

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 29 (1938)
Heft: 25

Artikel: Die Energieversorgung der elektrischen Bahnen : kurzer Bericht über die Verhandlungen der Abteilung E der Teiltagung Wien 1938 der Weltkraftkonferenz
Autor: Habich, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059426>

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: 28.04.2025

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

Die Energieversorgung der elektrischen Bahnen.

Kurzer Bericht über die Verhandlungen der Abteilung E der Teiltagung Wien 1938 der Weltkraftkonferenz.

621.332

Ueber die Energieversorgung der elektrischen Bahnen lagen 18 Berichte aus 11 verschiedenen Ländern vor. Aus diesen Berichten sind folgende Entwicklungslinien zu erwähnen:

Bemerkenswert für die Energieversorgung der elektrischen Bahnen ist der geringe Anteil des Bahnenergieverbrauches am gesamten Elektrizitätsverbrauch eines Landes. In der Schweiz, wo doch über 95 % des Verkehrs in Bruttotonnen-km elektrisch durchgeführt wird, erreichte z. B. der Bahnenergieverbrauch im Jahre 1936/37 nur etwa 13 % des gesamten Inlandenergieverbrauches, in Deutschland einschliesslich Oesterreich nur 4,36 % (1936).

Zur Frage, ob sich die Elektrifizierung der Vollbahnen auch in Ländern mit Kohlevorkommen lohnt, wurde auf die Ergebnisse von eingehenden Untersuchungen, nach denen die Brennstoffausnutzung in Wärmekraftwerken 3 bis 4mal höher ist als in den Dampflokomotiven, hingewiesen. In Frankreich würde z. B. die Elektrifizierung der Fernbahnstrecken eine Ersparnis an Kohlenverbrauch von 75 % ermöglichen, auch unter der Annahme, dass die gesamte Bahnenergie in Wärmekraftwerken erzeugt wird.

Die Frage des Stromsystems für die Energieversorgung der elektrischen Bahnen hat keine einheitliche Lösung erfahren. Das einmal gewählte System hat sich überall bewährt. Einzig in Italien wird mit der Zeit die Drehstrom-Traction durch die Gleichstrom-Traction ersetzt werden.

Weitgehende Uebereinstimmung besteht dagegen in der Art der Energieversorgung der Bahnnetze. Gleichstrombahnen werden mehrheitlich aus der allgemeinen Energieversorgung des Landes über Umformerwerke ($3 \sim 50/—$) versorgt, Wechselstrombahnen bevorzugen hingegen bahneigene Kraftwerke und suchen den Anschluss an die Landes-Industrienetze als Ergänzung der Energieversorgung (z. B. SBB).

Von besonderem Interesse ist die in ausgedehnten elektrischen Bahnnetzen erreichte Uebereinstimmung der Benützungsdauer der Jahreshöchstleistungen, und zwar trotz verschiedener Stromart und Betriebsverhältnisse. Bei den SBB (Einphasenstromversorgung, schwere Züge, Gebirgsstrecken) erreichte im Jahre 1937 (Kalenderjahr) die Höchstleistung 154 000 kW bei einem Jahresenergieverbrauch ab Unterwerk von $541 \cdot 10^6$ kWh. Die Benützungsdauer der Höchstleistung war also 3500 h. Bei den Southern Railway in England (Gleichstromversorgung, leichte Motorwagenzüge, flachere Strecke) betrug im Jahre 1937 der Energieverbrauch $547 \cdot 10^6$ kWh und die Höchstlast 149 850 kW. Die Benützungsdauer der Höchstbelastung war also rund 3700 h. In Frankreich rechnet *Parodi* mit einer Benützungsdauer der Jahreshöchstleistung von 3000 bis 4000 h für Fernverkehr, Vorortverkehr und bei der Untergrundbahn (Métro).

