336—1880 = 456 kw im Mittel, der teils auf von der Belastung unabhängige Verluste (sog. Leerlaufverluste), teils auf von der Belastung abhängige Verluste (sog. Kupferverluste) zurückzuführen ist; die von der Belastung unabhängigen Verluste, die insbesondere in der Leerlaufarbeit der Unterstationen bestehen, belaufen sich auf 195 kw, wie anlässlich einer besondern Messung festgestellt wurde. Mittels dieser Zahlen lässt sich nun berechnen, dass dem Arbeitsverbrauch von 23,5 kwstd am Fahrdrabt für die Anfahrt in Busalla eines talwärts fahrenden Zuges von 500 t ein Arbeitsverbrauch von 30,4 kwstd in der Zentrale entspricht. Damit lässt sich die Ziffer „Wattstunden pro Tonnenkilometer“ in der Zentrale für einen Betrieb ohne Rückgewinnung und unter der Voraussetzung eines so dichten Verkehrs, dass die Leerlaufverluste der Unterstationen und Leitungen während der Talfahrt bei niedergelegtem Stromabnehmer ausser Betracht fallen, leicht ermitteln. Wir finden diesbezüglich

$$1000 \times \frac{584 + 30,4}{2 \times 500 \times 10,4} = \sim 59 \text{ Wattstd}/\text{tkm}$$

Für die Rückgewinnung mit idealer Ausnützung lässt sich, analog wie früher auf den Fahrdrabt, nunmehr bezogen auf die Zentrale, die Vergleichsziffer aufstellen:

$$1000 \times \frac{584 + 30,4 + 5,5 - 188,5}{2 \times 500 \times 10,4} = \sim 41,5 \text{ Wattstd}/\text{tkm}$$

Die Wirkungsgrade zwischen Fahrdrabt und Zentralschaltbrett lassen sich nun sowohl für Nichtberücksichtigung als auch für Berücksichtigung der Rückgewinnung bestimmen und lauten für den Fall idealer Ausnützung:

Wirkungsgrade zwischen Fahrdrabt und Zentralschaltbrett ohne Rückgewinnung:

$$\eta = \frac{47,5}{59} = \sim 80,5 \%$$

mit Rückgewinnung:

$$\eta = \frac{30}{41,5} = \sim 72,5 \%$$

Es ergibt sich somit für die Anlagen zwischen Fahrdrabt und Zentrale ein kleinerer Wirkungsgrad für den Fall einer Berücksichtigung der Rückgewinnung als für den gegenteiligen Fall. Es ist das durch die geringere Ausnützung dieser Anlagen im Fall der Energie-Rückgewinnung ohne weiteres erklärlich. Dass trotzdem diese Anlagen im Fall der Rückgewinnung nicht geringer bemessen werden können, als im gegenteiligen Fall, wird noch besonders nachgewiesen werden. Die verschiedene Bedeutung der Energie-Ersparnis am Fahrdrabt und in der Zentrale ergeben die folgenden Zahlen; am Fahrdrabt beträgt die Ersparnis

$$\frac{47,5 - 30}{47,5} = 37 \%$$

in der Zentrale dagegen nur

$$\frac{59 - 41,5}{59} = 30 \%$$

Ueber die Verhältnisse im wirklichen Betrieb der Giovi-Linie können einerseits wiederum den Messungen vom 10. bis 14. Januar 1911 und andererseits weitem Angaben der „Rivista tecnica“ einige Anhaltspunkte entnommen werden.

Am 10., 11. und 12. Januar 1911 wurden täglich je 13 Züge bergwärts und je 6 Züge talwärts befördert und, entsprechend einem mittlern Gesamtzugsgewicht von etwa 500 t, von der Zentrale insgesamt 25 192 kwstd an die Bahnanlage abgegeben; am 13. und 14. Januar wurden für täglich je 20 bergwärts und je 9 talwärts fahrende Züge derselben Komposition von der Zentrale insgesamt 24 845 kwstd

<sup>1)</sup> In dem erwähnten Artikel der «Revue générale des Chemins de fer» berechnet Oberingenieur Pietro Verole aus diesem Arbeitsverbrauch und aus der virtuellen (!) Streckenlänge der Bergfahrt eine Ziffer von 14,8 Wattstunden pro Tonnenkilometer. Auch Alfredo Donati rechnet in der «Rivista tecnica» mit solchen Ziffern.

