

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 48 (1957)
Heft: 12

Artikel: Die Elektrifizierung der Gotthardbahn und ihre Auswirkungen auf die schweizerischen Eisenbahnen
Autor: Degen, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060608>

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: 15.05.2025

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

Die Elektrifizierung der Gotthardbahn und ihre Auswirkungen auf die schweizerischen Eisenbahnen

Von A. Degen, Zollikofen

621.331 : 625.1(494)(234.311.53)

Nach einer kurzen Übersicht über die historische Entwicklung wird der Werdegang der Einphasentraktion in der Schweiz geschildert. Anschliessend folgt die Beschreibung der Auswirkungen auf die Gotthardbahn. Zum Schluss wird angeführt, wie sich die Elektrifizierung unserer Bahnen zum Vorteil des ganzen Landes in den letzten 35 Jahren entwickelt hat.

Une brève introduction historique est suivie par la description du développement de la traction monophasée en Suisse. Un exposé spécial montre l'influence sur la ligne du Saint-Gothard dont l'électrification était un grand succès. Les résultats d'exploitation permettaient d'introduire le système monophasé presque sur toutes les lignes à voie normale du pays. Ce système a donné partout des résultats parfaitement satisfaisants.

1. Einleitung

Als Geburtstag der elektrischen Traktion in der Schweiz kann der 6. Juni 1888 angesprochen werden. An diesem Tage wurde erstmals der Elektromotor an Stelle der Kolbendampfmaschine zu Traktionszwecken auf der rund 10 km langen Strassenbahnlinie Vevey—Territet (Kt. Waadt) eingesetzt. Im Laufe der folgenden Jahre trat dann die weisse Kohle in zunehmendem Masse beim Betrieb unserer Bahnen in Erscheinung. Zunächst wurden allerdings nur schmalspurige Tram- und Nebenbahnen umgestellt oder von Anfang an elektrisch betrieben, z. B. die im Jahre 1916 nach der Eröffnung des Hauenstein-Basistunnels abgebrochene Sissach—Gelterkinden-Bahn. Die erste Normalspurbahn mit elektrischem Betrieb wurde am 17. April 1894 eingeweiht. Es war die rund 4 km lange Nebenlinie von Orbe nach Chavornay, deren Fahrleitungen mit Gleichstrom von 600 V gespeist wurden.

Schon bald zeigte es sich, dass der Betrieb mit Hilfe der weissen Kohle erfolgreich durchgeführt werden konnte. Deshalb begann man in den massgebenden Fachkreisen, sich mit dem Problem der Elektrifikation der Normalspurbahnen zu beschäftigen. Diese wiesen allerdings im Vergleich zu den bisher umgestellten oder von Anfang an elektrisch betriebenen Schmalspur- und Trambahnen sowohl ein grösseres Verkehrsvolumen als auch bedeutend längere Strecken auf. Man stiess nun zunächst auf gewisse Schwierigkeiten, wenn man wie bisher das Gleichstromsystem ins Auge fasste. In allererster Linie muss hier auf den grossen Spannungsabfall in der Fahrleitung hingewiesen werden. Dieser ergab sich aus der Tatsache, dass man damals Traktionsmotoren nur für eine maximale Spannung von rund 600 V Gleichstrom bauen konnte, weshalb man zur Speisung der Fahrleitung auf diesen Wert angewiesen war. Das Einphasensystem, das daneben ebenfalls in Frage kam, schied von Anfang an aus, da ein den schweren Anforderungen des Vollbahnbetriebes — im Gegensatz zum Gleichstromsystem — gewachsener Traktionsmotor fehlte. Es blieb deshalb nur das Drehstromsystem übrig, das zunächst bei drei verschiedenen Gesellschaften (Jungfraubahn, Gornergratbahn und Stansstad—Engelberg-Bahn) im Jahre 1898 Eingang fand. Die Eröffnung der ersten elektrischen Vollbahn Europas von Burgdorf nach Thun am 21. Juli 1899 (Betriebslänge rund 40 km) mit Drehstrom von 750 V Fahrleitungsspannung und einer Frequenz von

40 Hz wurde — dem damaligen Stande der Elektrotechnik entsprechend — ganz allgemein als Glanzleistung anerkannt. Diese Elektrifikation stellt einen Markstein in der Entwicklung der elektrischen Zugförderung dar, da hier erstmals im praktischen Betrieb der Beweis erbracht wurde, dass die Vollbahntraktion mit weisser Kohle technisch möglich ist, wobei sich auch in wirtschaftlicher Hinsicht günstige Verhältnisse ergaben. Allerdings fand das Drehstromsystem, abgesehen vom Umbau der Strecke Hasle-Rüegsau—Langnau der Emmentalbahn im Jahre 1919 als Notmassnahme nach dem ersten Weltkrieg, nur noch eine einzige Anwendung auf einer normalspurigen Hauptlinie. Am 1. Juni 1906 wurde der Simplontunnel von Anfang an zwischen Brig und Iselle mit Drehstrom von 3000 V Fahrleitungsspannung und $16\frac{2}{3}$ Hz elektrisch betrieben. Am 31. Juli 1919 wurde der Betrieb mit Drehstrom wegen der damaligen Kohlenknappheit das Rhonetal hinab bis nach Sitten ausgedehnt.

