Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 59/60 (1912)

Heft: 11

Artikel: Der Kraftbedarf der Gotthardbahn mit Rücksicht auf die Neuanlagen für deren elektrischen Betrieb

Autor: Kummer, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-29954

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: 26.07.2025

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

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 Geländerabstandes nicht Schritt zu halten braucht (Abb. 37); er erwies sich überdies solider als Typ I. (Forts. folgt.)

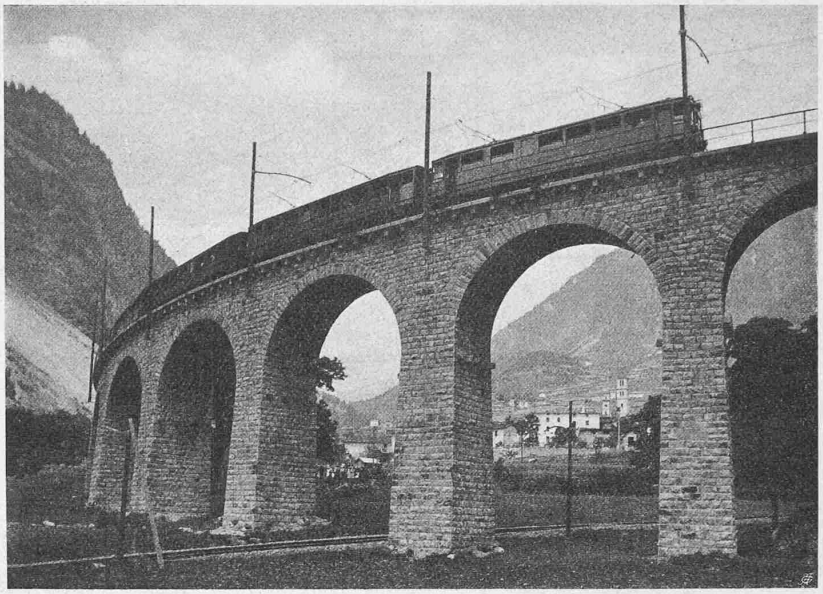


Abb. 36. Viadukt der Kehre bei Brusio, $R = 70$ *m*, 9 Oeffnungen zu 10 *m* Weite.

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

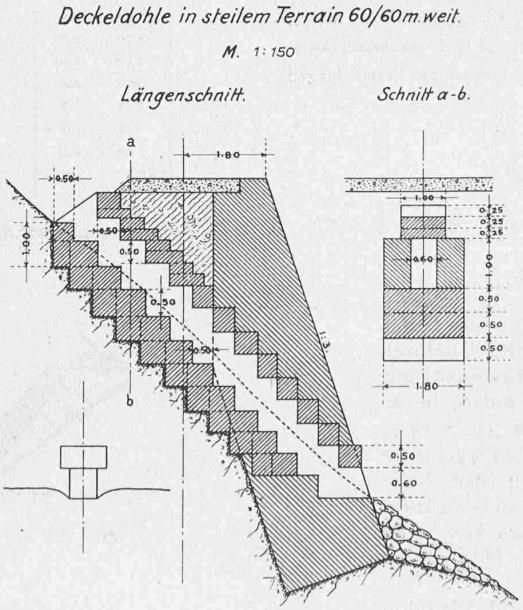
Von Dr. *W. Kummer*, Ingenieur, Zürich.

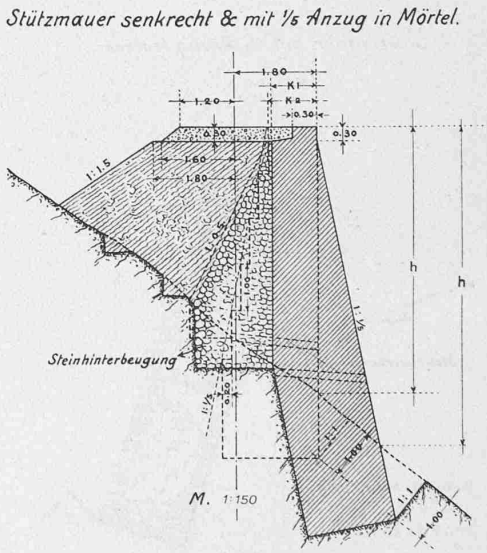
Die Frage der Energie-Rückgewinnung unter Berücksichtigung der Resultate der Giovi-Linie.

