

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 33 (1942)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Seebach-Wettingen : die Wiege der Elektrifizierung der SBB  
**Autor:** Dudler, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1056653>

### **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:** 18.01.2025

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

## Ehrung der Veteranen des elektrischen Vollbahnbetriebes am 14. Februar 1942

Die Kreisdirektion III der Schweizerischen Bundesbahnen hatte den glücklichen Gedanken, die Einweihung des elektrischen Betriebes auf der berühmten Strecke Zürich-Oerlikon-Seebach-Wettingen zu einer Ehrung derjenigen auszugestalten, die seinerzeit, in den Jahren 1904...1909, mit kühner Unternehmungslust und mit Vertrauen in ihr Können diese Strecke in eigenen Kosten und auf eigene Gefahr elektrifizierten und das heutige Traktionssystem der SBB entwickelten und ausprobierten, und derjenigen, die im Rahmen der vom SEV im Jahre 1901 ins Leben gerufenen «Schweizerischen Studienkommission für den elektrischen Bahnbetrieb» die technischen und wirtschaftlichen Fragen des elektrischen

Vollbahnbetriebes gründlich, richtunggebend und abschliessend studierten.

Am Vorabend hielt Herr Ingenieur *A. Dudler*, Oberingenieur-Stellvertreter und Chef der elektrischen Anlagen des Kreises III der SBB vor der Gesellschaft der Ingenieure der SBB einen Vortrag «Seebach-Wettingen, die Wiege der Elektrifizierung der Schweiz. Bundesbahnen».

Am Festtag versammelten sich etwa 150 Teilnehmer, allen voran 21 Pioniere der Elektrifikation, zur Einweihungsfahrt Zürich-Seebach-Wettingen-Dietikon-Enge und anschliessend zum Festakt im Zürcher Kongresshaus.

Wir berichten im folgenden kurz über diese sinnreiche, würdige Einweihung.

### Seebach-Wettingen, die Wiege der Elektrifizierung der SBB

Vortrag, gehalten am 13. Februar 1942 vor der Gesellschaft der Ingenieure der SBB, im Zunfthaus z. Saffran, Zürich,  
von *A. Dudler*, Zürich

621.331 : 625.1(494)

*Es wird die Entstehungsgeschichte der elektrischen Vollbahntraktion in der Schweiz dargelegt und besonders auf die Studien und Versuche zur Bahnelektrifizierung mit hochgespanntem Einphasen-Wechselstrom niedriger Frequenz auf der Strecke Seebach-Wettingen am Anfang dieses Jahrhunderts hingewiesen. Die Berechnungen und Annahmen der damaligen Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb über die Entwicklung des schweizerischen Eisenbahnverkehrs werden mit den heutigen Verkehrsleistungen der elektrisch betriebenen Bundesbahnstrecken verglichen.*

*Le conférencier fait l'histoire du développement de la traction électrique à voie normale en Suisse et mentionne notamment les études et les essais d'électrification des chemins de fer à l'aide du courant monophasé à haute tension et à basse fréquence, entrepris sur la ligne Seebach-Wettingen au début du siècle. Il compare ensuite les calculs et estimations de la Commission d'études pour la traction électrique au sujet du développement probable du trafic ferroviaire suisse, avec les prestations actuelles des lignes électrifiées du réseau des Chemins de fer fédéraux.*

Bei den wiederholten Besichtigungen der im letzten Jahre im Gange befindlichen Elektrifizierungsarbeiten auf der historisch denkwürdigen Strecke Seebach-Wettingen stieg in mir oft ein Gefühl der Ehrfurcht vor denjenigen Männern auf, die vor 40 Jahren ein Samenkorn in den fruchtbaren Boden schweizerischen, technischen Schaffens gelegt hatten, das jetzt als ausgewachsener und mächtiger Baum vor uns steht und reiche Früchte trägt. Damit verbanden sich auch Erinnerungen an meinen ehemaligen, langjährigen Chef, Dr. Huber-Stockar, der mit seinen engsten Mitarbeitern, Dr. Behn-Eschenburg, Dr. Bitterli und Studer dem in der Elektrotechnik als Grosstat zu wertenden ersten betriebsmässigen Versuch der Einphasen-Wechselstrom-Traktion auf dem Netz der SBB zu Gevatter stand. Wie bekannt, ist dieses Traktionssystem bei allen Hauptbahnen der Schweiz, wie auch bei den Staatsbahnen in Schweden, Norwegen, Deutschland und Oesterreich später zur Anwendung gelangt.

Es ist ein Gebot der Dankbarkeit, wenn wir uns heute, am Tage der Wiederkehr der Aufnahme des elektrischen Betriebes auf der genannten Strecke, zusammenfinden, um im technischen Kreise einen Rückblick auf die Entstehungsgeschichte der schweizerischen elektrischen Vollbahntraktion zu werfen und bei diesem Anlass jener Kollegen gedenken, die sich in zähem Ringen um die Gestaltung eines für unser Land technisch wie volkswirtschaftlich gleich wichtigen Werkes bemühten. Wir werden uns dabei auch Rechenschaft über dessen Entwicklung bis zur Gegenwart geben.

Nachdem ich zu jener Zeit selbst noch im Jünglingsalter stand, kann ich nicht aus dem Born eigener Erfahrungen schöpfen. Meine Ausführungen stützen sich deshalb in erster Linie auf die damaligen umfangreichen Veröffentlichungen, in denen die bedeutsamen Ergebnisse jenes Versuchsbetriebes in der Fachpresse, vor allem in der Schweizerischen Bauzeitung, gewürdigt wurden, ferner auf die zahlreichen Publikationen der Schweizerischen Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb, deren rege Tätigkeit in die nämliche Zeitepoche zurückreicht.

Es ist der privaten Initiative der Maschinenfabrik Oerlikon zu verdanken, dass die praktische Durchführung der elektrischen Traktion auf dem Netz der SBB bereits im Jahre 1901, also zu einem Zeitpunkte, in welchem nur vereinzelte kleinere Privatbahnen sich der Elektrizität für Traktionszwecke bedienten, an die Hand genommen wurde. Einzig die seit 1899 mit Drehstrom von 750 V, 40 Hz, betriebene Burgdorf-Thun-Bahn verfügte über ein Netz, das dem Charakter einer Vollbahn einigermaßen entsprach.

Am 27. Februar 1902 hat E. Huber-Stockar, der damalige Direktor der MFO und spätere hochverdienende Leiter der Elektrifizierungsarbeiten der SBB, in einem Vortrag über die «Elektrische Traktion auf normalen Eisenbahnen» im Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein einer für die Fachwelt des In- und Auslandes noch nicht bekannten Auffassung erstmals Ausdruck gegeben, dass die elektrische Traktion, wenn sie Aussicht auf allgemeine Anwen-

derung im Vollbahnbetrieb haben wolle, wenigstens die Leistungen des Dampfbetriebes erfüllen müsse, und dass dies bei Bahnen von nur einiger Ausdehnung und bei Bergbahnen, z. B. die Gotthardbahn, insbesondere nur durch Verwendung einpoliger



Dr. h. c. Emil Huber-Stoekar  
1865—1939

Fahrleitungen mit hochgespanntem Wechselstrom von ca. 15 000 V bei einer Frequenz von rund 15/s geschehen könne.

