

Die Entwicklung der Stromsysteme für elektrische Hauptbahnen

Autor(en): **Bodmer, Carl**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins : gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **57 (1966)**

Heft 16

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-916625>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

KARL EMIL DICK

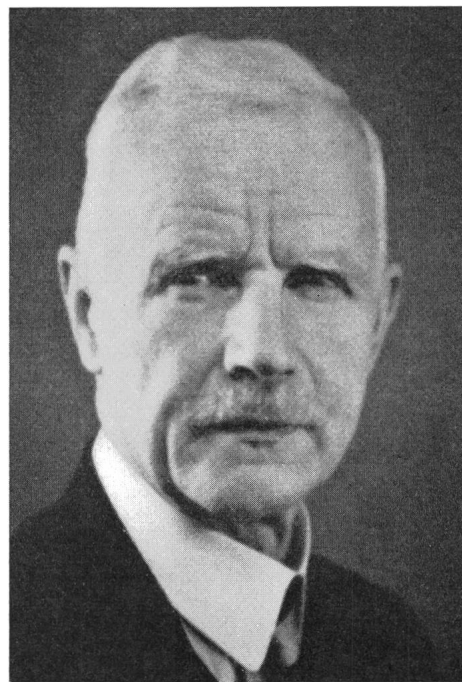
1866—1948

Karl Emil Dick wurde am 28. Juli 1866 in Bern als Sohn eines Schlossers geboren. In der Telegraphenwerkstätte von G. Hasler absolvierte er eine Mechanikerlehre, wo er neben Telegraphen- und Telephonapparaten auch andere Anwendungen der Elektrizität kennen lernte. Seine Wanderjahre brachten ihn in Kontakt mit *Thury* in Genf und mit *Fischer-Hinnen* bei der MFO; später traf man ihn auf Montage in Russland. 1895/96 war er an der technischen Hochschule zu Karlsruhe als Hospitant bei Professor *Arnold* eingeschrieben, um seine Kenntnisse in der Elektrotechnik zu ergänzen. Von Karlsruhe führte ihn der Weg in eine Akkumulatorenfabrik nach Baden bei Wien, wo man sich stark für die elektrische Zugsbeleuchtung interessierte und ihn mit diesen Aufgaben betraute. Noch im gleichen Jahr erlangte er Patente in Österreich, England und in der Schweiz für ein Zugsbeleuchtungssystem, bei dem jeder Wagen mit einer Batterie versehen, im Gepäckwagen überdies ein von der Achse angetriebener Dynamo installiert war, der über durch den ganzen Zug laufende Leitungen die Batterien auflud.

1901 trat Dick zu den Österreichischen Siemens-Schuckert-Werken in Wien über, wo er weiterhin an maschinen- und apparatetechnischen Entwicklungen für die Zugsbeleuchtung arbeitete. Sie galten aber alle der sich überall durchsetzenden Einzelwagenbeleuchtung.

Nach dem ersten Weltkrieg wandte sich Emil Dick der Auto- und Flugzeugbeleuchtung zu. 1921 verliess er Wien, um einem Ruf Dr. *E. L. Bitterlis* nach Genf zu folgen, wo er noch einige Zeit für die «Société pour l'Eclairage des Vehicules sur Rail» wirkte. Am 5. März 1948 schloss sich sein Lebenskreis im Lindenhofspital zu Bern.

Der SEV ernannte Karl Emil Dick 1946 zu seinem Ehrenmitglied.



H. Wüger

Die Entwicklung der Stromsysteme für elektrische Hauptbahnen

Zu Beginn unseres Jahrhunderts war schon eine Reihe von elektrischen Bahnen im Betrieb, Klein- und Strassenbahnen vom Jahre 1888 an, alle mit Gleichstrom. Der im Jahre 1891 erfundene Drehstrom schien einigen Fachleuten für Hauptbahnen als besonders geeignet, weil damit der Kollektor vermieden wurde. Der Nachteil der zweipoligen Fahrleitung, des induktiven Spannungsabfalles und des begrenzten Höchstdrehmomentes schien offenbar gegenüber dem Sorgenkind Kollektor das kleinere Übel.

Als Hauptbahnen waren im Betrieb:

die Baltimore- und Ohio-Bahn mit 650 V Gleichstrom seit 1895, die Paris-Orleans-Bahn mit 600 V Gleichstrom seit 1900, die Burgdorf-Thun-Bahn mit Drehstrom von 750 V, 40 Hz, seit 1899, die italienischen Staatsbahnen, beginnend 1902, mit Drehstrom von 3000 V, 15 Hz.