Heute gehört der Drehstrombetrieb auf den Normalspurbahnen der Schweiz seit rund 25 Jahren der Vergangenheit an. In den Jahren 1927 und 1930 wurden die Strecken Sitten—Brig und Brig—Iselle auf Einphasentraktion umgestellt; in den Jahren 1932 und 1933 folgte auch die Emmental—Burgdorf—Thun-Bahn diesem Beispiel.

2. Die Studienkommission

In der Jahresversammlung des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins in Montreux am 6. Oktober 1901 beantragte Dr. E. Tissot (1864—1939), es sei die Frage der Umstellung der schweizerischen Normalspurbahnen auf weisse Kohle zu studieren. In seinem Referat wies er dabei darauf hin, dass das Ausland in dieser Frage nicht müssig geblieben sei, sondern ebenfalls gewisse Vorarbeiten in Angriff genommen habe. Ausserdem sei es für die Schweiz mit ihrem Mangel an hochwertiger Steinkohle besonders wichtig, den Bahnbetrieb von den aus dem Ausland eingeführten Brennstoffen unabhängig zu machen und ferner der Elektroindustrie der Schweiz die Möglichkeit zur Betätigung auf einem Gebiete zu geben, das sie bisher nur wenig pflegen konnte. Diese Anregung fiel auf fruchtbaren Boden. Nach einer längeren Vorbereitungsperiode kam es im Mai 1904 zur definitiven Konstituierung der «Schweizerischen Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb». In ihr waren die Schweizerischen Bundesbahnen, die Privat-

bahnen, das Eisenbahndepartement, die Konstruktionsfirmen der Elektrobranche, der Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke und der Schweizerische Elektrotechnische Verein vertreten. Die Gotthardbahn, die damals noch zu den Privatbahnen zählte, hatte in der Kommission ebenfalls Sitz und Stimme. In den Statuten war als Aufgabe der Kommission festgelegt, es seien die technischen und die finanziellen Grundlagen zur Einführung des elektrischen Betriebes bei den schweizerischen Eisenbahnen zu studieren und abzuklären. Im Gegensatz etwa zu Frankreich und zu Italien wurde keine eigentliche Studiengesellschaft, die auch Versuche in grösserem Umfange hätte vornehmen können, gegründet.

An die Spitze der Kommission trat Generaldirektor *J. Flury* (1851—1911) von den Schweizerischen Bundesbahnen, während *Dr. E. Tissot* zunächst Vizepräsident war, um nach dem Tode von *J. Flury* das Präsidium zu übernehmen. Als Generalsekretär und Leiter der Studien amtierte *Prof. Dr. W. Wyssling* (1862—1945). Die Kommission entledigte sich ihrer Aufgabe in verschiedenen ausführlichen Berichten, in denen die einzelnen Teilprobleme eine eingehende Behandlung erfuhren.

In einer ersten grösseren Publikation wurde als wichtige Vorarbeit zunächst der Kraftbedarf für den elektrischen Betrieb der Bahnen in der Schweiz ermittelt. Ausgehend vom Bahnwiderstand (Traktionskoeffizient) und von bestimmten Verhältnissen beim Anfahren und beim Bremsen wurde mit Hilfe der Zugsgewichte die am Radumfang erforderliche Arbeit ermittelt. In diesem Zusammenhange wurde festgestellt, dass die Leistungen der Bahnkraftwerke starken Schwankungen unterworfen sein werden. Für den erforderlichen Ausgleich müsse deshalb auf Akkumulierwerke zurückgegriffen werden, so dass grundsätzlich für die Versorgung der Bahnen Laufkraftwerke nur in Kombination mit Speicherwerken in Betracht kommen könnten.

In einer zweiten Publikation wurden die Grundlagen und die Bedingungen des Fahrdienstes für den elektrischen Betrieb der schweizerischen Eisenbahnen näher untersucht. Für die Anfahrbeschleunigungen rechnete man ungefähr mit folgenden Werten:

Anfahrbeschleunigungen der Eisenbahnzüge

Tabelle I

Art des Zuges	Elektrischer Betrieb	Bisheriger Dampfbetrieb
Schnellzüge	0,2 m/s ² (obere Grenze)	} 0,1...0,15 m/s ²
Personenzüge	0,3 m/s ²	
Güterzüge	0,1 m/s ² (maximaler Wert)	
		0,05...0,10 m/s ²

Auch bei den Geschwindigkeiten sah man sowohl für den Personen- als auch für den Güterverkehr gewisse Erhöhungen vor; doch wurde die damals im Dampfbetrieb maximal zugelassene Geschwindigkeit von 90 km/h auch für den ins Auge gefassten elektrischen Betrieb — im Gegensatz zur späteren Entwicklung — nicht überschritten.