Besonders zu erwähnen ist die in den USA durchgeführte Anordnung der Fahrpläne der Güterzüge, die nachts verkehren, zur Zeit der Täler des Belastungsdiagrammes. In den meisten Fällen handelt es sich um die zweckmässigste Kombination von Vorort-, Fernverkehr und Güterverkehr, wobei die günstigste Ausnützung der Geleiseanlagen mit der günstigsten Ausnützung der elektrischen Anlagen (Benützungsdauer der Höchstleistung) im allgemeinen Hand in Hand gehen.

Die Diskussion über die Energieversorgung elektrischer Bahnen wurde eröffnet durch einen Ueberblick von *Semenza* (Italien) über die Entwicklung und den heutigen Stand der elektrisch betriebenen Bahnen, in welchem er hervorhebt, dass durch die in den letzten Jahren gesteigerten Fahrgeschwindigkeiten (bis 160 km/h) der spezifische Energieverbrauch der Fahrzeuge zunimmt, und dass daher der Wirtschaftlichkeit der Energieversorgung entsprechend vermehrte Bedeutung zukommt. Der elektrische Bahnbetrieb ist heute schon so vervollkommen, dass die Weiterentwicklung nur noch ein «Polieren» des Erreichten bedeutet. Der Generalberichterstatter *Dittes* (Wien) stellte folgende vier Fragen als Rahmen für die Aussprache:

Frage 1: Soll bei künftiger Elektrifizierung grösserer Bahnnetze die Energie in bahneigenen Werken erzeugt oder aus den Werken oder Netzen der allgemeinen Landesversorgung bezogen werden?

Wie ist diese Frage hinsichtlich der verschiedenen Arten von Bahnen (Fernbahnen, Nahbahnen) und der für ihren Betrieb verwendeten Stromsysteme sowie hinsichtlich der verschiedenen Energiequellen zu beurteilen?

Nach Erläuterungen von *Eggenberger* (Schweiz) zu seinem Bericht: Energiebedarf und Energiebeschaffung für den elektrischen Betrieb der SBB, hatte man den Eindruck, dass der von den SBB gewählte Weg der Energiebeschaffung für ihre Verhältnisse der richtige gewesen ist, d. h. bahneigene Kraftwerke mit Erzeugung von 16%periodigem Wechselstrom, vereinzelte Installierung von 50periodigen Maschinen in diesen Werken, zur Abgabe von Ueberschussenergie an das Landesnetz, Kupplung mit dem Landesnetz mit Umformern und als wirtschaftlichste Lösung gemeinsames Werk mit der Landesversorgung mit 16%- und 50periodigen Maschinen und Möglichkeit des Energieaustausches durch den Wasserhaushalt (Eitzelwerk). Der Vertreter der deutschen Reichsbahn (*Schieb*) teilte diese Ansicht und setzte sich in gewissen Gegensatz zu *Krohne* (Berliner Elektrizitätswerke), der Bezug vom Landesnetz als betriebssicherer gegenüber eigenen Werken hinstellte.

Knudson (Norweg. Staatsbahnen) machte auf den grossen Unterschied von Grund- und Spitzenlast aufmerksam und betonte die Wichtigkeit der Speicherwerke in der Nähe der Bahnanlagen, welche die Spitzenlast decken, während die Grundlast über Umformer vom Landesnetz (50 Per./s) bezogen wird. Die Energieversorgung der Bahnen in Schweden durch Umformung von Drehstrom in Einphasen-Wechselstrom 16% Per./s hat seinen Grund im Fehlen von genügenden Speichermöglichkeiten der Wasserkraftwerke im südlichen Schweden und in dem Umstand, dass der Staat die Bahnen und die grossen Wasserkraftwerke für die Landesversorgung besitzt.

Chamayou (Frankreich) zeigte am Beispiel der Energiebeschaffung für die grossen, unabhängig voneinander betriebenen elektrischen Bahnnetze in Frankreich (Midi, Paris, Orléans, Etat), wie sehr die im Generalbericht auf S. 12 bis 14 erwähnten verschiedenen Faktoren dazu führen können, die für die Elektrifizierung eines Bahnnetzes vorteilhafteste Art der Energiebeschaffung den jeweiligen Verhältnissen möglichst anzupassen.

