

Drehstromübertragung Lauffen-Frankfurt 1891

von Kurt Sartorius

Selbstverständlich schalten wir heute das elektrische Licht ein, ersetzen unsere Muskelkraft mit dem elektrischen Motor, heizen unsere Häuser elektrisch oder benützen elektrisch versilbertes Besteck. Wir denken dabei nicht an die geistigen Leistungen, an Lichtblicke im Leben der Ingenieure oder an den unternehmerischen Wagemut, aber auch an Rückschläge und Fehlentwicklungen, die den Weg der Elektrifizierung begleiteten. Und wir können es uns kaum vorstellen, daß erst vor 100 Jahren die Voraussetzungen für unser heutiges weltumspannendes Elektrizitätsnetz geschaffen wurden.

Am 24. August 1891 jährte sich zum hundertsten Male ein Ereignis, das unsere Region in den Blickpunkt der Weltöffentlichkeit stellte. Zum ersten Male sollte ein Großversuch die Möglichkeit der wirtschaftlichen Übertragung von elektrischem Drehstrom über eine große Entfernung demonstrieren. Im Zusammenhang damit wurde Heilbronn zur ersten Stadt der Welt, die mit Drehstrom versorgt wurde.

Voraussetzungen

Aufbauend auf Arbeiten des italienischen Arztes Galvani erfindet Alessandro Volta um 1800 die Urform der Batterie. Er stellte einen Zinkstab und einen Kupferstab in eine Salzlösung und erhält einen gleichmäßig fließenden elektrischen Strom. Bis in die 70er Jahre des vorigen Jahrhunderts ist die „Voltasche Säule“ der wichtigste Stromlieferant, etwa für die Telegrafie.

Im 19. Jahrhundert entsteht eine mathematisch fundierte Lehre vom Elektromagnetismus. Hans Christian Oersted entdeckt die magnetischen Wirkungen des elektrischen Stroms, Michael Faraday 1831 die elektromagnetische Induktion, die zur Grundlage für die gesamte weitere Entwicklung der Elektrotechnik wird. Ausgehend von Oersteds Entdeckung erkennt Faraday, daß mit einem Magneten umgekehrt auch Strom erzeugt werden kann. Nach Faradays Prinzip arbeiten sowohl die Generatoren, wie auch der Elektromotor. Im ersten Fall wird mechanische in elektrische Energie, im anderen Fall umgekehrt elektrische in mechanische Energie umgewandelt. Der entscheidende Schritt in der Generatorentwicklung gelingt jedoch erst 1866. Unabhängig voneinander entdecken Werner von Siemens, C. Wheatstone und S. A. Varley das dynamo-elektrische Prinzip. Die Erfindung der Dynamomaschine gilt allgemein als die Geburtsstunde der Starkstromtechnik. Häufig wird dabei der Satz zitiert, den Siemens an

das Ende seiner, am 17. 01. 1867 vor der Berliner Akademie der Wissenschaften verlesenen Ausführungen stellte: „Der Technik sind gegenwärtig die Mittel gegeben, elektrische Ströme von unbegrenzter Stärke auf billige und bequeme Weise überall da zu erzeugen, wo Arbeitskraft disponibel ist. Diese Tatsache wird auf mehreren Gebieten derselben von wesentlicher Bedeutung werden.“

Vom Gleichstrom her ist die Benutzung der elektrischen Energie für die Bedürfnisse des Alltags aufgebaut worden. Die Nachrichtentechnik, Telegraf und Telefon lebten noch von der Batterie, die sich in den mannigfaltigsten Formen aus der Voltasäule entwickelt hatte. Ihre Kenntnis und Benutzung war um das Jahr 1890 schon Allgemeingut geworden. Die Starkstromtechnik konnte erst einsetzen, nachdem die Dynamomaschine erfunden war. Das erste Gebiet, auf dem sie sich Eingang ins tägliche Leben verschaffte, war die Beleuchtung. Die Bogenlampe war mit einer bis dahin nicht gekannten Lichtfülle Gegenstand größten erfinderischen Anreizes. Aber so wunderbar auch das Bogenlicht den Menschen erschienen sein mag, die neben der Kerze und der Petroleumlampe nur die Gaslampe kannten, sein Anwendungsgebiet war so beschränkt, daß sich eine allgemeine Anwendung der Elektrizität daraus noch nicht entwickeln konnte. Das war erst möglich, als die Glühlampe marktfähig durchgebildet war. Der erfinderische Gedanke – Kohlefaden in luftleerem Glaskolben – stammt von Göbel, der in den Straßen New Yorks mit solchen selbstgebaute Glühlampen Lichtreklame betrieb. Edison hat später diesen Gedanken zur Fabrikationsreife gebracht, nachdem in der Dynamomaschine die brauchbare Energiequelle gefunden war. In Europa ist erstmals auf einer Ausstellung in Paris 1881 die Edisonlampe gezeigt worden. Zu ihrem Vertrieb gründete Emil Rathenau die deutsche Edison-Gesellschaft, die spätere AEG. Mit Bogen- und Glühlampe waren Geräte geschaffen, die dem Bedürfnis in breiten Verbraucherkreisen entsprachen und damit die Grundlage für die Entwicklung der öffentlichen Energieversorgung gaben.

Für die mechanische Arbeit in handwerklichen und industriellen Betrieben war der ums Jahr 1890 schon recht hoch entwickelte Gleichstrommotor vorzüglich geeignet. Zwar war er noch schwer, und es fehlte ihm noch die maschinentechnisch günstige Form, aber sein Wirkungsgrad war von dem der heutigen Motoren wenig verschieden. Um seine Fortentwicklung bemühten sich eine große Reihe namhafter Firmen, voran Siemens und Halske, Schukert, Lahmeyer, Helios und Fein.