In einer dritten Publikation wurde auf die Wahl der Zahl der Perioden pro Sekunde bei Wechselstromtraktion eingegangen. Massgebend war dabei besonders der Gesichtspunkt, dass dieses Teilproblem der Elektrifizierung in erster Linie unter dem Gesichtspunkt eines zweckmässig gewählten und betriebssicher arbeitenden Traktionsmotors betrachtet werden müsse. Alle andern Punkte, z. B. die mit abnehmender Frequenz steigenden Anlagekosten von Generatoren und von Transformatoren, wurden mit Recht als weniger bedeutungsvoll angesehen. Im Hinblick auf die geringeren Unterhaltskosten der Bahnmotoren bei tiefen Frequenzen sowie auch im Hinblick auf das Ausland gelangte die Studienkommission schliesslich zum Schluss, es sei eine Frequenz von rund 15 Hz zu wählen. Bei Bahnen, die ihre Energie aus Werken der Allgemeinversorgung mit 40 Hz — wie sie vor rund 50 Jahren noch anzutreffen waren — und mit 50 Hz beziehen würden, seien eine minimale Frequenz von 13¹/₃ Hz bzw. eine maximale von 16²/₃ Hz zuzulassen.

Im vierten Bericht wurden schliesslich noch besonders die System- sowie die Kostenfrage auf Grund des Projektes für die Elektrifizierung der ehemaligen Gotthardbahn und des alten Kreises II der Schweizerischen Bundesbahnen behandelt. Die Studienkommission stellte dabei die Anlage- und die Jahreskosten der Verteilanlagen, des Energiebedarfes und der Energiekosten für den elektrischen Betrieb der ehemaligen Gotthardbahn zusammen, wobei sie auf folgende Stromsysteme näher eintrat (mit Angabe der zugehörigen Fahrleitungsspannungen):

1. Einphasen-Wechselstrom 15 000 V, 15 Hz
2. Einphasen-Wechselstrom 15 000 V, 25 Hz
3. Drehstrom 5000 V, 15...16 Hz
4. Drehstrom 500 V, 50 Hz
5. Gleichstrom 3000 V

Auf Grund ihrer Untersuchungen kam die Kommission zum Schluss, es sei das Einphasensystem unter Verwendung von Kollektormotoren mit Seriecharakteristik auf den Normalspurbahnen der Schweiz einzuführen. Bei der Anwendung dieses Systems seien sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht die günstigsten Verhältnisse zu erwarten, wobei mit einer Fahrleitungsspannung von 15 000 V und einer Frequenz von rund 15 Hz zu arbeiten sei.

Dieses Ergebnis steht jedoch nicht etwa vereinzelt da. In Deutschland, wo die verschiedenen Länder des damaligen Kaiserreiches noch ihre eigenen Bahnen betrieben, war man in Bayern und in Preussen auf Grund von durchgeführten Studien zum gleichen Ergebnis gekommen, ebenso in Österreich und in Schweden. Schliesslich kam es dann so weit, dass die Schweiz, Deutschland, Österreich, Schweden und Norwegen das Einphasensystem mit niedriger Periodenzahl als Norm für die Elektrifizierung ihrer Normalspurbahnen einführen.

Seebach—Wettingen, die Wiege der Einphasentraktion

Am 25. Februar 1902, d. h. noch vor der definitiven Konstituierung der Schweizerischen Studien-

kommission für elektrischen Bahnbetrieb, machte die Maschinenfabrik Oerlikon der Generaldirektion der Schweizerischen Bundesbahnen den Vorschlag, die Elektrifizierung der Nebenlinie Seebach—Wettingen, die nur einen geringen Verkehr aufwies, auf eigene Kosten durchzuführen. Die treibende Kraft bei diesem Vorstoss war Dr. h. c. *Emil Huber-Stockar* (1865—1939), der damals als Direktor der Maschinenfabrik Oerlikon tätig war. Dieser widmete sich mit besonderem Interesse dem Studium der zahlreichen Probleme, die das damals noch in den Kinderschuhen steckende Gebiet der elektrischen Zugförderung stellte. Mit klarem Blick hatte Emil Huber-Stockar damals erkannt, dass das bis dahin im Vordergrund stehende Drehstromsystem gewisse Mängel und Nachteile aufwies und deshalb für einen einwandfreien Vollbahnbetrieb eine technisch bessere Lösung gefunden werden müsse. Nach seiner Auffassung — die sich dann in der Folge als äusserst weittragend erweisen sollte — konnte nur ein Übergang zum einphasigen Wechselstrom mit hoher Spannung eine befriedigende Lösung bringen. Da jedoch ein brauchbarer Einphasenmotor fehlte, verfiel *Emil Huber-Stockar* auf den Ausweg, den der Lokomotive aus der Fahrleitung zugeführten einphasigen Wechselstrom mit Hilfe eines auf dem Triebfahrzeug aufgestellten Umformers in Gleichstrom umzuwandeln. So entstand die Lokomotive Nr. 1 für die Linie Seebach—Wettingen, die mit Gleichstrom-Traktionsmotoren ausgerüstet war. Ihr mechanischer Teil wurde in den Werkstätten der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur gebaut. Nachdem die Generaldirektion der Schweizerischen Bundesbahnen im Mai 1902 der Maschinenfabrik Oerlikon die Bewilligung zur Umstellung der Linie Seebach—Wettingen erteilt und nachdem auch das Eisenbahndepartement zugestimmt hatte, konnte am 16. Januar 1905 mit den Probefahrten zwischen Seebach und Affoltern begonnen werden; vorher waren noch die Fahrleitung montiert und die übrigen orts-festen Anlagen erstellt worden.