Puky (Ungarn) machte interessante Angaben über die nach dem System Kando mit 50 Per./s gemeinsam mit der Landesversorgung gespeiste Vollbahn in Ungarn. Die Bahnunterwerke sind abwechselungsweise an je eine Phase der Drehstromleitung von 110 kV angeschlossen. Von $90 \cdot 10^6$ kWh totaler Erzeugung im Kraftwerk (50 Per./s) werden $37 \cdot 10^6$ für Bahnbetrieb benötigt; ein Tagesdiagramm zeigt den günstigen Einfluss der Bahnbelastung auf die Gesamtbelastung; der Spannungsunterschied zwischen den einzelnen Phasen infolge der ungleichen Phasenbelastung durch den Bahnbetrieb ist nur ca. 1 % infolge der günstigen Einwirkung auf die Phasenverschiebung durch den Umformer auf der Lokomotive.

Frage 2: Wie können Energieverbrauch und Energiekosten elektrisch betriebener Bahnen vermindert werden und wie wirken sich die in Betracht kommenden Mittel und Massnahmen bei den verschiedenen Arten von Bahnen und Stromsystemen und besonders beim Energiebezug aus den Werken der Landesversorgung aus?

Welche Anschauungen bestehen insbesondere

- a) hinsichtlich der Nutzbremmung und welche Betriebsergebnisse wurden mit ihr erzielt,
- b) hinsichtlich der Mittel zur Senkung der Belastungsspitzen, um dadurch bei Grundgebührentarifen die Energiekosten zu senken, und
- c) hinsichtlich der Verringerung von Energieverbrauch und Energiekosten durch Verminderung des Gewichtes der Triebwagenzüge, bzw. durch Steigerung der eingebauten Motorenleistung pro Gewichtseinheit der Triebwagen?

Energieverbilligend wirken die um ca. 5...8 % besseren Wirkungsgrade der Mutatoren zur Umformung von Drei-

phasen-Wechselstrom von 50 Per./s in Einphasen-Wechselstrom von 16⅓ Per./s gegenüber den rotierenden Umformern. Die Vertreter der Deutschen Reichsbahn berichten, dass einer dieser Mutatoren, Fabrikat AEG, zur Speisung der Wiesentalbahn im Umformerwerk bei Basel sehr befriedigend arbeitet; er speist aber nur ein kleines Bahnnetz ohne Parallelbetrieb mit einem andern Netz. Der von Brown, Boveri, Mannheim, in Pforzheim aufgestellte Mutator verbindet das grosse Bahnnetz von Bayern mit einem grossen Industrienetz und hat daher, namentlich wegen seiner im Vergleich mit den beiden Netzen kleinen Leistung von ca. 3000 kW, erschwerte Betriebsbedingungen. Die meisten Schwierigkeiten sollen heute überwunden sein.

Withington erwähnt, dass die Mutatoren in den Vereinigten Staaten von Amerika auch entwickelt worden sind.

Zu 2 a) Nutzbremmung.

Dieser Frage wird bei den Stadt- und Vorortsbahnen mit ihren regelmässigen und häufigen Anfahrten und Bremsungen besondere Bedeutung beigemessen. Den Vorteilen der Nutzbremmung, nämlich Energieersparnis, geringere Bremsklotzabnutzung und weniger Bremsstaub stehen als Nachteile entgegen teurere, kompliziertere und schwerere maschinelle Einrichtungen der Fahrzeuge. Bei stadtbahnähnlichen Betrieben überwiegen die Vorteile; je nach den Verhältnissen wird als Hauptvorteil Energieersparnis oder grössere Betriebssicherheit infolge geringerer Störungsanfälligkeit wegen Abnahme des Bremsstaubes angegeben.