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 zurückgewinnen 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" [1]) 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" [2]) hatten wir sowohl an der maschinentechnischen Seite jener Beschreibung etwas auszusetzen, als auch die Ausführungen über die Energie-Rückgewinnung zu beanstanden, obwohl

[1]) Z. d. V. d. J. 1909, S. 1249 ff.

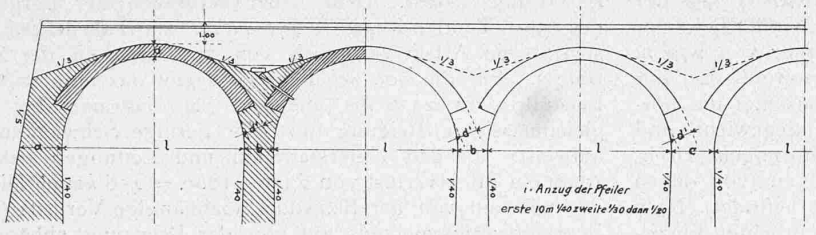
[2]) Band LIV, Seite 300.





Höhe h in m.	Kronenbreiten in m.	
	K_1, bei 1/5 Anzug	K_2, 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

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	1.90	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* Anhängegewicht, bezw. von 5,975 Millionen *tkm* Gesamtzugsgewicht[1]), der mittels Drehstrom-Lokomotiven für 60 *km/Std* und für 45 *km/Std* — erstere für Schnell- und Expresszüge, letztere für Omnibus- und Güterzüge — geführt angenommen ist, hat Kando die folgenden Ergebnisse der Kraftbedarfs-Rechnung ermittelt: Bezogen auf den Fahrdraht tritt ein Effektmittelwert von 7650 *kw* auf wenn *ohne* Rückgewinnung, und ein solcher von 5435 *kw* wenn *mit* Rückgewinnung gerechnet wird; bei einem Unterschied von 2215 *kw* (etwa 29 % Ersparnis) berechnet Kando unter Zugrundelegung der Bewertung eines Kilowattjahrs auf Fr. 250 am Zentralenschaltbrett den Wert der zurückgewonnenen Energie auf jährlich 550 000 Fr. Im Weitern ergibt seine Kraftbedarfsberechnung ein Leistungsmaximum von 16 660 *kw*, wenn ohne Rückgewinnung, und von 13 400 *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 Fahrdraht für die Gotthardbahn.

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

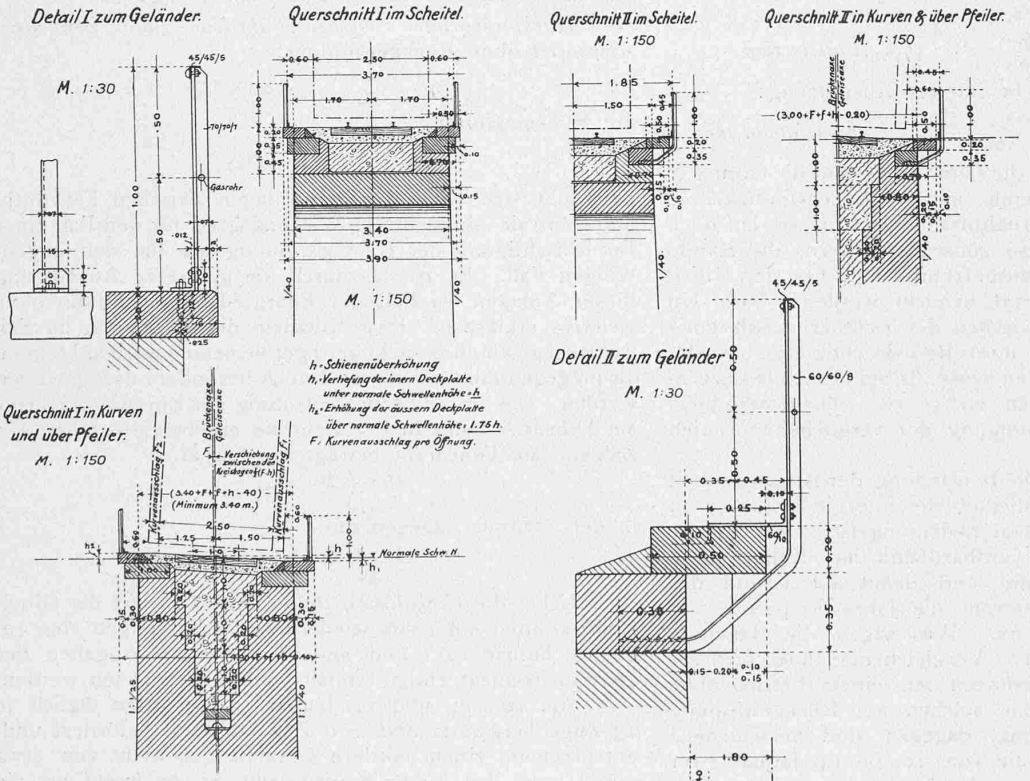
Der grosse Unterschied in den Rechnungsergebnissen bei Nichtberücksichtigung der Rückgewinnung rührt her einmal von den etwas andern Projektgrundlagen, sodann von anderer Auffassung über die Widerstands-Konstanten und endlich von dem Umstande, dass Kando mit höheren Wirkungsgraden der Triebfahrzeuge gerechnet hat.