Verteilungsprobleme

Die Entwicklung der öffentlichen Elektrizitätsversorgung in Deutschland hatte ihren Ausgang von Berlin genommen. Hier hatte die deutsche Edison-Gesellschaft unter Rathenau Pionierarbeit geleistet. Technische Gegebenheiten waren die Bogenlampe, die Glühlampe und der Gleichstrommotor. Damit war die Stromart Gleichstrom festgelegt und die Spannung mit 100 Volt an die höchste damals mögliche Grenze getrieben; damit waren aber auch die Entfernungen, die von einer Zentrale aus mit erträglichen Verlusten erreicht werden konnten, hoffnungslos auf wenige 100 Meter beschränkt. Man war auf diesem Wege bis

zur „Blockstation“ vorwärts gekommen, deren größte, die Zentrale Markgrafestraße in Berlin, 540 kW Leistung besaß. An eine großräumige Elektrizitätsversorgung war jedoch nicht zu denken.

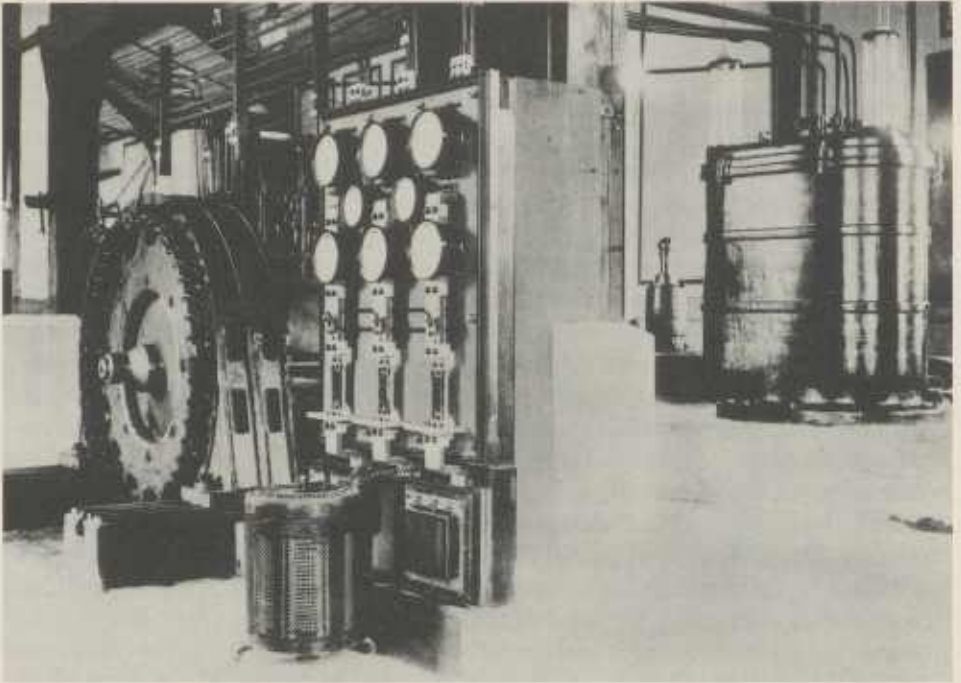
Die engen Grenzen, die dem Gleichstrom in der Übertragung vom Erzeugungsort zum Verbraucher gesteckt waren, machten es ihm auch unmöglich, ein anderes brennendes Problem zu lösen. Die Dampfmaschine hatte der Industrie der kohlenreichen Länder einen gewaltigen Vorsprung gesichert und die kohlenarmen wirtschaftlich in ihre Abhängigkeit gezwungen. Jedoch besaßen Länder wie die Schweiz oder der Süden Deutschlands in ihren Wasserkräften einen nach damaligen Begriffen unerschöpflichen Energievorrat, der sie von der Kohle unabhängig machen konnte, wenn es gelang, die Probleme der Energieübertragung zu lösen. Die Wasserturbine war im Jahre 1890 in ihren Grundformen bekannt und auch schon in großen Einheiten gebaut worden. Die Übertragung zwischen Turbine und Arbeitsmaschine war auf ganz kurze Entfernung mit Riemern und Seiltrieb möglich. Mit dem Drahtseiltrieb konnte man einige 100 Meter schließlich noch überwinden, eine größere Entfernung zwischen Kraftwerk und Fabrik war unmöglich. Die Elektrizität sollte helfen. Nachdem es der Gleichstrom über den Draht nicht vermochte, rief man den Akkumulator zu Hilfe, und ein Schweizer Ingenieur sieht noch im Jahre 1891 „Güterzüge mit der Energie der Schweizer Wasserkräfte beladen ins Ausland fahren“.

Erste Gleichstromübertragung

Unter den Männern, denen die Ausnutzung der überreichen Wasserkräfte ihres Heimatlandes ein großes Anliegen war, finden wir den jungen Münchner Bauingenieur Oskar von Miller. Auf der elektrotechnischen Ausstellung in Paris im Jahr 1881 erfuhr er von den technischen Möglichkeiten, elektrische Energie über größere Entfernungen zu übertragen. Nach mancherlei Schwierigkeiten gelang 1882 bei der internationalen Elektrizitätsausstellung in München die Übertragung von etwa 2 PS über 57 Kilometer von Miesbach nach München. Über eine Telegrafenerleitung wurde mit 2000 Volt Gleichstrom die elektrische Energie übertragen. Ein Gleichstrommotor trieb eine Pumpe an, die einen kleinen Wasserfall unterhielt. Der Gesamtwirkungsgrad der Übertragung lag allerdings nur bei etwa 35%. Das gelungene Experiment begeisterte die Fachwelt und machte den Namen Oskar von Miller bekannt bis nach Amerika. Es zeitigte aber in Deutschland zunächst keine praktischen Ergebnisse. Es krankte nicht nur daran, daß der mit der Kollektormaschine erzeugbaren und verwertbaren Spannung ziemlich enge Grenzen gesetzt waren, sondern auch insbesondere daran, daß zur Vermeidung von Lebensgefahr nur Niederspannung möglich war. Die dazu notwendige Umformung mit einem Maschinensatz war teuer und verlustreich.