Parallel mit dieser Entwicklung hatte die Maschinenfabrik Oerlikon die Konstruktion eines brauchbaren Einphasen-Kollektormotors für Traktionszwecke in Angriff genommen. Ihrem erfinderrischen Ingenieur, Dr. *Hans Behn-Eschenburg* (1864—1938), gelang im Jahre 1903 der grosse Wurf. Bisher war das Problem der Herstellung eines brauchbaren Einphasen-Bahnmotors immer an den Kommutierungsschwierigkeiten gescheitert, welche auf die in den kurz geschlossenen Ankerspulen transformatorisch induzierten Wechselspannungen zurückzuführen waren. Der Konstrukteur löste nun seine Aufgabe auf Grund von zwei Überlegungen. Einmal wurde die Frequenz auf rund 15 Hz herabgesetzt und ausserdem verschob er das Wendefeld gegenüber dem Hauptstrom in der Phase, was er dadurch erreichte, dass er zur induktiven Hilfspolwicklung des Seriemo-tors einen induktionsfreien Widerstand parallel schaltete.

Von dieser Möglichkeit machte nun Emil Huber-Stockar sofort Gebrauch. Er liess eine zweite Lokomotive bauen und sie mit den neuen Einphasen-Bahnmotoren sowie mit Stufentransformatoren zur

Spannungsregulierung ausrüsten. Sie wurde am 11. November 1905 in Betrieb gesetzt, nachdem die Frequenz in der Fahrleitung der Versuchsstrecke von 50 Hz auf rund 15 Hz herabgesetzt worden war.

Den von der Maschinenfabrik Oerlikon durchgeführten Versuchen war in technischer Beziehung ein voller Erfolg beschieden. Sie erbrachten den Beweis der Brauchbarkeit des Einphasensystems im Sinne der Anschauungen der Studienkommission. Gleichzeitig ergaben sie auch, dass der Einphasen-Kollektormotor in der Bauart von Dr. *Hans Behn-Eschenburg*, der sich später für die ganze Einphasentraction mit niedriger Periodenzahl auf die Dauer als allein lebensfähig erweisen sollte, den Anforderungen eines Vollbahnbetriebes in jeder Hinsicht gewachsen war.

4. Die Rückwirkungen auf die Gotthardbahn

Die Gotthardbahn ging auf den 1. Mai 1909 in den Besitz des Bundes über; seither bildet sie einen Teil des Netzes der Schweizerischen Bundesbahnen. In der Studienkommission hatte die Gotthardbahn bis zur Verstaatlichung in massgebender Weise mitgewirkt. Diese Mitarbeit erfolgte offenbar im Hinblick auf die Tatsache, dass der Dampfbetrieb auf den ausgesprochenen Bergstrecken Erstfeld—Göschenen und Biasca—Airolo sowie im rund 15 km langen Gotthardtunnel grosse Anforderungen an Menschen und Material stellte und deshalb in betrieblicher Hinsicht — im Gegensatz etwa zu ausgesprochenen Flachlandlinien — nicht voll zu befriedigen vermochte. In vorsorglicher Weise wurde deshalb durch die Gotthardbahn im Jahre 1907 auf Veranlassung des Bundesrates vom Kanton Uri die Konzession zur Ausnützung der Wasserkräfte der Reuss zwischen Andermatt und Amsteg mit Einschluss der Meienreuss, des Fellibaches, des Kärstelenbaches und des Eztlibaches erworben. In gleicher Weise ging die Gesellschaft zwei Jahre später auch im Süden vor. Auf Wunsch des Kantons Tessin wurden jedoch die ursprünglich erteilten Wasserrechtskonzessionen teilweise wiederum dem Verleiher zurückgegeben mit Ausnahme des Ritomsees und gewisser Zuleitungen. Bei der Verstaatlichung der Gotthardbahn stellten diese an die Schweizerischen Bundesbahnen übergehenden Wasserrechtskonzessionen einen wertvollen Aktivposten dar.