Der induktive Spannungsabfall bei Drehstrom wurde durch die Herabsetzung der Frequenz auf 15 Perioden/s reduziert.

In dieser Situation gab der damalige Direktor der Maschinenfabrik Oerlikon am 27. Februar 1902 in einem Vortrag im SIA (Schweiz. Bauzeitung 1902, S. 107, 113, 129) über das Thema «Elektrische Traktion auf normalen Eisenbahnen» ganz neuartige Erklärungen ab, die von erstaunlicher Weitsicht zeugen, und sich zum Teil über viele Umwege in der Hauptsache bestätigt haben. Aus dem Wortlaut des in der Schweiz. Bauzeitung vom 8. März 1902 gedruckten Vortrages sind nachstehende Sätze bzw. Satzteile gekürzt wiedergegeben.

Neben kleineren Zügen mit häufiger Fahrgelegenheit müssen schwere, beliebig zusammengesetzte Züge weitergeführt werden können. Nur so wird ein allmählicher Übergang vom Dampf zum elektrischen Betrieb möglich, also durch Lokomotiven mit ausreichendem Adhäsionsgewicht. Daher ist eine sehr viel höhere Spannung als bis jetzt in der Kontaktleitung nötig, etwa 15 000 V. Nur einpolige Leitung verspricht betriebssicher zu sein. Die hohe Spannung verbietet Drehstrom, erscheint auch ausgeschlossen für Gleichstrom [spätere Projekte sind bis 5000 V verfasst und bis 4000 V ausgeführt worden (der Verfasser)] und zwingt, zum Einphasen-Wechselstrom zu greifen. Puls (Periodenzahl, Frequenz)

etwa 16 zur Kleinhaltung des Spannungsverlustes. (Dieser Wert stützt sich auf im Vortrag gezeigte Berechnungen und auf Grund der Erfahrungen der Burgdorf-Thun-Bahn.) Der Einphasen-Bahnmotor war noch nicht erfunden. *Emil Huber* hatte die Umformung mit der im Jahre 1891 schon bekannten Ward-Leonard-Schaltung vorgeschlagen (Einphasen-Umformermotor mit Gleichstromgenerator mit Feldregulierung). Soweit der Vortrag Hubers.

Die niedrige Frequenz, die sich bald auch zur Verminderung des Einflusses auf die Schwachstromleitungen längs der Bahn (Freileitungen mit Erdrückleitung) als nötig erwiesen hat, erleichterte Dr. Behn-Eschenburg die Möglichkeit zur Erfindung des Einphasen-Reihenschluss-Kollektormotors mit Ohmschem Wendepol-Shunt. Kaum war die Umformerlokomotive nach Huber im Betrieb, begann der Bau der zweiten Lokomotive mit zwei Bahnmotoren nach Dr. Behn-Eschenburg. Auch die erste Lokomotive wurde rasch umgebaut auf dieselben Bahnmotoren.

Trotz dem Erfolg des Versuchsbetriebes war die SBB noch nicht reif zur Elektrifizierung, dagegen verbreitete sich das System bald auf anderen Bahnen (Rhätische Bahn, BLS, Deutsche Bundesbahnen u. a.). Erst 1916, als Kohlenknappheit dazu zwang, wurde in der vom SEV gegründeten Studienkommission für den elektrischen Bahnbetrieb, nachdem die verschiedenen Systeme sehr gründlich studiert waren, die Elektrifikation der SBB mit dem in Seebach-Wettingen und inzwischen u. a. bei der BLS erprobten System den anderen vorgezogen, von den SBB beschlossen und für die gesamte Elektrifikation angewendet. Die inzwischen erreichte Vervollkommnung der Gleichstrommotoren kam auch den Einphasenmotoren zugut.

Trotz ungezählten Erfindungen von anderen Einphasenkollektormotoren im Laufe der Jahre ist der einfache Einphasen-Reihenschlussmotor mit wertvollen Vervollkommnungen unübertroffen geblieben. Die Nutzbremmung, ebenfalls von *Behn-Eschenburg* erfunden, ist in jüngster Zeit im Gegensatz zu früher (ungünstiger Leistungsfaktor, beschränkte Leistung) auf eine ungeahnte Stufe gebracht worden.

