

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Band:** 69 (1951)  
**Heft:** 8

**Artikel:** Vollbahnbetrieb mit einphasigem Wechselstrom von 50 Perioden:  
Vortrag  
**Autor:** Bodmer, C.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-58814>

### **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:** 22.11.2024

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

Für uns, die wir nicht gewusst haben, welche Kapazitäten im Preisgericht gesessen hatten, stellt diese Zuschrift eine nachträgliche, gerne begrüßte Rechtfertigung unseres eigenen Urteils über diese Renovation dar. Denn wenn wir einen Bau hier zeigen, sagen wir ja damit schon, dass wir ihn mindestens für interessant und beachtenswert halten. Was uns aber veranlasst hat, der Zuschrift von Kollege Burger trotzdem Raum zu geben, war die Tatsache, dass seine Kritik

sehr gut begründet und formuliert war und damit einen Gesichtspunkt zur Urteilsbildung in den Vordergrund rückte, der in unserer Veröffentlichung gar nicht berührt worden war. Damit hat Burger zweifellos einen positiven Beitrag zur Klärung des so heiklen Problems der Renovation klassischer Bauten geleistet. Uebrigens hat sich uns gegenüber noch vor Burger eine erste Autorität in solchen Dingen zur Biberister Renovation ganz ähnlich geäußert wie er. Red.

## Vollbahnbetrieb mit einphasigem Wechselstrom von 50 Perioden

DK 621.33.025.1

Vortrag, gehalten am 15. November 1950 im Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein von  
C. BODMER, Oberingenieur der Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich

Schluss von S. 92

Dem Vortrag folgte eine angeregte Diskussion; die einzelnen Voten werden nachfolgend wiedergegeben:

1. Dr. Paul Moser, Oberingenieur des Schweiz. Vereins von Dampfkesselbesitzern, Zürich:

Der Referent hat in seiner Einleitung darauf hingewiesen, dass auch im Ruhrgebiet, also auf der Kohle selbst, zur Elektrifizierung der Bahnen geschritten werde, da man es sich nicht leisten könne, gute Kohle in Dampflokomotiven mit einem Wirkungsgrad von 2,5% auszunützen. Es wurde in diesem Zusammenhang auch der Wirkungsgrad der elektrischen Lokomotiven mit 80% erwähnt.

Ganz abgesehen von der ausserordentlich niedrigen Annahme von nur 2,5% (bei Lokomotiven kann der thermische Wirkungsgrad Kohle-Zughaken doch in der Grössenordnung von 10% angenommen werden), darf diese Zahl nicht dem Wirkungsgrad Stromabnehmer-Zughaken von 80% der elektrischen Lokomotiven gegenübergestellt werden. Sondern man muss auch von der Kohle ausgehen und zunächst einen thermischen Wirkungsgrad der Kraftzentrale, die Uebertragung und den Wirkungsgrad der Lokomotive rechnen, um dann so für die Umsetzung der Kohlenenergie auf die Zughakenenergie im Maximum auf einen Wirkungsgrad von 20 bis 25% zu kommen. Man darf nur Gleiches Gleichem gegenüberstellen.