Im Jahre 1912 wandte sich die Generaldirektion der Schweizerischen Bundesbahnen an die Studienkommission mit dem Ersuchen um Ausarbeitung eines umfassenden Berichtes über die Elektrifizierung der Schweizerischen Bundesbahnen mit besonderer Berücksichtigung der ehemaligen Gotthardbahn. Dieser Entschluss war besonders durch die Tatsache verursacht worden, dass der Verkehr auf der Gotthardbahn als wichtiger internationaler Durchgangslinie in den vorangehenden Jahren in einer Art und Weise zugenommen hatte, die in absehbarer Zeit die Inbetriebnahme neuer Dampflokomotiven mit grösserer Leistungsfähigkeit und alle zugehörigen Begleiterscheinungen, z. B. die Verstärkung von Brücken, erfordert hätte. Hierbei wurde ausserdem verlangt, dass der Bericht in einer für eine Vorlage an den Verwaltungsrat der

Schweizerischen Bundesbahnen passenden Form erstellt werden müsse. Die Kommission entledigte sich ihrer Aufgabe im Mai 1912, wobei sie feststellte, dass der elektrische Vollbahnbetrieb technisch zuverlässig und vollkommen befriedigend möglich sei. Für die Schweizerischen Bundesbahnen mit besonderer Berücksichtigung der ehemaligen Gotthardbahn eigne sich am besten das Einphasen-Wechselstromsystem mit 15 000 V Fahrleitungsspannung und einer Periodenzahl von rund 15 Hz. In ihrem Bericht stellte die Kommission hinsichtlich des Energiebedarfes fest, dass für die

men stützen konnte, da sie praktisch über keinerlei eigene Erfahrungszahlen verfügte. Ferner ergibt sich daraus, mit welcher Sorgfalt bei den Studien und Untersuchungen vorgegangen wurde.

5. Die endgültigen Beschlüsse

Durch den umfangreichen Bericht der Studienkommission vom Mai 1912 war der Boden für das weitere Vorgehen geebnet worden. In seiner Sitzung vom 25. November 1913 bewilligte der Verwaltungsrat der Schweizerischen Bundesbahnen auf Antrag der Generaldirektion einen ersten Elektri-

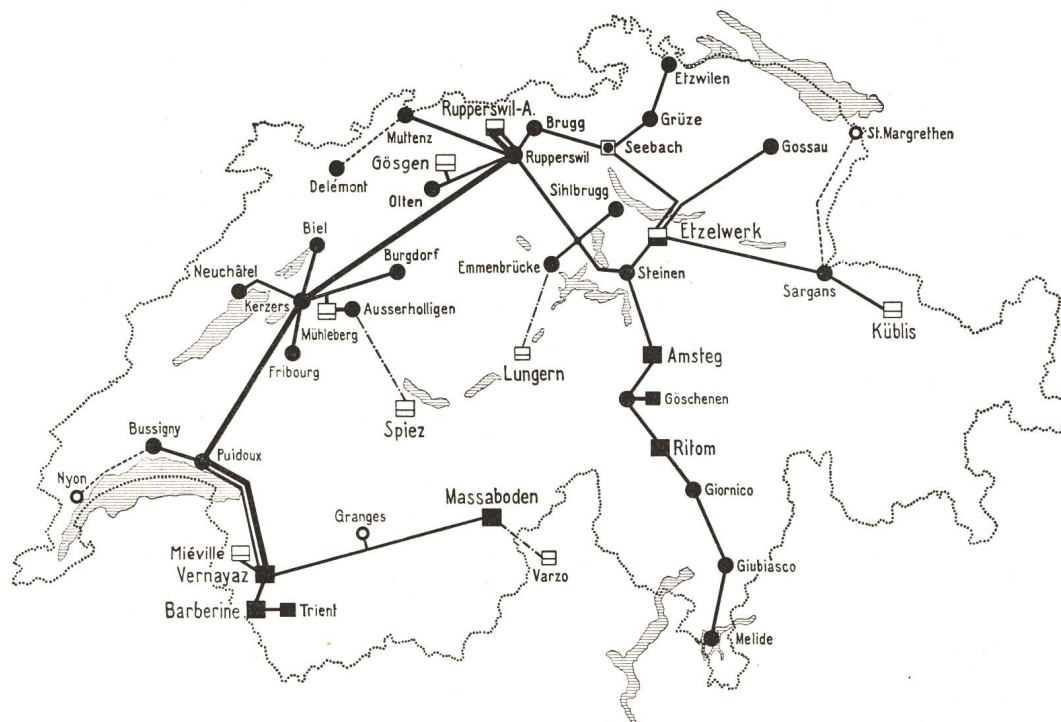


Fig. 1

Kraftwerke, Unterwerke und Übertragungsleitungen der SBB

- SBB-Kraftwerke
- ▣ Gemeinschaftskraftwerke
- Fremde Kraftwerke
- Unterwerke
- ⊙ Unterwerke mit Umformeranlage
- Transformatorenposten

gesamte Elektrifikation der Schweizer Bahnen pro Jahr maximal ca. 1100 GWh erforderlich seien und für die Erzeugung dieser Energie eine Höchstleistung von 405 000 kW an den Wellen der Turbinen benötigt werde. Für die Gotthardbahn allein wurde ein Energiebedarf von rund 110 GWh bei einer maximalen Leistung von rund 41 000 kW festgestellt. Vergleicht man diese Zahlen mit dem heutigen Bedarf an elektrischer Energie bei den mit Einphasen-Wechselstrom von $16\frac{2}{3}$ Hz betriebenen Linien unseres Landes, so erkennt man, dass die von der Studienkommission seinerzeit ermittelten Werte für die ganze Schweiz heute praktisch erreicht werden, während der Bedarf der Gotthardlinie allein auf ungefähr den doppelten Betrag angestiegen ist. Diese Übereinstimmung von Prognose und Wirklichkeit ist bewundernswert, wenn man bedenkt, dass die Studienkommission ihre Berechnungen seinerzeit fast ausschliesslich auf Annah-