Die MFO machte, gestützt auf ihre Vorarbeiten, zu gleicher Zeit der Generaldirektion der SBB den Vorschlag, die Elektrifizierung der wenig frequentierten Bahnlinie Seebach-Wettingen in eigenen Kosten und auf eigene Gefahr durchzuführen, um dadurch die elektrische Traktion betriebsmässig zu erproben und studieren zu können. Nach Erteilung der generellen Zustimmung durch den Verwaltungsrat der SBB führten die Organe der MFO die ersten Fahrversuche auf dem 700 m langen Verbindungsgeleise zwischen der Station Seebach und dem Fabrikareal mit einer Umformerlokomotive von 300 kW Leistung der beiden Triebmotoren durch.

Bevor die neuartige elektrische Betriebsart jedoch auf der eigentlichen, der Öffentlichkeit zugänglichen Bahnanlage eingeführt werden durfte, musste die Zustimmung des Eidg. Eisenbahndepartementes eingeholt werden, das seinerseits auf eine Begutachtung durch die «Eidg. Kommission für elektrische Anlagen» abstellte, da die vorgeschlagenen Anlagen mit den bestehenden Vorschriften im Widerspruch standen. Insbesondere hatte sich diese Instanz über die Höhenlage der Fahrleitung bei Strassenkreuzungen, über die Anwendung von Einfach-Isolation statt Doppel-Isolation und die Zulässigkeit der hohen Fahrdrachtspannung von 15 000 V auszusprechen.

Die Kommission, der auch Prof. Wyssling, unser Altmeister der schweizerischen Elektrotechnik, angehörte, trat am 13. Februar 1904 unter dem Vorsitz von Ständerat Geel zusammen und verband da-

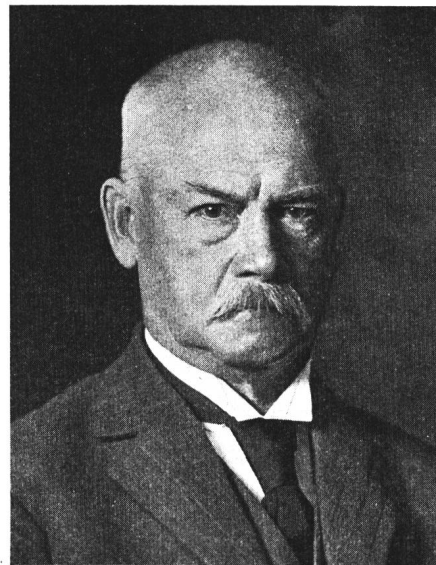
mit einem Augenschein des erwähnten elektrischen Versuchsbetriebes auf dem Industriegeleise der MFO.

Ich möchte aus dem im Protokoll dieser Sitzung festgehaltenen Plädoyer von Huber einige Stellen zitieren, die beweisen, wie er als Maschinenkonstrukteur und Grossindustrieller — er war nicht Eisenbahnfachmann — eine Entwicklung im Eisenbahnverkehr damals schon voraussah, die teilweise viel später erst eingesetzt hat. Er führte aus:

«Die Auflösung der zur Zeit geführten Züge in kleinere Zugseinheiten oder einzelne Fahrzeuge kann, wenigstens für den Güterverkehr und für den Verkehr der internationalen Züge, wohl kaum je akzeptiert werden. Im Gegenteil, der Tendenz, diese Züge noch schwerer zu machen, kann nicht widerstrebt werden, da ja doch lediglich auf diese Weise die Leistung stark besetzter Linien noch weiter gesteigert werden kann. Nur für den Verkehr mit mehr lokalem Charakter, als Ersatz für die dem Personentransport so schlecht dienenden gemischten Züge, scheint ein Dienst von leichten Zügen oder einzelnen Selbstfahrern zwischen den Kursen der eigentlichen Züge ein wirkliches und erfüllbares Bedürfnis zu sein.

Die Anwendung sehr hoher Spannungen der Fahrdrachtsleitung, die vorgeschlagene neue Bauart der Fahrleitung und des Stromabnehmers sollen es ermöglichen, ohne unwirtschaftlichen Aufwand an Leitungsmaterial und Zwischenanlagen sowohl Einzelfahrzeuge und kleine Züge als auch die schwersten zur Zeit verkehrenden Eisenbahnzüge zu bewegen. Sie soll es also möglich machen, die Vorteile der elektrischen Traktion auf den jetzigen Eisenbahnbetrieb durch den einfachen Ersatz des Dampfes durch Elektrizität zu übertragen und die Ergänzung desselben im Sinne rascher Personenbeförderung im Lokalverkehr anzubahnen.»

Die Kommission für elektrische Anlagen befürwortete auf Grund der Darlegungen Hubers den in Aussicht genommenen elektrischen Versuchsbetrieb. Damit war der Weg frei; die MFO rüstete die erste Teilstrecke Seebach-Affoltern aus und die regel-



Dr. phil. Hans Behn-Eschenburg  
1864—1938

mässigen Probefahrten, vorläufig noch unabhängig von den fahrplanmässigen Zügen, nahmen am 16. Januar 1905 ihren Anfang unter Verwendung der Umformerlokomotive.

Von weittragender Bedeutung war eine in die Jahre 1903/04 fallende Erfindung von Dr. Behn-

Eschenburg, dem damaligen Chefelektriker der MFO. Es gelang ihm, einen Einphasen-Reihen-

terierung dahinführen. Diese Lösung brachte einen durchschlagenden Erfolg. Sie eröffnete die Mög-

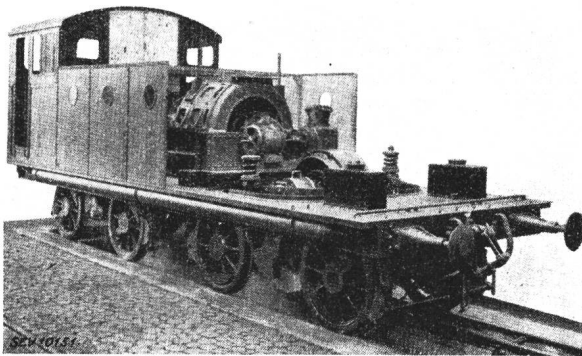


Fig. 1.  
Lokomotive Nr. 1 als Umformerlokomotive (abgedeckt und ohne Transformatoren).