Vom Wechsel- zum Drehstrom

Schon länger wurde auch mit Wechselstrom experimentiert. Seine praktische Anwendung scheiterte vor allem daran, daß er in der Bogenlampe jener Zeit nicht



Drehstromgenerator mit Schalttafel und Transformator im Kraftwerk Lauffen 1891

Fotosammlung ZEAG

verwendet werden konnte. Die Entwicklung brauchbarer Wechselstrommotoren war langwierig. Es wurden Ein- und Zweiphasige Motoren konstruiert. Erst die Entwicklung des Dreiphasen (Drehstrom)-Asynchronmotors brachte den Durchbruch. Vor allem v. Dolivo-Dobrowolsky beschäftigte sich mit den physikalischen Grundlagen und erkannte die besondere Bedeutung des Systemes. Er konstruierte den Drehstrommotor bis zum Jahr 1890 so durch, daß in der Folgezeit nicht mehr viel zu verbessern blieb. Auch der Drehstromtransformator war zwischenzeitlich entwickelt. Damit standen um die Mitte des Jahres 1890 alle Elemente zur Verfügung, denen sich auch heute noch die Elektrizitätsversorgung bedient. Allerdings war keines mehr als laboratoriumsmäßig ausprobiert gewesen.

Zementwerk Lauffen

Wir können uns vorstellen, wie wachsam Oskar von Miller diese Vorgänge verfolgte. Dieser Mann trug klarer als seine Zeitgenossen das Bild großräumiger Elektrizitätsversorgung in seiner Phantasie, ausgehend von dem Wasserkraftaufkommen der Natur. Nach Erfolgen bei der AEG in Berlin eröffnete er in München ein privates Ingenieurbüro. Gleich der erste Auftrag, den er in dieser Eigenschaft erhielt, sollte historische Bedeutung gewinnen. Direktor Arendt vom würt-

tembergischen Portland-Cementwerk in Lauffen am Neckar wollte ein Projekt haben zur Übertragung der aus der Wasserkraft des Zementwerkes überschüssigen Energie nach dem 10 km entfernten Heilbronn. 6 Firmen bewarben sich um den Auftrag unter Anpreisung der verschiedensten Systeme. Um eine Entscheidung zu finden wurde Oskar von Miller angerufen, der sich zunächst zum Einphasen-Wechselstrom bekannte. Erst später wurde er durch Rathenau (AEG) auf die erfolgreiche Entwicklung eines Drehstrommotors bei der AEG aufmerksam gemacht, die, durch vertragliche Abmachungen im Eigenbau gehemmt, die Baulizenz an Oerlikon übertragen hatte. Es gelang von Miller, Direktor Arendt die Vorzüge dieser Erfindung so überzeugend darzustellen, daß er einwilligte, sie in Heilbronn zu erproben. Wenn man bedenkt, daß dieses System noch nirgends zur Versorgung einer Stadt angewandt war, muß man die suggestive Kraft, mit der Oskar von Miller sich das Vertrauen dieses Kunden erwerben konnte, ebenso sehr bewundern wie den Wagemut und Unternehmungsgeist der jungen Laufener Firma (1888 gegründet), der sich bei den späteren Vorgängen noch weiter bewähren sollte. Am 10. Juli 1890 wurde der Vertrag zwischen der Stadt Heilbronn und dem Cementwerk Lauffen über die Lieferung von elektrischer Energie unterzeichnet. Die Lieferaufträge für die Generatoren und Transformatoren gingen an die Maschinenfabrik Oerlikon in der Schweiz. Die AEG erhielt den Auftrag für die Lieferung der Drehstrommotoren.

Ausstellung in Frankfurt

Um dieselbe Zeit hatte die „Elektrotechnische Gesellschaft“ in Frankfurt/Main die Abhaltung einer elektrotechnischen Ausstellung angeregt und war durch die Stadtverwaltung in diesem Plan unterstützt worden, weil man sich auch in Frankfurt wie in anderen Städten mit dem Gedanken trug, eine öffentliche Elektrizitätsversorgung aufzuziehen. Von der Ausstellung erhoffte man sich eine Klärung der Frage des anzuwendenden Systems. Das Ausstellungskomitee erinnerte sich an den erfolgreichen Organistator der Münchner Ausstellung von 1882 und berief Oskar von Miller als technischen Leiter der Ausstellung. Sofort erwachte in ihm die alte Idee der Fernübertragung zu neuem Leben. Hier war die Gelegenheit, das Experiment Miesbach-München mit den neuen, besseren Mitteln in größerem Ausmaß zu wiederholen. Die neue Kraftübertragung mußte eine Sensation werden, die auch den letzten Zweifler überzeugte. Die Entfernung mußte so groß sein, daß sie mit dem Gleichstrom nicht mehr zu überwinden war. Aber auch die Leistung mußte groß sein, wenigstens groß für die damaligen Begriffe, und sie sollte wieder aus einer Wasserkraft stammen. Zunächst suchte Oskar von Miller am Main, jedoch ohne dort etwas passendes zu finden. An den Gedanken, die 175 km von Lauffen am Neckar bis Frankfurt am Main zu überbrücken, mußte er sich erst gewöhnen. Die überschlägige Berechnung zeigte, daß man eine Spannung von etwa 20 000 Volt anwenden müßte, wenn der Wirkungsgrad in einem erträglichen Rahmen bleiben sollte. Da mit der Drehstromanlage von Lauffen nach Frankfurt technisches Neuland betreten wurde, gab es erwartungsgemäß auch Schwierigkeiten. Jedoch waren sie teilweise so groß, daß selbst Oskar von Miller gelegentlich am Erfolg zweifelte.



