Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 57 (1966)

Heft: 17

Artikel: 75 Jahre Drehstrom

Autor: Wüger, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916626

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

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

75 Jahre Drehstrom

Von *H. Wüger*, Zürich

9 : 621.3.025.3

1. Vorgeschichte

1.1 Es begann mit Gleichstrom

Jahrhunderte lang hatte man nur die Reibungselektrizität gekannt. Dabei standen nur ganz geringe Energiemengen zur Verfügung, weshalb keine praktischen Anwendungen der Elektrizität möglich waren. Eine für die damalige Zeit entscheidende, aus heutiger Sicht aber recht bescheidene Verbesserung brachte die Elektrisiermaschine *Otto v. Guerickes* (1663)[1]). Damit konnte man, wie es aus vielen zeitgenössischen Darstellungen erkennbar ist, allerlei Schabernack treiben. Dagegen scheiterten alle Bestrebungen zur Nutzanwendung der Elektrizität — man dachte zum Beispiel an Telegraphen — an den zu geringen verfügbaren Elektrizitätsmengen. Erst die auf Grund von *Galvanis*[2]) Versuchen entwickelte *Volta*sche Säule (1799) bedeutete wiederum einen Schritt vorwärts. Mit ihr und mit den in der Folge in unzähligen Varianten auftauchenden Elementen liessen sich nun schon allerhand Versuche anstellen, ja sogar auch praktische Anwendungen vorführen. Man lernte das elektrodynamische Phänomen kennen, chemische und kalorische Wirkungen des elektrischen Stromes wurden entdeckt, und *Davy* zeigte die Möglichkeit der Erzeugung von Licht.

So war man also vorbereitet, den elektrischen Strom auf vielfältige Art zu verwenden, ohne indessen in der Lage zu sein, ihn in genügender Stärke und Dauer zu erzeugen. Viele Köpfe suchten nach einer Lösung; Dänen, Ungarn, Franzosen, Italiener, Belgier und Deutsche beteiligten sich an diesem Rennen. Das Jahr 1866 brachte dann die entscheidende Wendung: *Werner Siemens*[3]) war es gelungen, eine sich selbst erregende Dynamomaschine zu bauen; er erkannte auch die grosse Bedeutung seiner Erfindung, die gewissermassen den Beginn der Elektrotechnik markierte.

Nun tauchten die ersten elektrischen Anlagen auf, die vorwiegend zur Speisung von Bogenlampen dienten. Die Dynamomaschinen wurden von kleinen Dampfmaschinen, von Gasmotoren und vereinzelt auch durch Wasserräder angetrieben.

Bogenlampen waren wohl geeignet für die Beleuchtung von Fabrikhallen, Bahnhöfen, Strassen und Plätzen, nicht aber für einzelne kleinere Räume. Der Ruf nach «Unterteilung des Lichtes», also nach kleinen Lichtquellen, wurde laut. 1879 gelang *Edison* die Konstruktion der Glühlampe.

1.2 Die Elektrizitätsausstellung in Paris von 1881

Die faszinierenden Nachrichten über das neue Licht hatten den französischen Ingenieur *Hippolyte Fontaine* auf den Gedanken gebracht, in Paris eine Elektrizitätsausstellung zu veranstalten. Sie kam 1881 zu Stande, und die 1000 Glühlampen, mit denen Edison das elektrische Licht demonstrierte, wirkten offenbar wie eine Bombe. Daneben waren selbstverständlich die neuesten elektrischen Maschinen ausgestellt. *Pacinotti*[4]) zeigte seine «machinetta», *Borel* die Bleipresse; an die Kabel waren Strassenbeleuchtungen mit Jablochkoffkerzen angeschlossen. *Marcel Deprez*, ein französischer Ingenieur, demonstrierte, wie mit Hilfe der Elektrizität die an einem Ort erzeugte Kraft auf verschiedene Verbraucherstellen verteilt werden konnte.

Wer als Fachmann gelten wollte, musste das gesehen haben. Zu den Besuchern, denen die Pariser Ausstellung grossen Eindruck machte, gehörten unter anderem *Oskar Miller* und *Emil Rathenau*[5]). Der erste zählte damals 26, der andere bereits 43 Jahre. Besonders für *Oskar Miller* wurde dieses Erlebnis richtunggebend für sein ganzes Leben.

2. Das Problem der Energieübertragung auf grössere Distanzen

2.1 München 1882

Oskar Miller setzte alle Hebel in Bewegung, um auch in seiner Heimatstadt eine Elektrizitätsausstellung zu Stande zu bringen. Er wollte eine Kraftübertragung auf grosse Distanz zeigen und liess *Marcel Deprez* aus Paris kommen. Mit ihm zusammen wurde die Kraftübertragung Miesbach—München installiert. Als Übertragungsleitung musste eine dünne Telegraphenleitung benützt werden. Das hatte zur Folge, dass am Ende der 57 km langen Leitung, bei der Gleichstrom von 2000 V zur Anwendung kam, nur noch 25 % der Generatorleistung von 2 PS verfügbar waren. Wenn auch das Publikum den kleinen Wasserfall, der mit der elektrisch angetriebenen Pumpe gespiesen wurde, bestaunte, so war es den Fachleuten doch klar, dass man noch weit vom Ziel entfernt war.

