

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 38 (1947)
Heft: 15

Artikel: Das schweizerische Eisenbahnjubiläum und die Elektrotechnik
Autor: Kummer, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061432>

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: 03.04.2025

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

Das schweizerische Eisenbahnjubiläum und die Elektrotechnik

Von W. Kummer, Zürich

621.3 : 625.1(494)

Bei der Hundertjahrfeier der schweizerischen Eisenbahnen gedenkt die schweizerische Elektrotechnik der vielen Interessen, die sie von jeher mit den Eisenbahnen verbunden haben. In der Entwicklung der Beziehungen können drei gut bestimmbare Perioden abgegrenzt werden. In der ersten Periode, 1847...1888, waren es die Anwendungen des Schwachstroms, mit denen die Eisenbahnen sich hauptsächlich zu befassen hatten. In der folgenden Periode, 1888...1916, unternahm die Elektrotechnik mit Erfolg gekrönte Anstrengungen, den Eisenbahnen die elektrische Zugförderung zu verschaffen; der wichtige Entscheid über das für Hauptbahnen anzuwendende System fällt ins Jahr 1916. In der letzten Periode, 1916...1947, erobert die elektrische Zugförderung die schweizerischen Eisenbahnen sozusagen vollständig.

Le centenaire des chemins de fer suisses est pour l'électrotechnique suisse une occasion de se souvenir des multiples intérêts qui l'ont de tout temps unie aux chemins de fer. Dans ce développement, on peut délimiter trois périodes bien distinctes. La première période, de 1847 à 1888, est celle où les applications du courant faible sont presque les seules à intéresser les chemins de fer. La période suivante, de 1888 à 1916, est celle des efforts victorieux de l'électrotechnique en vue de l'électrification des chemins de fer; elle aboutit en 1916 à l'importante décision de principe relative au système de traction des lignes principales. La dernière période, de 1916 à 1947, est celle de l'extension de la traction électrique à la presque totalité des lignes de chemins de fer suisses.

Einleitung

Für die Elektrotechnik sind die Eisenbahnen nicht nur als Abnehmer mannigfacher Erzeugnisse der Starkstrom- und der Schwachstromtechnik, sondern auch als Bezüger erheblicher Mengen elektrischer Energie bei zum Teil besonderen Bedingungen hinsichtlich Stromart und Spannung von grosser Bedeutung. In dieser Betrachtungsweise ist für das erste Jahrhundert der schweizerischen Eisenbahnen der 6. Juni 1888, als Tag der Inbetriebnahme der ersten schweizerischen Eisenbahnfahrzeuge, ein wichtiger Zeitpunkt der Entwicklung. Von analoger Bedeutung ist der 18. Februar 1916, als Tag der Wahl des Einphasenwechselstromsystems für den elektrischen Betrieb der schweizerischen Hauptbahnen. So wird auf dem Gebiet der Elektrotechnik die schweizerische Eisenbahngeschichte von 1847...1947 in drei Zeitabschnitte unterteilt, einen ersten von 1847...1888, einen zweiten von 1888...1916 und einen dritten von 1916...1947.

In jedem dieser Zeitabschnitte kann man das Wachsen und Gedeihen sowohl des Eisenbahnwesens, als auch der Elektrotechnik feststellen. Im ersten Zeitabschnitt absorbierte die Eisenbahn gegenüber der Elektrotechnik die weitaus grösseren Investitions-Kapitalien; im mittleren und besonders im letzten Zeitabschnitt kam auch die Elektrotechnik in die Lage, grosse Investitions-Kapitalien in Anspruch nehmen zu müssen, von denen heute ein bedeutender Teil gleichzeitig als Anlagekapital unserer fast restlos elektrisch gewordenen Bahnen auftritt.

1. Periode: 1847 bis 1888

Nicht nur die Eisenbahnen, auch die Elektrotechnik wurde in der Schweiz durch Staatsakte ins Leben gerufen, jene durch kantonale Konzessionen, diese durch das Bundesgesetz vom 23. Dezember 1851 über die Erstellung des elektrischen Telegraphen; die Telegraphie war damals übrigens die wichtigste praktische Anwendung der Elektrizität. Das schweizerische Eisenbahnwesen ist eigentlich schon am 15. Juni 1844 mit der Inbetriebnahme der Grenzstrecke St. Ludwig-Basel der Elsässerlinie von Strassburg über Mülhausen nach Basel entstanden. Da die Strecke St. Ludwig-Basel jedoch erst 1872 in den Besitz einer schweizerischen Bahn gelangte, wird mit Recht die am 9. August 1847 erfolgte In-