Internationale elektrotechnische Ausstellung in Frankfurt/Main 1891. Präsentation der Drehstromübertragung Lauffen-Frankfurt mit Glühlampenschild und Wasserfall. Fotosammlung ZEAG

Ein Zeitungsausschnitt spiegelt die damalige Vorstellung wieder: „Die Frankfurter Ausstellung wird uns Mitte August eine Kraftübertragung vorführen. Vom Cementwerk Lauffen 175 km weit zieht sich an hohen Telegrafentangen ein dreifacher Draht von etwa 4 mm Dicke. Die rastlose Arbeit eines Stromfalles am Nekar zuckt diesen Draht entlang, sie „strömt“ und ist doch ungreifbar und imponderabel. Das ist zugleich strömendes dunkles Licht. Das an jeder beliebigen Stelle in strahlende Helle verwandelt werden kann, es ist Feuer von höchster irdischer Gluth, das nicht brennt und schweißt, als dort, wo man seiner benötigt. Man leite es an einem isolierten Draht unter Wasser, seinem ärgsten Feind, hindurch und es wird nicht verlöschen.

Die großartigen Erwartungen, die sich an diesen Versuch knüpfen, sind bekannt. Gelingt es, Arbeitskraft ohne fühlbaren Verlust weit fort zu führen und zu verteilen, so können wir alle Naturkräfte, die Wasserfälle, die Gezeiten des Meeres, die Winde, die Wärme der Sonne uns dienstbar machen, in die Städte und zur Werkstatt des kleinen Mannes leiten, der bis nun von der Dampfmaschine des großen Kapitalisten abhängig war. Die Kohlenlager, deren Erschöpfen wir fürchten, können geschont werden. Neben der Fernwirkung von Schrift und Sprache in Telefon tritt die Fernwirkung der Kraft. Der Raum rückt immer mehr zusammen. Die Ausnützung der Erde wird immer übersichtlicher, die Menschen in ihren Einzel- und nationalen Schicksalen, in ihren ethischen und kulturellen Bestrebungen immer soledarischer. Die moderne billige Phrase vom praktischen Christentum nähert sich einer Tatsache: Der Solidarität des Menschengeschlechts.

Gelingt dieser Versuch; und ich glaube an ihn, weil er allzu kühn ist – so hat die Frankfurter Ausstellung ein Ehrenblatt in der Geschichte der Elektrotechnik gesichert. Bis jetzt waren die höchsten Spannungen, deren man sich bediente, zwei bis dreitausend Volt. Die letztere wurde erst im verflossenen Jahr in Amerika dazu verwendet, den Mörder Kemmler hinzurichten. Es war eine „höchst“ gefährliche Spannung. Und doch unternimmt es Brown von Oerlikon, auf nicht weniger als 30 000 Volt hinaufzugehen. Das Hindernis, das alle scheuten, überholte er zehnfach mit einem kühnen Gedankensprung.“

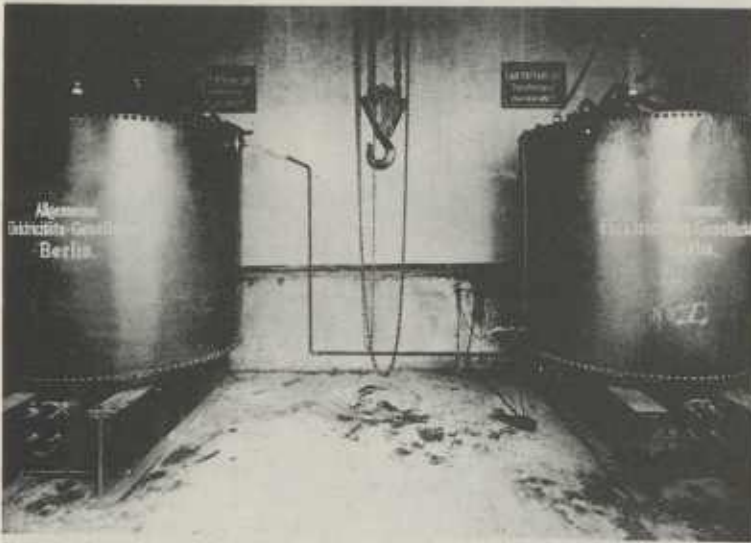
Wenn hier die Spannung auch zu hoch angenommen wurde, es wurden 15 000 Volt verwendet, gibt dieser Vorbericht doch Einblicke in die Erwartungen.

Technische Verwirklichung

Oerlikon und AEG entschlossen sich, das Projekt auszuarbeiten. Oerlikon nahm den Bau der Erzeugermaschine und der Transformatoren, die AEG den Bau der Motoren, Schalt-, Meß-, Regulierapparate und der Sicherheitsvorrichtungen. Im Flußkraftwerk des Lauffener Zementwerkes waren fünf Turbinen installiert, die von etwa 2000 PS Gesamtleistung des Wassers etwa 1300 in mechanische Arbeit umformten. Eine der Turbinen war über Kegelräder direkt an die Drehstrommaschine gekuppelt. Die Lauffener Drehstrommaschine hatte ein Gesamtgewicht von 9 Tonnen und erzeugte drei Wechselströme, deren Phasen um 120 Grad gegeneinander verschoben waren. Die Innenpollösung unterband die Abnahme der starken Ströme (1400 Ampère, 50 Volt, 210 kW bei 35 Umdrehungen pro Minute) durch Schleifringe. Der Transformator wandelte die starken Ströme mit geringer Spannung in hochgespannte Ströme mit geringer Stärke um. Die Freileitung führte an Heilbronn vorbei, dem Tal des Neckars folgend bis nach Eberbach und von hieraus entlang der Trasse der Eisenbahn bis nach Frankfurt. Die hohe Übertragungsspannung war mit Sicherheit tödlich. Deshalb wurde die Eisenbahntrasse benutzt. Die Masten waren etwa zehn Meter hoch, bei Straßen und Wegekreuzungen wurden Verstärkungen eingezogen, über Telefon und Telegrafleitungen die 4 mm starken Kupferdrähte isoliert. Etwa 530 km Kupferdraht waren für die Freileitungen notwendig. Die Frankfurter Kupferwerke F. A. Hesse und Söhne hatten das Kupfer mit einem Gesamtgewicht von 60 Tonnen leihweise zur Verfügung gestellt. Arbeitskolonnen der Reichspost und der Post- und Telegrafverwaltungen der Staaten, die die Leitung durchlief, setzten dreitausend Masten und montierten neuntausend Isolatoren. Die zahlreichen Tunnels des Odenwaldes wurden aus Sicherheitsgründen nicht durchquert, sondern „übersprungen“, was zu Eingriffen in die Wälder und Forste führte. Zu den Skeptikern gehörten die Behörden, die sich gegen das Sicherheitsrisiko sträubten. Auf ihr Drängen hin wurde jeder Mast mit einem Blech, das einen Totenschädel zeigte, gekennzeichnet. Über den Bahnhöfen waren sogenannte Kurzschließer angebracht. Durch den Zug an einer Kordel konnte ein Metallbügel auf die Leitungen gesenkt werden, was das Abschmelzen der Sicherheitsleitungen in Lauffen zur Folge haben sollte. In Frankfurt verlief die Leitung vom Ostbahnhof aus vom nördlichen Mainufer entlang der Verbindungsbahn bis zum Ausstellungsgelände. O. v. Miller hat oft erzählt, daß er sich an dem

Internationale Elektrotechnische Ausstellung in Frankfurt am Main 1891.

Kraftübertragung Sauffen-Frankfurt 17,5 Km. Sekundärstation Ausstellung Frankfurt a. M.



Drehstrom-Transformator für Hochspannung (11000-1000 Volt).

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin.

Hochspannungs-
transformatoren
in Frankfurt 1891

Fotosammlung
ZEAG

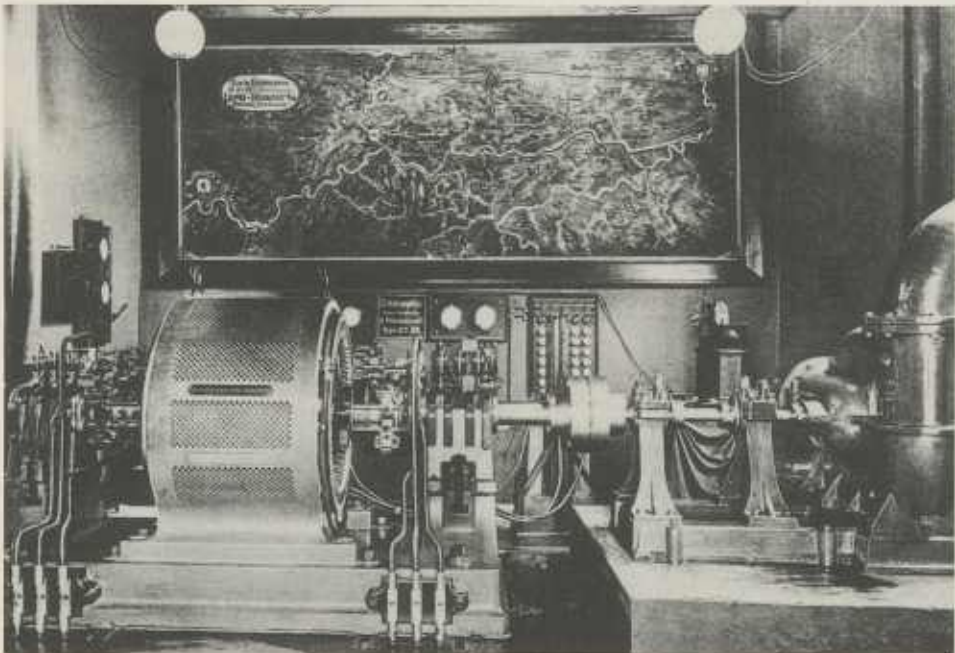
Tag, als bei Eberbach die von Süden und Norden her errichteten Leitungen zusammengeschlossen werden sollten, der Beamtenbeleidigung schuldig gemacht haben sollte. Offenbar blieben die Behörden bis zuletzt skeptisch. Leider hatte v. Miller nicht überliefert, was er den Beamten, die die Ausführung seines Projektes behinderten, gesagt hat. In der Frankfurter Station setzte der Transformator die 15 000 Volt der Fernübertragung auf etwa 115 Volt herunter, was einer Spannung gegen Erde von 65 Volt entsprach. Damit wurde der von M. v. Dolivo-Dobrowolsky konstruierte 100 PS Drehstrommotor versorgt, der eine Zentrifugalpumpe für den Wasserfall betrieb. Wie Transformatoren, Drehstrommaschine oder Isolatoren bot auch der Motor ein neues Konstruktionsprinzip. Im Unterschied zum sogenannten „Kurzschlußläufer“ wurde nicht dem „Käfig“ sondern dem Anker über 6 Schleifbürsten Strom zugeführt, während der „Käfig“ kurzgeschlossen war. Während beim Kurzschlußläufer das rotierende Magnetfeld den durch Induktion magnetisch erregten Anker gleichsam hinter sich herzog, stieß sich beim 100-PS-Motor der Anker gleichsam vom stehenden Teil, vom „Stator“ ab. Die etwas über 200 PS, die das Ausstellungsgelände erreichten, waren auf den Motor zum Betrieb des 10 m hohen Wasserfalls und zur Erleuchtung des Hinweisschildes mit 1000 Glühbirnen vor dem Eingang zur „Halle der Verteilung“ aufgeteilt.

Die Idee, die Kraft des Wassers, die den Strom erzeugt, am Ende der Übertragung als Wasserfall wieder sichtbar zu machen, hatte von Miller 1882 in München realisiert. Für die Internationale Elektrische Ausstellung in Frankfurt lebte so wieder

auf: Das Lauffener Flußkraftwerk wandelte die Kraft des Neckars in mechanische Arbeit um, die im Generator in elektrische Energie verwandelt wurde. Sie überwand die 175 km, um in Frankfurt in mechanische Kraft zurückverwandelt, die Wasser des Mains in eine Höhe von etwa 10 m zu heben, von wo aus es schäumend herabstürzte. Der Wasserfall sollte nicht nur den übertragenen Strom sichtbar machen, dazu reichten auch Glühbirnen, er sollte die Übertragung der Naturkraft des Flusses versinnbildlichen: es floß gleichsam der Neckar auf der Ausstellung.

Erfolg

Das Aufsehen erregendste technische Ereignis der Internationalen Elektrotechnischen Ausstellung, das 1891 unter den Ingenieuren am intensivsten diskutiert, in der Presse am häufigsten erwähnt wurde und in der technik-geschichtlichen Traditionsbildung die Ausstellung selbst fast an den Rand des Erinnerungswertes gedrängt hat, fand am 24. August 1891 gegen 20 Uhr statt: Die Übertragung von Drehstrom mit 15 000 Volt Spannung von Lauffen am Neckar nach Frankfurt (über 175 km), die erste Fernübertragung hochgespannten Stroms der Welt. M. v. Dolivo-Dobrowolsky rief einem in großer Zahl wartenden Publikum zu: „Der Strom ist in Frankfurt!“, was mit lautem Jubel und Beifall quittiert wurde. Am 25. August, mittags gegen 12 Uhr, brannten zum ersten Mal auf der Ausstellung mit Lauffener Strom gespeiste Lampen.



Der von Dolivo-Dobrowolsky konstruierte Drehstrommotor treibt auf der Frankfurter Ausstellung 1891 die Pumpe für den Wasserfall an.
Fotosammlung ZEAG

AEG-Haushaltungsmotor

für Gleich- und Drehstrom in allen gebräuchlichen Spannungen



Fruchtpresse

Preis des Motors M. 200,— Gewicht ca. 17 kg netto

Preis der Fruchtpresse auf Anfrage

**ALLGEMEINE
ELEKTRICITÄTS-GESELLSCHAFT**

Den AEG-Haushaltungsmotor von 1911 gab es für Gleich- und Drehstrom, was bei der Gleichzeitigkeit beider Systeme notwendig war.

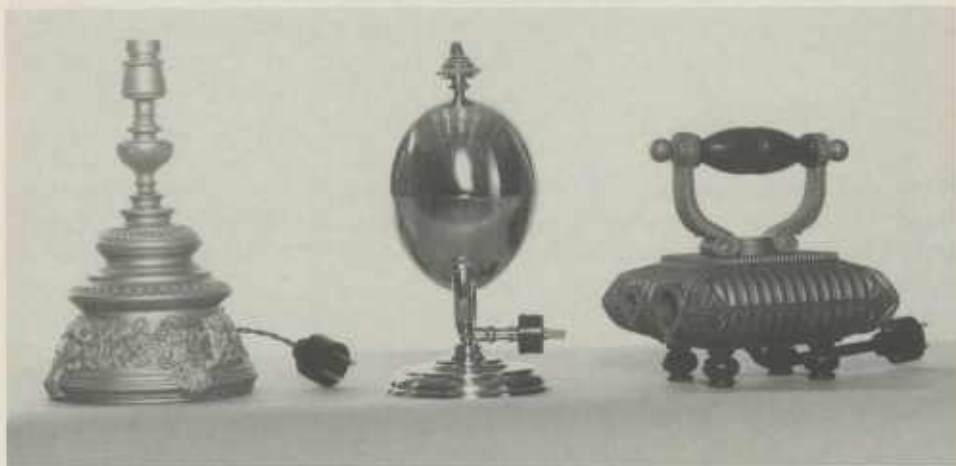
Foto: AEG

Bevor zum ersten Mal in Frankfurt Strom aus Lauffen ankam, war auch bei v. Miller, Brown oder Dolivo-Dobrowolsky Zweifel vorhanden. Schließlich war noch nie zuvor eine derartig hohe Spannung übertragen worden. Man konnte letztlich nur darauf verweisen, daß die Berechnungen stimmten. Daß sie sich als richtig erwiesen, erhielt einen besonderen Akzent. Brown oder Dolivo-Dobrowolsky waren junge, wissenschaftlich ausgebildete Ingenieure. In der Skepsis und Kritik, die die Vorbereitungen begleiteten, lebten mehr als der Konflikt der Elektro-Systeme fort. Als am 25. August die Lampen brannten und jedermann den Erfolg sehen konnte, war das nicht nur eine Niederlage der Gleichstrompartei. Sie verband sich auch mit eher persönlichen Niederlagen. Werner von Siemens etwa war auch der Prototyp des Elektrotechnikers der ersten Stunde, der Inspiration und konstruktivem Verständnis folgend probiert hatte, bis „die Maschine lief“, und dem die verwissenschaftlichte Elektrotechnik unverständlich wurde. Noch deutlicher wurde dies etwa bei Schuckert, einem weiteren Patriarchen der Elektrotechnik, der Zeit seines Lebens „der Mechaniker“ blieb. Mit dem Erfolg der Fernübertragung hatten es die „Rechner“ den alten Männern gezeigt. Wenn auch die Frankfurter Ausstellung den überzeugenden Beweis für den

Drehstrom erbrachte, so war die Diskussion noch lange nicht beendet. Vor allem rührte das von den funktionierenden Gleichstromanlagen mit dem Vorteil der Speicherung in Akkumulatorenbatterien und dem geschäftlichen Interesse der Industrie, die Gleichstromanlagen lieferte. Dazuhin wurde auf der Ausstellung auch eine wohl funktionierende Gleichstromübertragung von Offenbach nach Frankfurt gezeigt. Auch Oskar von Miller gab auf die Frage nach dem besten System dem Deutschen Städtetag, der sich in Frankfurt versammelt hatte, die Antwort: „Es gibt kein bestes, kein einzig richtiges System, ebensowenig wie zum Beispiel bei der Wasserversorgung einer Stadt. Es kommt immer auf die örtlichen Verhältnisse an. Der Kampf zwischen Gleichstrom und Wechselstrom, welcher gerade in Frankfurt so lebhaft entbrannte, ist deshalb unentschieden geblieben, und in der Ausstellung der nämlichen Firma kann man jetzt Gleich- und Wechselstrommaschinen friedlich nebeneinander sehen. Dem einzelnen Abnehmer aber kann es gleichgültig sein, ob er Gleich- oder Wechselstrom geliefert erhält“.

Der frühere Oberbürgermeister von Frankfurt, Dr. Miquel, sagte beim Abschluß der Ausstellung: „... wird wohl anerkannt werden, daß diese verschiedenen Systeme jedes sein gutes hat ...“. Er beleuchtete auch das Suchen städtischer Verwaltungen nach dem richtigen elektrischen System. „... daß das Greifen zu einem bestimmten System sich durch bald darauf eintretende Fortschritte als unzweckmäßig oder nicht vollkommen gut erweisen würde, daß man sein Kapital verkehrt anlege, eine Sorge, die häufig dahin führte, wie sie tatsächlich hier in Frankfurt eine zeitlang geführt hat, daß man in der Furcht, etwas verkehrtes zu tun, oder nicht das Vollkommene zu erreichen, gar nichts zu tun sich entschloß (Heiterkeit).“

Bis Ende Oktober war die Fernübertragung ununterbrochen in Betrieb. Von ernsthaften Störungen wird nichts berichtet. Die Betriebseinrichtungen selbst



Einige der ersten elektrischen Haushaltsgeräte, die 1889 von der AEG vorgestellt wurden. Einen der ersten Zigarrenanzünder (links) erwarb Kaiser Wilhelm II. für 32 Goldmark. Daneben Eierkocher (56 Goldmark) und Brennscherenwärmer. So wie zu dieser Zeit die elektrische Energie exklusiv war, strahlen auch diese Geräte Luxus aus.

Foto: AEG

waren denkbar einfach. Auf der Niederspannungsseite waren Strom- und Spannungsmesser vorhanden, die Hochspannungsseite hatte weder Meßinstrumente noch Schalter. Der offizielle Bericht stellte nach Schluß der Ausstellung fest, es habe keinen durch elektrischen Strom bewirkten Unfall gegeben. Umso auffälliger ist die Furcht und Besorgnis der Verantwortlichen zuvor.

Jeder Besucher war mit dem Lösen einer Eintrittskarte gegen Unfall versichert. Mehrere Versicherungen teilten sich das Risiko. Die automatische Versicherung blieb streng geheim und wurde erst nach Ende der Ausstellung bekannt gemacht.

Wissenschaftliche Untersuchung

Ein wissenschaftliches Begleitprogramm sollte die Wirksamkeit der Drehstromübertragung untermauern. Das wesentlichste Ergebnis war der gesamte Wirkungsgrad von 68,5 % bis 75,2 %. Er schloß die Ohm'schen und Wechselstromverluste der Leitung ebenso ein, wie die Verluste der Transformatoren. Umfangreiche Untersuchungen wurden auch zu den Wirkungsgraden der Generatoren und der Transformatoren sowie Hochspannungsversuche durchgeführt. In seiner Schlußbemerkung führte Prof. Dr. Weber unter anderem aus: „Der elektrische Betrieb mit Wechselströmen von 7500 – 8500 Volt 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 Volt Spannung in Leitungsbahnen von der Länge einiger Meter.“ Bei der Bedeutung der Frankfurter Ausstellung und den weltweiten Geschäftsbeziehungen der AEG und der Maschinenfabrik Oerlikon, sowie dem Namen, den Oskar von Miller schon damals besaß, ist es nicht verwunderlich, daß die Fachleute aus aller Welt, aber auch die Industriespione, sich in Lauffen einfanden. Für einige Monate war der Name dieses idyllischen Städtchens, bis dahin nur den Literaturkundigen als Geburtsort Hölderlins bekannt, in aller Munde.

Versorgung von Heilbronn

Nach der Ausstellung wurde die Leitung nach Frankfurt wieder abgebaut, Masten und Isolatoren verwendete man teilweise für die Heilbronner Leitung, wobei noch zusätzlich ein Stacheldraht auf der Mastspitze den Blitzschutz sichern sollte.

Als Leitung diente ein Kupferdraht mit 6 mm² Querschnitt. Doch bevor diese Leitung nach Heilbronn gebaut werden konnte, mußten vielfältige Vorarbeiten geleistet werden. Neben den technischen Problemen, die gelöst werden mußten, standen vor allem die kaufmännischen Fragen im Vordergrund, die ein solches Projekt begleiteten.

Elektrischer Strom war Luxus. In Heilbronn kostete im Jahre 1892 der Strom für die Beleuchtung 90 Pf/kWh. Ein Facharbeiter hatte einen Stundenlohn von knapp 30 Pfennig, und seine Familie brauchte für die täglichen Lebensmittel zwei bis drei Mark.



Transformatorstation für Drehstrom in Heilbronn in einer Litfaßsäule.

Fotosammlung ZEAG



*Direktor Arendt vom Württembergischen Portland-Cementwerk zu Lauffen.
Fotosammlung ZEAG*

Der Preis für eine Glühlampe lag bei sieben Mark; das waren gut zwei Tageslöhne. So wird deutlich, daß Glühlicht für Kunden mit kleinem Geldbeutel teurer als das tägliche Brot und damit unerschwinglich war. Auch der Stromanschluß und die Installation waren teuer und den Handwerksbetrieben, die damals die städtische Wirtschaft prägten, fehlten vielfach die für einen elektrischen Antrieb geeigneten Arbeitsmaschinen.

Mitnichten drängte die Heilbronner Industrie auf eine rasche Elektrifizierung. Sie versprach sich allenfalls von dem elektrischen Licht eine Verbesserung der Arbeitsbedingungen und somit eine erhöhte Produktivität. Zum Antrieb der Maschinen nutzte man zunächst die Wasserkraft des Neckars; sie war die vorrangige Energiequelle. Heilbronn zählte zu den wasserkraftreichsten Oberämbtern in Württemberg – um 1860 waren fast 900 PS in Betrieb. Als die Wasserkraft für die Ausweitung der Produktion nicht mehr reichte, setzte man verstärkt die Dampfkraft ein. Bereits in den 90er Jahren überflügelte die PS-Leistung der Dampfmaschinen nachweislich die Wasserkraft. Im Jahre 1890 waren in der Privatwirtschaft 4576 PS installiert. Der Elektromotor galt als eine entbehrliche Neuheit.

Vor diesem Hintergrund war es ein mutiger und riskanter Entschluß, als das Württembergische Portland-Cement-Werk zu Lauffen am Neckar (WPCW) sich im Jahre 1889 daran machte, in Heilbronn eine öffentliche Stromversorgung aufzubauen.

Angeboten für dieses Unterfangen wurden Projekte für Gleichstrom und Wechselstrom. Erst danach kam die Drehstromvariante ins Spiel, ein System, das damals noch nirgends auf der Welt eingesetzt war. Vor allem Oskar von Miller hatte Vorteile dieses Systems erkannt. Ihm gelang es, die Gesellschaften dafür zu begeistern. Am 12. Juli 1890 unterzeichneten Oberbürgermeister Dr. Hegelmaier und Direktor Arendt den Vertrag. Am 7. September 1891 wurde in Heilbronn mit den Arbeiten an den elektrischen Anlagen begonnen.

Am 16.01.1892 eröffnete Oskar von Miller den Betrieb im Beisein einer Abnahme-Kommission, bestehend aus drei Vertretern des württ. Staates (Baurat Schaal, Telegrafeningenieur Ritter und Straßenbauinspektor Egelhard), für die Stadt Heilbronn Oberbürgermeister Hegelmaier und Gasdirektor Raupp sowie für WPC ihr Direktor Arendt. Wenige Tage später wird berichtet: „Die elektrische Beleuchtung ist nun in vollem Gange und findet allgemeinen Beifall.“

Es wurden bald weitere Drehstromkraftwerke in Betrieb genommen, so auch 1893 in Kalifornien und Rußland, wobei letzteres mit 1200 kW das größte war. Wenn auch zu dieser Zeit die Bedeutung des Drehstroms noch nicht voll erkannt wurde, trat er doch seinen Siegeszug an. Er wird heute auf der ganzen Welt eingesetzt.

Anmerkung

Dem vorliegenden Beitrag liegt das Manuskript eines Vortrages zugrunde, den der Verfasser bei der Hauptversammlung des Zabergäüvereins am 18. Oktober 1992 in Lauffen gehalten hat.

Literaturhinweise

Die Kraftübertragung Lauffen – Frankfurt 1891.

Württembergisches Portland-Werk zu Lauffen, Lauffen 1966

Moderne Energie für eine neue Zeit.

Die Drehstromübertragung Lauffen a. N. – Frankfurt a. M. 1891, ZEAG, Heilbronn 1991

Die zweite industrielle Revolution – Frankfurt und die Elektrizität 1800 – 1914.

Historisches Museum Frankfurt, Frankfurt 1981

„Eine neue Zeit ...!“

Die Internationale Elektrotechnische Ausstellung 1891.

Katalog Historisches Museum Frankfurt, Frankfurt 1991

Friedrich Dürr, Chronik der Stadt Heilbronn 741–1895. Neudruck Heilbronn 1986

Wolfgang Leiner, Geschichte der Elektrizitätswirtschaft in Württemberg, Band 1, Stuttgart 1982

Allgemeine Geschichte der Technik von 1870 bis etwa 1920.

Moskau 1982, Leipzig 1984

Vereinsmitteilungen

Jahreshauptversammlung am 18. Oktober 1992 in Lauffen

Vormittagsveranstaltung

Der Zabergäüverein hatte Mitglieder und Freunde zur Jahreshauptversammlung nach Lauffen am Neckar eingeladen. Am Vormittag führte Otfried Kies die rund 30 interessierten Zuhörer durch