2.2 Turin 1884

Einen Markstein in der Geschichte der Energieübertragung bedeutete dann die Ausstellung in Turin vom Jahre 1884. Die Ausstellungsleitung hatte einen Preis von 15000 Lire ausgesetzt für denjenigen, der mit einer ausgeführten Anlage, die während der Ausstellung in Betrieb zu stehen hatte, nachwies, dass es möglich sei, elektrische Energie mit mässigen Verlusten über grosse Distanzen zu übertragen.

Erst am letzten Ausstellungstag gelang es *Lucien Gaulard*[6]), seine unter grossen Schwierigkeiten erstellte Anlage in Betrieb zu setzen. Es handelte sich um eine Wechselstromanlage, bei der die Hochspannungswicklungen dreier Einphasentransformatoren an einer 38 km langen Schleifenleitung in Serie an einen mit 133 Hz arbeitenden 2000-V-Generator angeschlossen waren. Die Sekundärwicklungen der Transformatoren spiesen mit Niederspannung betriebene Beleuchtungsanlagen. Gaulard, der seine mit offenem magnetischen Kreis arbeitenden Transformatoren als «générateurs secondaires» bezeichnete, erhielt den Preis zugesprochen. Der Beweis, dass die Wechselstromübertragung grosse Distanzen mit mässigen Verlusten zu überwinden vermag, war erbracht. Das Preisgericht, in dem der Turiner Professor *Galileo Ferraris* sass, hatte einen Wirkungsgrad von etwa 90 % ermittelt.

2.3 Budapest 1885

In Budapest arbeitete in der Firma Ganz & Co. ein tüchtiges Team von drei Elektroingenieuren: *Déri*[7]), *Bláthy* und *Zipernowski*. Diese drei erkannten an Gaulards System verschiedene Mängel und sannen auf eine Verbesserung. Anstelle

[1]) Siehe Bull. SEV 52(1961)11, S. 419.
[2]) Siehe Bull. SEV 52(1961)12, S. 452.
[3]) Siehe Bull. SEV 57(1966)12, S. 537.
[4]) Siehe Bull. SEV 53(1962)22, S. 1107.
[5]) Siehe Bull. SEV 57(1966)13, S. 582.
[6]) Siehe Bull. SEV 55(1964)2, S. 61.
[7]) Siehe Bull. SEV 55(1964)3, S. 112.

des offenen magnetischen Kreises führten sie den geschlossenen ein, und die Serieschaltung ersetzten sie durch die Parallelschaltung. Schliesslich gaben sie dem Transformator seinen Namen. Das Ganzsche System wurde erstmals an der Ausstellung von 1885 in Budapest gezeigt, und bei Gebrüder *Troller* in Luzern für die Beleuchtung des Hotels Schweizerhof erstmals verwirklicht.

3. Drehstrom als neues System

Als *Gaulard* im Jahre 1884 in Turin seine Wechselstromübertragung mit «transformateurs secondaires» ausgestellt hatte, musste, wie erwähnt, Professor *Ferraris* die Anlage prüfen. Er verfolgte die Probleme weiter und entdeckte dann 1884/85 das magnetische Drehfeld von Mehrphasenströmen und im Jahre 1885 den Induktionsmotor. Aus unbekannten Gründen veröffentlichte er seine Arbeiten aber erst im Jahre 1888.

Unterdessen hatte auch *Nikolas Tesla,* ein Serbe, das Drehfeld von Mehrphasenströmen entdeckt und 1887 in seiner in den USA neu gegründeten Firma einen Drehstrommotor gebaut. Wahrscheinlich noch einige Monate vor ihm war auch dem Deutschen *Haselwander* die Konstruktion eines Drehstrommotors gelungen. Doch alles war erst auf der Laboratoriumsstufe.

Wohl den grössten Beitrag zum betriebstüchtigen Drehstrommotor — er gab auch als Erster dem System den Namen «Drehstrom» — leistete der bei der AEG in Berlin arbeitende *Michael v. Dolivo-Dobrowolsky*[8]). 1889 baute er seinen ersten Käfigankermotor und später einen 5-PS-Schleifringankermotor. An der Deutschen Allgemeinen Ausstellung für Unfallverhütung in Berlin wurde ein Drehstromgenerator der AEG zusammen mit einer MFO-Dampfmaschine gezeigt, und die beiden Firmen nahmen in Aussicht, das Drehstromsystem gemeinsam zu entwicklen. Hier waren nun die Vorteile vereint, es konnten grosse Distanzen überbrückt werden, sowohl Licht wie motorische Anwendungen konnten bedient werden. Alle Anwendungen konnten unter Zwischenschaltung von Transformatoren mit Niederspannung gespeist werden.