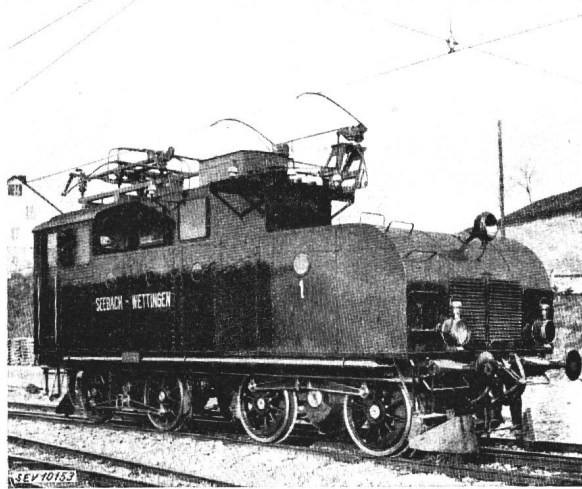


Fig. 2.  
Lokomotive Nr. 1, als Wechselstrom-Lokomotive umgebaut («Glätteisen»).

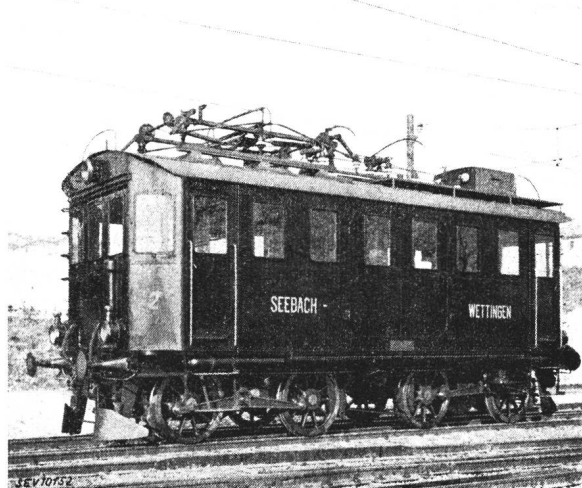


Fig. 3.  
Lokomotive Nr. 2, die erste Einphasen-Wechselstrom-Lokomotive, («Marianne»).

Kollektor-Motor grösserer Leistung mit phasenverschobenem Hilfsfeld zu entwickeln, bei welchem die bisherigen grossen Schwierigkeiten in der Kommu-

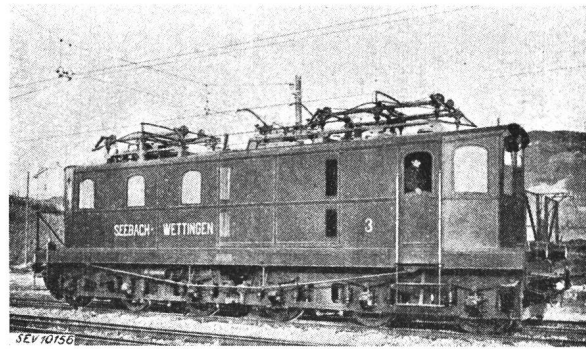


Fig. 4.  
Lokomotive Nr. 3.

lichkeit des Baues von Einphasen-Wechselstrom-Lokomotiven, wodurch eine Umformung auf der Lokomotive in Wegfall kommen konnte.

Bereits am 11. November 1905 wurde die erste derartige Maschine, ausgerüstet mit zwei Motoren zu 180 kW, Fahrgeschwindigkeit normal 40, maximal 60 km/h und einem Gewicht von 42 t, in den Dienst gestellt. Die MFO entschloss sich im Anschluss daran, die Umformerlokomotive in ähnlicher Weise umzubauen.

Als weiterer Fortschritt ist die Anwendung einer Frequenz von 15/s statt ursprünglich 50/s zu nennen, eine Neuerung, die eine Verminderung des Spannungsabfalles in den der Stromrückleitung dienenden Schienen zur Folge hatte.

Mitverursacht wurde die Herabsetzung der Frequenz durch die schon beim Betrieb mit der Umformerlokomotive festgestellten erheblich störenden Einflüsse des elektrischen Bahnbetriebes auf die längs des Bahnkörpers verlaufenden Schwach-

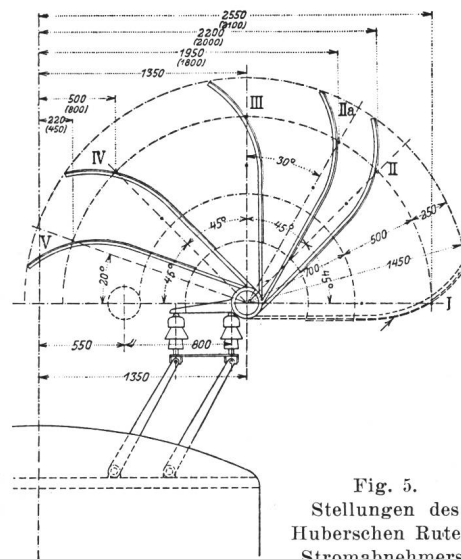
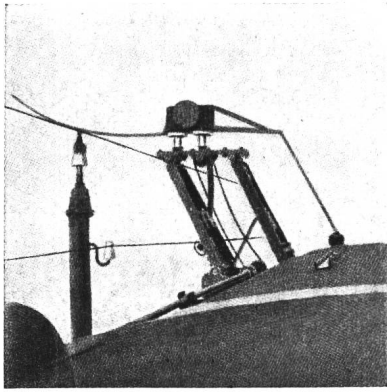
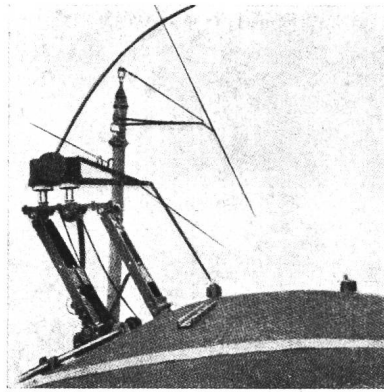


Fig. 5.  
Stellungen des Huberschen Ruten-Stromabnehmers.

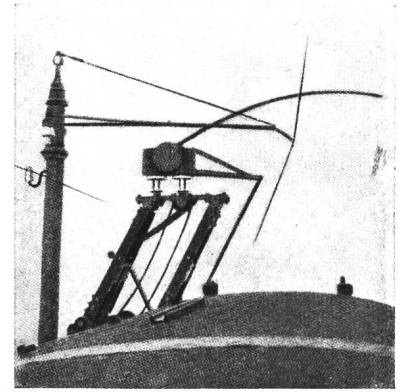
stromleitungen. Das Gestänge war für 28 Drähte ausgebaut, welche der Bahnverwaltung, grösstenteils aber dem interurbanen Telefon- und Tele-



Auf offener Strecke.



Übergangsstellung.



Auf Stationen und in Tunnels.

Fig. 6.

Stellungen des Huberschen Ruten-Stromabnehmers.