621.331

Nach 40jähriger Vorherrschaft des 1500-V-Gleichstromsystems ist von der SNCF das Studium eines besonders wirtschaftlichen Stromsystems für die Nebenlinien «vielleicht mit direktem Anschluss an das 50-Hz-Industriernetz» in Auftrag gegeben worden. Dies war für die MFO der Anlass zur Berechnung und Ausführung des 50-Hz-Motors, und für die SNCF für den Bau der Versuchsstrecke Aix-les-Bains–La Roche sur Foron. Drei allgemeine Entwicklungsatsachen gaben die zur Zeit Huber/Behn-Eschenburg unmöglich erscheinene Lösung: Erhöhung der Motorbeanspruchung, besonders der Umfangsgeschwindigkeiten, und der Durchflutung, die das Leistungsgewicht von 0,08 auf 0,2 kW/kg gebracht haben, Möglichkeit von 25 kV, am Fahrdrat die den induktiven Spannungsabfall bei 50 Hz ungefähr auf denselben bei mit 15 kV, $16\frac{2}{3}$ Hz, gebracht hat. Damit wurden auch Hauptbahnen an Industrienetze anschliessbar.

Der 50-Hz-Motor hat allerdings nur kurzzeitig dominiert. Anstelle des für Bahnen nie ganz befriedigenden Quecksilberdampfgleichrichters wurde in den letzten Jahren der Trocken (Halbleiter)-Gleichrichter so hoch entwickelt, dass der 50-Hz-Motor dem über Gleichrichter gespeisten Motor das Feld räumen musste.

Nun ist es plötzlich relativ einfach geworden, Triebfahrzeuge für zwei-, drei-, vier Stromsysteme zu bauen, so die Zweikrafttraktoren und die TEE-Züge, die Länder mit 1500 und 3000 V Gleichstrom, mit 15 kV, $16\frac{2}{3}$ Hz, und 25 kV, 50 Hz, Fahrspannung durchfahren können. Der Systemvereinheitlichungsvorschlag der SNCF an einer Tagung in Lille im Jahre 1954 scheint nun nicht mehr aktuell. Einige Probleme stellen allerdings die Unterschiede der Stromabnehmer.

Als bestes Hauptbahn-Stromsystem der Zukunft darf man wohl 25 kV, 50 Hz, mit rasch laufenden Kollektor-Reihenschluss-

motoren, und als beste Lokomotiven die mit 2- bzw. 3achsigen Drehgestellen gebauten Lokomotiven mit Antrieb über Zahnradgetriebe bezeichnen.

Damit ist im Prinzip die für Seebach–Wettingen geschaffene Lösung als richtig erwiesen. Die Entwicklung zeigt sich hier recht deutlich. Die «sehr hohe Spannung» konnte auf 25 kV gesteigert werden und damit, sowie dank der Verkabelung der Schwachstromleitungen die Frequenz wieder auf 50 Hz gebracht werden. Der von Behn-Eschenburg zur Erfindung benützte Kollektor-Reihenschlussmotor ist, obwohl sehr viel vervollkommenet, dank seinen nur mit Kollektor und Reihenschlusswicklung erreichten Eigenschaften über alle Erfindungen anderer Bahnmotoren mit und ohne Kollektor im Prinzip geblieben.

Bei der grossen Leistung der heutigen Elektrizitätswerke scheint die einphasige Last, die sog. Schiefelast, nicht mehr bedeutend. Die Frage, ob die Bahnen in der Erzeugung und Speisung nicht besser unabhängig von den Industrienetzen bleiben, wurde an einer Tagung in Lille im Mai 1955 noch verschieden beurteilt.

Neben dieser sozusagen geradlinigen Entwicklung sollen die erreichten Höhepunkte der anderen Stromarten keineswegs geschmälert werden.

Die Drehstromlokomotiven haben besonders in Italien viele Jahre lang gute Dienste geleistet, ebenso die 1500-V- und 3000-V-Gleichstrom-Lokomotiven und Triebwagen, so dass sicher ein Umbau — vielleicht mit Ausnahme des Drehstromes — in den nächsten Jahrzehnten nicht in Frage kommt. Es werden im Gegenteil Erweiterungen mit der vorhandenen Stromart ausgeführt. Ein Beispiel zeigt sich in Deutschland, wo nach reiflicher Prüfung mit dem bisherigen 15-kV-System bei $16\frac{2}{3}$ Hz weiter elektrifiziert wird.