betriebnahme der Eisenbahnlinie von Zürich nach Baden als Geburtsakt der schweizerischen Eisenbahnen betrachtet. Die Linie war im Besitz der «Nordbahn», die am 1. Juli 1853 von der Schweizerischen Nordostbahn übernommen wurde und seit 1902 zum Netz der Schweizerischen Bundesbahnen (die im folgenden stets als SBB bezeichnet werden) gehört. Für alle in der Folge entstehenden schweizerischen Eisenbahnen wurde zunächst das Bundesgesetz vom 28. Juli 1852 über den Bau und Betrieb von Eisenbahnen massgebend. In diesem Gesetz wurden auch schon Verpflichtungen der Eisenbahnen gegenüber der staatlichen Telegraphen-Verwaltung festgesetzt, womit eine erste amtliche Begegnung der schweizerischen Eisenbahnen mit der schweizerischen Elektrotechnik stattfand. Das Bundesgesetz von 1851 über die Erstellung des elektrischen Telegraphen führte einerseits zum Bau eines schweizerischen Telegraphennetzes mit vorläufig 1920 km Leitungen und 27 Bureaux, das am 5. Dezember 1852 eröffnet wurde, andererseits auf die Errichtung der Schweizerischen Telegraphen-Werkstätte in Bern als des ältesten Unternehmens der schweizerischen Elektroindustrie. Diese Werkstätte begann unter der zielbewussten Leitung von M. Hipp ihre Tätigkeit ebenfalls im Jahre 1852. Beim weiteren Ausbau verlegte die Telegraphen-Verwaltung ihre Leitungen mehr und mehr an die Eisenbahnlinien, wobei die Ueberwachung und der Unterhalt vom Bahnpersonal besorgt und damit der Betrieb verbilligt werden konnte. Dafür wurde den Eisenbahnen das Recht eingeräumt, am Telegraphengestände einen eigenen Draht für den Bahndienst anzubringen. Von 1854 an ergab sich eine starke Entwicklung der Eisenbahnen, so dass bis zur Eröffnung der Hauptlinie der Gotthardbahn (am 1. Juni 1882) an sogenannten Hauptbahnen vorhanden waren: die Centralbahn mit 322 km, die Nordostbahn mit 541 km, die Vereinigten Schweizerbahnen mit 278 km, die Jura-Bern-Luzern-Bahn mit 350 km und die Suisse Occidentale mit 599 km. Nebenbei entstanden in der gleichen Zeit auch eine Anzahl normalspuriger und schmalspuriger Nebenbahnen, sowie die ersten Zahnradbahnen, Tramways und Standseilbahnen.

Auf dem Gebiet der Elektrotechnik waren die fünfziger und sechziger Jahre durch eifrigen Aus-

bau der Telegraphenlinien gekennzeichnet; von 1855 an wurden auch Seekabel und Bodenkabel verlegt. Eine weitere elektrotechnische Konstruktionswerkstätte wurde 1860 in Neuchâtel durch den hierher umgezogenen M. Hipp eröffnet. In den sechziger und siebziger Jahren folgte die Entwicklung der Telephonie, die durch die Ausstellung in Philadelphia 1876 allgemein bekannt wurde. Die eidgenössische Telegraphen-Verwaltung nahm sich sofort der neuen Erfindung an und erstrebte ein Staatsregal, das durch einen Bundesbeschluss vom 19. Dezember 1878 verwirklicht wurde. In Zürich wurde am 1. Januar 1881 das erste schweizerische Telephonnetz mit 140 Teilnehmern eröffnet. Erst in den siebziger Jahren ist allmählich auch eine schweizerische Starkstromtechnik entstanden. Dem Basler Ingenieur *E. Bürgin* gebührt das Verdienst, 1875 den ersten schweizerischen Gleichstromgenerator gebaut zu haben. Zusammen mit *R. Alioth* gründete er 1881 die erste schweizerische Fabrik für Dynamomaschinen eigener Bauart. Nach ausländischen Modellen (Siemens) war bereits 1874 die *Société Genevoise pour la construction d'instruments de physique* an den Bau von Dynamomaschinen herangetreten. In dieser Firma erwarb *R. Thury* seine ersten Kenntnisse über Dynamomaschinen, die er 1882 nebst weiteren, auch in Amerika erworbenen Erfahrungen, in der Stellung eines Elektrikers der Firma *A. de Meuron & H. Cuénod* in Genf zur Herstellung von Gleichstrommaschinen nach eigenen Ideen verwertete. Von ihm stammt auch die erste schweizerische Anlage der Beleuchtung mit Glühlampen (*Moulin de Gilamon*) und die erste schweizerische Kraftübertragung mit Elektrizität (in *Bözingen bei Biel*). Damit waren für die Eisenbahnverwaltungen elektrisches Licht und elektrische Kraft interessant geworden. Nun konnten Bogenlampen-Beleuchtungen für Bahnhofgeleise, Glühlampen-Beleuchtungen für Bureaux und Personenwagen, sowie die elektrische Kraftübertragung für Signale, Werkstätten usw. grundsätzlich in Betracht gezogen werden. Ueber Erstanwendungen fehlen sichere Angaben. Für die Entwicklung der schweizerischen Elektrotechnik wurde 1884 der von der Maschinenfabrik *Oerlikon* (in der Folge mit *MFO* bezeichnet) gefasste Beschluss der Aufnahme des Baues elektrischer Maschinen von grosser Bedeutung; als Leiter der neuen Abteilung wurde *C. E. L. Brown* gewonnen, der sich bald als besonders hervorragender Schöpfer von Neukonstruktionen und Erfindungen auswies. Ferner ist der am 14. August 1886 erfolgte Gründung der *Société Electrique Vevey-Montreux* zu gedenken, die sowohl die ersten schweizerischen Wechselstrommaschinen als auch die ersten schweizerischen Gleichstrom-Bahnmotoren herstellte. Diese Bahnmotoren fanden Verwendung in den Motorwagen der am 6. Juni 1888 eröffneten Tramwaylinie *Vevey-Montreux-Chillon* von 10,5 km Länge, der ersten schweizerischen elektrischen Bahn.