fikationskredit in der Höhe von $38\frac{1}{2}$ Millionen Franken zur Umstellung der Strecke Erstfeld—Bellinzona auf weisse Kohle. Ein wichtiger Teilentscheid war in diesem Augenblick allerdings noch nicht gefallen, nämlich derjenige über das anzuwendende Stromsystem. An einer öffentlichen Diskussionsversammlung im Grossratssaal in Bern vom 14. Dezember 1915 standen sich die damals herrschenden Auffassungen Gleichstrom oder Einphasen-Wechselstrom mit tiefer Frequenz nochmals gegenüber. Aus energiewirtschaftlichen Überlegungen heraus wurde von *W. Boveri* (Baden) der Standpunkt vertreten, es sei die kommende Umstellung der Schweizer Bahnen auf weisse Kohle in die allgemeine Landesversorgung einzugliedern, was zwangsläufig zur Wahl des Gleichstromsystems geführt hätte. Ihm gegenüber vertraten Prof. Dr. *W. Wyssling* und Ingenieur *Thormann* den Standpunkt der Studienkommission auf Anwendung des

Einphasen-Wechselstromes mit rund 15 000 V Fahrdrachtspannung und einer Frequenz von rund 15 Hz. Trotz den Bedenken eines damals massgebenden Fachmannes entschied der Verwaltungsrat der Schweizerischen Bundesbahnen in seiner Sitzung vom 18. Februar 1916 auf den Antrag der Generaldirektion, es sei für die Gotthardlinie das Einphasensystem entsprechend den Empfehlungen der Studienkommission einzuführen. Damit war das letzte grössere Hindernis für die Inangriffnahme der Elektrifizierung der Gotthardlinie aus dem Wege geräumt worden.

6. Die Energiebeschaffung

Im Jahre 1913 wurde die Frage der Energiebeschaffung für die für den elektrischen Bahnbetrieb vorgesehenen Linien der Schweizerischen Bundesbahnen in einem ausführlichen Bericht der Generaldirektion behandelt. Sie kam darin zur Auffassung, dass es für die Schweizerischen Bundesbahnen als geboten erscheine, die Kraftwerke für die Erzeugung von Traktionsenergie selbst zu bauen und auch zu betreiben. Als Motivierung wurde angeführt, dass nur auf diese Weise der Energiebedarf der Bahn auch in Zukunft mit Sicherheit gedeckt werden könne. Ausserdem würde sich durch den gesamten Bezug der Bahnenergie von privaten Werken ein finanzieller Vorteil weder für die Schweizerischen Bundesbahnen noch für die Allgemeinheit ergeben. Als wichtiger Grund wurde schliesslich noch angeführt, dass es durchaus Fälle geben könne, in denen ein Zusammengehen mit anderen Werken nützlich sei. Dieser Gedanke wurde später mit der Ausdehnung des elektrischen Betriebes auf zwei verschiedene Arten verwirklicht. Einmal führte er zu den Partnerwerken, von denen heute bereits zwei vorhanden sind (Etzelwerk und Rapperswil-Auenstein), während sich eine dritte Anlage (Göscheneralp) im Bau befindet. Ausserdem beziehen die Schweizerischen Bundesbahnen heute von verschiedenen grösseren Werken an gewissen Punkten ihres elektrischen Netzes Einphasenenergie.

7. Bau und Inbetriebnahme

Mit den eigentlichen Bauarbeiten wurde im zweiten Quartal 1916 während des ersten Weltkrieges begonnen. Sie umfassten die Erstellung der beiden Bahnkraftwerke Amsteg und Ritom, der zugehörigen Übertragungsleitungen für eine Spannung von 60 kV und der Unterwerke zur Herabsetzung der Spannung auf 15 000 V zur Abgabe an die Fahrleitungen. Ferner mussten über den Geleisen die erforderlichen Fahrleitungen montiert und die nötigen Triebfahrzeuge in Auftrag gegeben werden. In haultlicher Hinsicht waren die Brücken zu verstärken und die Geleise in den zahlreichen Tunneln der Gotthardlinie tiefer zu legen, um für die unter Spannung stehende Fahrleitung genügend grosse Abstände gegenüber dem Gewölbe zu erhalten. In Bellinzona wurde die Reparaturwerkstatt, die bisher den Unterhalt der Dampflokomotiven besorgt hatte, für die Übernahme der entsprechenden Arbeiten an den neuen elektrischen Triebfahrzeugen umgebaut, während die