Für die Beurteilung dieser Kraftbedarfs-*Berechnungen* liefern nun die soeben in der „Revue générale des Chemins de fer"[1]) und in der „Rivista tecnica delle ferrovie italiane"[2]) 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

[1]) Es muss bemerkt werden, dass zufolge viel zu gering bemessener Lokomotivgewichte der Unterschied der *tkm* des Anhängegewichts 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 Anhängewichts im praktischen Betrieb nämlich nicht 1,2 sondern 1,45 und mehr.

[1]) 35e année, 1er semestre No. 2, février 1912, page 105, *Pietro Verole*, Note sur l'électrification de la ligne des Giovi.

[2]) 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 Kurvenausschlag 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 Tracélänge von 10,4 *km* eine Höhendifferenz von 270 *m* bei verhältnismässig gleichförmigem Längenprofil. Bei der Bergfahrt (Richtung Pontedecimo-Busalla) arbeitet die normale Zugskomposition von 380 *t* Anhängegewicht 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*. Anderseits müssen für die Talfahrt desselben Zuges (nur die Lokomotiven beide nach vorne gestellt) dem Fahrdraht 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[1]) 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 Fahrdraht- und Schienenrückleitung bei einer mittleren Zugsdistanz von rund 5 *km* verbraucht werden. Unter Berücksichtigung der Belastungsverhältnisse, der Konstanten der Fahrdraht- 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 Fahrdraht"* der Giovi-Linie folgenderweise:

Ohne Rückgewinnung:

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

Mit Rückgewinnung bei idealer Ausnützung:

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

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[2]) von derselben Bedeutung ist, wie diejenige am Fahrdraht. 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" zu Grunde liegen. Dem Arbeitsverbrauch der Bergfahrt des 500 Tonnen-Zugs = 470 *kwstd* am Fahrdraht, entspricht ein Arbeitsverbrauch von 584 *kwstd* in der Zentrale[1]). Für die 900 *sek* Fahrzeit ergibt das eine mittlere Leistung von 2336 *kw*, die laut Fahrdiagramm 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. Leerlaufsverluste), teils auf von der Belastung abhängige Verluste (sog. Kupferverluste) zurückzuführen ist; die von der Belastung unabhängigen Verluste, die insbesondere in der Leerlaufsarbeit 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 Fahrdraht 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 Leerlaufsverluste der Unterstationen und Leitungen während der Talfahrt bei niedergelegtem Stromabnehmer ausser Betracht fallen, leicht ermitteln. Wir finden diesbezüglich

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

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

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

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

Wirkungsgrade zwischen Fahrdraht und Zentralenschaltbrett 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 Fahrdraht 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 Fahrdraht und in der Zentrale ergeben die folgenden Zahlen; am Fahrdraht 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 anderseits weitern 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*

[1]) Die im normalen Betrieb nur im Personenzugsverkehr, nicht aber in dem viel bedeutenderen Güterzugsverkehr bedienten Zwischenstationen sind «Montanesi» und «Piano orrizontale».