in die Bahnanlage geliefert. Die grosse Verschiedenheit in der Zahl bergfahrender und talfahrender Züge ist darin begründet, dass die bergfahrenden Züge den Kohlentransport aus dem Hafen von Genua nach der Lombardei vermitteln, während die talfahrenden Züge aus den zurückkehrenden leeren Kohlentransportwagen gebildet werden; für eine pro Tag ungefähr gleiche Wagenzahl in beiden Fahrrichtungen ergeben sich dann für eine bestimmte Gewichtsnorm der Züge wesentlich höhere Zugszahlen für die Fahrrichtung bergwärts (Richtung Pontedecimo-Busalla) als umgekehrt. Für die aufgeführten Betriebsergebnisse vom 10. bis 14. Januar 1911 lassen sich nun die folgenden charakteristischen Ziffern „Wattstunden pro Tonnenkilometer“, bezogen auf die Energie am Schaltbrett der Zentrale, bilden:

Betrieb vom 10. bis 12. Januar 1911:	85 Wattstd/tkm
„ „ 13. und 14. „ 1911:	82 „
Alle fünf Tage zusammen:	84 „

Eine Beurteilung dieser Ziffern, in denen vor allem die unverhältnismässig grössere Zahl bergfahrender Züge zum Ausdruck kommt, wird ermöglicht, wenn für die betreffenden Verkehrsverhältnisse, die für alle fünf Tage zusammen 115 Züge (79 bergfahrende und 36 talfahrende) aufweisen, die Ziffern „Wattstunden pro Tonnenkilometer“ nun auch noch auf Grund der weiter oben mitgeteilten Einzelmessungen für die Zentrale berechnet werden. Rechnet man in diesem Sinne zunächst bei Nichtberücksichtigung der Rückgewinnung, so ergibt sich der Idealwert:

$$1000 \times \frac{(79 \times 584) + (36 \times 30,4)}{115 \times 500 \times 10,4} = \sim 79 \text{ Wattstd/tkm.}$$

Rechnet man anderseits unter Berücksichtigung der Rückgewinnung, so ergibt sich der Idealwert:

$$1000 \frac{(79 \times 584) + 36 \times (30,4 + 5,5 - 188,5)}{115 \times 500 \times 104} = \sim 68 \text{ Wattstd/tkm.}$$

Der höchstmögliche Nutzen, der auf Grund dieser Ziffern für die Zentrale bei der Rückgewinnung zu erwarten ist, beträgt somit  $\frac{79 - 68}{79} = \sim 14\%$ , gegenüber einem höchstmöglichen Nutzen von 30% im Falle gleicher Verkehrsmengen in beiden Fahrrichtungen. Dass die Ziffern, die aus den Betriebsmessungen vom 10. bis 14. Januar 1911 resultieren, von dem Idealwert 68 Wattstd/tkm so weit abstehen, ist nicht ohne weiteres verständlich, auch nicht anhand der Effektdiagramme, wie z. B. aus dem sich auf den 14. Januar 1911 beziehenden, das wir in Abbildung 5 wiedergeben und das der «Revue générale des Chemins de fer»

80 Wattstd/tkm bei Berücksichtigung derselben. Von besonderem Einfluss auf das Ergebnis von Betriebsmessungen dürfte der Umstand sein, dass in der Zentrale zum Schutze gegen allfällige, von der Rückgewinnung herrührende extreme Stromstösse, ein Belastungswiderstand eingebaut ist, der mitunter auch andere als nur zurückgewonnene Energie vernichtet, da er auf die Schwankungen des Dampfdruckes in den die Generatoren antreibenden Dampfturbinen reagiert, somit kein tieferes Verständnis für die elektrische Traktion bekundet. In dem stossweisen Auftreten und Charakter der rückgewonnenen Energie<sup>1)</sup> muss unter allen Umständen ein die Regelung der Kraftwerksgeneratoren überaus erschwerender Umstand erblickt werden. Bei Bahnbetrieben, für welche das Kraftwerk nahe an den Stellen der Bahnlagen liegt, wo zurückgewonnen werden kann, muss somit die rückgewonnene Energie für die Regelung im Kraftwerk besonders unangenehm empfunden werden; das ist gerade der Fall, bei dem allein grössere Energiemengen ins Kraftwerk zurückkehren. Aber gerade an diesen Stellen der Bahnlagen hat die zurückgewonnene Energie am wenigsten Wert, indem ja die zunächst bei einem Kraftwerk liegenden Versorgungsgebiete mit einem Minimum von Anlageteilen und Energieverlusten aus diesem Kraftwerk versorgt werden können, somit von vornherein schon die Energie zum günstigsten Gestehungspreise erhalten. Anderseits wird zurückgewonnene Energie an von den Kraftwerken weit entfernten Stellen kaum noch bis in diese zurückkehren; die Regelung der Kraftwerke wird alsdann nicht erschwert, die Entlastung, die die Kraftwerke durch die Rückgewinnung erfahren, ist dann aber auch von keiner Bedeutung. Messungen, die auf Veranlassung der Schweiz. Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb im Kraftwerk Spiez (Kanderwerk) im Anschluss an die Rückgewinnung auf der Burgdorf-Thun-Bahn vorgenommen wurden, haben das mit aller Evidenz bewiesen.