4. Seilziehen zwischen Drehstrom und Gleichstrom, oder: Gleichstrom holt auf

Die Frage, ob Gleich- oder Wechselstrom das bessere System darstelle, beschäftigte die Fachwelt aber auch weiterhin. Gleichstrom liess sich für Licht und Kraft verwenden und erlaubte zudem Speicherung in Akkumulatoren. Nachteilig wirkte nur die kleine Übertragungsdistanz von höchstens etwa 1000 m. Demgegenüber konnte Wechselstrom zwar auf grosse Distanz übertragen, aber nur für Beleuchtung angewandt werden; ein geeigneter Motor und Speicherfähigkeit fehlten.

Es lag nahe, auch beim Gleichstrom eine Lösung mit höherer Spannung zu versuchen. 1885 machte *Thury*[9]) mit einer 500-V-Anlage von der Taubenlochschlucht nach Bözingen einen bescheidenen Anfang, wobei 40 PS über etwa 1,5 km übertragen wurden. Ein Jahr später kam dann die von der MFO [C.E.L. *Brown*[10])] erstellte Gleichstromanlage Kriegsstetten—Solothurn mit zwei in Serie geschalteten Dynamomaschinen von 1250 V in Betrieb. Es galt dabei, die Energie einer kleinen Wasserkraft von etwa 40 PS in die 8 km entfernte Solothurner Fabrik des Industriellen *Müller-Haiber* zu übertragen. Dank der Verwendung eines etwa 6 mm dicken Kupferdrahtes und einer zweckmässigen Konstruktion der Maschinen ergab sich ein beachtlich hoher Wirkungsgrad. Prof. *H. F. Weber* vom Eidg. Polytechnikum ermittelte rund 88 % für den Dynamo und von 75 % für die ganze Übertragung von der Turbinen- zur Motorwelle.

4. Die Frankfurter Ausstellung

4.1 Entstehung

Das Verlangen nach elektrischem Licht erwachte allerorten, besonders in den Städten. Firmen und wohl auch Behörden sahen sich vor die Notwendigkeit gestellt, die Systemfrage zu entscheiden; eine für sie praktisch unlösbare Aufgabe. Auch Frankfurt a. M. war in dieser Lage. Die dortige elektrotechnische Gesellschaft schlug die Abhaltung einer elektrotechnischen Ausstellung vor. Diese sollte Gelegenheit schaffen, die verschiedenen Systeme miteinander zu vergleichen. Als Organisator und technischer Leiter wurde *Oskar Miller* berufen.

Zu jener Zeit bearbeitete man bei verschiedenen Firmen, so auch bei der AEG, für die Württembergischen Portland-Cementwerke in Lauffen am Neckar ein Projekt, wonach die überschüssige Wasserkraft nach dem 10 km weit entfernten Heilbronn zu übertragen war. Auch hier wurde *Miller* berufen, die Entscheidung zu fällen. *Miller* neigte dazu, dem Einphasenwechselstrom den Vorzug zu geben. Dem Direktor der AEG, *Rathenau,* gelang es dann, *Miller* von den grossen Vorteilen des Drehstromes zu überzeugen. Dieser kam auf den Gedanken, die Lauffener Wasserkraft für eine «Grossübertragung» zur Frankfurter Ausstellung zu benützen und die Anlage erst nachher für Heilbronn zu verwenden.

Rathenau und *Miller* gewannen zunächst Direktor *Arendt* der Zementwerke Lauffen für diesen Plan. Da die AEG zu jener Zeit durch Verträge mit Siemens am Eigenbau gehemmt war, Siemens aber vorwiegend dem Gleichstrom huldigte, hatte die AEG die Baulizenz der MFO übertragen. Insbesondere durch die Anlage Kriegsstetten—Solothurn hatte die MFO sich hohes Ansehen erworben. *Miller* unterbreitete daher seine Pläne für die Frankfurter Ausstellung *Emil Huber-Werdmüller*[11]), dem Leiter der MFO.

4.2 Vorarbeiten

Es zeugt von grossem Wagemut und starkem Zukunftsglauben *Huber-Werdmüllers,* dass er als Erster die Verantwortung für die Risiken und auch die hohen finanziellen Verpflichtungen, die mit dieser Pionierleistung unzweifelhaft entstehen konnten, mitzutragen bereit war.

Bei der AEG folgte dieser Entschluss einen Monat später im Juli 1890. Dort hatte, wie bereits kurz erwähnt, *Dolivo-Dobrowolsky* den Drehstrommotor und -Generator entwickelt.