Schwachstromanlagen zur Vermeidung von Störungen durch den Wechselstrom der Fahrleitung verkabelt wurden. Naturgemäss brachte der erste Weltkrieg mit seinen Schwierigkeiten in der Beschaffung der erforderlichen Materialien eine Verzögerung der Arbeiten mit sich, so dass ein erstes Teilstück der Gotthardlinie erst im Jahre 1920 in Betrieb genommen werden konnte. Der Betrieb auf den einzelnen Teilstücken konnte nun folgendermassen aufgenommen werden:

Göschenen—Ambri-Piotta:	15. September 1920
Göschenen—Erstfeld:	18. Oktober 1920
Ambri-Piotta—Biasca:	12. Dezember 1920
Biasca—Castione-Arbedo:	4. April 1921
Castione-Arbedo—Bellinzona:	29. Mai 1921
Bellinzona—Chiasso:	6. Februar 1922
Erstfeld—Arth-Goldau:	1. Mai 1922
Arth-Goldau—Luzern:	28. Mai 1922

Ein eigentümlicher Zufall will es, dass die ganze rund 225 km lange Strecke Luzern—Chiasso fast auf den Tag genau 40 Jahre nach der Eröffnung (1. Juni 1882) vollständig elektrisch betrieben werden konnte.

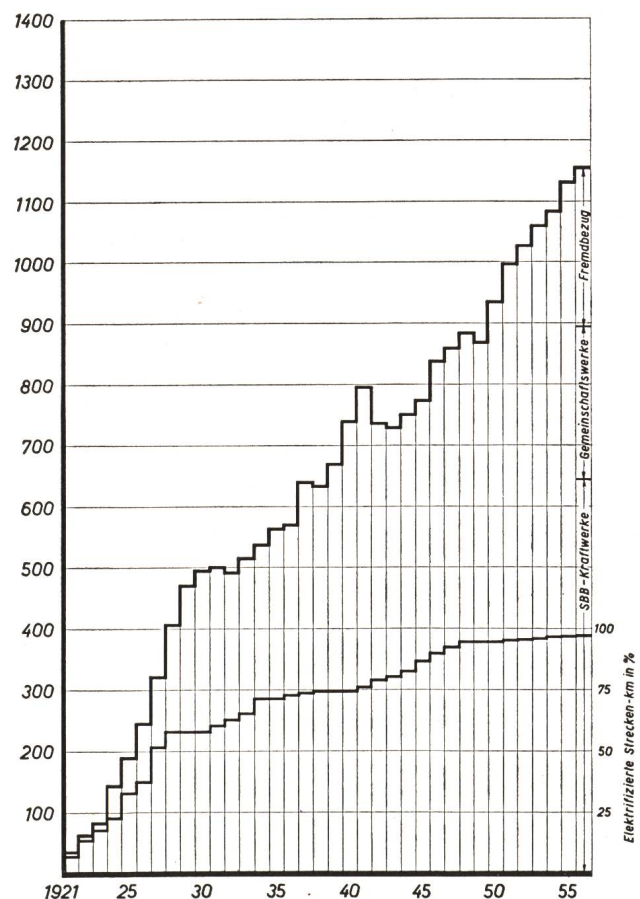


Fig. 2
Entwicklung des jährlichen Energiebedarfes und der elektrifizierten Strecken der SBB

Abszisse: Jahre
Ordinate: Jährlicher Energiebedarf in GWh, bzw. elektrifizierte Streckenkilometer in % der Gesamtstreckenlänge.

8. Die Auswirkungen der Elektrifizierung der Gotthardbahn auf die übrige Schweiz

Heute wird die gesamte Gotthardbahn seit 35 Jahren elektrisch betrieben. Noch bevor die

eigentlichen Betriebserfahrungen mit dem Einphasensystem auf der Gotthardlinie vorlagen, wurde bereits ein weiterer bedeutungsvoller Schritt in der Umstellung unserer Bundesbahnen auf weisse Kohle vorgenommen. Unter dem Eindruck der Kohlennot nach dem ersten Weltkrieg fasste der Verwaltungsrat der Schweizerischen Bundesbahnen am 30. August 1918, d. h. rund zwei Jahre vor der Aufnahme des elektrischen Betriebes, auf einem Teilstück der Gotthardlinie, den Beschluss, es seien in drei zehnjährigen Bauetappen alle wichtigen Strecken des Bundesbahnnetzes zu elektrifizieren. Schon fünf Jahre später folgte durch Beschluss vom 5. Mai 1923 das sogenannte beschleunigte Elektrifikationsprogramm, so dass Ende 1928 rund 55 % des ungefähr 2900 km langen Netzes der Bundesbahnen vom Dampfkross Abschied genommen hatten. Später wurde die Reihe der Elektrifikationsprogramme weiter fortgesetzt. Am Ende der fünften Periode waren total 2697 km oder rund 93 % des Netzes auf weisse Kohle umgestellt. Seither wurde der Dampfbetrieb noch auf einigen weiteren Linien aufgegeben (Winterthur—Wald, Basler Verbindungsbahn, Sissach—Läufelfingen—Olten u. a.), so dass heute rund 97 % der Streckenlänge von elektrischen Triebfahrzeugen befahren werden.