Schlemmer (Brown, Boveri, Mannheim, in Vertretung von Usbeck, Reichsbahn Hamburg) gibt an, dass für den Umbau der Vorortsbahnen in Hamburg für 1500 Volt Gleichstrom mit Nutzbremmung die Motoren 25 % grösser werden und 27...30 % Energieersparnis berechnet wurde.

Zu 2 b): Senkung der Belastungsspitzen siehe Frage 3 unten.

Zu 2 c): Energieersparnis durch Gewichtsverminderung der Triebfahrzeuge und Wagen.

Ein Vertreter der englischen Southern Railway macht darauf aufmerksam, dass bei dieser Bahn von dem gesamten Zuggewicht im Durchschnitt 79 % auf die Wagen, 12 % auf die elektrische Ausrüstung und 8,2 % auf die Passagiere entfallen; daraus geht hervor, wo der Hebel für eine wirtschaftlich ausschlaggebende Gewichtsersparnis angesetzt werden muss. Gewichtsersparnisse an der elektrischen Ausrüstung

sind oft im Widerspruch mit der beim Bahnbetrieb wichtigsten Forderung nach grösster Betriebssicherheit.

Frage 3: Inwieweit kann bei Aufstellung der Fahrpläne auf Herabsetzung der Belastungsspitzen und dadurch auf die Energiekosten eingewirkt werden?

Eggenberger (Schweiz) und Wechmann (Deutschland) lehnten kategorisch ab, der Fahrplangestaltung irgendwelche Beschränkungen aufzuerlegen, um die Höhe der Belastungsspitzen zu reduzieren; das wäre der «Todesstoss» für die elektrische Zugförderung, sagte Wechmann. Die Energieerzeugung hat sich vielmehr restlos den Verkehrsbedürfnissen anzupassen, soll der elektrische Bahnbetrieb den modern gestiegenen Ansprüchen gewachsen bleiben, sonst verliert er seine Konkurrenzfähigkeit. Bei grösseren elektrischen Bahnbetrieben ist das Verhältnis Spitzenlast zu Mittellast sehr günstig, oft besser als bei Industrienetzen.

Puky (Ungarn) zeigte deutlich das günstige Ergebnis kombinierter Bahn- und Industrielast an einem Diagramm. Der «schlechte Ruf» der Belastungsdiagramme gehört heute, wenigstens für die grösseren Bahnnetze, ins Reich der Fabel.

Habich (Schweiz) ergänzte die in seinem Bericht aus dem Betrieb der SBB gemachten Angaben über den Schwankungsfaktor $S = \frac{P_{\max}}{P_{\text{mittel}}}$ (Momentan-Wert): P_{mittel} durch Messergebnisse, die sich auf den höchsten Mittelwert für eine Zeitdauer von 2,5, 5,0 und 10,0 Minuten bezogen¹⁾.

Es wird eine Anregung zuhanden des Internationalen Eisenbahnausschusses gemacht, eine einheitliche und eindeutige Bezeichnung der Schwankungsfaktoren unter genauer Angabe, auf welche Zeitdauer der angegebene Wert sich bezieht, zu vereinbaren, um solche Angaben überhaupt miteinander vergleichen zu können.

Frage 4: Welche Bedeutung kommt in Dampfkraftwerken, besonders in solchen, die Bahnenergie liefern, den verschiedenen Arten von Dampfspeichern zu?

Von Vertretern deutscher Dampfkraftwerke wird an Hand von Belastungsdiagrammen gezeigt, dass der Dampfspeicher für Speisung von Bahnnetzen von Vorteil sein kann und dass die Speicher sich im Betrieb gut bewährt haben.

In einem von hervorragender Sachkenntnis zeugenden, gut formulierten Schlusswort gedenkt Dittes des leider zu früh verstorbenen genialen Ingenieurs und hochstehenden Menschen Kando.