2. Prof. Dr. K. Sachs, ETH, Oberingenieur bei Brown Boveri & Cie., Baden:

Es hat im Laufe der technischen Entwicklung über bestimmte Probleme und deren Lösungsmöglichkeiten oft Meinungsverschiedenheiten gegeben, die immer verhältnismässig rasch durch die Erfahrungen der Praxis geklärt wurden, nicht selten in der Weise, dass von zwei Anschauungen sich beide als richtig oder beide als falsch erwiesen haben. Es ist demgegenüber interessant festzustellen, dass die Frage nach dem für die Vollbahn-Elektrifizierung geeignetsten Stromsystem heute nach rd. 50 Jahren immer noch offen ist, also selbst von einer jahrzehntelangen praktischen Erfahrung nicht beantwortet werden konnte. In meiner persönlichen Erinnerung möchte ich an die fast genau 35 Jahre zurückliegende Diskussionsversammlung anknüpfen, die der Schweizerische Elektrotechnische Verein und der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband zur Abklärung der Systemfrage für die damals bevorstehende Inangriffnahme der Elektrifikation des Netzes der SBB, vorab der Strecke Erstfeld-Bellinzona am 14. Dez. 1915 im Grossratssaal in Bern veranstaltet hatten<sup>1)</sup>. Präsident war Prof. J. Landry; die Referenten waren Oberingenieur L. Thormann und Prof. W. Wyssling, während die Diskussion in der Hauptsache von W. Boveri bestritten wurde. Emil Huber-Stockar stand als Oberstleutnant der Artillerie im Aktivdienst.

W. Boveri hat damals — m.W. zum ersten Mal in Europa — die Forderung nach Einfügung der zu elektrifizierenden Vollbahnen in die allgemeine Energieversorgung erhoben, und seine Prognose, dass sich diese Einfügung in absehbarer Zeit in geradezu idealer Weise über den Quecksilberdampf-Gleichrichter werde vollziehen lassen, hat sich voll bestätigt. Denn in einer Reihe von Ländern, die mehr oder weniger grosse Teile ihres Bahnnetzes mit Gleichstrom elektrifiziert haben, baut sich heute die Energieversorgung dieser Bahnnetze auf den Gleichrichter auf, vor allem in Italien, dessen Gleichstrombahnnetz mit 3000 V Fahrdrahtspannung ausdehnungsmässig den grössten elektrischen Vollbahnbetrieb der Welt darstellt. Nicht recht behalten aber hat W. Boveri mit seiner Behauptung, dass ein Zusammenschluss zwischen dem der allgemeinen Energieversorgung dienenden Drehstromnetz von

50 Hz mit dem bei uns voraussichtlich entstehenden Einphasenbahnnetz von 16 2/3 Hz unmöglich sei und dass man unsere Kraftwerke niemals mit verschiedenen Generatoren für zweierlei Stromarten ausrüsten werde.

Die Forderung nach Einfügung auch der elektrifizierten Vollbahnen in die allgemeine Energieversorgung hat sicherlich ihre Berechtigung. Wird aber der energiewirtschaftliche Vorteil, mindestens der einer direkten und restlosen Einfügung, nicht überschätzt? In einem Lande wie dem unsrigen mit fast völlig elektrifiziertem Bahnnetz beträgt der Anteil des Energieverbrauchs der elektrifizierten Bahnen am Gesamtverbrauch nur 10%, d. i. nur rund die Hälfte dessen, was Haushalt und Gewerbe verbrauchen, und gar nur rund ein Drittel des Verbrauchs der Industrie. Im Ausland liegen die Verhältnisse grössenordnungsmässig gleich. Gerade bei der Kleinheit des Energiebedarfs der Bahnen drängt sich die Frage auf, ob es nicht eher gerechtfertigt wäre, ihnen energiewirtschaftlich ihr Sonderdasein zu belassen und sie ihre eminent wichtige Aufgabe mit einer Sonderstromart und im wesentlichen mit ihrem eigenen Energiehaushalt erfüllen zu lassen, namentlich wenn damit, wie hier vorweggenommen sei, bei den Triebfahrzeugen, dem Herz der Bahn, optimale Lösungen erreicht werden können. In Schweden wird dieser Vorteil für so massgebend angesehen, dass man den für das mit Einphasenwechselstrom 16 2/3 Hz elektrifizierte Vollbahnnetz erforderlichen Energiebetrag aus Drehstrom 50 Hz über Motorgeneratoren erzeugt und glaubt, die beträchtlichen Verluste dieser Art von Umformung in Kauf nehmen zu sollen.

Das gleiche gilt von den Strassenbahnen; niemand nimmt daran Anstoss, dass auch sie eine eigene Stromart verwenden müssen, um ihre Aufgabe am besten erfüllen zu können. Aber auch bei den grossen Gleichstrom-Bahnnetzen in Frankreich und Italien ist deren Einfügung in die allgemeine Energieversorgung keine völlige. In beiden Ländern gibt es, z. T. sicherlich aus örtlichen Gründen bedingt, z. T. aber wohl auch, um vor Störungen wechselseitig möglichst geschützt zu bleiben, bahneigene Fernleitungen, die ausschliesslich Bahn-Drehstrom führen. Dann besteht aber gegenüber der Art der Energieversorgung beispielsweise unserer Bundesbahnen kaum mehr ein Unterschied, namentlich wenn wir an die neueren Kraftwerke Etzel und Rapperswil denken, die bei völliger Trennung der Erzeugung beider Stromarten in der gemeinsamen Wasserwirtschaft eine Form des primären Zusammenschlusses darstellen, der gegenseitige Störungen und Behinderungen ausschliesst. Darüber hinaus aber gestatten einige wenige speziell an Verbrauchsschwerpunkten aufzustellende Asynchron-Synchron-Netzakupplungs-Umformergruppen mit Kollektorkaskade die Möglichkeit eines sekundären Zusammenschlusses zum Zwecke gegenseitiger Aushilfe. Sicher sind solche Gruppen, die bei uns bis jetzt an vier Orten zur Aufstellung gekommen sind, verhältnismässig teuer. Wenn man aber bedenkt, dass mit diesen Gruppen bis zu ihren vollen Durchgangsleistungen Energiebeträge mit beliebigem Blindleistungsanteil in wenigen Sekunden von Netz zu Netz hin und her geschoben werden können, dann lohnt sich der hohe Anschaffungspreis solcher Gruppen.

Durch die Niederfrequenz ist die induktive Komponente des Spannungsabfalls gering, und dadurch kommt man bei Einphasenwechselstrom mit 16 2/3 Hz mit der geringsten Zahl von Unterwerken oder besser Speisepunkten aus. In diesem Zusammenhang darf daran erinnert werden, dass beide Rampen der BLS ohne jedes Unterwerk direkt aus den Generatoren im KW Kandergrund versorgt werden. In Brig fahren gleich nach Ueberfahren der Rhonebrücke Züge von 500 t und mehr mit 75 km/h die Steigung von fast 27‰ hinan; sie

<sup>1)</sup> SBZ Bd. 66, S. 296 (18. Dez. 1915); «Bull. SEV» 1916, S. 1.

sind nur über den Fahrdrabt von 100 mm<sup>2</sup> Querschnitt und über eine vor allem der Sektionierung dienende Verstärkungsleitung von 50 mm<sup>2</sup> Querschnitt mit dem 46 km entfernten Kraftwerk verbunden. Mit keinem anderen Stromsystem würde sich Ähnliches erreichen lassen. Bei Verwendung von 50 Hz müsste man schon auf die extrem hohe Fahrdrabtspannung von 25000 V gehen, die ihrerseits wieder doch schon um einiges teurer wäre als eine solche für 15000 V.

Ueber eines aber muss man sich klar sein. Die direkte Eingliederung der Bahn in die allgemeine Energieversorgung oder, mit andern Worten, die Verwendung von Einphasen-Wechselstrom von 50 Hz im Fahrdrabt zwingt, wie auch C. Bodmer offen zugegeben hat, nach dem heutigen Stand der Technik zu Kompromisslösungen bei den Triebfahrzeugen in dieser oder jener Form und in diesem oder jenem Ausmass. Bei der Lokomotive mit 50-periodigen Kollektormotoren sind diese Motoren die Sorgenkinder mit ihrer schmalen Polteilung, ihrer grösseren Zahl von Kohlenbürsten und mit ihrer minutiöse Herstellung erfordernden Spezialwicklung im Anker. Deshalb gibt es Konstrukteure, die den 50-periodigen Kollektormotoren bewusst ausweichen und den 50-periodigen Einphasen-Wechselstrom auf der Lokomotive in Gleichstrom umformen. Aber auch diese Fahrzeuge sind Kompromisslösungen. Erfolgt die Umformung in einem Motor-generator, dann nötigt diese im motorischen Teil nicht oder nur wenig überlastbare Gruppe zum Verzicht auf den grössten Vorteil der elektrischen Traktion überhaupt, d. h. zum Verzicht auf die Zugkraft-Ueberlastungs-Fähigkeit der nachgeschalteten Triebmotoren bei Anfahrt und im Bereich der kleinen Geschwindigkeiten — ein Verzicht, den man nur bei den thermo-elektrischen Triebfahrzeugen zu leisten bereit ist, da sie die ganzen immobilien Anlagen (Kraftwerk, Uebertragungsleitung, Unterwerke und Fahrleitung) einzusparen ermöglichen<sup>2)</sup>. Der Umformerlokomotive mit rotierendem Umformer steht die Gleichrichterlokomotive mit statischem Umformer gegenüber. Sie hat neben ihren Nachteilen immerhin den Vorteil, die übliche Ueberlastungsfähigkeit der Motoren zu ermöglichen.

Wenn also umwälzende Neuerungen die Situation in absehbarer Zeit nicht wesentlich ändern, dann wird man sich bei Neuelektrifizierungen vor die verantwortungsvolle Entscheidung der Frage gestellt sehen, ob bei Verwendung von Einphasen-Wechselstrom von 50 Hz die Vorteile der direkten Einfügung der Bahn in die allgemeine Energieversorgung so gross sind, dass Kompromisslösungen bei den Triebfahrzeugen vertreten werden können. Das mag ein Grund mehr zur Freude darüber sein, dass wir unsere Bahnen, die — trotz aller Motorisierung — einen Rückgrat unserer Wirtschaft und unserer Wehrhaftigkeit darstellen, durch Elektrifikation mit Einphasen-Wechselstrom 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub> Hz noch rechtzeitig von der Kohlenknechtschaft befreit haben. Das darf aber nicht ausschliessen, dass wir an der Entwicklung der elektrischen Vollbahntraktion intensiv weiter arbeiten.

In diesem Zusammenhang ist es überaus anerkennenswert, dass sich die MFO getreu ihrer an «Seebach-Wettingen» anknüpfenden Tradition bereitgefunden hat, ihre Erfahrung in den Dienst der Fortsetzung der Versuche mit Einphasen-Wechselstrom 50 Hz zu stellen. So halten wir am besten das Andenken an Dr. H. Behn-Eschenburg und E. Huber-Stockar hoch, vor dessen Denkmal in Flüelen an der Gotthardbahn wir in Ehrfurcht und Dankbarkeit zu stehen allen Grund haben.

3. Prof. H. Weber, Institut für Fernmelde-Technik an der ETH, Zürich:

Vom Standpunkt des Fernmelde-Technikers stellt sich die Frage der Beeinflussung von Einphasenleitungen auf benachbarte Telefonleitungen, Signalanlagen usw. Bei den Beeinflussungsfragen spielt die Frequenz eine wesentliche Rolle, da alle längsinduzierten Spannungen proportional der Frequenz sind. Es sind bereits bei der Traktion mit 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub> Hz Fälle bekannt, bei denen bei Kurzschluss auf den Nachrichtenleitungen Längsspannungen von einigen 100 Volt induziert werden. Bei gleichen Verhältnissen und 50 Hz-Traktion würden sich diese Spannungen verdreifachen. Damit gelangt man

<sup>2)</sup> Thermo-elektrischen Triebfahrzeugen verleiht man in der Regel volle Ueberlastbarkeit bis zur Adhäsionsgrenze. Beispiel: Dieselelektrische Lokomotive von 960 PS, beschrieben in «Technische Rundschau» vom 12. Jan. 1951 mit Anfahrzugkraft = 2,4 × Dauerzugkraft. Dagegen fehlt eine Leistungsüberlastbarkeit. C. Bodmer

bereits an die Sicherheitsgrenze der Nachrichtenanlagen. Eine andere Frage stellt sich auch durch das infolge unvermeidlicher Erdungsunsymmetrien entstehende Geräusch auf den Nachrichtenleitungen. Man sollte deshalb bei Planung von Traktionsanlagen für 50 Hz diese Fragen in Betracht ziehen, da sie ökonomisch stark ins Gewicht fallen.

4. Dipl. Ing. Hans Wüger, Direktor der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich:

Ich beglückwünsche die MFO und namentlich auch Oberingenieur C. Bodmer zu dem auf dem Gebiet der Vollbahntraktion mit 50 Hz erreichten neuen Erfolg. Für die Vollbahn-Elektrifizierung in der Schweiz ist das System selbstverständlich nicht mehr von Bedeutung. Da aber der Referent mitteilte, dass die Einphasentraktion mit 50 Hz für kleine Leistungen leichter zu verwirklichen sei, möchte ich anfragen, ob es auch für Kleinbahnen und für Trolleybusse angewandt werden könnte. Ich denke dabei z. B. an die Forchbahn, bei der der Wegfall der teuren Gleichrichterstationen die Wirtschaftlichkeit des Bahnbetriebes verbessern könnte. Aber auch für Ueberland-Trolleybusbetriebe könnte der 50 Hz-Betrieb Ersparnisse bringen, weil für die Speisung lediglich einfache Transformatorstationen nötig wären. Diese müssten bei einer Spannung von etwa 1500 V am Fahrdrabt nur in grösseren Abständen errichtet werden. Da die beiden Fahrdrähte verhältnismässig nahe beisammen liegen, würde auch der Spannungsabfall verhältnismässig klein ausfallen. Für die Elektrizitätswerke würde allerdings die einphasige Belastung der Hochspannungsnetze neue Probleme aufwerfen. Doch werden sich gewiss auch hier Mittel und Wege finden lassen, um sie zu lösen.

5. Dr. J. Ackeret, Professor für Aerodynamik an der ETH, Zürich:

Es scheint mir klar zu sein, dass für die Schweiz eine Aenderung des Stromsystems kaum in Frage kommt. Umso mehr ist die Systemfrage für die Länder von Bedeutung, die noch wenig elektrifiziert haben, z. B. England. Da man thermische Generatoren mit mindestens 3000 U/min antreiben möchte (lieber mehr), so sind 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub> Perioden recht unerwünscht. Es stellt sich deshalb die Frage, ob die Verwendung von Gleichstrom mit Gleichrichtern gegenüber der neuen schönen Lösung der MFO nicht spürbar teurer zu stehen kommt. Wenn das tatsächlich der Fall ist, so scheinen mir die Aussichten für den Einphasenmotor von 50 Hz sehr günstig zu sein.

6. Dipl. Ing. L. Amherd, Zürich:

Sprechen die grossen Stromstösse, die durch den Bahnbetrieb bedingt sind, nicht gegen das Bestreben, alle Phasen des 50 Hz-Drehstromnetzes stets möglichst gleich belastet zu haben?

\*

Auf die von den Diskussionsrednern aufgeworfenen Fragen antwortete Obering. C. Bodmer wie folgt:

Zum Beitrag von Dr. P. Moser. Die Angaben von Dr. P. Moser über den Wirkungsgrad treffen zu; aber auch die hierfür im Vortrag angegebenen Zahlen von 2 bis 3 % und 80 % sind richtig. Allerdings bezieht sich der Wert von 80 % für Einphasen-Lokomotiven auf günstige Dienstverhältnisse; bei ungünstigen Verhältnissen kann der Wirkungsgrad auf 70 % sinken. Prof. Dr. W. Kummer hat im Jahre 1912 in seinem Aufsatz: «Der Kraftbedarf der Gotthardbahn mit Rücksicht auf die Neuanlagen für deren elektrischen Betrieb» (SBZ Bd. 59, S. 127\* und 146\*, 9. und 16. März 1912) einen Wirkungsgrad von 70 bzw. 68 % errechnet. Der Wirkungsgrad von Dampflokomotiven wird zu etwa 10 % bei vollarbeitender Maschine und Beharrung angenommen. Da aber die Lokomotive vorgeheizt werden muss und in den Leerlauf- und Stillstandzeiten hohe Wärmeverluste aufweist, beträgt der mittlere Tageswirkungsgrad nur etwa <sup>1</sup>/<sub>3</sub> bis <sup>1</sup>/<sub>4</sub> davon, also etwa 3 bis 2 %. Für elektrische Lokomotiven kann man einen Gesamtwirkungsgrad wie folgt definieren:

$$\eta_{\text{total}} = \frac{\text{Tagesarbeit am Rad}}{\text{Tagesarbeit an der Energiequelle}} \quad ^3)$$

Der Nenner bezieht sich auf das Bergwerk bzw. den Stausee. Der Eigenverbrauch der Kohlenzeche beträgt rd. 20 %

<sup>3)</sup> Zugkraft, Arbeit, Leistung werden besser auf den Radumfang als auf den Zughaken bezogen, weil sie sonst vom Verhältnis Lokomotivgewicht zu Anhängelast abhängig sind.

(SBZ 1950, Nr. 24, S. 323), der Bahntransport verzehrt etwa 10 % der Kohle für 1000 km Distanz. Der Uebertragungs-Wirkungsgrad ist somit  $0,8 \times 0,9 = 0,72$ . Die prozentualen Verluste vom Stausee bis zum Stromabnehmer der Lokomotive liegen ebenfalls in der Grössenordnung von 30 %, entsprechend  $\eta = 0,7$ . Setzt man den Lokomotivwirkungsgrad zu 3 bzw. 70 % und den des thermischen Kraftwerks zu 25 %, so wird der prozentuale Gesamtwirkungsgrad für Dampflokomotiven:

$$\eta_{\text{total}} = 100 \cdot 0,72 \cdot 0,03 = 2,2 \%$$

für Elektrolokomotiven mit thermischer Zentrale nahe der Kohlenzeche:

$$\eta_{\text{total}} = 100 \cdot 0,8 \cdot 0,25 \cdot 0,7 = 14 \%$$

für Elektrolokomotiven mit hydraulischer Zentrale:

$$\eta_{\text{total}} = 100 \cdot 0,7 \cdot 0,7 = 49 \%$$

Zum Beitrag von Prof. Dr. K. Sachs. Wir behaupten nicht, das 50 Hz-System sei das einzig Richtige für die Zukunft, wir haben lediglich seine heutige Lage in seiner Bedeutung dargestellt. Bei allen Bahnstromsystemen ausser 600 Volt (oder weniger) macht man Kompromisse an den Bahnmotoren zu Gunsten der Uebertragung, vor allem bei 3000 V.

Zum Beitrag von Dir. H. Wüger. Man wird die Vollbahnen der Schweiz nicht umstellen. Die Schweizer Nebenbahnen haben meist Anschluss an die SBB; deshalb sind mindestens für die normalspurigen Schweizerbahnen  $16\frac{2}{3}$  Hz gegeben. Für Trolleybusse fällt die 50 Hz-Ausrüstung schwerer und grösser aus als eine 600 V-Gleichstromausrüstung und hat deshalb nur für längere Strecken Erfolgsaussicht.

\*

Anschliessend fügte L. H. Leyvraz, Oberingenieur der Maschinenfabrik Oerlikon, noch folgende Ergänzungen bei:

Zum Beitrag von Dr. P. Moser. Um den Gesamtwirkungsgrad eines Zugförderungsbetriebs mit Dampflokomotiven mit demjenigen mit elektrischen Lokomotiven vergleichen zu können, sind eingehende Berechnungen erforderlich. Solche Berechnungen sind von der SNCF durchgeführt worden. Sie ergaben, dass 1 kg Kohle bester Qualität, die auf dem Rost der Dampflokomotive verbrannt werden muss, bei Elektrifizierung und Energieerzeugung in einem modernen Dampfkraftwerk ersetzt werden kann durch 0,4 kg Kohle schlechter Qualität.