Damit ist die Grenze der Periode von 1847...1888 erreicht, von der man über das Eingehen der Elektrotechnik in das Eisenbahnwesen zusammenfassend folgendes feststellen kann: Im Anfang waren es aus-

schliesslich, am Ende noch vorwiegend die Schwachstromanlagen, mit denen die Elektrotechnik den Eisenbahnen dienen konnte. Mit dem elektrischen Telegraphen begann diese Entwicklung, in deren Verlauf dann Signalanlagen, besonders Lätwerke, sowie die Telephonie erschienen.

2. Periode: 1888 bis 1916

Zur Beschränkung störender Einwirkung des Fahrstroms der Trambahn *Vevey-Montreux-Chillon* auf die staatlichen Schwachstromanlagen wurde die Bahnverwaltung gezwungen, unter Verzicht auf die Verwendung der Geleise zur Stromleitung, eine doppelpolige Fahrleitung zu erstellen. Die in der zweiten Hälfte der achtziger Jahre wiederholt auftretenden Störungen und Gefährdungen der Telegraphen- und Telephonanlagen, die aus der Nachbarschaft oder von der Kreuzung mit Starkstrom- und Schwachstromleitungen herrührten, gaben Anlass zur geordneten staatlichen Reglementierung, die in einem am 26. Juni 1889 erlassenen Bundesgesetz über die Erstellung elektrischer Linien zum Ausdruck kam. Durch die in diesem Gesetz vorgesehenen Verordnungen und Instruktionen beunruhigt, schufen sich die Vertreter von Starkstrom-Interessen in dem am 7. Juli 1889 gegründeten *Schweizerischen Elektrotechnischen Verein (SEV)* das geeignete Organ, um bei der Reglementierung der Elektrotechnik aktiv die eigenen und die allgemeinen Interessen wahrnehmen zu können. Nachdem in den neunziger Jahren den elektrischen Bahnen die Geleiseanlagen zur Stromleitung freigegeben waren, setzte eine lebhafte Entwicklung solcher Bahnen ein.

Anfangs der neunziger Jahre wurde erstmals in elektrischen Starkstromanlagen der Drehstrom verwendet. Auf diesem Gebiet vollbrachte *C. E. L. Brown*, zunächst noch im Dienste der *MFO*, vom Oktober 1891 an in der von ihm mitgegründeten Firma *Brown, Boveri & Cie.* (in der Folge mit *BBC* bezeichnet) glänzende Pionierleistungen. Mit der im Jahre 1895 eröffneten Trambahn *Lugano* erscheint erstmals der Drehstrom als Fahrstrom elektrischer Bahnen. Im Jahre 1898 wenden ihn drei ganz bzw. teilweise als schmalspurige Zahnradbahnen arbeitende Bergbahnen als Fahrstrom an: *Gornergratbahn*, *Jungfraubahn* und *Stansstaad-Engelbergbahn*. Besonders bedeutungsvoll wird Drehstrom als Fahrstrom durch seine Anwendung auf der am 21. Juli 1899 eröffneten, normalspurigen, 41 km langen *Burgdorf-Thun-Bahn*; dieser elektrische Bahnbetrieb liess erkennen, dass es in verhältnismässig kurzer Zeit möglich sein musste, die schweizerischen Bahnen allgemein elektrisch, mit einer Energieversorgung aus unseren Wasserkraft-Elektrizitätswerken, zu betreiben. Dieselbe Erwartung liess, allerdings mit anderer Stromart, die vom Jahre 1902 an elektrisch betriebene, 32 km lange Gleichstrom-Bahn *Freiburg-Murten-Ins* realisierbar erscheinen. Im Jahre 1902 wurde erstmals eine dritte Stromart als Eisenbahn-Fahrstrom anwendbar erklärt: der Einphasen-Wechselstrom niedriger Frequenz bei sehr hoher Fahrdrachtspannung wurde durch *E. Huber-Stockar*, den damaligen Direktor der *MFO*, als best-

geeignete Stromart für die Vollbahn-Elektrifizierung bezeichnet, und die Bereitschaft der MFO zur Erprobung einer auf eigene Kosten und auf eigene Gefahr versuchsweise nach diesem System durchzuführenden Elektrifizierung einer schweizerischen Bahnstrecke erklärt.

Inzwischen war die Verstaatlichung schweizerischer Hauptbahnen in Gang gekommen. Eine Botschaft des Bundesrates an die Bundesversammlung vom 25. März 1897 hatte den Rückkauf der fünf grössten schweizerischen Eisenbahn-Unternehmungen empfohlen, nämlich der Jura-Simplon-Bahn (im wesentlichen die Linien der früher erwähnten Jura-Bern-Luzern-Bahn und der Suisse Occidentale), der Centralbahn, der Nordostbahn, der Vereinigten Schweizer Bahnen und der Gotthardbahn. Das betreffende Bundesgesetz wurde am 15. Oktober 1897 von der Bundesversammlung, am 20. Februar 1898 in der Volksabstimmung gutgeheissen. Der Uebergang der fünf Hauptbahnen an den Bund, d. h. in die Verwaltung der SBB, vollzog sich in den Jahren 1902 und 1903 für die vier erstgenannten Hauptbahnen, 1909 für die Gotthardbahn.

Die von der MFO zur Erprobung ihres Einphasen-Bahnbetriebs in Aussicht genommene Strecke Seebach-Wettingen der SBB von 19,5 km Länge konnte 1904 auf dem ersten Teilstück Seebach-Afoltern mit einer Umformerlokomotive, die Einphasenstrom von 50 Hz bei 15000 V Fahrdrachtspannung aufnahm und mit Gleichstrom-Achsentriebmotoren total 300 kW für die Zugförderung entwickelte, befahren werden. Nachdem im Sommer 1904 ein Einphasen-Seriemotor von 185 kW Stundenleistung für 15 Hz und 300 V Klemmenspannung ausprobiert war, der ausser der schon früher bekannten Kompensationswicklung auch eine Hilfspolwicklung aufwies, die ein phasenverschobenes, magnetisches Kommutationsfeld entwickelte, wurde 1905 eine zweite Lokomotive mit zwei solchen Motoren zur Aufnahme von Einphasenstrom von 15 Hz bei 15 000 V Fahrdrachtspannung gebaut und auf der Versuchsstrecke in Dienst genommen; auch die Umformerlokomotive wurde nun für die niedrige Frequenz eingerichtet und später nach Entfernung des Umformers ebenfalls mit zwei der neuartigen Seriemotoren ausgerüstet. Die Erfindung des den Bau hochwertiger Einphasen-Bahnmotoren erst ermöglichenden, phasenverschobenen Kommutationsfeldes ist das epochale Werk von *H. Behn-Eschenburg*, damaligem Chefelektriker der MFO. Sowohl beim Betrieb mit 50 Hz als auch bei jenem mit 15 Hz traten zunächst schwere Störungen in den der Bahn benachbarten, oberirdisch verlegten interurbanen Telefonleitungen auf, die aber durch geeignete Massnahmen auf der Schwachstromseite und auf der Starkstromseite auf ein annehmbares Minimum herabgedrückt werden konnten. Nach Vollendung der Streckenausrüstung bis Wettingen wurde in der Zeit vom 1. Dezember 1907 bis 4. Juli 1909 der programmässige Versuchsbetrieb der Linie Seebach-Wettingen mit Erfolg durchgeführt.

Inzwischen waren weitere für die Elektrifizierung unserer Hauptbahnen wichtige Ereignisse eingetre-

ten. Das eine war die Gründung der «Schweizerischen Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb», in der das Eidgenössische Eisenbahndepartement, die SBB, Privatbahnen, Berufsverbände, Kraftwerke und Banken vertreten waren. Diese auf Anregung des SEV im Mai 1904 gebildete Kommission sprach sich 1912 in einem von der Generaldirektion der SBB erbetenen Gutachten für die Hauptbahn-Elektrifizierung, mit besonderer Berücksichtigung der Gotthardbahn, zugunsten des im Versuchsbetrieb von Seebach-Wettingen erprobten Einphasensystems aus. Das zweite wichtige Ereignis war die Einrichtung des elektrischen Betriebes im Simplontunnel. Als dieser ausserordentlich schwierige Tunnelbau 1905 mit der ersten seiner zwei Tunnelröhren der Vollendung entgegen ging, machte die Firma Brown Boveri den SBB, die den Betrieb der internationalen Bahnstrecke Brig-Iselle von 22 km Länge zu besorgen hatte, das Angebot, diese Strecke auf eigene Kosten zu elektrifizieren und zunächst auch selbst zu betreiben. Sie konnte dazu zwei Drehstrom-Lokomotiven für 3000 V Fahrdrachtspannung und 15 Hz, die für die Veltlinbahn geliefert werden sollten, verfügbar machen; dadurch wurde aber das für den Simplontunnel zu wählende Stromsystem präjudiziert. Die Offerte wurde trotzdem angenommen, so dass am 1. Juni 1906 der Tunnel mit elektrischem Betrieb eröffnet werden konnte. Am 1. Juni 1908 wurden die vorzüglich ausgeführten Anlagen von den SBB fest übernommen, wobei auch der elektrische Betrieb an sie überging.

Für die nördliche Zufahrt zum Simplon bestand seit Jahren ein Bauprojekt mit dem sogenannten Lötschbergtunnel als wichtigstem Bauobjekt. Für die Verwirklichung dieser Zufahrtslinie wurden 1906 die entscheidenden Schritte getan und die Gesellschaft der Berner Alpenbahn Bern-Lötschberg-Simplon gebildet, die von vorneherein einen elektrischen Betrieb der neuen Linie in Aussicht nahm. Die bereits vorhandene und mit Dampf betriebene 14 km lange Teilstrecke Spiez-Frutigen wurde 1909 zur Elektrifizierung mit dem System des damals eben eingestellten Versuchsbetriebs Seebach-Wettingen bestimmt; den bedeutungsvollen Beschluss erwirkte der elektrotechnische Berater *L. Thormann* der Berner Alpenbahn. Der elektrische Betrieb dieser Strecke konnte 1910 eröffnet werden. Im Jahre 1911 wurde auf ihr die von der MFO ausgerüstete, mit zwei Motoren 750 kW leistende, bisher grösste schweizerische Einphasen-Lokomotive in Betrieb genommen.

Angesichts der bevorstehenden Uebernahme des elektrischen Betriebes im Simplontunnel richteten die SBB im Jahre 1908 beim Baudepartement ihrer Generaldirektion ein besonderes Bureau für elektrischen Bahnbetrieb ein, das namentlich auch die Energieversorgung eines umfassenden elektrischen Betriebes der SBB aus schweizerischen Wasserkraftwerken zu studieren hatte. Zuerst sollte allerdings die Gotthardlinie elektrifiziert werden, für die Wasserrechte in den Kantonen Uri und Tessin vorsorglich schon erworben worden waren. Ende 1911 erweiterten die SBB ihr Bureau für elektrischen Bahn-

betrieb zu einer den andern technischen Abteilungen bei der Generaldirektion gleichgeordneten Abteilung und bestellten 1912 zum Oberingenieur provisorisch — in Wirklichkeit dann bis 1925 — den ständigen elektrotechnischen Berater der Generaldirektion *E. Huber-Stockar*, der nach seinem Austritt aus der Direktion der MFO als Berater hatte gewonnen werden können. Diese Wahl sollte sich als besonders glücklich erweisen.

Inzwischen war im schweizerischen Eisenbahnnetz eine weitere bedeutungsvolle Elektrifizierung vorbereitet worden. Die Rhätische Bahn, mit einem der Vollendung entgegengehenden Netz von Linien in Meterspur und 276 km totaler Linienlänge, entschloss sich zur etappenweisen Einführung des elektrischen Betriebes mit Einphasenwechselstrom von $16\frac{2}{3}$ Hz bei 11 000 V Fahrdrachtspannung. Ihre Engadinerlinien, von denen 14 km bereits mit Dampf betrieben wurden, sowie die im Bau befindliche Hauptstrecke von 49 km Länge, bildeten das erste Elektrifizierungsobjekt; der elektrische Betrieb dieser Linien konnte im Sommer 1913 aufgenommen werden. Gleichzeitig konnte auch auf der 60 km langen Hauptstrecke Frutigen–Brig der Berner Alpenbahn der elektrische Betrieb eröffnet werden. Seiner Durchführung dienten vor allem 13 Lokomotiven von je 1100 kW Leistung, deren elektrische Ausrüstung mit je zwei Motoren nach System Oerlikon von den Firmen MFO und BBC geliefert wurde.

Das Jahr 1913 ist weiter auch für die Elektrifizierung der SBB wichtig geworden. In einem Bericht der Generaldirektion an den Verwaltungsrat der SBB wurden für deren zukünftigen elektrischen Betrieb Eigenbau und Eigenbetrieb der benötigten Kraftwerke vorgesehen; ein weiterer Bericht legte ein Ausführungsprojekt und einen Kostenvoranschlag für die Elektrifizierung der Gotthardstrecke Erstfeld–Bellinzona von 109,3 km Länge vor, und zwar mit Einphasen-Wechselstrom von $16\frac{2}{3}$ Hz und 15 000 V als Berechnungsgrundlage, wobei aber gleichzeitig die endgültige Systemwahl noch vorbehalten wurde. Der Systementscheid fiel erst am Anfang des Jahres 1916 (Vorlage der Generaldirektion vom 12. Januar, Zustimmung des Verwaltungsrates vom 18. Februar) mit der endgültigen Wahl des Einphasen-Wechselstromsystems gemäss dem Projekt von 1913. «Für die SBB waren bei der definitiven Wahl des Einphasensystems im Jahre 1916 massgebend der Stand der Technik, die Gesamtheit der bekannt gewordenen Erfahrungen, die Bereitschaft der schweizerischen elektrotechnischen Industrie, das Schonvorhandensein und der technische Erfolg des elektrischen Betriebes der Lötschbergbahn und das durch die Ereignisse bestätigte Gutachten des schweizerischen Studienkomitees für elektrischen Bahnbetrieb.» Mit diesen Worten äussert sich *E. Huber-Stockar* in seinem Bericht an die Teiltagung der Weltkraft-Konferenz in Basel 1926.

In die Darstellung der Beziehungen der Elektrotechnik zur Eisenbahntechnik von 1888...1916 sind noch einige Angaben über die sich in dieser Periode ausbreitende elektrische Beleuchtung der Personenzüge von Dampf-Eisenbahnen aufzunehmen. Diese

Beleuchtung wurde anfänglich durch eine im Wagen mitgeführte Akkumulatorenatterie ermöglicht, die von ortsfesten Gleichstromquellen aus aufgeladen werden musste. Dann wurden Systeme der Wagenbeleuchtung mit einer von einer Wagenachse aus angetriebenen sogenannten Zugbeleuchtungsdynamo entwickelt; unter diesen Systemen hat hauptsächlich das von *H. Kull*, Olten, geschaffene und später von BBC weiter entwickelte System auf den schweizerischen Dampf-Eisenbahnen Anwendung gefunden.

Eine Uebersicht über die Ausbreitung des schweizerischen elektrischen Bahnbetriebes zu Beginn des Jahres 1916 zeigt die seit 1888 von unserer elektrotechnischen Industrie vollbrachte grosse Leistung, die übrigens an der Schweizerischen Landesausstellung in Bern im Jahre 1914 bereits voll zur Geltung kam. Zu Beginn des Jahres 1916 waren rund 1900 km der schweizerischen Bahnen elektrisch betrieben, von denen rund 80 % dem Gleichstrom-, rund 6 % dem Drehstrom- und rund 14 % dem Einphasensystem zufielen. Im grossen Anteil des Gleichstromsystems sind normalspurige Bahnen mit nur 2,5 % enthalten, während die übrigen 77,5 % auf Schmalspur-, Strassen- und Zahnradbahnen fallen. Von 48 im Jahre 1916 in Betrieb stehenden Standseilbahnen hatten 36 elektromotorischen Antrieb¹⁾.

3. Periode: 1916 bis 1947

Das Jahr 1916 ist nicht nur das Jahr der Systemwahl der SBB, sondern auch das Jahr der Einführung des Mutators in die Energieversorgung der elektrischen Bahnen; die Erstanwendung erfolgte damals durch die Limmattalstrassenbahn. Den Bemühungen von BBC war es gelungen, den ursprünglich nur als physikalischen Apparat brauchbaren Quecksilberdampf-Gleichrichter zu einem betriebs-sichern und auch grosse Leistungen umsetzenden Energiewandler zu entwickeln; die Firma hat ihm in der Folge die Bezeichnung «Mutator» gegeben. Der Mutator ist mehr und mehr in den Anlagen schweizerischer Gleichstrombahnen installiert worden.

Die gewaltige Ausdehnung, die die elektrische Zugförderung von 1916...1947 nicht nur auf den Linien der SBB, sondern auch auf den normalspurigen Linien der Privatbahnen fand, veranlasst zu einer stark gedrängten Betrachtungsweise. Die bedeutende Entwicklung der elektrischen Zugförderung ausserhalb der SBB ist in wesentlichem Masse dem Bundesgesetz vom 2. Oktober 1919 zu verdanken, das die finanzielle Unterstützung der schweizerischen Eisenbahngesellschaften durch den Bund ermöglichte. Wegen des ersten Weltkrieges, in dessen Ablauf das Epochejahr 1916 liegt, kam es im Jahre 1917 zu einem starken Mangel an Kohle, der eine beschleunigte, teilweise provisorisch gedachte Elektrifizierung kürzerer Bahnstrecken sowohl auf Linien der SBB als auch auf Linien von Privatbahnen zur Folge hatte. Auch der Beginn des Kraftwerk-

¹⁾ Die Luftseilbahnen und die Trolleybusse liegen ausserhalb unserer Darstellung, die dem Jubiläum der Schienenbahnen gilt.

baus für die Gotthardlinie und damit der späte Systementscheid waren durch die allgemeine Lage begründet. Am 29. Mai 1921 konnte die Gotthardstrecke Erstfeld–Bellinzona mit Einphasenwechselstrom von 15 000 V Fahrdrachtspannung betrieben werden, nachdem seit September 1920 vorerst der Gotthardtunnel und dann etappenweise weitere Streckenabschnitte mit zunächst nur 7500 V elektrisch befahren worden waren. Im Jahre 1919 stellten die SBB ein ihr ganzes Netz umfassendes Elektrifizierungsprogramm auf, das die Beendigung der



Zusammenbau der SBB-Leichtschnellzugs-Lokomotive Re 4/4

Arbeiten für das Jahr 1950 vorsah. Da heute rund 92 % dieses Programms verwirklicht sind, ist dessen restlose Erfüllung sicher zu erwarten. An Stelle einer historisch orientierten Darstellung der Elektrifizierung der SBB folgen hier kurze Angaben über die hauptsächlichsten Bauobjekte. In erster Linie seien die Kraftwerke erwähnt, von denen jene für den Betrieb der Gotthardlinie (Amsteg, Göschenen, Ritom) und jene der Gruppe Wallis (Barberine, Trient, Vernayaz und Massaboden) vollständig bahneigene Werke sind. Beim Etzelwerk beträgt der Anteil der SBB 55 %, beim Kraftwerk Ruppertswil-Auenstein 50 %. Diese Werke liefern den SBB in einem wasserarmen Jahr rund 650 Millionen kWh. Zur Ver-

bindung der Energiequellen mit den an der Bahn liegenden Unterwerken dienen Uebertragungsleitungen für 66 000 und 132 000 V Uebertragungsspannung. Das Unterwerk Thun und die Unterwerke an der Gotthardlinie sind in Gebäuden untergebracht; die später erstellten sind moderne Freiluftanlagen. Die Fahrleitungen sind, abgesehen von den besondern Tunnelfahrleitungen und der Fahrleitung der nachträglich verstaatlichten und schon vor 1916 für Einphasenbetrieb elektrifizierten ehemaligen Seetalbahn (54 km), in Bauarten ausgeführt, die teils ein

Zwischenseil, das in bestimmten Abständen in den Fahrdracht übergeht, teils ein Tragseil aufweisen. Die Schwachstromleitungen der Bahnen (Telephon, Telegraph und Signalleitungen) sind nach und nach vollständig als Kabelleitungen in den Boden verlegt worden. Dasselbe gilt auch für die Telephon- und Telegraphenleitungen der eidgenössischen Verwaltung; diese wurden aus dem Bahngelände entfernt und als Kabel in die Staatsstrassen verlegt, wobei die Bahn $\frac{2}{3}$ der Kosten zu übernehmen hatte. Auf die Betrachtung der Triebfahrzeuge übergehend, sollen hier auch die wertvollen Dienste der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur in ihrem Zusammenwirken mit den Elektromaschinenfabriken hervorgehoben werden. Von 1898/99, d. h. vom Bau der ersten Lokomotiven der Burgdorf–Thun-Bahn an, bis 1926/27, d. h. bis zum Bau der Reihe Ce $\frac{6}{8}$ III von SBB-Güterzuglokomotiven, hat die Winterthurer Fabrik in verschiedenen Bauformen Parallelkurbelgetriebe ausgebildet, die von einem Bahnmotor aus je eine Gruppe von zwei oder drei Achsen im sogenannten Gruppen-Achsantrieb gemeinsam antreiben. Da diese Getriebe gelegentlich zu Störungen Anlass gaben und im Unterhalt teuer waren, und da die mit ihnen ausgerüsteten Lokomotiven in ihrer Lauffähigkeit auch nicht immer befriedigten, ist diese Bauweise seit 20 Jahren zugunsten des Einzel-Achsantriebes, besonders nach Konstruktionen von J. Buchli (sog.

BBC-Antrieb), von Westinghouse (Bauart Sécheron) und nach dem von der Winterthurer Fabrik ausgebildeten Universaltyp, verdrängt worden. Trotzdem haben die Gruppen-Achsantriebe den schweizerischen Eisenbahnen in den ersten Elektrifizierungsjahren, als der Eisenbahn-Oberbau und die Eisenbahnbrücken noch keine hohen Achsbelastungen erlaubten, leistungsfähige elektrische Lokomotiven verschafft, die den Dampflokomotiven ebenbürtig oder überlegen waren. Mit dem Winterthurer Universal-Einzelachsenantrieb ist die bisher stärkste schweizerische Lokomotive von 8800 kW (Reihe Ae $\frac{8}{14}$ der SBB) ausgerüstet, die 1939 an der Schweizerischen Landesausstellung in Zürich ausge-

stellt war. Nicht nur grosse Zugkraft, wie bei der eben genannten Maschine, sondern auch hohe Fahrgeschwindigkeit, wofür der Rapidtyp (Reihe Re $4/4$) für 125 km/h Höchstgeschwindigkeit bei 1700 kW Leistung entwickelt wurde, kennzeichnen den hohen Stand der elektrischen SBB-Lokomotiven. Der elektrische Betrieb der SBB verfügt weiter auch über Motorwagen verschiedener Bauformen, unter denen wir als besonders bemerkenswert einerseits die Leichttriebwagen und Schnelltriebzüge, andererseits die für kombinierten Adhäsions- und Zahnradbetrieb ausgebildeten, 920 kW leistenden Motorwagen der meterspurigen Brünig-Linie erwähnen möchten, die seit 1941 ebenfalls mit Einphasenwechselstrom von $16\frac{2}{3}$ Hz bei 15 000 V Fahrdratspannung betrieben wird. Zurzeit dienen den SBB für die elektrifizierten Linien 556 Lokomotiven, 57 Motorwagen und 84 Traktoren für den Stationsdienst.

Im Gesamtüberblick über die SBB-Elektrifizierung sei erwähnt, dass für die rund 2700 ausgerüsteten Linienkilometer die zum elektrischen Betrieb erforderlichen Einrichtungen insgesamt ein Kapital von rund 900 Millionen Franken erforderten. Gemäss einem Jahres-Energieverbrauch von rund 700 Millionen kWh werden heute jährlich rund 1,2 Mill. t Kohle, d. h. rund 150 Mill. Fr. erspart. Noch bedeutender, aber nicht in Zahlen ausdrückbar, sind die allgemein volkswirtschaftlichen Erfolge der Elektrifizierung, die namentlich während des zweiten Weltkrieges eindrucksvoll zum Bewusstsein gebracht wurden.

Die Fortschritte der Elektrifizierung der Privatbahnen in der Periode 1916...1947 können hier nur gestreift werden. Heute sind von den rund 800 Linienkilometern privater Normalspurbahnen rund 600 km nach dem Normalsystem der SBB elektrifiziert. Auch grössere private Schmalspurbahnen wählten das Einphasensystem, und zwar im Anschluss und nach der Norm der Rhätischen Bahn, die Furka-Oberalp-Bahn und die Brig-Visp-Zermatt-Bahn. Die kurze, an die Furka-Oberalp-Bahn anstossende Schöllenen-Bahn gab das bestehende

Gleichstromsystem auf, um ebenfalls zum Einphasensystem nach der Norm der Rhätischen Bahn überzugehen. Verschiedene kürzere Schmalspurbahnen und Zahnradbahnen elektrifizierten ihre Linien mit Gleichstrom. Alle elektrifizierten oder von Anfang an elektrisch betriebenen Privatbahnen, mit Einschluss der Standseilbahnen, dürften heute ebenfalls rund 2700 km Gesamtlinielänge erreichen, was etwa 95 % der totalen privaten Linielänge entspricht. Ihr jährlicher Energieverbrauch darf auf rund 250 Mill. kWh angenommen werden.

Bundesbahnen und Privatbahnen zusammen haben eine Gesamtlänge elektrifizierter Linien von rund 5400 km erreicht, die bei 93 % der Gesamtzahl schweizerischer Linienkilometer liegt. Die Elektrifizierung unserer Eisenbahnen ist also heute schon eine nahezu vollständige.

Schliesslich sei auch noch der Dienste gedacht, welche Stark- und Schwachstromtechnik den Eisenbahnen ausserhalb der eigentlichen Elektrifizierung leisteten, wobei für die erste die Bereitstellung von Licht, Kraft und Wärme in Eisenbahn-Werkstätten, Bahnhöfen und sonstigen Anlagen von besonderer Bedeutung ist. Weiter sei auch auf die thermoelektrischen Triebfahrzeuge hingewiesen, die auf noch nicht elektrifizierten Linien verkehren.

Am Schluss dieser Darstellung seien im Namen der gesamten schweizerischen Elektrotechnik unseren Eisenbahnen und vorab den Schweizerischen Bundesbahnen zum bevorstehenden Jubiläumstag herzliche Glückwünsche entboten. Mögen unsere Bahnen ihrer volkswirtschaftlichen Aufgabe, die sie im ersten Jahrhundert ihres Bestehens hervorragend lösten, auch in Zukunft erfolgreich gerecht werden! In ihren Bemühungen, den technischen Fortschritt diesem Ziel stets nutzbar zu machen, wird ihnen die schweizerische Elektrotechnik, wie bisher, treue Mithilfe leisten.

Adresse des Autors:
Prof. Dr. W. Kummer, Ingenieur, Samariterstrasse 12, Zürich 7.

Abschmelzcharakteristik von Schmelzsicherungen

Mitteilung der Materialprüfanstalt des SEV (F. Fankhauser)

621 316.923

Auf Veranlassung des Ausschusses der Normalienkommission des SEV und des VSE für die Ausarbeitung von Vorschriften für Niederspannungs-Hochleistungssicherungen hat die Materialprüfanstalt des SEV an den zur Zeit in der Schweiz hergestellten, genormten 500-V-Schmelzeinsätzen die Abschmelzcharakteristiken ermittelt.

Für die Durchführung der Versuche standen zur Verfügung:

Flinke Schmelzeinsätze, D-System, 2...200 A der Firmen Weber und Schurter;
flinke Schmelzeinsätze, D-System, 2...60 A der Firma Roesch;
flinke Schmelzeinsätze, D-System, 6, 10 und 15 A der Firma Siemens;
flinke Stecksicherungs-Schmelzeinsätze 4...25 A der Firma Gardy;
träge Schmelzeinsätze, D-System, 2...200 A der Firma Weber.