H. Habich.

¹⁾ Auf diesen Bericht werden wir zurückkommen.

Hochfrequenztechnik und Radiowesen — Haute fréquence et radiocommunications

Eine Demonstrationsapparatur für Fernsehversuche.

621.397.5

Anlässlich der Radioausstellung des Radioklubs Zürich vom 12. bis 14. November 1938 wurde eine von Mitgliedern dieser Vereinigung gebaute Apparatur im Betriebe vorgeführt, welche einfache Fernsehversuche im Kurzschlussverfahren ermöglichte. Schon im Jahre 1930 kam eine ähnliche Apparatur zur Vorführung, nur arbeitete diese mit 2 Nipkowischen Scheiben, welche zur Vereinfachung der Synchronisation auf derselben Achse befestigt waren. Die eine Scheibe arbeitete als Abtaster des Bildes, das mit Hilfe eines Projektionsapparates auf diese projiziert wurde. Mit Hilfe einer Photozellenanordnung mit Verstärkerapparatur konnten die Lichteindrücke, die von der Zerlegung des Bildes in einzelne Zeilen und Bildpunkte herrührten, in entsprechende Spannungsänderungen umgewandelt werden, die zur Aussteuerung einer Glühlampe mit grosser Kathodenfläche dienten. Bei deren Betrachtung durch die Spiralöffnungen der zweiten Scheibe wird das projizierte Bild auf der leuchtenden Kathodenoberfläche sichtbar.

Die in diesem Jahre gezeigte Anlage arbeitet entsprechend der Entwicklung der Fernsehtechnik nach einem wesentlich andern Prinzip. Selbstverständlich muss auch hier eine Zerlegung des Bildes in einzelne Bildelemente erfolgen. Diese Zerlegung geschieht in der Weise, dass mit Hilfe einer Braunschen Röhre ein Lichttraster auf das Diapositiv projiziert wird. Dieser Raster wird dadurch erhalten, dass man

den Kathodenstrahl der Röhre zwei senkrecht aufeinander stehenden Spannungsablenkungen aussetzt, welche durch entsprechende, an die Kondensatorplatten angelegte, Kippspannungen erhalten werden. Die Frequenz der Spannung für die horizontale Ablenkung bestimmt die Zahl der Zeilen oder die Feinheit des Rasters, während die Frequenz der vertikal ablenkenden Spannung die Bildfrequenz oder die Zahl der Bilder pro Sekunde bestimmt. Das Zusammenwirken beider Ablenkungen ergibt den schon erwähnten Fernsehtraster. Der gleiche Raster wird nun auch auf dem Leuchtschirm einer zweiten, der ersten parallel geschalteten Braunschen Röhre erzeugt. Diese Röhre besitzt ferner noch eine Steuerelektrode, mit der die Helligkeit des Kathodenstrahls beeinflusst werden kann. Bei der eingangs erwähnten Röhre, die also in diesem Falle als Abtaster des Bildes arbeitet, fällt nun das Licht des Kathodenstrahls, nachdem es das Diapositiv passiert hat, auf eine Photozelle, welche an einen hochwertigen Breitbandverstärker angeschlossen ist. Bei der Abtastung des Bildes wird nun entsprechend der Struktur des Diapositivs das auf die Photozelle fallende Licht fortwährend in der Helligkeit gesteuert, so dass auch entsprechende Photozellenströme entstehen. Durch eine ca. 400 000fache Verstärkung dieser Ströme können am Ausgang des Verstärkers Spannungen von 50...60 Volt entnommen werden, die nun ihrerseits dazu dienen, die Helligkeit des Kathodenstrahls der zweiten Braunschen Röhre zu steuern. Damit ist nun der Kreislauf geschlossen. Wenn beide Raster absolut synchron sind, so muss nach der Helligkeitssteuerung des Strahls das Bild auf dem Fluoreszenzschirm der Empfangsröhre in Er-