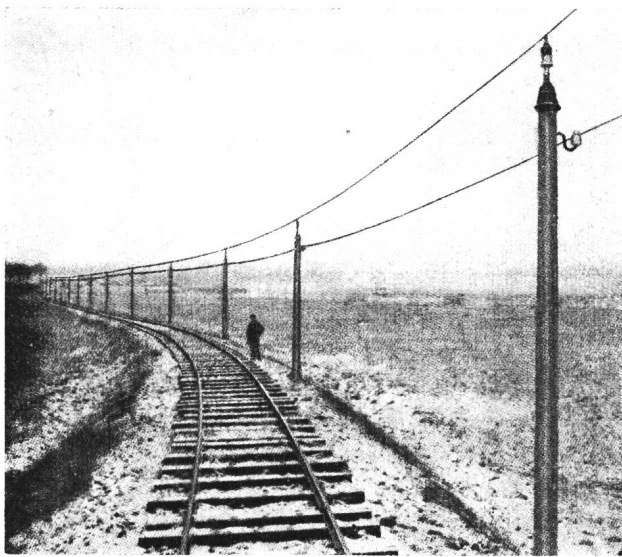


Fig. 7.

Rutenfahrleitung auf offener Strecke.

graphenverkehr der Eidg. Telegraphenverwaltung dienten.

Wiederum war es Behn-Eschenburg, wohl einer der erfolgreichsten Konstrukteure der schweizerischen Maschinen- und Elektro-Industrie überhaupt, dem es gelang, durch unermüdlige Forschertätigkeit im Verein mit der PTT auch diese Schwierigkeiten zu überwinden. Die Abhilfe bestand in der zeitraubenden konstruktiven Aenderung der Generatoren der Umformerstation wie auch der Lokomotivmotoren.

Die Linien-Ausrüstung wurde inzwischen bis Regensdorf ausgedehnt, so dass ab 2. Juni 1906 die täglichen Versuchsfahrten zwischen Seebach und dieser Station, d. h. auf einer Streckenlänge von 6,2 km, stattfinden konnten.

Die bedeutenden bisherigen finanziellen Aufwendungen, wie auch das Bestreben, den Versuchsbetrieb auf möglichst breiter Basis durchzuführen, bewogen zu jener Zeit die MFO, auf ein Anerbieten der Siemens-Schuckert-Werke, sich an den Versuchen ebenfalls zu beteiligen, einzutreten.

Diese Firma, die in der Einphasentraction ebenfalls bereits Erfolge im Ausland aufwies, übernahm die Ausrüstung der Strecke Regensdorf-Wettingen

mit der Bügelleitung mit Vielfachaufhängung, welche Ausführung auch heute, abgesehen von einigen konstruktiven Verschiedenheiten, bei der Vollbahntraction überall allgemein angewendet wird. Ferner stellte sie eine dritte Lokomotive von 650 kW Stundenleistung zur Verfügung.

Am 1. Dezember 1907 war es so weit, dass die MFO nach einem bereits früher abgeschlossenen Vertrag mit der SBB den regulären Zugsbetrieb auf der ganzen Strecke Seebach-Wettingen aufnehmen konnte. Die technische Leitung dieses Zugsbetriebes lag in den Händen von Ingenieur Lang<sup>1)</sup>. Die beiden Lokomotiven Nr. 1 und 2 stehen heute noch im Dienst; die erste besorgt den Rangierdienst auf dem Bahnhof Herisau, Nr. 2 versieht normalen Streckendienst auf der Sensetalbahn. Wir hätten den morgigen Festzug gerne mit diesen beiden Maschinen als Repräsentanten der damaligen Zeit geführt. Leider verfügen sie nicht über eine ausreichende Heizleistung für den Zug. Meine Herren

<sup>1)</sup> Ingenieur Lang nahm als Veteran an den Einweihungsfeierlichkeiten teil und wohnte auch dem Vortrag bei; die historischen Reminiszenzen, die er erzählte, sind im Anschluss an diesen Vortrag veröffentlicht.

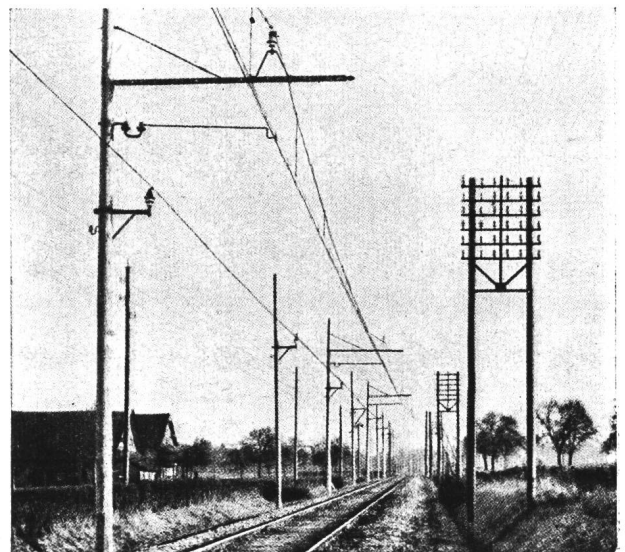


Fig. 8.

Parallelführung von Ruten- und Bügefahrlleitung und Schwachstromgestänge.

Veteranen! Wir hätten es doch nicht verantworten können, Sie ein zweites Mal frieren zu lassen, denn zweifellos wäre dabei in Ihrem Innern eine alte, nicht ganz unberechtigte Erinnerung wachgerufen worden, von den Bundesbahnen schon einmal «kalt» behandelt worden zu sein.

*In der 17 Monate umfassenden Versuchsperiode mit der Führung des gesamten fahrplanmässigen Zugverkehrs ist die elektrische Betriebsweise in allen Belangen eingehend erprobt worden. Es wurde damit anhand reicher Erfahrungen der einwandfreie Beweis erbracht, dass ein elektrischer Vollbahnbetrieb in der angewendeten Form technisch und wirtschaftlich möglich sei.*

In diesem Zeitabschnitt sind total rund 16 700 000 Brutto-Tonnenkilometer mit 129 000 Zugs-km bei einem mittleren Bruttozugsgewicht von 128 t gefahren worden. Der Verbrauch an Einphasenstrom ab Umformeranlage Oerlikon betrug gesamthaft 510 900 kWh, was einem spezifischen Verbrauch von 30,5 Wh/Br.-tkm entspricht.

Die Generaldirektion der SBB schloss sich dem allgemeinen günstigen Urteil ebenfalls an. Sie schrieb in ihrem Bericht an den Verwaltungsrat:

«Nach Ablauf dieses Betriebsjahres kann gesagt werden, dass sich das Traktions-System bewährt hat und die Maschinenfabrik Oerlikon grosse Anerkennung für ihre Leistungen verdient. Die durchgeführten Versuche haben einen grundlegenden Charakter; sie haben viel zur Abklärung der elektrischen Traktionsfragen beigetragen, wie das rege Interesse beweist, das die Fachwelt des In- und Auslandes dem Versuchsbetrieb entgegenbrachte. Es ist jedenfalls zu einem grossen Teil den Arbeiten der Maschinenfabrik Oerlikon zuzuschreiben, dass man sich in neuerer Zeit immer mehr der Ansicht zuneigt, dass der einphasige Wechselstrom mit hoher Spannung und niedriger Periodenzahl die gegebene Energieform für die elektrische Traktion bei Normalbahnen darstelle.»

Trotzdem traten die SBB auf die von der MFO vorgeschlagene Abtretung der festen und mobilen Anlagen des elektrischen Betriebes Seebach-Wettingen zum Kaufpreis von 366 000 Franken, welchem Aufwendungen der genannten Firma im Betrage von 1 300 000 Fr. gegenüberstanden, nicht ein und begründeten ihre Haltung mit der sich für den elektrischen Betrieb ergebenden jährlichen Mehrbelastung von zirka 70 000 Fr. gegenüber dem Dampf-betrieb. Ferner wiesen sie darauf hin, dass sich diese Strecke für die wünschbare Fortsetzung der Versuche mit schweren Lokomotiven und grossen Geschwindigkeiten ohne die grosse Kosten verursachende Verstärkung des Unter- und Oberbaues des Geleises nicht eigne und dass deshalb die Weiterführung des elektrischen Betriebes namentlich bei der damaligen finanziellen Lage der SBB nicht gerechtfertigt sei. Der MFO ist dann eine verhältnismässig bescheidene Entschädigung für ihre Anlagen bezahlt worden.

Vom 4. Juli 1909 an legten sich die den Dampflokotiven entsteigenden Rauchwolken wieder triumphierend über die weite Fläche des Tales; der elektrische Versuchsbetrieb Seebach-Wettingen war geschichtliche Vergangenheit geworden und dessen Anlagen wurden abgebrochen.

Die Einstellung der elektrischen Zugförderung auf dieser Strecke wurde in Fachkreisen wie auch

in der Oeffentlichkeit vielfach kritisiert, sie schmälert indessen den hervorragenden technischen und wirtschaftlichen Erfolg, der auch für die Entwicklung der Elektrifizierung im Ausland von grosser Bedeutung war, in keiner Weise.

Wenn ich des weitern Verlaufes der historischen Entwicklung der Elektrifikation der Schweizerischen Eisenbahnen mit einigen Worten gedenken soll, so nimmt die auf Beginn der Weltausstellung in Mailand von Brown Boveri durchgeführte elektrische Traktion im Simplontunnel mit Dreiphasenstrom von 3300 V, 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub> Hz, ebenfalls einen Ehrenplatz ein.

Das Verdienst, die Elektrifizierung auf einer schweizerischen Vollbahn mit schwerem Betrieb mit Einphasen-Wechselstrom zuerst in die Tat umgesetzt zu haben, kommt der Löttschbergbahn zu, welche unter der technischen Leitung des auch in der «Studienkommission für den elektrischen Bahnbetrieb» sehr tätigen Ingenieurs Thormann, Bern, im Mai 1911 mit Spiez-Frutigen, unter Verwendung einer Lokomotive von 1500 kW Leistung, den Anfang machte.

Ihr folgte im Jahre 1913 die Rhätische Bahn mit ihren Engadiner Linien.

Die SBB zögerten während längerer Zeit aus verschiedenen Gründen mit der Anwendung der neuen Traktionsart, welche Zurückhaltung in der Fachwelt und in der Oeffentlichkeit vielfach kritisiert wurde. Wenn wir von der Linie Bern-Thun absehen, begann der Siegeslauf der Elektrifizierung auf unserem Netz im Jahre 1920 mit dem ersten Teilstück auf der Gotthardlinie, speziell unter dem Druck der durch die Kohlennot hervorgerufenen prekären Lage. Es darf aber hervorgehoben werden, dass von diesem Zeitpunkt an in einem auch im Ausland nirgends erreichten Tempo und, wie von bahnfremden Fachkreisen anerkannt wird, mit einem beispiellos bescheidenen organisatorischen Aufwand die Projektierung und der Ausbau der Elektrifizierung auf dem verkehrsdichten Hauptnetz mustergültig durchgeführt worden ist. Ein besonderes Lob verdienen dabei auch die grossen Anstrengungen und Leistungen der verschiedensten daran beteiligten Unternehmungen, namentlich diejenigen der Maschinen- und Elektro-Industrie, die ihre wertvollen schöpferischen Fähigkeiten im Dienst einer grossen Sache voll entfalten konnten.

Eingangs meines Vortrages habe ich bereits auf die «Schweizerische Studienkommission für elektrische Bahnbetrieb» hingewiesen, die ebenfalls beanspruchen darf, durch ihre umfassende Tätigkeit zur Klarstellung der technischen und wirtschaftlichen Belange der Elektrifizierung der Bahnen Pionierarbeit geleistet zu haben.

Bei der Schilderung der Arbeiten dieser Kommission halte ich mich am besten an die Ausführungen von Prof. Wyssling, der als damaliger Generalsekretär und Leiter der Studienarbeiten der kompetenteste Gewährsmann ist. Er führt im Sonderbericht an die Generaldirektion der Schweizerischen Bundesbahnen über die «Elektrifizierung der Schweizerischen Bahnen mit besonderer Be-

rücksichtigung der ehemaligen Gotthardbahn vom Mai 1912» darüber folgendes aus:

«In der Generalversammlung des Schweiz. Elektrotechn. Vereins im Oktober 1901 beantragte Dr. Tissot, die Frage der Elektrifizierung unserer Normalbahnen zu studieren; er wurde zu diesem Vorschlag durch die in unseren Nachbarländern in dieser Hinsicht gemachten Vorarbeiten angeregt und liess sich hauptsächlich von der Notwendigkeit leiten, unser Land von den kohlenproduzierenden Ländern unabhängiger zu machen und der schweizerischen elektrotechnischen Industrie ein neues Arbeitsfeld zu eröffnen. Auch Prof. Wyssling hatte im Jury-Bericht der Pariser Ausstellung von 1900 diese Frage aufgeworfen. Zum Studium derselben wurden die interessierten Kreise gesammelt und zunächst ein provisorisches Komitee gebildet, dem namentlich die schweizerischen Konstruktionsfirmen angehörten und dem es gelang, nach längeren Verhandlungen mit den Schweizerischen Bundesbahnen im Mai 1904 unter Beteiligung der letzteren und des Eidg. Eisenbahndepartementes die «Schweiz. Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb» zu gründen. Die finanzielle Grundlage bildeten jährliche Beiträge der Mitglieder, hauptsächlich des Eisenbahndepartementes, der Bundesbahnen und der Konstruktionsfirmen sowie von Berufsverbänden, Privatbahnen, grösseren Kraftwerken und Bankunternehmungen.

Die Studienkommission stellte sich zur Aufgabe, die technischen und finanziellen Grundlagen für die Einführung des elektrischen Betriebes auf den schweizerischen Eisenbahnen zu studieren und abzuklären. Die Aufgabe war eine sehr komplexe, denn die Elektrifizierung bezweckte in der Schweiz nicht, wie in den meisten andern Ländern, in der Hauptsache rein technische Verbesserungen, etwa die Möglichkeit eines gesteigerten Verkehrs, grössere Geschwindigkeiten, Vermeidung des Rauches usw., sondern die Verwertung der nationalen Wasserkräfte an Stelle der ausländischen Kohle und, wenn möglich, eine Verbilligung des Betriebes. Deshalb handelte es sich neben der Untersuchung des rein technischen Genügens und der Systemfrage um die Aufstellung genauer Betriebsprojekte zur Beantwortung der Frage nach den Kosten und der Kraftbeschaffung. Demgemäss wurde das reichhaltige Arbeitsprogramm der Kommission aufgestellt.

Seit dem Frühling 1905 gelangten die Originalarbeiten der Kommission, welche alle Einzelfragen eingehend behandelten, mit ungefähr 1500 Folioseiten sukzessive in die Hände der Mitglieder. Insbesondere wurde der für die Vorbereitung der Elektrifizierung wichtigste Bericht über den mutmasslichen Kraftbedarf im März 1905 erstattet, so dass von diesem Augenblick an zu übersehen war, in welcher Stärke und von welcher Art Wasserkräfte für den Betrieb der Schweizer Bahnen zu reservieren seien.

Mit den im Jahre 1909 abgelieferten Berichten ward die Systemfrage in technischer und wirtschaftlicher Beziehung entscheidend erörtert. Gerade in diesen Studienjahren hat sich übrigens die Systemfrage durch die erfolgte Entwicklung der Technik derart abgeklärt, dass heute mit viel grösserer Sicherheit geurteilt werden kann, als dies anfänglich hätte geschehen können. Die Darlegung und Entwicklung der Anschauungen über die Systemfragen und über die betriebsorganisatorischen Massnahmen für die Elektrifizierung, wie sie in den zahlreichen Verhandlungen der Subkommissionen während der Studienjahre vorkamen, hat auch ohne Zweifel den daran teilnehmenden, ausübenden technischen Beamten der Bundesbahnen wertvolle Einblicke in die Einzelheiten der neuen Traktionsart gebracht.

An dieser Stelle sei nicht unterlassen, die Mitarbeiter der Studienkommission zu nennen, die sich mit besonderen Arbeiten für dieselbe befassten: Die hauptsächlichsten anfänglichen Studien und die ersten Ausführungsprojekte besorgte Ing. Thormann, Bern, der später durch Prof. Dr. Kummer, Zürich, abgelöst wurde. Eine Anzahl Arbeiten führte Ingenieur Weber-Sahli, Biel, aus; wasserwirtschaftliche und hydraulische Arbeiten lieferte Ing. Affeltranger vom Hause Locher & Co., Zürich, unter Mitwirkung der Firmen Gebr. Sulzer und Rieter & Co., Winterthur; einige Angaben über Wasserkräfte Dr. Epper, Bern. Den elektrischen Teil der neueren Projekte (exklusive Rollmaterial und Schwachstromanlagen) bearbeitete das Ingenieurbureau Strelin, Zürich.

Zusammenstellungen bahntechnischer Grundlagen verdanken wir Obermaschineningenieur Keller, Bern, Direktor Bal-

dinger, Basel, und den Obermaschineningenieuren Meyer, Luzern, und v. Waldkirch, Basel; für die Hauptberichte verwendete Sonderstudien lieferten ausser den Genannten die Ingenieure Egg, Huber-Stockar, Thomann sowie die Firmen Brown, Boveri, Maschinenfabrik Oerlikon und Elektrizitätsgesellschaft Alioth. Einzelne Untersuchungen besorgten auch die Ingenieure Eckinger, Dornach, Reverdin, Genf, und Dr. Blattner, Burgdorf. Vom Kreispersonal der Bundesbahnen V und II bearbeiteten Statistisches und Fahrplantechnisches Adjunkt Müller und Ing. Hunziker, Basel, und Techniker Brügger, Luzern. Die Grundlagen der Projekte für den Umbau der Schwachstromanlagen besorgte die Eidg. Ober-telegraphendirektion und die Obertelegrapheninspektion der SBB.»

Soweit Prof. Wyssling.

Zur Systemfrage möchte ich noch darauf hinweisen, dass von der Studienkommission die drei Betriebsarten:

|                         |          |       |
|-------------------------|----------|-------|
| Einphasen-Wechselstrom  | 15 000 V | 15 Hz |
| Dreiphasen-Wechselstrom | 5 000 V  | 15 Hz |
| Gleichstrom             | 3 000 V  |       |

in den Kreis der Untersuchungen einbezogen worden waren.

Doch hat die Kommission schliesslich mehrheitlich auf Grund ihrer vielseitigen, mit grosser Sorgfalt durchgeführten Studien die eindeutige und sichere Ueberlegenheit sowohl bezüglich der technischen Eigenschaften als auch bezüglich der Kosten dem *Einphasen-Wechselstrom-System von 15 000 V und ca. 15 Hz* zuerkannt.

Es ist nicht zu verkennen, dass die anlässlich des Versuchsbetriebes Seebach-Wettingen mit diesem System auf breiter Grundlage gefundenen günstigen Ergebnisse der Kommission als wertvolle Unterlagen dienen.

Mit dem Jahre 1911 hatte die Kommission ihre eigentliche Tätigkeit beendet.

Im Mai 1912 erstattete die Studienkommission der Generaldirektion der SBB auf deren Wunsch den ausführlichen Bericht «Die Elektrifizierung der Schweizerischen Bahnen mit besonderer Berücksichtigung der ehemaligen Gotthardbahn», dessen Schluss lautet:

«Der elektrische Vollbahnbetrieb ist technisch zuverlässig und vollkommen befriedigend möglich. Für die Verhältnisse der SBB, auch mit besonderer Berücksichtigung der Gotthardbahn, eignet sich am besten das Betriebssystem mit Einphasenstrom von ungefähr 15 Perioden und einer Fahrdrahtspannung von etwa 15 000 Volt, wobei diese Stromart zweckmässig direkt als solche in Wasserkraftwerken zu erzeugen und auf möglichste Verwendung von Werken mit Akkumulierfähigkeit zu sehen ist.

Die für diese Betriebsart durchgerechneten Projekte für den elektrischen Betrieb der Gotthardbahn zeigen, dass dieser für einen Verkehr, wie er nach der Elektrifizierung vorhanden sein wird, schon bei den gegenwärtigen Kohlenpreisen trotz Annahme wesentlich grösserer Geschwindigkeiten erheblich billiger sein wird als der Dampfbetrieb, wozu die Vorteile der Rauchlosigkeit und der Möglichkeit besserer Ausnützung der Bahnanlage hinzukommen.»

Ende 1915 wurde die Systemfrage noch einmal aufgerollt, doch bestand keine Veranlassung, auf frühere Beschlüsse zurückzukommen.

Am 8. Juli 1916 fand die Liquidationssitzung der Studienkommission in Brig statt. Laut Protokoll waren im Verlaufe der Jahre gegen 200 000 Fr. Mitgliederbeiträge gezeichnet worden; ein Kassasaldo von 6000 Fr. wurde dem Schweizerischen Elektrotechnischen Verein zur Förderung technisch-wirtschaftlich-wissenschaftlicher Zwecke übergeben.

Die SBB errichteten bereits 1907 beim Baudepartement der Generaldirektion ein besonderes Bureau für elektrischen Bahnbetrieb, das 1911 zur Abteilung für Elektrifizierung mit E. Huber-Stockar als Leiter erweitert wurde. Diesen Dienststellen fiel zunächst die Aufgabe zu, die Energieversorgung eines umfassenden elektrischen Betriebes zu studieren, Projekte über die Ausnützung geeigneter grösserer Wasserkräfte auszuführen und die Erwerbung von Wasserrechtskonzessionen technisch vorzubereiten. Die nächste Hauptaufgabe der neugegründeten Abteilung war, die bereits in Aussicht genommene Elektrifizierung der Strecke Erstfeld-Bellinzona der Gotthardbahn endgültig zu projektieren. Der Baukredit von rund 39 000 000 Fr. für die festen Anlagen dieser Strecke wurde am 23. November 1913 vom Verwaltungsrat genehmigt. Der Weltkrieg vereitelte die Aufnahme der Ausführungsarbeiten bis im Mai 1916. Die Linie Erstfeld-Bellinzona wurde am 29. Mai 1921 dem elektrischen Betrieb übergeben. Der Krieg hatte gelehrt, dass die Elektrifizierung der Schweizerischen Eisenbahnen überhaupt ein volkswirtschaftliches und nationales Problem sei. Im Jahre 1918 entstand in der Schweiz eine eigentliche Kohlennot, die zu einer starken Einschränkung der Fahrleistungen der Bahnen zwang und die Betriebskosten empfindlich vergrösserte. Unter dem Druck dieser Umstände stellten die SBB ein Programm auf, das die Elektrifizierung ihres ganzen Netzes innert 30 Jahren vorsah. Im Jahre 1923 wurde von den eidgenössischen Räten die Beschleunigung der Elektrifizierung und Fertigstellung aller Hauptlinien bis Ende 1928 zum Beschluss erhoben. Dadurch sollte der an Beschäftigungsmangel leidenden Industrie geholfen werden.

So erstand unter dem Druck der Verhältnisse das grosse Werk dank energischer Leitung in einem beispiellos raschen Tempo; das beschleunigte Programm wurde genau eingehalten, die ursprünglich veranschlagten Gesamtkosten wurden bedeutend unterschritten. In Ausführung eines 2. und 3. Elektrifizierungsprogramms sind seither weitere Linien auf den elektrischen Betrieb umgestellt worden. Auf den prozentualen Netzumfang bezogen, ist in keinem andern Land die Umstellung so weit fortgeschritten wie in der Schweiz (gegenwärtig 2150 km entsprechend 74,4 % des ganzen Netzes).

Meine Ausführungen zur Würdigung der ersten Entwicklungsperiode der Bahnelektrifizierung wären unvollständig, wenn ich nicht den Versuch machen würde, soweit ein solcher überhaupt möglich und zulässig ist, die damaligen Annahmen der Studienkommission über den zukünftigen elektrischen Betrieb der schweizerischen Bahnen mit dem in den letzten Jahren tatsächlich vorhandenen elektrischen Betrieb der SBB zu vergleichen.

Dabei muss man sich allerdings darüber klar sein, dass einerseits die Voraussetzungen für die beiden verglichenen Netze zum Teil nicht die nämlichen sind und sich andererseits die Verhältnisse in den inzwischen verflossenen 30 Jahren in mancher Beziehung in damals nicht voraussehbarer Weise völlig verändert haben. Es kann hier bei der Gegenüberstellung der einzelnen Vergleichswerte nur kurz darauf eingetreten werden.

In der Tabelle I sind die Daten für den zukünftigen elektrischen Betrieb der 1904 mit Dampf betriebenen schweizerischen Bahnen mit denen des SBB-Netzes der letzten Zeit in Vergleich gezogen.

Elektrifizierung der Schweizerischen Dampfbahnen.

Tabelle I.

|  | Annahmen der Studienkommission über zukünftigen elektrischen Betrieb | Elektrischer Betrieb der SBB |                |
|--|--|------------------------------|----------------|
|  |  | 1938                         | 1940           |
|  | (Sonderbericht Mai 1912)   | (norm. Verkehr)              | (max. Verkehr) |
|  |  | %                            | %              |
| <i>Jährliche Verkehrsleistungen</i>  |  |                              |                |
| 10 <sup>9</sup> Br.tkm (ohne Triebfahrz.-Gew.) . . . . .                   | —  | 10,94                        | 12,72          |
| 10 <sup>9</sup> Gesamt-Br.tkm (mit Triebfahrz.-Gew.) . . . . .             | 14,2 <sup>1)</sup>   | 15,58                        | 17,53          |
|  |  | 100                          | 100            |
|  |  | 142,4                        | 137,7          |
| <i>Leistungs- und Energiebedarf</i>  |  |                              |                |
| Verfügbare installierte Leistung ab Turbinenwelle . . kW                   | —  | 295 000                      | 295 000        |
| Leistung ab { maximal . . . . .  | 340 000  | 183 000                      | 179 000        |
| Turbinenwelle in kW { Jahresdurchschnitt . . . . .                         | 107 000  | 76 000                       | 88 000         |
| Durchschnittlicher Schwankungsfaktor . . . . .                             | 1 : 3,2  | 1 : 2,42                     | 1 : 2,03       |
| Jährlicher Energiebedarf ab Generator . . . . . 10 <sup>6</sup> kWh        | 809  | 615                          | 718            |
| Jährlicher Energiebedarf ab Unterwerk . . . . . 10 <sup>6</sup> kWh        | —  | 537                          | 615            |
| Wirkungsgrad der Uebertragung . . . . . %                                  | —  | 87,2                         | 85,5           |
| Spez. Energieverbrauch }<br>pro Gesamt-Br.tkm }<br>bezogen auf Generator } | 57,0   | 39,5                         | 40,9           |

<sup>1)</sup> Verdoppelung der Verkehrsleistung gegenüber Dampfbetrieb 1904 (SBB einschliesslich Privatbahnen).

Der prozentuale Vergleich der Verkehrsleistungen, bezogen auf das Nutz- und das totale Zugsgewicht gibt Aufschluss über den unproduktiven Anteil an der Verkehrsleistung, herrührend vom Gewicht der Triebfahrzeuge selbst.

*Leistung ab Turbinenwelle.* Der Jahresdurchschnitt ergibt sich aus dem errechneten Energiebedarf bzw. Konsum, bezogen auf Turbinenwelle, dividiert durch 8760.

Der *Schwankungsfaktor* als jährlicher Durchschnittswert ist gegenüber der früheren Annahme, allerdings bei grösserer Förderleistung erheblich günstiger ausgefallen. Seinerzeit konnte auf Grund des damaligen Standes der Technik nicht

angenommen werden, dass eine so weitgehende elektrische Kupplung der verschiedenen Kraftwerknetze durchgeführt werde.

Von wesentlichem Einfluss ist natürlich auch die Fahrplangestaltung.

Der *hohe Ausbau* von 295 000 kW der dem heutigen Verkehr dienenden Kraftwerke fällt auf. Er rührt von der verschiedenen Arbeitsweise der Kraftwerke her (Akkumulier- und Flusskraftwerke). Auch ist zu berücksichtigen, dass die Maschinenanlagen der privaten Elektrizitätswerke, die für den Fremdbezug in Betracht kommen, dabei inbegriffen sind.





Für den zukünftigen elektrischen Betrieb wurde damals ein Nettoverkehr von 1,437 Milliarden Brutto-Tonnen-km geschätzt, 85 % höher als beim Dampfbetrieb im Jahre 1904.

Dazu bemerkt der bereits erwähnte Bericht folgendes:

«Da dieses Zukunftsprojekt mit allen wünschbaren, sehr bedeutenden Geschwindigkeitserhöhungen gegenüber dem Dampfbetrieb rechnet und die Leistungsfähigkeit der bestehenden Bahnanlage schon sehr vollkommen ausnützt, so ist seine Verkehrsarbeit nicht weit von der maximalen, die bei der Gotthardbahn eintreten kann.»

Zweifellos war das auch die Auffassung der damaligen Leitung des Bahnunternehmens, da die bahnbetriebstechnischen Grundlagen stets im gegenseitigen Einvernehmen aufgestellt worden waren. Es darf als bekannt vorausgesetzt werden, dass die Gotthardbahn als die bestangelegte, -ausgebaute und -unterhaltene Bahn der schweizerischen Vollbahnen überhaupt galt.

Aus der veröffentlichten Statistik der Jahre 1938 und 1940 lassen sich für die Strecken der frühern Gotthardbahn folgende, mittels elektrischer Traktion bewältigte Transportleistungen ermitteln:

1938: 1,89 und

1940: 2,95 Milliarden Brutto-Tonnen-km.

Auf der Strecke Luzern - Chiasso allein von 225 km entsprechend 10,5 % der gesamten elektrifizierten Bahnlänge der SBB entfielen somit im Jahre 1940 22,3 % der mit elektrischer Traktion geleisteten gesamten Förderarbeit auf unserem Netz.

Diese gewaltige Verkehrszunahme ist zweifellos zur Hauptsache durch die Einführung der elektrischen Zugförderung möglich geworden (Zunahme der Fahrgeschwindigkeit, grosse Lokomotivleistungen, Erhöhung der Zuggewichte, damit im Zusammenhang Verstärkung der Zughaken an den Wagen, Einführung der durchgehenden Güterzugsbremse usw.). Andererseits ist darauf hinzuweisen, dass auch der Ausbau bahntechnischer Anlagen und Einrichtungen, wie Doppelspur und andere Linienverbesserungen, Sicherungsanlagen usw. zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit das ihrige beigetragen haben.

Ich stelle fest, dass dieser enorme Verkehr bewältigt wird, ohne dass im elektrischen Betrieb und dessen Einrichtungen, angefangen bei den Kraftwerken bis zu den Lokomotiven und Schwachstromanlagen, auch nur eine einzige Schwierigkeit aufgetreten wäre.

Die Energieversorgung für unsern Bahnbetrieb ist selbst in niederschlagsarmen Jahren und bei starkem Verkehr, wie beispielsweise in diesem Winter, in ausreichendem Masse sichergestellt. Der gegenwärtige Energiemangel in den Industrienetzen auferlegt unserer Verwaltung im Interesse der Allgemeinheit jedoch ebenfalls die Verpflichtung, den Verbrauch für Traktionszwecke soweit immer möglich, einzuschränken. Bei diesem Anlass darf darauf hingewiesen werden, wie sich gerade heute die von den zuständigen Organen der SBB stets mit Energie vertretene, übrigens auch von der Studienkommission befürwortete Selbstversorgung durch den Bau eigener Kraftwerke günstig auswirkt.

Im weiteren möchte ich zur grossen Genugtuung aller an der Entwicklung, Projektierung und Ausführung der schweizerischen elektrischen Vollbahntraktion Beteiligten die ausdrückliche Feststellung machen, dass der aufgetretene aussergewöhnlich starke Verkehr einzig mit dem tatsächlich angewandten Einphasen-Wechselstrom-System dank seinem praktisch unbegrenzten Anpassungsvermögen an die Betriebsbedürfnisse und namentlich dank der ihm eigenen Ueberlastungsfähigkeit gemeistert werden kann.

Nehmen wir an, der Ausbau wäre dem damals vorauszusehenden Verkehrsvolumen entsprechend unter Anwendung von Gleichstrom oder Dreiphasen-Wechselstrom erfolgt, so vermöchte keine dieser Stromarten den heutigen Anforderungen zu genügen, auf jeden Fall nicht ohne kostspielige, die Wirtschaftlichkeit des Betriebes beeinträchtigende Erweiterungen.

Der Kostenaufwand für die Elektrifizierung der SBB (einschliesslich Triebfahrzeuge) erreichte auf Ende 1940 rund 805 Millionen Franken; die elektrischen Fahrleistungen bezifferten sich 1940 auf 12,7 Milliarden Brutto-Tonnen-km, bzw. 94 % des Gesamtverkehrs der SBB; sie hätten mit Dampfbetrieb rund 1,2 Millionen Tonnen Kohle erfordert, die 120 Millionen Franken gekostet hätten — vorausgesetzt, dass sie überhaupt erhältlich gewesen wären!

Wenn wir das Ergebnis der angestellten Vergleiche überblicken, sehen wir, dass die Verkehrsprognose, die dem Bericht 1912 der Studienkommission zugrunde gelegt wurde, sich für den Normalverkehr vor dem gegenwärtigen Kriege als zutreffend erwiesen hat. Sie ist durch den kriegsbedingten aussergewöhnlichen Verkehrsanfall allerdings wesentlich übertroffen worden.

Die betriebswirtschaftlichen Annahmen für den zukünftigen elektrischen Betrieb wurden von der Studienkommission vorsichtig eingeschätzt und in keiner Weise zu optimistisch beurteilt. Die in mancher Beziehung erzielte Verbesserung ist auf die eingetretene Aenderung der Voraussetzungen und auf die beträchtlichen Fortschritte der Technik zurückzuführen.

*Wie wir gesehen haben, sind die richtungsweisen Vorarbeiten für die Elektrifizierung der schweizerischen Vollbahnen mit jener Sachkenntnis, Ausdauer und Zielbewusstheit durchgeführt worden, die für die Leistungen der schweizerischen Ingenieure und der Industrie kennzeichnend sind.*

*Das Ziel, das unsern Pionieren vor 40 Jahren vor Augen schwebte, ist erreicht. Die Elektrifizierung der Schweizerbahnen ist Tatsache geworden, zum Segen unseres Landes. Ausserdem hat sie das Ansehen der schweizerischen Technik im Auslande vermehrt.*

*Die Veteranen der Bahnelektrifizierung können morgen an ihrem Ehrentage über die historische bedeutungsvolle Strecke Seebach-Wettingen fahren mit dem vollen Bewusstsein, ein grosses, wohlgeplantes Werk begründet zu haben.*