[2]) Die Zentrale Chiapella der Giovi-Linie, ein Dampfkraftwerk, befindet sich zunächst des Hafens von Genua, etwa 10 *km* südlich von Pontedecimo, bezw. 20 *km* südlich von Busalla.

[1]) 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:

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

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

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

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«

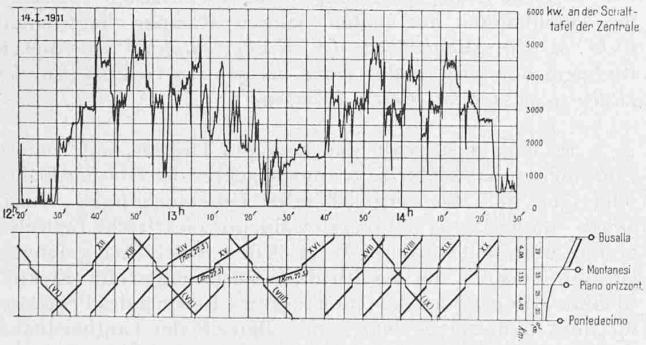


Abb. 5. Effektdiagramm, Fahrplan und Längenprofil der Giovi-Linie.

entnommen ist.[1]) 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 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[1]) 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 Bahnlinien 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 Bahnlinien 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* Anhängegewicht 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 reellen Tonnenkilometer für die Bergfahrt, und ein Energieverbrauch von 8 bis 9 Wattstunden *pro angehängten* und reellen Tonnenkilometer für die Talfahrt betriebsmässig ergebe[2]), 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 Talfart werden 7 Personenzüge und 13 Güterzüge angegeben, sowie die für Lokomotiv-Leerfahrten erforderlichen Züge[3]); die Anhängegewichte betragen 220 *t* für die Personenzüge und 370 *t* für die Güterzüge. Auf Grund dieser Angaben finden wir ein Verhältnis des Gesamtzugsgewichts zum Anhängegewicht 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*":

[1]) Dieses Effektdiagramm bezieht sich auf die *gesamte* Energieabgabe, also einschliesslich des Eigenbedarfs der Zentrale.

[1]) Man beachte insbesondere die im Fahrplan nicht begründeten, zudem im umgekehrten Sinne aufgetretenen Stromstösse um 12^{21} und um 13^{24}.

[2]) 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.

[3]) Bei unserem Besuche der Giovi-Linie im April 1911 konstatierten wir, dass talfahrende Personenzüge ausser Doppelbespannung noch zwei weitere Lokomotiven mitführten.

Ohne Rückgewinnung:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{185 + 8{,}5}{1{,}45} = 67 \; Wattst/tkm$$

Mit Rückgewinnung:

$$\frac{67}{1{,}145} = \sim 58 \; Wattstd/tkm$$

Für den Vergleich dieser Ziffern mit den früher mitgeteilten ist von Bedeutung, dass es sich hier ebenfalls um einen Verkehr mit erheblich mehr bergfahrendem als talfahrendem Gewicht handelt, wenn auch nicht in dem Masse, als beim Verkehr vom 10. bis 14. Januar 1911. Versucht man für den Verkehr gemäss den Angaben der „Rivista tecnica" die aus Einzelmessungen für 500 *t*-Züge resultierenden Daten zu benutzen, so wäre für gleiches tägliches Transportgewicht mit 29,2 bergfahrenden und 18,1 talfahrenden Zügen zu rechnen, wobei sich ergeben würde:

Ohne Rückgewinnung:

$$1000 \times \frac{(29{,}2 \times 584) + (18{,}1 \times 30{,}4)}{47{,}3 \times 500 \times 10{,}4} = \sim 67 \; Wattstd/tkm$$

Mit Rückgewinnung:

$$1000 \; \frac{(29{,}2 \times 584) + 18{,}1\,(30{,}4 + 5{,}5 - 188{,}5)}{47{,}3 \times 500 \times 10{,}4} = \sim 58 \; Wattstd/tkm$$

Zu diesen Zahlen ist zu bemerken, dass die Gewichts-Umrechnung willkürlich ist und für die Personenzüge eine etwas grössere Zahl Anfahrten, als berücksichtigt, stattfindet. Trotz dieser etwas grössern Zahl Anfahrten wird dann auch gemäss den Einzelmessungen derselbe Nutzen der Rückgewinnung erreicht.

Mit Hilfe der Ziffern 67 bezw. 58 *Wattstd/tkm* ergibt sich nun für das Gesamtzugsgewicht von 1,45 × 170 000 = 246 500 *tkm* eine tägliche Energieabgabe der Zentrale von etwa 16 500 *kwstd.* bezw. 14 300 *kwstd.* Die Differenz von 2200 *kwstd* ist gerade ausreichend, um den Leerlauf der Unterstationen von 195 *kw* während etwa 11,5 Stunden, also nicht einmal während der täglichen Betriebszeit zu decken. Bei einem Traktionssystem, das anstelle einer Fahrdrahtspannung von nur 3000 eine solche von 15000 Volt zulassen würde (d. h. beim Einphasensystem, wie es für die Gotthardbahn vorgesehen ist) würden zum Betrieb der Giovi-Linie Unterstationen nicht erforderlich sein, deren Leerlaufsarbeit würde dahin fallen und wäre somit ceteris paribus ein *Einphasenbetrieb mit 15000 Volt Fahrdrahtspannung ohne Rückgewinnung im Energieverbrauch sparsamer als der bestehende Drehstrombetrieb mit Rückgewinnung.*[1])

Wir haben uns schliesslich noch mit der Frage nach einer allfälligen Reduktion der baulichen Anlagen bei Benutzung einer Energie-Rückgewinnung zu befassen. Für die Gotthardbahn hatte Kando eine durch die Rückgewinnung begründete Herabsetzung des Effektmaximums von 16660 *kw* auf 13400 *kw* ausgerechnet. Die in dieser Beziehung aufklärende Abbildung 5 zeigt nun, dass um 12^{50} ein höchstes Maximum für das Zusammentreffen hoher Effekte, herrührend von zwei auf starker Steigung bergfahrenden und einem in Busalla anfahrenden Zuge auftritt, wie es gemäss Fahrplan nicht übertroffen werden kann und durch die Tatsache der Rückgewinnung nicht beeinflusst wird. Für diesen Fahrplan kann also keine etwa durch die Rückgewinnung begründete Ersparnis an Anlagen im Kraftwerk, in den Leitungen und in den Unterstationen erfolgen. Eine Verlegung des mit VII bezeichneten Zuges um einige Minuten früher würde allerdings die Verhältnisse günstiger gestalten; die Kombination würde dann aber auf der schwankenden Grundlage der Fahrplan-Präzision beruhen. Offenbar darf somit eine vorsichtige Projektierung nicht mit der durch eine allfällige Energie-Rückgewinnung möglichen Anlage-Reduktion rechnen.

Es könnte nun eingewendet werden, die vorliegenden Betriebsergebnisse der Giovi-Linie, insbesondere auch die Verhältnisse gemäss Abbildung 5, seien nicht die günstigsten, die bei Benutzung der Rückgewinnung zu erwarten seien, indem ja die Zahl talfahrender Züge viel zu klein sei. Einem solchen Einwand möchten wir entgegenhalten, dass bei mehr talfahrenden Zügen die Stromstösse der Rückgewinnung mit noch weniger Sicherheit vollständig oder auch nur in erheblichem Masse für die Beförderung bergfahrender Züge Verwendung finden würden; der Belastungswiderstand der Zentrale müsste somit noch mehr in Aktion treten. Demnach ist äusserst fraglich, ob je einmal bessere Resultate, als die mitgeteilten, heraus kommen dürften.