In technischer Hinsicht war dem Übergang vom Dampfbetrieb zur weissen Kohle ein voller Erfolg beschieden. Die gemachten Erfahrungen waren in jeder Beziehung erfreulich. Wohl traten auch gewisse Kinderkrankheiten auf, doch konnten solche Perioden jeweils rasch überwunden werden. Das gleiche gilt auch für die wirtschaftliche Seite. Vergleichsweise sei erwähnt, dass beim heutigen Verkehrsvolumen bei reiner Dampftraktion rund 1,7 Millionen t Kohle im Werte von mehr als 200 Millionen Franken erforderlich wären. Dazu kämen noch alle weiteren zusätzlichen Kosten der Dampftraktion gegenüber der weissen Kohle, die das Bild noch mehr zu Gunsten des elektrischen Betriebes verschieben würden. Ferner wären technische und betriebliche Schwierigkeiten zu berücksichtigen, z. B. die viel stärkere Belegung der Hauptlinien mit Zügen infolge der kleineren Belastungen der Dampftraktion. Ganz besonders aber hat sich der elektrische Bahnbetrieb in den Jahren des zweiten

Weltkrieges bewährt, als die Kohleneinfuhr aus dem Ausland auf ein Minimum zurückging. Unsere einheimische weisse Kohle erlaubte den Schweizerischen Bundesbahnen die Aufrechterhaltung eines gut ausgebauten Fahrplans zusätzlich zu den zahlreichen militärischen Transporten. Es hätte für das ganze Land eine Katastrophe bedeutet, wenn wir unsere Bahnen nicht weitgehend schon vor dem Jahre 1939 und dann noch zusätzlich während des zweiten Weltkrieges auf elektrischen Betrieb umgestellt hätten, da die Strasse mit ihrer vollständigen Abhängigkeit von der ausländischen Zufuhr der Treibstoffe für Transporte über grössere Entfernungen sehr rasch ausfiel und die Bevölkerung sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr nahezu ausschliesslich auf die Bahnen angewiesen war.

Die Systemfrage, die, wie bereits früher erwähnt, lange Zeit die Gemüter in den massgebenden Kreisen bewegt hatte, wurde seinerzeit zu Gunsten des Einphasensystems entschieden. Seit jenem denkwürdigen Entscheid des Verwaltungsrates der Bundesbahnen am 18. Februar 1916 sind heute mehr als 40 Jahre vergangen. Es kann heute festgestellt werden, dass die Hoffnungen, die man damals auf jenen Entscheid setzte, voll in Erfüllung gegangen sind. Auch die starke Zunahme des Verkehrs vermochte der Leistungsfähigkeit des Einphasensystems mit niedriger Periodenzahl in keiner Weise Abbruch zu tun. Im Gegensatz dazu war beispielsweise Frankreich, das sich seinerzeit zur Einführung des Gleichstromsystems mit einer Fahrleitungsspannung von 1500 V entschieden hatte, aus technischen und aus wirtschaftlichen Überlegungen heraus später gezwungen, nach neuen Lösungen auf dem Gebiete der elektrischen Zugförderung zu suchen (Einphasenwechselstrom, 50 Hz), was natürlich der Einheitlichkeit des Betriebes, der Freizügigkeit in der Verwendung der Triebfahrzeuge innerhalb des ganzen Landes ohne besondere Massnahmen, sowie einer Beschleunigung des Verkehrs (Wechsel des Stromsystems in gewissen Bahnhöfen) keineswegs förderlich ist.

Adresse des Autors:

A. Degen, Dipl. El.-Ing. ETH, Allmendstr. 17, Zollikofen (BE).

Zehn Jahre Mitarbeit an der Elektrifizierung der SBB

Von H. W. Schuler, Zürich

621.331(494)

Eigentlich entstand der Wunsch mitzumachen schon am 20. März 1914, als ich, noch ein sehr junger Ingenieur, in New York einen Vortrag anhörte, den *Emil Huber-Stockar*, mein späterer Chef, im New York Railroad Club hielt über die Bestrebungen der Schweiz auf dem Gebiet der Bahnelektrifizierung¹⁾. Als ich ihm einige Tage später das Bahnkraftwerk Coscob der New York, New Haven & Hartford Railroad, an deren Elektrifizierung zwischen Stamford und New Haven ich mir meine ersten praktischen Erfahrungen erwarb, zeigte und

mit ihm ins Gespräch kam, war mein Eindruck so, dass ich mir sagte: Nein, du bleibst hier, in der Schweiz dürfte es zu kleinlich zugehen.

Dann kam der Krieg, das Einrücken, Monate des Aktivdienstes und schliesslich eine Anstellung bei Brown, Boveri in der Abteilung für Lokomotivbau. Im Frühjahr 1917 begann dann meine zehnjährige Tätigkeit bei der Generaldirektion der SBB in Bern in der Abteilung für Elektrifizierung, welcher *Emil Huber-Stockar* als Oberingenieur vorstand. Nichts erinnerte an den nicht zusagenden Eindruck, den ich vier Jahre früher in Amerika

¹⁾ Electric Railway J. Bd. 43(1914), Nr. 13.