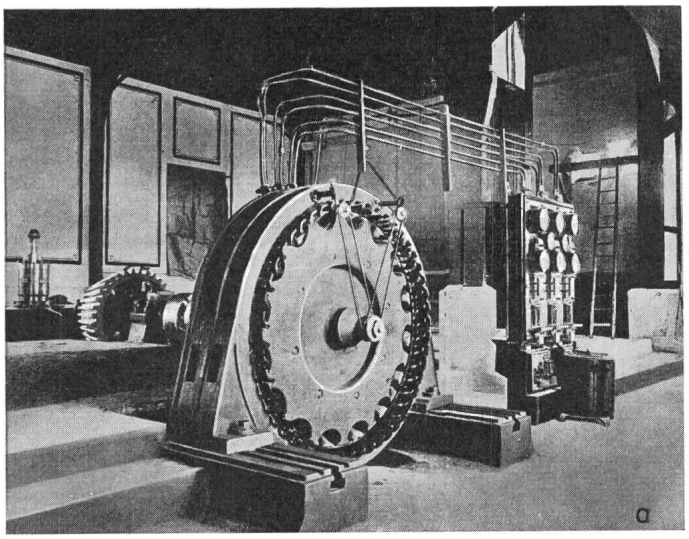
Die Entwicklungsarbeiten in der MFO lagen in den Händen *C.E.L. Browns.* Seine Leistungen und Verdienste werden in einem besonderen Aufsatz von Dr. *Th. Boveri* gewürdigt, der *Brown* noch gut gekannt hat[12]).

4.3 Die Arbeitsteilung zwischen AEG und MFO

Ende Dezember 1890 einigten sich die beteiligten Firmen über die von ihnen zu erbringenden Leistungen. Die Cement-

[8]) Siehe Bull. SEV 53(1962)5, S. 205.
[9]) Siehe Bull. SEV 54(1963)18, S. 775.
[10]) Siehe Bull. SEV 54(1963)9, S. 339.
[11]) Siehe Bull. SEV 56(1965)11, S. 447.
[12]) Siehe S. 793...796 dieses Heftes.

348a,6 – 347



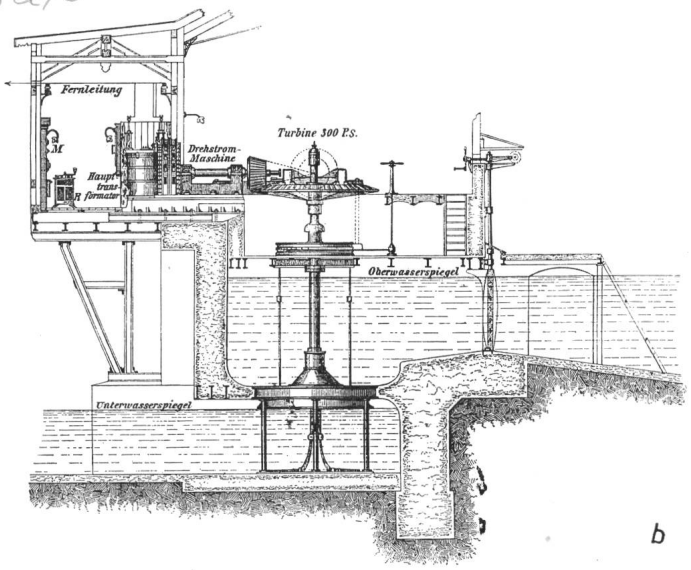


Fig. 1
Generatorenstation in Lauffen am Neckar
a Drehstromerzeuger der MFO und Schaltanlage der AEG; *b* Schnittzeichnung. *Links oben* erkennt man den Generator, den Transformator und den Abgang zur Fernleitung

fabrik Lauffen stellte eine Turbineneinheit von 300 PS samt dem Kegelradgetriebe zur Verfügung. Die AEG übernahm den 100-PS-Motor, mit dem die Pumpe zur Speisung des künstlichen Wasserfalls angetrieben werden sollte, die Schalttafel in Lauffen, je zwei 100-kW-Transformatoren für Lauffen und für Frankfurt und schliesslich die Lichtreklame mit etwa 1000 Glühlampen.

Der MFO fielen zu: der 210-kW-Drehstromgenerator und je ein 150-kW-Transformator für beide Endstationen (Fig. 1). Offenbar gehörte auch die Erstellung der 175 km langen Freileitung, bei der Isolatoren mit Ölrinnen zur Anwendung kamen, in ihren Aufgabenkreis.

4.4 Letzte Versuche und Fabrikation

Zur Abklärung der Fragen der Übertragungsleitung, insbesondere auch der allfälligen Beeinflussung der Telephon- und Telegraphenleitungen — die Leitung sollte auf grössere Strecken längs der Bahn montiert werden — erstellte die MFO unter *Browns* Leitung eine etwa 10 km lange Versuchsleitung. Auf dieser wurden Messungen über Verluste und Nebengeräusche bei Spannungen bis zu 40 000 V gemacht. Trotz guten Ergebnissen bereiteten die deutschen Postbehörden dem Vorhaben alle erdenklichen Schwierigkeiten. Fast schien das ganze Unternehmen zu scheitern; nur den ausdauernden und energischen Bemühungen *Huber-Werdmüllers* war es zu verdanken, dass die zahllosen Verhandlungen zu gutem Ende führten. Erstmals kam dabei die Auftransformierung nach dem Generator zur Ausführung. Früher hatte man geglaubt, die Generatoren für Hochspannung bauen zu müssen und so die Transformationsverluste zu sparen. Sehr bald zeigte sich aber, dass die Auftransformation den rationelleren Weg darstellte, weil die mit steigenden Spannungen nötigen grösseren Isolationsdicken nicht nur elektrische Schwierigkeiten, sondern auch niedrigere Wirkungsgrade zur Folge hatten.

4.5 Die ausgeführte Anlage Lauffen—Frankfurt

4.5.1 Die Elemente der eigentlichen Kraftübertragung

Angetrieben von einer der 356-PS-Wasserturbinen stand in der Zementfabrik Lauffen der von der MFO gebaute Generator. Bei einer Drehzahl von 150 U./min, entsprechend 40 Hz, leistete er bei 95 V Spannung 210 kW. Er war aber so bemessen, dass die volle Leistung schon bei 55 V abgegeben werden konnte. Neben dem Generator befand sich die AEG-Schalttafel.

Für die Auftransformation auf rund 15000 V, der zur Anwendung kommenden Übertragungsspannung, standen zwei AEG-Transformatoren von je 100 kW und ein solcher der MFO von 150 kW zur Verfügung. Sie standen abwechslungsweise im Betrieb. An die Hochspannungsklemmen schloss sich die Freileitung an, die aus 3 blanken Kupferdrähten von 4 mm Durchmesser bestand. 3182 hölzerne Stangen von 8 m Höhe trugen die 170 km lange Leitung. Der Mastenabstand betrug somit rund 53,4 m. Ein Leiter war auf der Mastspitze, die beiden andern waren in einem Abstand von 1 m auf einem Querbalken angeordnet. Als Isolatoren dienten Porzellanisolatoren mit einer bzw. drei Ölrinnen. Diese waren mit einer Spannung von 30000 V geprüft worden.

In der Frankfurter Ausstellung befanden sich Transformatoren wie in Lauffen, jedoch mit einem Übersetzungsverhältnis 1:116 bzw. 1:123, so dass in der Niederspannung eine Phasenspannung von etwa 65 V, entsprechend einer verketteten Spannung von 112 V, erzeugt wurde. Die Sternpunkte der Transformatoren waren geerdet. Als Verbrauchergeräte gab es etwa 1000 Glühlampen zu 16 Normalkerzen, die zwischen Nulleiter und den Phasenleitern angeschlossen waren. Ferner waren Drehstrommotoren aufgestellt. Der grösste von 100 PS diente dem Antrieb der Pumpe für den Wasserfall, der kleinste von 1/10 PS trieb einen Ventilator an (Fig. 2).

Die beschriebenen Schwierigkeiten vor allem mit den Behörden hatten zur Folge, dass die Kraftübertragung nicht auf die im Mai 1891 angesetzte Ausstellungs-Eröffnung fertig wurde. Am 24. August 1891 konnte die Freileitung erstmals unter Spannung gesetzt werden. Tags darauf brannten 600 Glühlampen, wieder einen Tag später lief der Wasserfall zum ersten Mal. Am 12. September 1891 war alles mit Vollast im Betrieb. Erst am letzten Tag traf noch ein 20-PS-Asynchronmotor der MFO ein. Der 14. September 1891, an dem über 100 Geladene zugegen waren, war der grosse Tag. Von Berühmtheiten sind zu nennen: *Marcel Deprez, Ferraris, Turretini, Thomson, Kapp* und neben Regierungsvertretern anderer Nationen Bundespräsident *Welti* und Bundesrat *Schenk*. Es

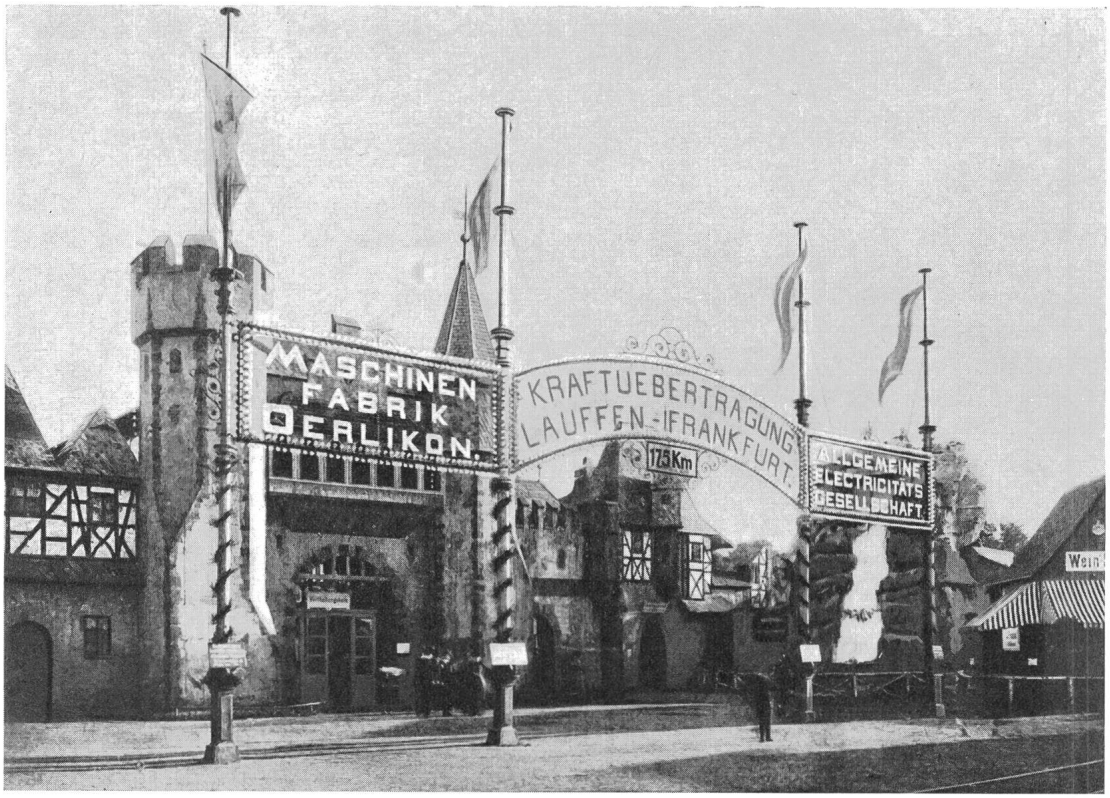


Fig. 2
Die Endstation der Kraftübertragung von Lauffen am Neckar in der Ausstellung von Frankfurt a/M.
Man erkennt den Schild mit den 1000 Glühlampen, (*links*) den Eingang zur «Verteilungshalle» und (*rechts*) den Wasserfall. Die diesen Wasserfall speisende Pumpe war angetrieben durch einen 100-PS-Drehstrommotor

wäre unvollständig, wenn nicht auch in diesem Bericht erwähnt würde, dass alle Einrichtungen, vornehmlich die von *Brown* entworfenen Generatoren, Motoren und Transformatoren zweckmässig und schön konstruiert waren.

4.5.2 Schutzeinrichtungen

Der Schutz der Anlagen war noch sehr einfach. Leistungsschalter gab es noch nicht. In Lauffen waren drei Schmelzsicherungen für 1400 A in der Generatorenzuleitung vorhanden. Zur Betriebsüberwachung standen je 3 Volt- und Ampèremeter zur Verfügung. Bei Kurzschluss wurde der Erregerstrom durch einen automatischen Schalter unterbrochen. In- und Ausserbetriebsetzung erfolgten normalerweise von der Turbine aus. Im Notfall musste das Schmelzen der Sicherungen durch Kurzschliessen der Leitungen herbeigeführt werden.

4.5.3 Kosten

Die Kosten der ganzen Kraftübertragungsanlage beliefen sich damals auf 350000 Franken, wovon rund 290000 Franken allein auf die Leitung entfielen.

5. Allgemeines und Bewertung

5.1 Das Ausstellungskomitee

Die Bedeutung der Frankfurter Ausstellung spiegelt sich auch im Ausstellungskomitee. Zu den Ehrenmitgliedern zählten *Edison, Marcel Deprez, Werner v. Siemens, Silvanus Thomson* aus London. Die Prüfungskommission präsidierte ehrenhalber *Helmholtz,* regulär Prof. *Kittler.* Weitere Mitglieder waren *W. Kohlrausch* und Prof. *H. F. Weber* aus Zürich. Im besondern für die Prüfung der Drehsrtomübertragung amteten:

Prof. Dr. *H. F. Weber* als Leiter, mit seinem Assistenten *Hans Behr-Eschenburg,* der später Direktor der MFO wurde. Die Professoren Dr. *Heim,* Dr. *Dietrich,* Dr. *Stenger,* Dr. *Voit, Teichmann,* Dr. *Feussener,* Dr. *Kopp* und Ingenieur *Nizzola.*

5.2 Prüfergebnisse

Es war vorgesehen gewesen, umfangreiche Untersuchungen sowohl an den Maschinen, als auch an der Übertragungsleitung durchzuführen. Infolge der verspäteten Inbetriebsetzung blieb der Prüfungskommission nur wenig Zeit, und sie musste sich auf die hauptsächlichsten Messungen beschränken.

Von den Ergebnissen seien genannt:

Wirkungsgrad der Jonval-Turbine	ca. 75 %
Wirkungsgrad der Übertragungsleitung . . .	68,5...75,2 %
Dynamowirkungsgrad bei 60 PS	83 %
bei 190 PS	93,5 %
extrapoliert auf Vollast	95,4 %

Transformatoren-Wirkungsgrade:	MFO	AEG
bei 50 PS	91,3 %	94,8 %
100 PS	94,6 %	96,0 %
150 PS	95,5 %	95,9 %
200 PS	95,7 %	—

Als Instrumente waren 3 Wattmeter der Ganz & Co., eine Thomsonsche Stromwaage und Spannungsmesser verwendet worden. Obwohl Prof. *Weber* auf den Einfluss der Phasenverschiebung hinwies, wurden alle Messungen bei Ohmscher Lampenbelastung mit $\cos \varphi = 1$ durchgeführt. Die Genauigkeit der Messung war nicht sehr gross, so dass im Bericht die irrige Meinung vertreten wurde:

«... die Ergebnisse nötigen nicht zu der Annahme, dass der Effektverlust nicht lediglich durch den Ohmschen Widerstand bedingt, sondern auch von weitern Faktoren abhängig sei.»

Nach Schluss der Ausstellung wurden dann unter Leitung von Prof. *Kittler* noch Versuche mit einer Übertragungsspannung von 25000...30000 V durchgeführt.

Prof. *Weber* schloss den Hauptbericht mit zusammenfassenden Bemerkungen, aus dem hier der letzte Satz wiedergegeben sei:

«Als Ausdruck unserer Erfahrungen während der zur Bestimmung des Wirkungsgrades der Lauffen–Frankfurter Energieübertragung vorgenommenen Messungen fügen wir noch bei: Der elektrische Betrieb mit Wechselströmen von 7500...8500 V Spannung in mittels Öl, Porzellan und Luft isolierten Leitungen von mehr als 100 km Länge verläuft ebenso gleichmässig sicher und störungsfrei, wie der Betrieb von Wechselströmen mit einigen 100 V Spannung in Leitungsbahnen von der Länge einiger Meter.»

Damit war die Brauchbarkeit der Drehstromübertragung mit hohen Spannungen nachgewiesen.

6. Wirkung der Ausstellung

Man hätte annehmen können, dass der Erfolg der Frankfurter Ausstellung nun dem Drehstrom Tür und Tor öffnen würde. Dem war aber nicht so. Zwar wurde zwischen Lauffen und Heilbronn eine Drehstromübertragung von 10 km Länge mit einer Spannung von 5000 V eingerichtet, und die MFO baute drei gleiche Drehstromgeneratoren für die im Jahre 1892 in Betrieb gesetzte Kraftübertragung von Hochfelden bei Bülach nach Oerlikon (15000 V, 23 km). Die Stadt Frankfurt aber entschloss sich für den Einphasenwechselstrom, der von *Siemens* gezeigt worden war. Selbst *Oskar v. Miller* empfahl verschiedentlich diese Stromart, während *Edison* und *Thury* weiterhin dem Gleichstrom treu blieben. In der Schweiz wurden ausserdem eine ganze Reihe von Zweiphasenanlagen erstellt. Erst von etwa 1897 an setzte sich der Drehstrom sozusagen allgemein durch. Die ersten Drehstrom-Generatoren und Transformatoren für die Übertragung Lauffen—Heilbronn waren bis zum Jahre 1912 im Betrieb. Die MFO kaufte dann je eine Gruppe zurück und schenkte sie dem Deutschen Museum in München, wo sie noch heute einen Ehrenplatz einnimmt. Hoffentlich gelingt es, für das geplante technische Museum in Winterthur wenigstens eine Nachbildung zu erhalten.

Die Bedeutung der Systemwahl für die Elektrizitätsversorgung — ob Gleichstrom, Einphasenwechselstrom oder Drehstrom — war schon anno 1891 wichtig. Aber ihr ganzes Gewicht ersehen wir eigentlich erst heute. Der Drehstrom hat sich weltweit, in allen Kontinenten, in den Städten und auf dem Lande durchgesetzt. Nur hinsichtlich der Frequenz bestehen zwei Gebiete. Nordamerika und Kanada verwenden 60 Hz, Europa und Asien dagegen 50 Hz. Dank dieser Übereinstimmung der Transportsysteme ist heute ein Energieaustausch im grossen Umfang und über alle Landesgrenzen hinweg möglich.

Adresse des Autors:
H. Wüger, dipl. Ingenieur, Balderastrasse 15, 8802 Kilchberg.