Zum Beitrag von Prof. Dr. K. Sachs. Die SNCF beabsichtigt, nicht nur Nebenlinien mit Einphasenstrom von 50 Hz zu elektrifizieren, sondern auch Hauptlinien. Gleichrichter-Lokomotiven sind sehr schön, aber auch sehr teuer. Die erwähnte, ideale Speisung des Fahrdrabtes bei der BLS ohne Unterwerke lässt sich bei Einphasenstrom von 50 Hz und 20 bis 25 kV Fahrdrabtspannung ebensogut bewerkstelligen wie bei Einphasenstrom von  $16\frac{2}{3}$  Hz und 15 kV; die Spannungsabfälle sind im ersten Fall bei 22 kV annähernd gleich wie im zweiten Fall mit 15 kV. Die einseitige Speisung der BLS von Kandersteg nach Brig lässt sich verantworten, weil bei Störungen auch eine Speisung von Brig her durch das Kraftwerk Massaboden möglich ist.

Zum Beitrag von Prof. H. Weber. Die Frage der Beeinflussung der Fernmeldeanlagen durch den in den Fahrleitungen zirkulierenden Einphasenstrom von 50 Hz wurde von der MFO nicht betrachtet, da bei den realisierten Anlagen der Ungarischen Staatsbahnen und der Höllentalbahn, sowie auch auf der Linie Aix les Bains-Annecy keine Schwierigkeiten auftraten.

Zum Beitrag von Dir. H. Wüger. Eine Umstellung von Bahnen auf Einphasenstrom von 50 Hz kommt in der Schweiz nicht in Frage, da ja das Erzeugungs- und Verteilnetz für  $16\frac{2}{3}$  Hz bereits existiert und jede Bahn an die SBB angeschlossen werden kann.

Zum Beitrag von Prof. Dr. J. Ackeret. Beim Vergleich der Elektrifikationskosten für Gleichstrom und Einphasenstrom von 50 Hz ist zu berücksichtigen, dass bei den Triebfahrzeugen der Unterschied nicht massgebend ist, da ja die mechanischen Teile und die meisten Hilfsbetriebe für beide Stromarten die gleichen sind. Bei den ortsfesten Anlagen, umfassend Zwischenübertragungsnetze (nur bei Gleichstrom), Gleichrichter- bzw. Transformatorstationen, Fahr- und Speiseleitungen, lassen sich gegenüber Gleichstrom Ersparnisse in der Grössenordnung von 50 % erzielen.

Zum Beitrag von Dipl. Ing. L. Amherd. Eine symmetrische Belastung des Drehstromnetzes durch den einphasigen Bahnbetrieb lässt sich durch verschiedene Massnahmen in erträglichem Masse erzielen, so, indem das Netz in mehrere Teilstrecken aufgeteilt wird, die an verschiedene Phasen angeschlossen sind. Selbst Einphasenlasten, die geographisch an verschiedenen Stellen auftreten, lassen sich über die Drehstromleitung zu einer mehr oder weniger symmetrischen Drehstromlast zusammenfassen, wobei die dadurch auftretenden zusätzlichen Unsymmetrien bei den im Bahnbetrieb vorkommenden Belastungen zur Gesamtbelastung des Drehstromnetzes so klein werden, dass sie praktisch vernachlässigt werden können.