Anhaltspunkte über den Energieverbrauch der Giovi-Linie im wirklichen Betriebe finden sich, wie schon erwähnt, weiter auch in dem Artikel der „Rivista tecnica delle ferrovie italiane“. Der Verfasser gibt an, dass sich bei täglich etwa 100 000 bis 110 000 tkm Anhängewicht der Bergfahrt und bei täglich etwa 60 000 bis 70 000 tkm Anhängewicht der Talfahrt ein Energieverbrauch in der Zentrale von 180 bis 190 Wattstunden pro angehängten und realen Tonnenkilometer für die Bergfahrt, und ein Energieverbrauch von 8 bis 9 Wattstunden pro angehängten und realen Tonnenkilometer für die Talfahrt betriebsmässig ergebe<sup>2)</sup>, wenn ohne Rückgewinnung gearbeitet werde. Für den Fall der Rückgewinnung sei der Energieverbrauch um 14 bis 15% niedriger. Da der Energieverbrauch, auf angehängte tkm bezogen, physikalisch wertlos und für unsern Vergleich ungeeignet ist, so haben wir die soeben mitgeteilten Angaben auf tkm des Gesamtzugsgewichtes umzurechnen. Dazu finden wir in der „Rivista tecnica“ die nötigen Angaben. Der Verkehr der Bergfahrt besteht aus 13 Personenzügen und 19 Güterzügen, die grösstenteils mit zwei Lokomotiven und gelegentlich auch mit drei Lokomotiven geführt werden; für die Talfahrt werden 7 Personenzüge und 13 Güterzüge angegeben, sowie die für Lokomotiv-Leerfahrten erforderlichen Züge<sup>3)</sup>; die Anhängewichte betragen 220 t für die Personenzüge und 370 t für die Güterzüge. Auf Grund dieser Angaben finden wir ein Verhältnis des Gesamtzugsgewichtes zum Anhängewicht von etwa 1,45 im Tagesmittel und zwar sowohl für Bergfahrt als Talfahrt. Damit ergeben sich folgende auf das Gesamtzugsgewicht zu beziehende mittlere „Wattstunden pro tkm“:

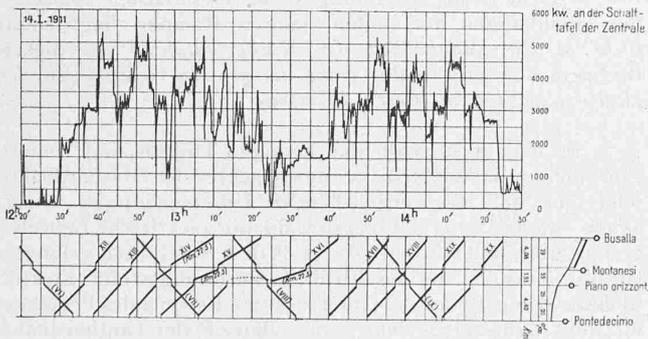


Abb. 5. Effektdiagramm, Fahrplan und Längenprofil der Giovi-Linie.

entnommen ist.<sup>1)</sup> Es böte zwar keine Schwierigkeit, die auf Grund von Einzelmessungen sich ergebenden Idealziffern auch noch auf Grund einer vermehrten Zahl von Anfahrten aufzustellen. Dabei würde für je zwei weitere Anfahrten in jeder Richtung einerseits der Arbeitsbedarf für die Bergfahrt besonders gesteigert und anderseits die mögliche Rückgewinnung bei der Talfahrt erheblich vermindert; man käme dann auf etwa 87 Wattstd/tkm bei Nichtberücksichtigung der Rückgewinnung, und auf etwa

<sup>1)</sup> Dieses Effektdiagramm bezieht sich auf die gesamte Energieabgabe, also einschliesslich des Eigenbedarfs der Zentrale.

<sup>2)</sup> Man beachte insbesondere die im Fahrplan nicht begründeten, zudem im umgekehrten Sinne aufgetretenen Stromstösse um 12<sup>21</sup> und um 13<sup>34</sup>.

<sup>3)</sup> Daneben benutzt der Verfasser, wie schon erwähnt, auch Energieziffern, die sich auf virtuelle tkm beziehen. Es ist auch zu erwähnen, dass seine Originalangaben über die täglichen tkm einen Dezimalkomma-Fehler aufweisen, der von uns ohne weiteres korrigiert worden ist.

<sup>4)</sup> Bei unserem Besuche der Giovi-Linie im April 1911 konstatierten wir, dass talfahrende Personenzüge ausser Doppelbespannung noch zwei weitere Lokomotiven mitführten.