Erinnerungen an C. E. L. Brown im Zusammenhang mit der Energieübertragung Lauffen–Frankfurt

Von *Th. Boveri*, Baden

92 Brown, C. E. L. / 621.315 (430)

Der sehr ansprechend geschriebene Aufsatz «75 Jahre Drehstrom» von Direktor *Hans Wüger* [1]) über die Energieübertragungsanlage Lauffen–Frankfurt berechtigt zur Frage, ob der Verfasser dieser Zeilen in der Lage ist, noch etwas Wesentliches beizufügen. Wenn sie mit ja beantwortet wurde, so deshalb, weil er zu den im Laufe der Zeit selten gewordenen Menschen gehört, die das verstorbene Ehrenmitglied des SEV, C. E. L. Brown (Fig. 1), noch persönlich gekannt und an diesen aussergewöhnlichen Mann eine lebhafte Erinnerung in sich bewahrt hat.

Es mag zunächst ein Zeitdokument ausgegraben werden in Gestalt eines Briefes, den *Walter Boveri* senior am 7. Mai 1891 an die Redaktion der Frankfurter Zeitung richtete, aus dem hervorgeht, dass die Rolle des Schweizer-Engländers C. E. L. Brown bei dem deutschen Unternehmen Lauffen–Frankfurt von Anfang an in Gefahr stand, nicht voll gewürdigt zu werden. Es lautete wie folgt:

«Sie haben ebenso wie die meisten technischen Zeitschriften in der letzten Zeit so manchen vielspaltigen Artikel gebracht über die bei Gelegenheit der Frankfurter electrotechnischen Ausstellung beabsichtigte electrische Kraftübertragung von Lauffen nach Frankfurt. In diesen Artikeln fanden sich so manche Firmen und Namen einzelner Personen genannt, aber den Namen dessen, in dessen Händen dieser ganze grossartige Versuch liegt, der zuerst die Möglichkeit einer solchen Übertragung ausgesprochen hat und jetzt die ganze Arbeitslast und Verantwortung dafür trägt, habe ich fast in sämtlichen Artikeln vergebens gesucht. Ihm widerfährt das Schicksal derer, die nicht selbst ihre Namen vornehin drängen, und höchstens im Falle eines Misserfolges werden sich diejenigen, die heute so stark in die Trompeten stossen, seiner erinnern. Oder hätte schon jemand irgendwo Gelegenheit gehabt zu erfahren, dass von allen Namen, die bei dieser Gelegenheit genannt werden, der Name C. E. L. Brown an der Spitze stehen sollte, indem in der Tat er und niemand anderes es ist, der die Übertragung Lauffen–Frankfurt ausführt. In seinen Händen ruhte auch in den letzten Wochen, als die Sache den Anschein gewann, nicht ausgeführt zu werden, das Ja oder Nein; es hatte sich wohl auch ihm endlich die Frage aufgedrängt, ob es sich lohne eine so grosse Sache auf sich zu nehmen, nachdem auf den etwa zu erlangenden Ruhm schon so viele meist fast unbeteiligte ein quasi Vorabonnement genommen haben, dass für den eigentlichen Schöpfer nur die Nachlese übrig bleibt. Wie deutlich hat sich damals gezeigt, dass ohne Brown die ganze Sache sofort ins Wasser fiele.

Nun, der Versuch kommt jetzt zur Ausführung und die Aufgabe der Freunde des Herrn Brown wird es sein, dazu beizutragen, dass im Falle des Gelingens der Name dessen nicht vergessen werde, der mit der Ausführung so viel zu tun hatte, dass er nicht die nötige Zeit fand, um sich den ihm gebührenden Anteil am etwaigen Erfolg durch Zeitungsartikel vorweg sicherzustellen.

Indem ich Sie bitte, dieser Notiz die Spalten Ihres Blattes gefälligst öffnen zu wollen, zeichne ich mit vorzüglicher Hochachtung, ergebenst . . .»

Ob dieses Schreiben seinerzeit veröffentlicht wurde, ist dem Verfasser nicht bekannt.

Erinnern wir zunächst kurz daran, dass C. E. L. Brown am 17. Juni 1863 in Winterthur als Sohn des im Jahre 1851 von England zur Firma Sulzer gekommenen Konstrukteurs *Charles Brown* und seiner Gattin *Eugenie* geborene *Pfau* geboren wurde. Nach Absolvierung des Technikums Winterthur und einer Lehre bei *Bürgin* in Basel, kam er im Frühling 1885, also mit knapp zweiundzwanzig Jahren, zur Maschinenfabrik Oerlikon, deren neugegründete elektrotechnische Abteilung *Charles Brown* sen. seit 1884 leitete. Schon im Herbst 1885 verliess dieser jedoch die Firma, die Leitung der elektrotechnischen Abteilung seinem Sohne *C. E. L. Brown* überlassend.

[1]) Siehe Seite 789...793 dieses Heftes.