

Gotthardbahn und Giovi-Linie: ueber Berechnungen und Messungen des Kraftbedarfs bei elektrischem Betrieb

Autor(en): **Kando, K. von**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

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

Heft 8

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-30042>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Gotthardbahn und Giovi-Linie.

Ueber Berechnungen und Messungen des Kraftbedarfs bei elektrischem Betrieb.

5. Wirtschaftliche Ergebnisse der Stromrückgewinnung auf der Giovi-Linie.

Sehen wir, ob die wirtschaftlichen Ergebnisse der Stromrückgewinnung auf der Giovi-Linie wirklich so „prekär“ sind, wie Herr Kummer behauptet.

Wie man sieht, werden heute von den täglich im Durchschnitt rückgewonnenen rund 5000 *kwstd* etwa 1000 *kwstd* im Wasserrheostat vernichtet. Dies ist aber nur ein Uebergangszustand. Mit der Ausdehnung des elektrischen Betriebes werden alle 5000 *kwstd* nutzbar gemacht, was ungefähr 73 000 Fr. jährliche Ersparnis in den Stromkosten ergibt (4 Cts. per *kwstd*).

Die Ersparnis an Stromkosten ist aber nicht der einzige und auch nicht der grösste wirtschaftliche Vorteil der Stromrückgewinnung. Die Schienen der Talfahrtgeleise der Giovi-Linie mussten infolge der Bremsung (hauptsächlich wegen Blockierens der Räder leerer Lastwagen) früher sehr oft ausgetauscht werden, sodass die durchschnittliche Lebensdauer der Tal- und Bergfahrtgeleise nicht mehr als vier Jahre betrug, was mit einer Ausgabe von rund 8000 Fr. per *km* und Jahr verbunden war. Seit der Einführung der Stromrückgewinnung ist die Abnutzung beider Geleise augenscheinlich gleich, sodass man hoffen kann, dass die Talfahrtgeleise, gleich denjenigen der Bergfahrt, nunmehr 12 Jahre Betrieb aushalten werden, was einer jährlichen Ersparnis von rund 100 000 Fr. entspricht.

Rechnerisch ist die Ersparnis an Radreifen und Bremsklötzen sämtlicher die Giovi-Linie passierenden Fahrbetriebsmittel nicht leicht zu bestimmen, dass sie aber einen noch grösseren Betrag ausmachen wird, dürfte jedem Fachmanne einleuchten.

Der Verbrauch an Bremsklötzen für elektrische Lokomotiven ist seit Einführung der Stromrückgewinnung auf ein Fünftel¹⁾ des frühern Wertes gefallen.

Ausserdem ist ein gewaltiges Abnehmen in Zughakenbrüchen und in den damit verbundenen Beschädigungen des Rollmaterials zu konstatieren. Dies ist der gleichmässigen Geschwindigkeit und der sanften stossfreien Talfahrt mit Rückgewinnung zuzuschreiben.

Hier möchte ich einiges über die auf der Giovi-Linie bezüglich der Betriebssicherheit mit der Stromrückgewinnung gemachte Erfahrung sagen.

Die Gegner des Drehstromsystems behaupten, dass die Stromrückgewinnung aus Sicherheitsrücksichten praktisch unmöglich sei. Die Erfahrung hat das Entgegengesetzte bewiesen. Sie zeigt, dass die Betriebssicherheit durch die Stromrückgewinnung wesentlich erhöht wird. Die gleichmässige Geschwindigkeit der synchron laufenden Motoren sichert einen sanften stossfreien Gang und die Einhaltung der zugelassenen maximalen Geschwindigkeit. Der Umstand, dass der Reibungskoeffizient zwischen Spurkranz und Bremsklotz mit der zunehmenden Geschwindigkeit abnimmt, macht bei Talfahrt ohne Rückgewinnung ein fortwährendes Aendern der Pressung der Bremsklötze notwendig, was mit unangenehmen Geschwindigkeitsänderungen und mit fortwährendem Druckluftverbrauch verbunden ist. Das Wegbleiben der Stösse macht das Aufrufen der angehängten Zuglast auf den Puffern der Lokomotive bei Talfahrt nicht gefährlicher als bei Bergfahrt mit Schiebelokomotive. Das Wegbleiben des fortwährenden Druckluftverbrauches erlaubt, dass die Behälter stets mit vollem Druck gefüllt bleiben, und im Notfalle die Bremsen mit ihrer ganzen Kraft in Tätigkeit gesetzt werden können.

¹⁾ Santoro und L. Calzolari gaben im Oktober 1911 nur ein Drittel an. Dies rührt jedoch von dem Umstande her, dass der Betrieb mit Rückgewinnung im Mai 1911 mit teilweise verbrauchten Bremsklötzen begonnen wurde.

Diese Umstände haben es möglich gemacht, dass die maximal zulässige Geschwindigkeit für Züge mit Rückgewinnung von 30 *kmstd* auf 45 *kmstd* erhöht, und das zum Auffüllen der Luftbehälter vorgeschriebene Halten mitten in der grossen Steigung bei „Piano orizzontale“ abgeschafft werden konnte.

Dadurch, dass die Bremse, die früher sowohl zum Regulieren der Geschwindigkeit als zum Halten des Zuges diente, bei Rückgewinnung nur die zweite Aufgabe zu erfüllen hat, ist die Wahrscheinlichkeit eines Unfalles wesentlich geringer; denn er bedingt ein gleichzeitiges Ausbleiben des Stromes und das Versagen der Bremse.

Herr Kummer bemerkt in einer Fussnote: „Bei unserem Besuche der Giovi-Linie im April 1911 konstatierten wir, dass talfahrende Personenzüge ausser Doppelbespannung noch zwei weitere Lokomotiven mitführten.“

Da diese Bemerkung geeignet ist, den Leser unter dem Eindrucke zu lassen, dass dies der Betriebssicherheit wegen notwendig ist, möchte ich hier bemerken, dass dies dem Umstande zuzuschreiben ist, dass die Zahl der talfahrenden Züge kleiner ist. Folglich entfallen mehr als zwei nach Pontedecimo zurückkehrende Lokomotiven auf einen Zug. So war es während des Dampfbetriebes, und so ist es heute noch auf der noch mit Dampf betriebenen parallelen Linie Mignanego-Ronco.

6. Einphasen versus Drehstrom.

Herr Kummer behauptet u. a. über die Giovi-Linie, dass „Einphasenbetrieb mit 15 000 Volt Fahrdrachtspannung ohne Rückgewinnung im Energieverbrauch sparsamer als der bestehende Drehstrombetrieb mit Rückgewinnung“ wäre.

Schon das Gegenüberstellen der auf der Giovi-Linie durch Messungen gefundenen Wirkungsgrade und der für den Fall des Einphasensystems von Herrn Kummer angenommenen Wirkungsgrade zeigt, dass obiger Behauptung jede Grundlage fehlt. Es dürfte aber auch von Interesse sein, die sich auf einen ganzen Tag mit Rückgewinnung erstreckenden Messungsergebnisse von Santoro und L. Calzolari gegenüberzustellen und zu sehen, um wieviel grösser der Stromverbrauch auf der Giovi-Linie mit dem von Dr. Kummer angenommenen Wirkungsgrade im Falle des Einphasensystems wäre. Hierbei vernachlässigen wir den Gewichtsunterschied zwischen der Einphasen- und der Dreiphasenlokomotive, was bei einer so grossen Steigung, wie sie die Giovi-Bahn aufweist, eine beachtenswerte Konzession für das Einphasensystem bedeutet. Ausserdem rechnen wir die zur Beschleunigung der bergfahrenden Züge verwendete Energie nicht, da wir sie als beim Halten grösstenteils zurückgewonnen betrachten. Ebenso vernachlässigen wir die zum Rangieren in den Bahnhöfen verwendete Energie. Die mechanische Leistung der Lokomotiven war am Tage der von Santoro und Calzolari angestellten Versuche mit Rückgewinnung, wie man rechnerisch leicht nachweisen kann,¹⁾ rund $5250 \cdot 10^6 \text{ kgm}$. Mithin wäre bei dem von Herrn Kummer angenommenen mittlern Wirkungsgrade von 68 bis 70 %, der Stromverbrauch beim Einphasensystem gleich $\frac{5250 \cdot 10^6 \cdot 9,81}{0,7 \cdot 3600 \cdot 1000} = 20\,420 \text{ kwstd am Trolleydrahte}$ gewesen, was, verglichen mit den von Santoro und Calzolari im Kraftwerke gemessenen 19 490 *kwstd* schon 4,7 % höher ist. Wir wissen aber, dass die Zentrale der Linie bedeutend weniger abgegeben hat. In erster Linie müssen nämlich von den gemessenen 19 490 *kwstd* wenigstens

¹⁾ Um ein rechnerisches Kontrollieren obiger Zahl zu ermöglichen, gebe ich hier die bezüglichen Verkehrszahlen an:

Linie und Richtung	Bruttotonnen	Distanz <i>km</i>	Höhenunterschied <i>m</i>
Pontedecimo-Busalla . . .	15,454	10,4	271
Busalla-Pontedecimo . . .	10,461	10,4	— 271
Campasso-Pontedecimo . .	2,033	8,5	70
Pontedecimo-Campasso . .	300	8,5	— 70

120 kw · 18½ std ≈ 2200 kwstd als die von den Motoren der Kondensatorpumpen verbrauchte Energie abgezogen werden.

Ausserdem wurde, wie wir früher gesagt haben, die zum Leerlauf der Generatoren und die vom Wasserreostat der Zentrale verzehrte Energie nicht gemessen, was eine weitere Korrektur von rund 1800 kwstd notwendig macht. Somit macht in Wirklichkeit die am Tage mit Stromrückgewinnung von der Zentrale an die Linie abgegebene Energie nur 15 500 kwstd aus und die sich für Einphasenstrom ergebenden 20 420 kwstd sind infolgedessen bei Vernachlässigung des grösseren Lokomotivgewichtes und des ganzen für Rangieren benötigten Verbrauches, sowie der Leitungsverluste, um 32% höher als bei Drehstrom.

Wenn wir aber bedenken, dass die obigen Beobachtungsergebnisse für Drehstrom auch die Leitungsverluste und den Verbrauch für das Rangieren einschliessen, so übertreiben wir keinesfalls, wenn wir den Mehrverbrauch im Kraftwerke im Falle des Einphasenstromes mit Berücksichtigung derselben und des grösseren Gewichtes der Einphasenlokomotive auf rund 50% höher schätzen, als tatsächlich heute bei Drehstrom verbraucht wird.¹⁾

Wie mir Herr Kummer einmal mündlich mitteilte, sollen die Hauptgründe, warum die Schweizerische Studienkommission das Einphasensystem für die Gotthardbahn vorgeschlagen hat, sein:

1. Die Möglichkeit einer Fahrdrachtspannung von 15 000 Volt beim Einphasensystem.
2. Die Unmöglichkeit der Stromrückgewinnung aus Sicherheitsrücksichten, und somit das Wegfallen eines Hauptvorteils des Drehstromsystems.

Der einzige Vorteil einer hohen Kontaktdrachtspannung von 15 000 Volt ist, dass, im Falle das Kraftwerk nicht besonders weit entfernt liegt, die Transformator-Nebenwerke wegfallen. Wie obige Rechnung zeigt, wird dieser Vorteil durch den schlechtern Wirkungsgrad und das grössere Gewicht der Einphasenlokomotive mehr als wettgemacht; denn, ausserdem dass der Einphasenmotor einen schlechtern Wirkungsgrad hat, wird das Nebenwerk nicht erspart, sondern, was noch ärger ist, auf der Lokomotive als totes Gewicht mitgeschleppt. Ferner ist man gezwungen, um das Gewicht dieser Transformatoren niedrig zu halten, sich mit einem verhältnismässig niedrigen Wirkungsgrade zufriedenzugeben²⁾. Die 15 000 Volt Fahrdrachtspannung haben aber,

¹⁾ Giorgio Calzolari vergleicht die Betriebsergebnisse der Linie Spiez-Frutigen (Einphasenstrom) und die der Giovi-Linie und findet, dass auf der letzteren der Stromverbrauch beim Einphasensystem um 29,1 ∞ 34,1% grösser wäre als bei Drehstrom, selbst wenn das Betriebsergebnis ohne Stromrückgewinnung in Betracht gezogen würde. (Ingegneria Ferroviaria, No 6, 1912.)

²⁾ Die Leerlaufverluste der zuletzt von den Italienischen Staatsbahnen für Nebenwerke bestellten Transformatoren sind nur 0,8% der Dauerleistung, was nur bei entsprechendem Materialaufwand möglich ist.

ausserdem dass ihre wirtschaftlichen Vorteile eine Illusion sind, schon im kurzen Hondrichtunnel beim Passieren von Dampflokomotiven gewaltige Kurzschlüsse verursacht. Wie wird nun erst der Uebergang vom Dampf- zum elektrischen

Betrieb im langen Gotthardtunnel sein, mit einer Fahrdrachtspannung, welche das Verkehren von Dampflokomotiven ausschliesst?

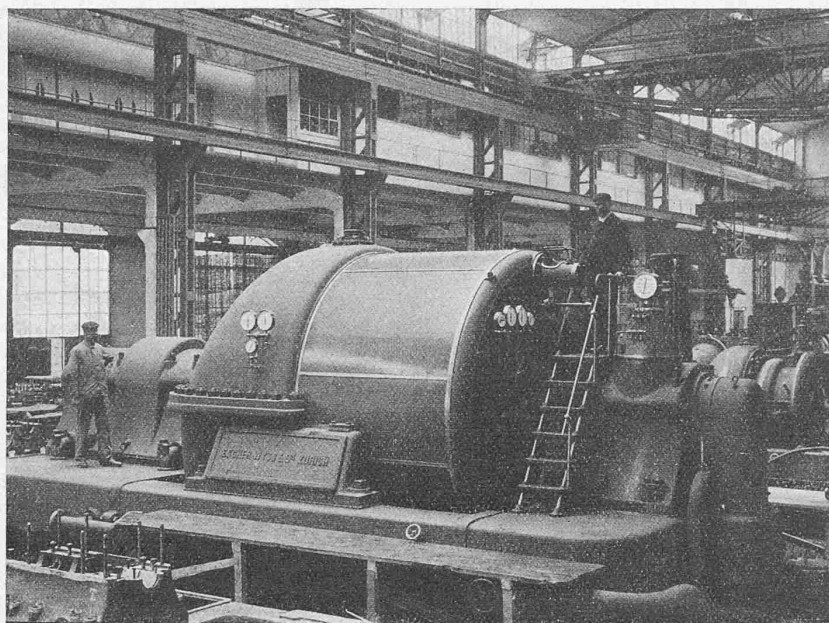
Was nun die Betriebssicherheit bei Rückgewinnung anbetrifft, so hat der auf mehr als ein Jahr sich erstreckende Betrieb der Giovi-Linie mit Stromrückgewinnung sämtlicher talfahrender Züge unter schwierigen Steigungsverhältnissen als die der Gotthardbahn, schlagend bewiesen, dass die Bedenken bezüglich Gefahren bei der Rückgewinnung nicht nur unbegründet waren, sondern dass letztere die Talfahrt noch

sicherer gestaltet, als sie früher mit Bremse war.“
Vado Ligure, 27. Juni 1912. K. von Kando.

Den Schluss dieser Erörterungen, bzw. Abschnitt II enthaltend die Entgegnung von Dr. W. Kummer, müssen wir wegen Stoffandranges auf die folgende Nummer verschieben.
Redaktion.

Miscellanea.

Eine Zoelly-Dampfturbine für 28 000 PS-Dauerleistung haben die Maschinenfabriken von *Escher Wyss & Co* in Zürich für die Zentrale Essen des „Rheinisch-Westphälischen Elektrizitätswerkes“ gebaut; sie ist in unserer Abbildung in der Montierungshalle der Firma, wo sie im Leerlauf ausprobiert wurde, dargestellt. Bei 1000 Uml/min wird sie in normalem Betrieb 22 500 PS abgeben, dabei samt den Hilfsmaschinen für Kondensation stündlich rund 95 000 kg auf 300°C überhitzten Dampf von 10,5 at Ueberdruck bei einem Vakuum von 91,5% verbrauchen. Die maximale Dauerleistung beträgt jedoch wie oben gesagt 28 000 PS, die Maximalleistung während kurzer Zeit 30 000 PS. Es handelt sich um eine normale Zoellyturbine, die mit einem Siemens-Schuckert-Generator von 60 t Rotorgewicht starr gekuppelt ist. Ihr eigenes Rotorgewicht samt Welle beträgt 26 t und wird wie das des Generators von zwei Lagern getragen. Das Lagergehäuse zur Linken in unserer Abbildung enthält je ein Turbinen- und ein Generatorlager, die mittlere Erhöhung überdeckt die Scheibenkupplung. Die Lagerschmierung erfolgt durch Pressöl (600 l/min), das eine am rechten Wellenende angebaute Zahnradschmierung liefert; die Oeldruckanlage ist wie üblich mit Rückkühlung versehen. Das konische Gehäuse auf dem Lagerdeckel zur Rechten mit dem Tachometer auf der Spitze umschliesst das mittels Schnecke von der Welle aus angetriebene Zentrifugalpendel, das den dahinter stehenden Servomotor des Einstrom-Ventils steuert. Die Regulierung entspricht in ihrem Wesen jener der Wasserturbinen von *Escher Wyss & Co*. Zum Anfahren wird der nötige Oeldruck durch ein kleines Dampfmaschine-Zentrifugalpumpen-Aggregat mit stehender Welle geliefert (ganz unten rechts im Bilde). Ebenfalls durch Drucköl betätigt und vom Regler automatisch gesteuert wird das Zusatzventil zuoberst an der Eintrittsseite der Turbine, durch das zur Steigerung der Leistung Frischdampf unter Ueberbrückung der vordern Aktionsräder, einer mittlern Stufe zugeführt wird.



Zoelly-Dampfturbine von 28 000 PS Dauerleistung, 1000 Uml/min, gebaut von den Maschinenfabriken von *Escher Wyss & Co* in Zürich.