Die Giovi-Linie, die mit ihrer *mittleren* Steigung von 26 ‰ ihrem für die Energie-Rückgewinnung bestens geeigneten Drehstrom-System ein so prekäres Resultat in Bezug auf den wirtschaftlichen und technischen Wert der Energie-Rückgewinnung liefert, muss daher zur Bestätigung der Erkenntnis führen, dass eine Rückgewinnung auf der Gotthardbahn mit 26 ‰ *maximaler* Steigung keine grössern Vorteile erwarten lässt, ganz abgesehen von der betriebstechnisch nicht zu unterschätzenden Gefahr, die bei der Talfahrt mit Rückgewinnung im Aufruhen der ganzen angehängten Zugslast auf den Puffern der Triebfahrzeuge liegt. Das negative Resultat über den Wert der Rückgewinnung mag als betrübend angesehen werden. Man soll dabei aber bedenken, dass bei unseren Alpenbahnen gerade an den Stellen, wo eine Rückgewinnung etwas zu bieten scheint, für die direkte Energielieferung von den Kraftwerken aus die Verhältnisse so wie so schon die denkbar besten sind. Die wirtschaftliche Bedeutung eines elektrischen Betriebes für Alpenbahnen mit steilen, langen Rampen liegt somit *nicht in der Möglichkeit der Rückgewinnung* auf diesen Rampen, sondern in der *Nähe der grossen Gefällstufen der Alpen-Gewässer an diesen Rampen.*

* * *

Es liegt ausserhalb des heutigen Themas, auf weitere Einzelheiten des Elektrifizierungsprojektes der Gotthardbahn, oder gar auf die vergleichenden Untersuchungen einzugehen, die in Bezug auf das zu wählende elektrische Betriebssystem angestellt wurden. Wenn es dem Referenten gelungen ist, die Technik der Kraftbedarfs-Rechnungen für Elektrifikations-Projekte an dem interessanten Beispiel des Projektes für den zukünftigen elektrischen Betrieb der Gotthardbahn anschaulich vorzuführen, so hat er das Ziel erreicht, das er mit diesem Vortrage verfolgte.

[1]) Soeben gelangt eine weitere, diese grundlegende Feststellung bestätigende Veröffentlichung, «Sul ricupero dell' energia in discesa sulle linee a trazione electrica, e sua influenza sul calcolo delle distanze virtuali, spezie nello studio dei grandi valichi» von den Ingenieuren *F. Santoro* und *L. Calzolari* in unsere Hände, die als Supplement des «Bolletino delle Comunicazioni del Collegio Nazionale degli Ingegneri Ferroviari» erschienen ist. Wir entnehmen dieser Veröffentlichung über die Giovi-Strecken: Pontedecimo-Busalla, Busalla-Pontedecimo und Compasso-Pontedecimo folgende Angaben:

Ermittelte Daten bei Proben	Ohne Rückgewinnung	Mit Rückgewinnung
Reelle *tkm* des Anhängegewichts.		
Pontedecimo-Busalla	115 440	117 042
Busalla-Pontedecimo	57 221	65 114
Compasso-Pontedecimo	15 288	14 557
Total	187 949	196 713
Reelle *tkm* des Gesamtzugsgewicht, total	279 101	289 113
Von der Zentrale abgegebene *kwstd*	22 650	19 490
Reelle Ziffern «*Wattstd/tkm*»	81,19	67,64

Der Nutzen der Rückgewinnung bei Mitberücksichtigung der Anschlusstrecke Campasso-Pontedecimo beträgt somit bei den angegebenen Verkehrsverhältnissen 16,6 %; die Differenz der aufgenommenen *kwstd* (3160 *kwstd*) vermag die Leerlaufsarbeit der Unterstationen während 16 Stunden zu decken.

Neuere Zürcher Giebel-Häuser.

Der Wandel der Anschauungen über Schönheit und Zweckmässigkeit bürgerlicher Wohnhausbauten, der sich in den letzten Jahren vollzogen hat und der in der Gegenüberstellung der Begriffe „Villa" und „Wohnhaus" zum Ausdruck kommt, ist in den Neubauten Zürichs etwas später in die Erscheinung getreten als etwa in Bern oder in Basel. Gerade in diesen beiden Städten ist die Bautradition aus der alten Zeit des guten Geschmacks nie