## Nordostschweizerische Kraftwerke A.-G., Baden

DK 621.311 (494)

Im Geschäftsbericht dieser Gesellschaft, der den Zeitraum vom 1. Oktober 1949 bis 30. September 1950 umfasst, wird mitgeteilt, dass es trotz der geringen Wasserführung im Winter 1949/50 dank teilweiser Inbetriebnahme mehrerer neuer Kraftwerke und erhöhter Einfuhr von Winterenergie gelang, den Elektrizitätsverbrauch der allgemeinen Versorgung *uneingeschränkt* zu decken. Die günstigere Wasserdarbietung im Sommer 1950, die zwar immer noch nur 79 % des Mittels der Periode 1901/1949 betrug, gestattete eine gegenüber dem Vorjahr wesentlich grössere Energieabgabe, vor allem von unkonstanter Energie an Elektrokessel (88,8 Mio kWh gegenüber 24,6 Mio kWh im Vorjahr), so dass die ab Sammelschiene abgegebene Energiemenge von 1586,9 Mio kWh das höchste Jahresergebnis darstellt, das bisher erzielt wurde. Die Lieferung ins Ausland stieg um 41,7 Mio kWh auf 91,4 Mio kWh; sie blieb auf den Austausch von Sommerenergie gegen Winterenergie und von elektrischer Energie gegen Gas beschränkt. Bemerkenswert hoch war der Ausnützungsgrad in den eigenen Anlagen und in den Werken, an denen die NOK beteiligt ist; er betrug bei den Laufwerken 99,1 %, bei den Speicherwerken war er kleiner, weil ein Teil der Zuflüsse zur Wiederauffüllung der im trockenen Vorjahr zu stark abgesenkten Stauseen verwendet werden musste; der Gesamtausnützungsgrad betrug 94,7 %.

Die NOK verfügt gegenwärtig (30. September 1950) in eigenen Werken und in Werken, an denen sie beteiligt ist, über eine installierte Generatorleistung von 326 400 kW (291 400 kW im Vorjahr); die Total-Kapazität der Transformatoren beträgt 472 650 kVA (448 150 kVA).

Die Bauarbeiten am Aarekraftwerk *Wildeggen-Brugg*, mit denen im Mai 1949 begonnen wurde, verlaufen programm-gemäss, so dass der Betrieb im Herbst 1952 wird aufgenommen werden können. Ende September 1950 waren auf allen Baustellen rd. 700 Mann beschäftigt.

Ende 1949 wurde die *Maggia-Kraftwerke A.-G.* gegründet; die NOK sind am Aktienkapital dieser Gesellschaft mit 30 % und am Energiebezug mit 37,5 % beteiligt. Für die Projektierung und die Bauleitung der baulichen Anlagen hat die neue Gesellschaft eine eigene Organisation geschaffen, die unter der Oberleitung von Dr. A. Kaech steht, während die Projektierung und die Bauleitung der mechanischen und elektrischen Anlagen sowie der Uebertragungsleitungen der Motor-Columbus A.-G. in Baden übertragen wurden. Schon anfangs 1950 konnten die Arbeiten für das Zugänglichmachen der Stollenfenster (durch Luft- und Standseilbahnen) für den Strang Sambuco-Peccia-Cavergno-Verbano vergeben werden. Im April folgte in sieben Baulosen die Vergebung des Druckstollens und des Freilaufstollens, im Juni diejenige der Stau-mauer Palagnedra und im August die der Zentrale Verbano mit Druckschacht und Wasserschloss. Die Turbinen und Generatoren für die Zentrale Verbano wurden vorsorglich schon vor der Gründung der Gesellschaft bestellt. Inzwischen konnten auch die übrigen mechanischen und elektrischen Anlagen, sowie die Panzerungen für Wasserschloss und Druckschacht in Auftrag gegeben werden. Die Projektierung für die Stau-mauer Sambuco und die Kraftwerkstufen Peccia und Cavergno wird so gefördert, dass im Jahre 1951 die Lieferungen und Bauarbeiten vergeben werden können. Laut Bauprogramm sollen das Kraftwerk Verbano auf den Herbst 1952 und die Zentralen Peccia und Cavergno auf den Herbst 1954 in Betrieb kommen; bis 1956 wird die erste Bauetappe fertiggestellt sein.