Carl Bodmer, Zürich

Schweizerische Beleuchtungs-Kommission (SBK)

Schweizerisches Nationalkomitee der internationalen Beleuchtungs-Kommission (IBK)

Bericht über die Tätigkeit im Jahre 1965 mit Rechnung über das Jahr 1965

A. Allgemeines

Wenn man bei einem raschen Überblick über die Tätigkeit der SBK die Hauptereignisse des vergangenen Jahres herausgreift, so sind dies die Herausgabe der 4. Auflage der allgemeinen Leitsätze für Beleuchtung, die beiden Diskussionsversammlungen und die Internationale Farbtagung 1965 in Luzern. Hinter und neben diesen stattlichen Erfolgen hat eine Entwicklung ihren Anfang genommen, die für die Zukunft von grösster Bedeutung werden kann: die vermehrte Beteiligung aller Mitglieder an den Geschicken unserer Kommission und die Vorbereitung auf die kommenden Aufgaben.

Diese Entwicklung wurde bereits an der letzten Generalversammlung eingeleitet durch die Wahl von Herrn R. Amstein, dipl. Ing. ETH, als zweiten Vertreter der Subvenienten im Vorstand der SBK. Nach der Wiederwahl der übrigen Mitglieder und dieser Ergänzungswahl setzte sich der Vorstand im Berichtsjahr wie folgt zusammen:

Präsident: R. Spiesser, Professor am Technikum Winterthur, Zürich

Vizepräsident: R. Walther, Direktor der Schweizerischen Beratungsstelle für Unfallverhütung (BfU), Bern, Vertreter der BfU

Übrige Mitglieder:

R. Amstein, beratender Ing., Zürich, Vertreter der Subvenienten

E. Bitterli, Chef des Eidg. Arbeitsinspektorates des 3. Kreises, Zürich, Vertreter des BIGA

W. Flückiger, Architekt, Zürich, Vertreter des SIA

H. Kessler, Prokurist der Philips AG, Zürich, Vertreter der Gemeinschaft Schweizerischer Glühlampenfabriken

H. König, Prof. Dr., Direktor des Eidg. Amtes für Mass und Gewicht, Bern, Vertreter des AMG

H. Marti, Sekretär des SEV, Zürich, Vertreter des SEV

C. Moor, Prokurist, BAG, Bronzwarenfabrik AG, Turgi, Vertreter des Fabrikanten-Verbandes für Beleuchtungskörper (FVB)

J. Rubeli, Direktor der SWISEL, Genève, Vertreter der Subvenienten
Ch. Savoie, a. Direktor der Bernischen Kraftwerke AG, Bern, Vertreter des VSE

Als Rechnungsrevisoren wurden von der 5. Generalversammlung bestätigt:

P. Gaberell, Lausanne

A. Mathys, Zürich

und als Suppleant:

A. Wuillemin, Dübendorf.

Am Ende der Berichtsperiode gehörten der SBK 21 Kollektivmitglieder, 39 Subvenienten und 6 persönliche Mitglieder an. Durch den Tod des Firmeninhabers ist als Subvenient ausgeschieden: das Ing. Büro F. Rickenbach, Basel. Als neue Subvenienten sind hinzugekommen: Bühnenbau Weesen (M. Eberhard), P. Picard, Ing. Büro, Zürich und die Pretema AG, Birmensdorf. Die Mitgliederwerbung wurde in Hinblick auf die Statutenrevision bewusst etwas zurückgestellt.

B. Vorstand

Der Vorstand hat an sechs Sitzungen neben den laufenden Geschäften sich vor allem mit der Vorbereitung der beiden Diskussionsversammlungen, den neu zu bildenden Fachgruppen und der Statutenrevision befassen müssen.

Über die Diskussionsversammlungen wird unter Abschnitt C berichtet.

Bei der Vorbereitung neuer Fachgruppen ging es vorerst darum, die wichtigsten Themen herauszufinden, die, auf der Basis der neuen Leitsätze, einer eingehenden Behandlung und Darstellung bedürfen. Folgende Gebiete wurden gewählt: Messtechnik, Tageslicht und Schulhausbeleuchtung. Für den Vorsitz konnten die Herren A. Farner (Regent Beleuchtungskörper), W. Mathis (Osram AG) und C.-H. Herbst (Alumag) gewonnen werden. Die Arbeitsprogramme wurden von ihnen aufgestellt, und der Vorstand hat sie genehmigt. Kurz zusammengefasst umfassen sie: