

Zeitschrift: Ferrum : Nachrichten aus der Eisenbibliothek, Stiftung der Georg Fischer AG
Herausgeber: Eisenbibliothek
Band: 66 (1994)

Artikel: Die Elektrotechnik an den Weltausstellungen 1851-1900
Autor: Lang, Norbert
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-378299>

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: 04.05.2025

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

Die Elektrotechnik an den Weltausstellungen 1851–1900

Weltausstellungen und Elektrotechnik

Nachdem Warenmärkte, Gewerbeschauen und Fachmessen sich auf regionaler und nationaler Ebene vielerorts bewährt hatten, schienen Ausstellungen in internationalem Grossformat dazu geeignet, einem breiten Publikum die Fortschritte von Technik, Industrie und Kunst auf spektakuläre Weise vorzuführen. Diese «Jahrmärkte nationaler Eitelkeiten», wie Kritiker sie nannten, verfolgten ferner das Ziel, den Wettbewerb unter den Industrienationen zu fördern. Freilich wies dieser friedliche Wettstreit nicht selten chauvinistische Züge auf. Neben Kolonialprodukten, kulturellen Errungenschaften, kunstgewerblichen Artikeln und den modernsten Maschinen wurden oft ganze Arsenale neuer Waffen präsentiert.

Die an den Ausstellungen sich manifestierende Fortschrittseuphorie schlug sich in zahllosen zeitgenössischen Reportagen und Berichten nieder. Massiven Kritiken dieser Monsterränne standen bewundernde und überschwengliche Kommentare gegenüber. Fortsetzungsberichte in Tageszeitungen und spezielle Ausstellungsjournale rapportierten u.a. über die Organisation, über Bauten und neue Technologien, über moderne und exotische Produkte und über gesellschaftliche Anlässe. Mehrbändige Expertenberichte und auflagenstarke, illustrierte Prachtfolianten wurden in fast allen Sprachen veröffentlicht. Diese Publikationen stellen den damaligen Zeitgeist dar und zeigen den gewaltigen technischen und soziokulturellen Veränderungsprozess auf, als dessen Abbild die Weltausstellungen betrachtet werden können.

Der Anfang industrieller Anwendungen der Elektrizität fällt zeitlich mit den ersten Weltausstellungen zusammen. Diese waren also geeignet, die Fortschritte der «angewandten Elektrizitätslehre», wie die Elektrotechnik damals hiess, der Welt vorzuführen. Die zweite Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts war geprägt

durch das progressive Wachstum elektrotechnischer Kenntnisse. Spektakuläre Vorführungen zu diesem Thema vermochten das Publikum stets in Staunen zu versetzen. Obschon der Begriff «Elektrotechnik» erst 1879 durch Werner Siemens eingeführt worden ist, wird er in diesem Aufsatz durchgängig in der heutigen umfassenden Bedeutung verwendet.

Dem technischen Durchbruch der Elektrizität war die Klärung einer Reihe von Einzelphänomenen und physikalischen Zusammenhängen vorausgegangen. Humphrey Davy hatte im ersten Jahrzehnt des Jahrhunderts die Elektrolyse eingeführt und zum Nachweis bisher unbekannter chemischer Elemente benutzt. 1813 schlug er den elektrischen Lichtbogen als neue Leuchtquelle vor. 1831 entdeckte sein Schüler Michael Faraday mit der elektromagnetischen Induktion die physikalische Grundlage zur Umwandlung von Kraft in Strom und umgekehrt. Weitere Anwendungen der Elektrizität waren die Galvanoplastik, die Telegraphie und die Elektrochemie. Als Spannungsquelle dienten anfänglich ausschliesslich galvanisch-chemische Batterien nach Volta, Daniells und Bunsen.

1833 konstruierten Carl Friedrich Gauss und Wilhelm Weber in Göttingen den ersten elektromagnetischen Telegraphen. In der Folge wurde die elektrische Telegraphie durch eine Reihe von Forschern zur Praxisreife weiterentwickelt. Anzeigende, registrierende, codierte und schliesslich textdruckende Geräte waren das Ergebnis. Militär und Eisenbahnen förderten die neue Art der Nachrichtenübermittlung. Die Perfektionierung der Telegraphenapparate und ihrer Übertragungseinrichtungen erweiterte das Verständnis für elektrodynamische Vorgänge. Edison, Siemens und viele andere Pioniere schöpften ihr Know-how aus solchen Beschäftigungen.

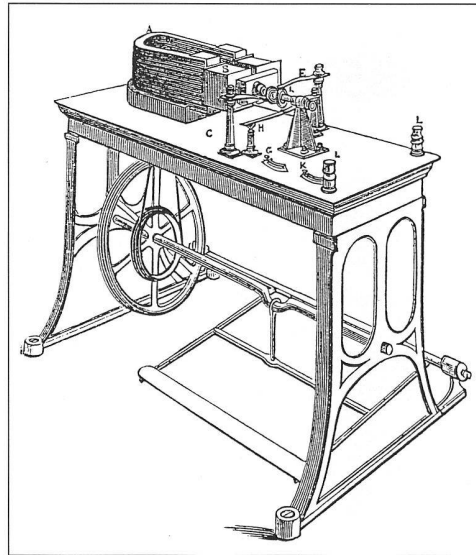
Die Galvanoplastik, ein Verfahren, um Gegenstände aus unedlen Materialien

Norbert Lang

ABB

Asea Brown Boveri AG
CH-5041 Baden

Fig. 1: Magnetelektrische Maschine von Henley an der Weltausstellung in London 1851.



längst eingebürgerten Begriffe: Spannung, Stromstärke, Potential, Widerstand und Kapazität.

Wichtige elektrotechnische Exponate 1851–1878

Auf der ersten Weltausstellung von 1851 in London waren ausser einigen medizinischen Geräten und Telegraphen noch wenig elektrische Apparate zu sehen (Fig. 1). In einem offiziellen Bericht heisst es dazu: «Wie erwartet, sind voltaische Batterien, Galvanometer, Elektromagnete, Telegraphiedrähte, Unterwasserkabel und verschiedene Telegraphen zu sehen. Die Ausstellung ist reich an einer grossen Zahl sehr geistreicher Erfindungen, die für alle Arten von telegraphischen Verbindungen brauchbar sind...»² Mehrere Telegraphiesysteme sind im Katalog wortreich beschrieben. Ausgestellt waren u.a. der Nadel-Apparat von Cooke und Wheatstone sowie der Zeigertelegraph von Siemens & Halske, die sich beide in der Praxis bewährt hatten. Im Katalog sucht man ihre Abbildung vergeblich.

An der Pariser Weltausstellung von 1855 waren neben den Telegraphen immer noch wenige elektrische Anwendungen zu sehen. Gezeigt wurden u.a. eine magnetelektrische Maschine der Alliance Company sowie ein Stück des kurz zuvor zwischen England und Frankreich verlegten Atlantik-Kabels. Erstmals vorgestellt wurde der Werkstoff Aluminium in Form weniger kleiner Barren. Ein Kilogramm dieses neuen Metalls kostete 8'000 Franken. Bis zum Durchbruch auf breiter Front vergingen noch Jahrzehnte. Erst als gegen Ende des Jahrhunderts die Schmelzfluss-Elektrolyse nach Héroult die Erprobung bestanden hatte und elektrische Energie in genügender Menge verfügbar war, konnte das «leichte Silber» aus Tonerde seinen Siegeszug antreten. In der Folge sank der Kilopreis innert hundert Jahren auf zwei Franken!

Auch an den Ausstellungen von London 1862, Paris 1867 und 1878, Wien 1873 und Philadelphia 1876 spielte die Elektrotechnik noch eine untergeordnete Rolle. Telegraphie, Galvanotechnik und elektrisches Leuchtfeuer für die Navigation waren die wichtigsten Anwendun-

Anmerkungen

- 1 C. Matschoss: Werner Siemens, Lebensbild und Briefe. 2 Bde. Berlin 1916. Bd.1, S.82.
- 2 Exhibition of the Works of Industry of all Nations 1851. Reports by the Juries. London 1852. S.283.
- 3 H. Sequenz: 100 Jahre Elektrotechnik in Oesterreich 1873–1973. Wien/NewYork 1973. S.19f.

auf elektrolytischem Weg mit metallischen Überzügen zu versehen, erforderte bald ergiebigere Gleichstromquellen, als es die elektrischen Batterien waren. Als tragfähige Grundlage zur Stromerzeugung erwies sich die Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips durch Charles Wheatstone und Werner Siemens im Jahre 1866. Damit wurde ein neues, unermessliches Energiepotential erschlossen. «Der Technik sind gegenwärtig die Mittel gegeben, um elektrische Ströme von unbegrenzter Stärke auf billige und bequeme Weise überall da zu erzeugen, wo Arbeitskraft (= Primärenergie) disponibel ist.» (W. Siemens)¹

Das zunehmende Fachwissen schlug sich in entsprechenden Publikationen nieder. Ab den späten siebziger Jahren erschienen spezialisierte elektrotechnische Fachzeitschriften, wie «Electrical World», «La lumière électrique» und die «Elektrotechnische Zeitschrift». Auch viele populäre Darstellungen verbreiteten sich rasch. Bis heute ist es doch nicht einfacher geworden, einem Laienpublikum verständlich zu machen, was Elektrizität ist. Man kann einige Wirkungen experimentell vorführen, ihre Ursachen aber nur auf Umwegen erklären. Deshalb nahm man Zuflucht zu verständlichen Modellen. Wasser, ein seit Urzeiten vertrautes «Element», bot sich an, um den unsichtbaren Elektronenstrom zu veranschaulichen. Bis in die neueste Zeit werden an Ausstellungen elektrische Ströme durch künstliche Fontänen und Wasserfälle sichtbar gemacht. Aus dieser Analogie stammen denn auch die

gen. Die elektrischen Geräte bildeten 1862 in London noch immer eine Untergruppe der Präzisionsinstrumente. Neben Telegraphen mit Zubehör und elektrischen Uhren waren elektromechanische Regulatoren für Lichtbogenlampen zu sehen. Die Galvanoplastik war gleichzeitig bei den bildenden Künsten und in der Typographie vertreten. In Paris 1867 bildeten die Telegraphenapparate eine eigene Klasse. Die Galvanoplastik gehörte immer noch zu den bildenden Künsten und die elektrischen Scheinwerfer waren dem Marinematerial zugeteilt. Alle übrigen elektrischen Geräte, darunter auch die erstmals vorgeführte dynamoelektrische Maschine von Werner Siemens, wurden den physikalischen Geräten zugeordnet.

An der Wiener Weltausstellung von 1873 war neben modernen Telegraphie-Apparaten erstmals eine Sammlung historischer Geräte zu sehen. Die junge Wissenschaft war sich also bereits ihrer Geschichte bewusst geworden. Neben diversen Originalapparaten umfasste die historische Schau eine Replika des Gauss-Weber-Telegraphen von 1833. Bei den Dynamomaschinen waren neben Konstruktionen von Siemens und Hefner-Alteneck erstmals auch Geräte des in Frankreich tätigen Belgiens Zénobe Gramme ausgestellt. Letztere wiesen die bis heute gebräuchlichen zylindrischen Kommutatoren mit gegeneinander isolierten Kupferstegen auf. Auf dem Ausstellungsstand von Gramme spielte sich die berühmte Geschichte mit der «zufällig» zustande gekommenen elektrischen Kraftübertragung ab. Hippolyte Fontaine, ein Mitarbeiter Grammes, berichtet: «Ich war mit der Aufstellung der Maschinen betraut, da wurde angekündigt, dass der Kaiser persönlich am übernächsten Tag die Maschinenhalle eröffnen würde. Wenige Stunden vor seinem Besuch kam mir der Gedanke, den kleinen Motor vom Hauptstromkreis des Generators aus über eine Abzweigung zu speisen... Ich schloss ein Kabel an und der Motor entwickelte eine solche Leistung, dass die zu Demonstrationszwecken angeschlossene Wasserpumpe das Wasser über den Behälter hinausschleuderte. Nun fügte ich soviel Kabellänge hinzu, bis der Wasserfluss normal war. Die Gesamtlänge des Kabels betrug dann über zwei Kilometer! Diese grosse Kabellänge liess mich

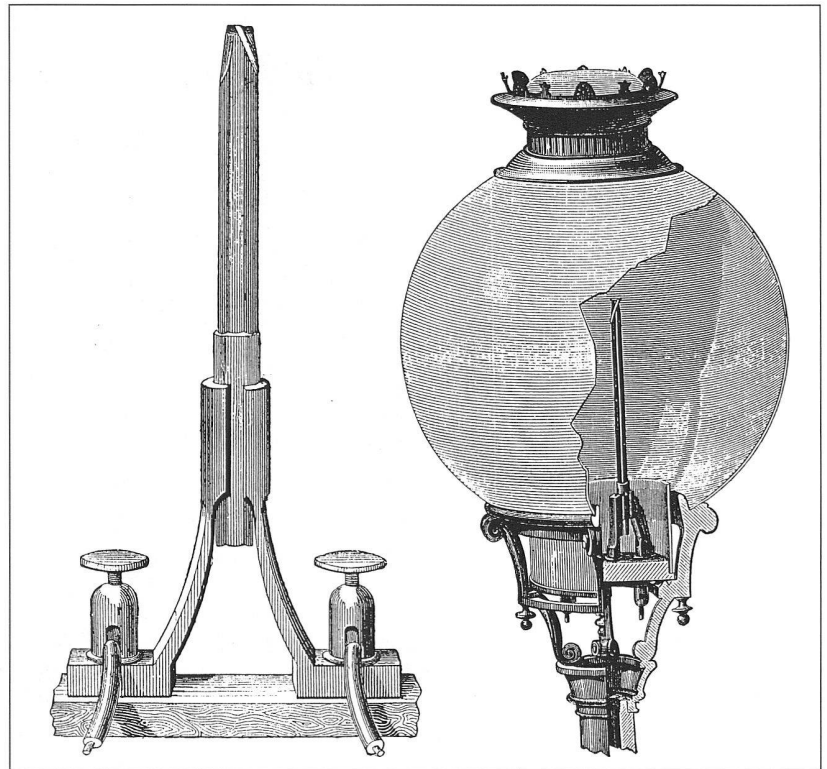


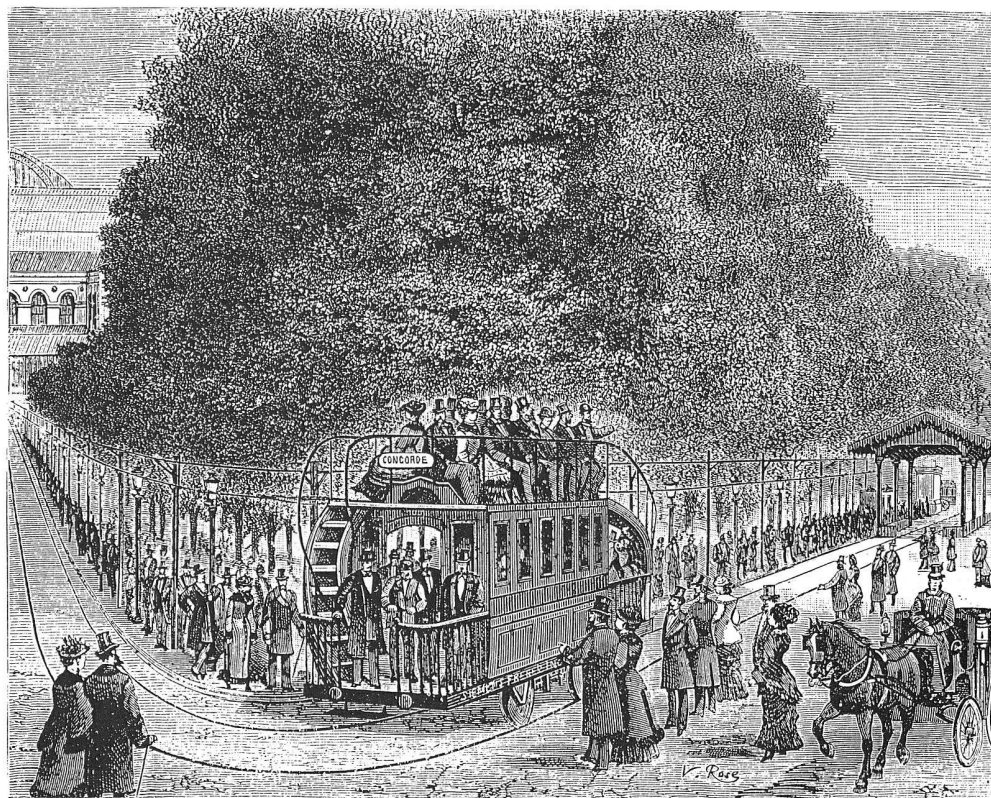
Fig. 2: «Elektrische Kerze» von Paul Jablochkoff, ab 1878 in Paris zur Strassenbeleuchtung verwendet.

erkennen, dass es mit Hilfe der beiden Maschinen möglich sein müsste, mechanische Energie auf grosse Entfernungen zu übertragen...»³ Die oft mit grossem Spektakel veranstalteten Stromübertragungen bildeten von da an Bestandteil fast aller Elektrizitätsausstellungen.

In Philadelphia 1876 lag die Sensation gleichzeitig im Grossen wie im Kleinen: Im Schatten der weltgrössten Dampfmaschine von George Henry Corliss stand ganz unauffällig das erste Telephongerät von Alexander Graham Bell, der sogenannte «speaking telegraph». Allerdings erwähnte Franz Reuleaux in seinen berühmten «Briefen aus Philadelphia» das Telephon mit keinem Wort! Diese Ausstellung lieferte jedoch auch den Beweis, dass die Vereinigten Staaten nicht nur politisch von Europa unabhängig geworden waren, sondern gleichzeitig den Aufstieg zu den weltgrössten Industrienationen geschafft hatten.

An der Weltausstellung von 1878 wurde in Paris erstmals eine elektrische Strassenbeleuchtung mit Jablochkoff-Kerzen vorgeführt (Fig. 2). Dabei handelte es sich um paarweise parallel angeordnete Kohle-Elektroden, die durch eine isolierende Kaolinschicht voneinander getrennt, beim Stromdurchgang gleich-

Fig. 3: Elektrische Strassenbahn von Siemens an der Elektrizitätsausstellung in Paris 1881.



4 W. v. Miller: Oskar von Miller. Nach eigenen Aufzeichnungen, Reden und Briefen. München 1932. S.15.

5 W. Schivelbusch: Lichtblicke. Zur Geschichte der künstlichen Helligkeit im 19. Jahrhundert.

6 W. v. Miller 1932. a.a.O. S. 19ff.

7 W. v. Miller 1932. a.a.O. S. 25

mässig abbrannten. Sie benötigten keine Regulierung und erzeugten ein den klassischen Bogenlampen gleichwertiges, helles Licht. Auch das verbesserte Telephon von Bell wurde erstmals in Europa gezeigt. Telephon und elektrisches Licht verkörperten für den durchschnittlichen Besucher den Inbegriff von märchenhaftem Luxus. Diese Erfindungen liessen erahnen, dass die künstliche Erhellung der Nacht und die Verkürzung von Raum und Zeit das Leben grundlegend verändern würden.

cher anzuziehen. Die Elektrotechnik war in folgende sieben Hauptgruppen unterteilt:

1. Historische Exponate zur Elektrotechnik
2. Wissenschaftliche Geräte und Messinstrumente
3. Telegraphen
4. Telephone
5. Maschinen und Anlagen zur Stromerzeugung und Kraftübertragung
6. Elektrische Beleuchtung
7. Elektrochemische Apparaturen
8. Eisenbahntechnische Anwendungen

Die internationalen Elektroausstellungen 1881-1891

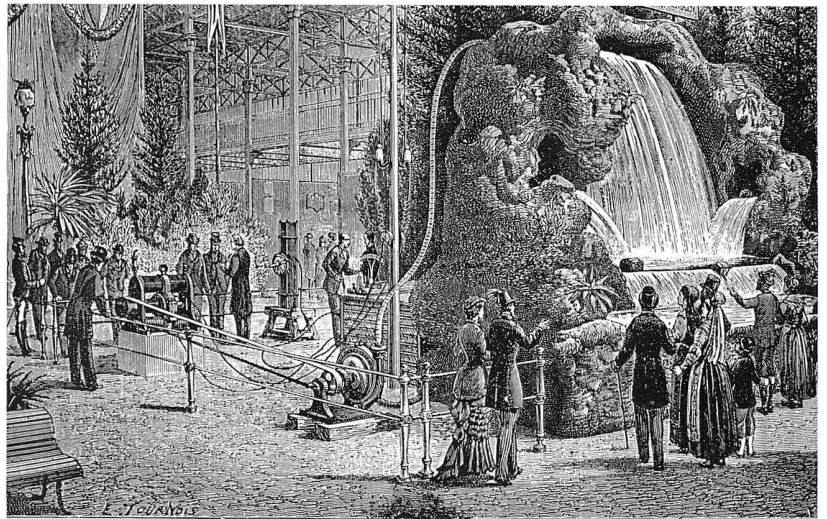
Weltausstellungen waren stets auch Anlass von Fachkonferenzen. Auf dem elektrotechnischen Kongress in Paris wurde 1878 angeregt, der Elektrotechnik künftig ein stärkeres Gewicht zu verleihen. Statt im Jahrmarktrummel der Universalausstellungen weiterhin ein Randdasein zu führen, sollten spezielle elektrische Fachausstellungen von internationalem Zuschnitt veranstaltet werden. Die erste derartige Spezialausstellung wurde für 1881 nach Paris vergeben. Sie vermochte über tausend Aussteller und rund 10 Millionen Besu-

Die wichtigsten Erfindungen jener Zeit und alle massgebenden Firmen waren präsent. Vorgeführt wurde u.a. die erste elektrische Strassenbahn von Siemens (Fig. 3). Besondere Aufmerksamkeit erntete der Amerikaner Thomas Alva Edison mit seiner erstmals in Europa gezeigten elektrischen Glühlampe samt allen zu ihrem Betrieb nötigen Maschinen und Apparaten. Edison wollte nicht primär Lampen, sondern komplette Beleuchtungssysteme verkaufen. Oskar von Miller berichtet in seiner Autobiographie: «Der Eindruck der Ausstellung war überwältigend. Die Beleuchtung übertraf jede Vorstellung. Die Edison-Glühlichter, die als Sterne am Gewölbe

und im Treppenhaus angebracht waren, die Bogenlampen von Brush und Siemens, die ein bis dahin unbekanntes Licht verbreiteten, die Kerzen von Jablochkoff, die «lampe-soleil» von Clerk, welche mit ihrem glühenden Marmorblock eine Bildergalerie erhellte, all dies erschien wunderbar. Das grösste Aufsehen machte jedoch eine Glühlampe von Edison, die man mit einem Schalter anzünden und auslöschten konnte. Hier standen die Menschen zu Hunderten an, um selbst den Schalter drehen zu können...»⁴

Ein anderer zeitgenössischer Bericht vermerkt: «Wir stellen uns das elektrische Licht gewöhnlich in Form blendend heller Lichtquellen vor, die in ihrer Härte dem Auge weh tun ... Hier jedoch haben wir eine Lichtquelle vor uns, die irgendwie zivilisiert und unseren Gewohnheiten angepasst wurde. Jede Lichtquelle leuchtet wie Gaslicht, aber es ist ein Gas, wie es erst noch zu erfinden gewesen war – ein Gas, das ein vollkommen ruhiges Licht gibt, aber doch lebhaft und hell leuchtet und die Netzhaut nicht überfordert. Aber dann – welcher Unterschied zum Gas! Das elektrische Licht hinterlässt keinen Verbrennungsrückstand in der Wohnung, weder Kohlensäure noch Kohlenoxyd, die die Atmosphäre verpesten, noch Schwefelsäure und Ammoniak, die Gemälde und Stoffe in Mitleidenschaft ziehen...»⁵ Auf dem während der Ausstellung abgehaltenen internationalen Elektriker-Kongress wurde die Einführung der noch heute gültigen Masseinheiten für Spannung, Stromstärke, Widerstand, Ladung und Kapazität beschlossen.

Schon im folgenden Jahr (1882) wurde eine ähnliche Ausstellung im Münchner Glaspalast durchgeführt. Ausstellungsleiter war der bereits zitierte Oskar von Miller. Er berichtete: «Obwohl seit der Pariser Ausstellung kaum ein Jahr verflossen war, konnten in München doch schon manche überaus wichtige Fortschritte verzeichnet werden... Neben der Absicht, durch diese Ausstellung dem deutschen Publikum die bisherigen Erfolge der Elektrotechnik vor Augen zu führen, ging mein Streben von Anfang an dahin, durch dieses Unternehmen neue elektrotechnische Probleme zu lösen. Eine Aufgabe von ungeheurer Wichtigkeit... erschien mir, Mittel und Wege zur



zweckentsprechendsten Ausnützung unserer Wasserkräfte zu finden... Ich erinnerte mich an einen Vortrag, den Marcel Deprez während der Pariser Ausstellung gehalten hatte, in welchem er nachzuweisen suchte, dass man eine beliebig grosse Kraft auf weite Entfernungen mit dünnen Drähten und grossem Nutzeffekt übertragen könne, wenn man nur die elektrische Spannung hoch genug wählen würde.»⁶

Miller gelang es, Deprez zur Einrichtung einer Versuchsanlage für die Münchner Ausstellung zu gewinnen. Das Ergebnis war eine 57 Kilometer lange Gleichstromübertragung von Miesbach nach München. Diese wurde von einem Dynamo mit 2 PS und 1500 bis 2000 Volt gespeist, der durch eine Dampfmaschine angetrieben wurde. Die Übertragung des Stromes erfolgte über Telegraphendrähte. Im Münchner Glaspalast trieb ein Motor eine Wasserpumpe an, die einen zwei Meter hohen Wasserfall speiste (Fig. 4). Miller berichtete weiter: «Der erste Versuch fand nach Schluss der Ausstellung um 11 Uhr abends statt, damit ein Misserfolg nicht sofort an die Öffentlichkeit dringen konnte. Nachdem ich über einen Telegraphen das Zeichen zum Einschalten gegeben hatte, fing einige Minuten später der Motor zu drehen an und der Wasserfall trat in Funktion. Die Überraschung, Freude und Begeisterung über den geglückten Versuch war ausserordentlich, war doch damit bewiesen, dass es technisch möglich war, brachliegende Naturkräfte von weiter Ferne nach Städten zu übertragen.»⁷ Das Experiment war geglückt. Allerdings

Fig. 4: Der künstliche Wasserfall an der Elektrizitätsausstellung in München zur Veranschaulichung der elektrischen Energieübertragung.

Fig. 5: Prinzip der Illumination von Wasserstrahlen mit elektrischem Licht an der Weltausstellung in Paris 1889.



- 8 F.-G. Dumas, L. de Fourcaud: *Revue de l'Exposition Universelle de 1889*. Paris 1889. S. 220 ff.
- 9 H. Fontaine: *L'Eclairage Electrique à l'Exposition Universelle de 1889*. Paris 1890. S. 7
- 10 C. Wüest: *Elektrische Ausstellung in Frankfurt am Main 1891*. Aarau 1892. S. 3f.

versagte die Einrichtung während der Ausstellung häufig, und der Übertragungswirkungsgrad betrug bescheidene 22 Prozent. Trotzdem war dieser Versuch zukunftsweisend.

Weitere internationale Elektro-Spezialausstellungen fanden statt: 1883 in Wien, 1884 in Turin, 1888 in Philadelphia und 1891 in Frankfurt am Main. Da alle ähnlich organisiert waren, erübrigen sich weitere Details. Eine besondere Rolle spielte die Frankfurter Ausstellung: sie lieferte den Beweis der Überlegenheit des Wechselstroms für die Energieübertragung auf grosse Distanzen.

Doch um der Chronologie zu genügen, ist zunächst auf die Weltausstellung von 1889 in Paris einzugehen: Dieser Anlass zur Hundertjahrfeier der Revolution sollte alles Bisherige übertreffen. Die Ausstellung fand wiederum auf dem Marsfeld statt. Als bauliche Attraktion standen der Eiffelturm und der grosse Maschinenpalast im Mittelpunkt. Dank der inzwischen durchgeführten Spezialausstellungen hatte sich das Gebiet der Elektrotechnik wesentlich erweitert. Im Mittelpunkt standen nicht mehr elektrische Geräte und Maschinen, sondern ihre praktische Anwendung. Besonders zu erwähnen sind die elektrischen Aufzüge, die fahrenden Brücken und die Leuchtfontänen.

Die «Revue de l'Expo» berichtete: «Es ist hier noch von der auffallendsten Sehens-

würdigkeit im grossen Maschinenpalast zu berichten, von den fahrenden Brücken... Diese sind nichts anderes als zwei grosse, elektrisch angetriebene Plattformen auf Rädern, die sieben Meter über dem Boden vom einen Ende der Halle zum anderen gleiten. Von hier geniessen die Zuschauer einen hervorragenden Überblick über die ganze Maschinenausstellung... Neben einem hundertpferdigen Gasmotor erkennt man dynamoelektrische Maschinen, aus denen gleissende Funken stieben. Grosse Schwungräder rotieren so schnell, dass man ihre Form nicht mehr genau erkennen kann. Das rhythmische Klatschen der Transmissionsriemen ermüdet das Ohr keineswegs; die Augen haben tausend Dinge gleichzeitig wahrzunehmen und überall ist strahlendes Licht... Das Ganze ist ein einmaliges Schauspiel; ein Gedicht des Eisens in zauberhafte Verse gekleidet...»⁸

Eine besondere Attraktion waren die Leuchtfontänen. Es handelte sich dabei um farbig illuminierte Wasserspiele (Fig. 5). Mittels Bogenlampen, Farbfiltern und Linsensystemen wurden die Wasserstrahlen von innen beleuchtet. Dank optischer Totalreflexion folgte das farbige Licht der Krümmung der Wassergarben. Die durch 48 Lampen erleuchteten Fontänen schleuderten aus 300 Düsen stündlich über eine Million Liter Seine-Wasser bis zu vierzig Meter hoch in den Nachthimmel. Durch Variation der Farben und der Strahlintensität entstanden zauberhafte Effekte.

Dank dem elektrischen Licht konnte die Ausstellung auch abends geöffnet bleiben, was die Anziehungskraft gewaltig erhöhte. Hippolyte Fontaine schrieb: «Die Expo 1889 hat die bisher grösste elektrische Beleuchtungsanlage. Die gesamte installierte Leistung von 4000 PS wird in Licht verwandelt... Allein die farbigen Lichtfontänen beanspruchen eine Energiemenge, die genügen würde, alle grossen Boulevards von Paris taghell zu erleuchten. Im grossen Maschinenpalast leuchtet mehr als die doppelte Lichtmenge als auf den gesamten Strassen der Hauptstadt. Die Gärten und Rasenplätze erstrahlen ihrerseits im Lichte von tausenden von Glühlampen. Die elektrische Beleuchtung hat dadurch allerhöchste Bedeutung erlangt und den lebhaften Beifall der Fachwelt verdient.»⁹

Frankfurt am Main 1891

Diskussionen um das für Beleuchtungs- und Verteilungsanlagen bestgeeignete Stromsystem drohten unter den Fachleuten zu heftigen Fehden auszuarten (Fig. 6). Da Frankfurt ein städtisches Stromversorgungsnetz plante, beschloss man, eine internationale Elektrizitätsausstellung durchzuführen, um die Vor- und Nachteile der verschiedenen Systeme vergleichen zu können. Zum Leiter wurde Oskar von Miller ernannt, der neun Jahre früher die Ausstellung in München organisiert hatte. Miller schlug vor, von einem Wasserkraftwerk in Lauffen am Neckar Strom ins 175 Kilometer entfernte Frankfurt zu übertragen. Damit sollten im Ausstellungsgelände ein Wasserfall und tausend Glühlampen betrieben werden. Renommiertere deutsche Firmen hatten dieses Projekt abgelehnt. Nachdem einzig die AEG und die Maschinenfabrik Oerlikon der Sache positiv gegenüberstanden, realisierten diese beiden Firmen den Plan gemeinsam.

Den Verantwortlichen war klar, dass für die Energieübertragung nur Drehstrom, also dreiphasiger Wechselstrom, in Frage kam. Mittels Transformatoren liess dieser sich zum Transport auf hohe Spannungswerte hinaufsetzen und auf der Verbraucherseite problemlos wieder auf ungefährliche Werte reduzieren. Am denkwürdigen 25. August 1891 leuchteten in Frankfurt tausend Lampen auf. Der künstliche Wasserfall begann zu rauschen und erinnerte die gespannte Zuschauermenge daran, dass im gleichen Augenblick, 175 Kilometer entfernt, die Fluten des Neckars durch eine Turbine strömten. Die transportierte Leistung betrug 210 Kilowatt bei einer Übertragungsspannung von fünfzehntausend Volt. Der Wirkungsgrad der gesamten Anlage betrug 75 Prozent. Der Generator hat als Markstein in der Entwicklung der Elektrotechnik einen Ehrenplatz im Deutschen Museum in München gefunden.

Auch die Stadt Aarau plante damals eine kommunale Elektrizitätsversorgung. In behördlichem Auftrag reiste Bezirksschullehrer Conrad Wüest deshalb an die Frankfurter Ausstellung. Wüest berichtete in seinem 1892 publizierten Rapport: «Das Komitee der Frankfurter elektrischen Ausstellung hat wohl in richtiger Würdigung des Umstandes,



Fig. 6: Plakat der Elektrizitätsausstellung in Frankfurt M. 1891.

dass das grosse Publikum von der Ausstellung nicht den erwarteten Nutzen ziehen könne, wenn es die ausgestellten Objekte bloss ansehe, sie aber geistig nicht erfasse, die Anordnung getroffen, dass täglich zwei populäre Vorträge über elektrische Themata abgehalten wurden. Professor Egts hatte diese Vorträge übernommen, mit grossem Eifer durchgeführt und nach Schluss jeden Vortrages seine Zuhörer durch die Ausstellung geführt, um ihnen die besprochenen Objekte zu zeigen. – Eines Nachmittags traf ich besagtes Egts-Auditorium um einen Wechselstrom-Gleichstrom-Transformator (= rotierender Umformer) von Schuckert, und der Meister legte mit lebhaft begeisterter Stimme die dem Transformator zu Grunde liegende Idee, Arbeitsweise etc. dar und eilte behend vorweg einem anderen Apparate zu. Ein elegant und intelligent aussehender Herr in meiner nächsten Nähe äusserte sich alsbald zu seinem ihm offenbar bekannten Nachbarn wie folgt: «Wenn ich nur mal erfahren könnte, was diese verfluchten Volts und Ampères zu bedeuten haben!»¹⁰

Ein anderer Schweizer, Charles E.L. Brown, Konstrukteur des Lauffener Generators und Mitbegründer der Firma Brown Boveri, hielt 1891 vor der Elektrotechnischen Gesellschaft in Frankfurt einen vielbeachteten Vortrag mit dem Titel: «Hohe Spannungen, Erzeu-

- 11 C. E. L. Brown: Hohe Spannungen, Erzeugung, Fortleitung und Verwendung derselben. Elektrotechnische Zeitschrift 1891. Heft 11, S. 148.
- 12 Amtlicher Bericht über die Weltausstellung in Chicago 1893. Berlin 1894. Bd. 2, S. 1221.
- 13 Amtlicher Bericht... a.a.O. S. 1228
- 14 H. Kraemer: Die Ingenieurkunst auf der Pariser Weltausstellung 1900. Reprint Düsseldorf 1985. S. 108ff.

gung, Fortleitung und Verwendung derselben.» Sein Kerngedanke: «Die Übertragung elektrischer Energie mittels Stromspannungen von beispielsweise 30'000 Volt wird es uns ermöglichen, die Energieverteilung auf elektrischem Wege über ganz grosse Entfernung zur Tatsache werden zu lassen und somit zur Ausnutzung so mancher jetzt noch schlummernden Kraftquelle führen und die Wohltaten des elektrischen Stromes der gesamten Industrie in ausgedehntem Massstabe dienstbar machen.»¹¹ Mit diesem Plädoyer und durch seine aktive Mitarbeit bei der erfolgreichen Stromübertragung vermochte Brown den Vorteil hoher Spannungen für den Energietransport überzeugend nachzuweisen.

Chicago 1893

Anlass zu dieser Ausstellung war das 400-Jahr-Jubiläum der Entdeckung Amerikas durch Kolumbus. Der amtliche Bericht führte zum Thema Elektrotechnik aus: «Amerika wird allgemein als die Mutter der Elektrotechnik betrachtet. Von dort haben wir durch Edison die Glühlampe als praktisch brauchbaren Beleuchtungskörper erhalten, der sich in wenigen Jahren eine Ausbreitung über die ganze Welt verschafft hat... Es kann daher nicht Wunder nehmen, wenn wir in Amerika, selbst in den kleinsten und entlegensten Städten, oder in entfernten, einsam stehenden Gasthäusern, fernab von jeder Kultur, elektrisches Licht finden. Ohne Frage ist die Ausbreitung und Anwendung der Elektrizität in keinem Lande so gross wie in Nordamerika. Nicht allein in der elektrischen Beleuchtung, sondern ganz besonders auf dem Gebiete der elektrischen Kraftübertragung und ihrer Anwendung zum Betriebe elektrischer Bahnen hat Amerika die zahlreichsten und ausgedehntesten Anlagen...»¹²

Eine der Hauptattraktionen war die im Ausstellungsgelände verkehrende elektrische Hochbahn. Neben dem von der Firma Westinghouse vorgestellten Projekt zur Nutzung des Niagara-falls zur Stromerzeugung gab es noch eine Reihe weiterer elektrischer Neuheiten zu bestaunen. Der erwähnte Bericht fährt fort: «Eine weitere Anwendung des Bogenlichtes führte die Firma Schuckert & Co durch ihre gewaltigen Scheinwerfer vor. Ein grosser und zwei kleinere Apparate waren im Elektrizitätsgebäude

zu sehen, während abends ein Apparat auf dem Dache des Industriegebäudes seine gewaltigen Lichtbündel über Chicago und die Umgegend ausbreitete. Die Lichtwirkung konnte in dem 128 Kilometer entfernten Milwaukee noch beobachtet werden.»¹³ (Fig. 7).

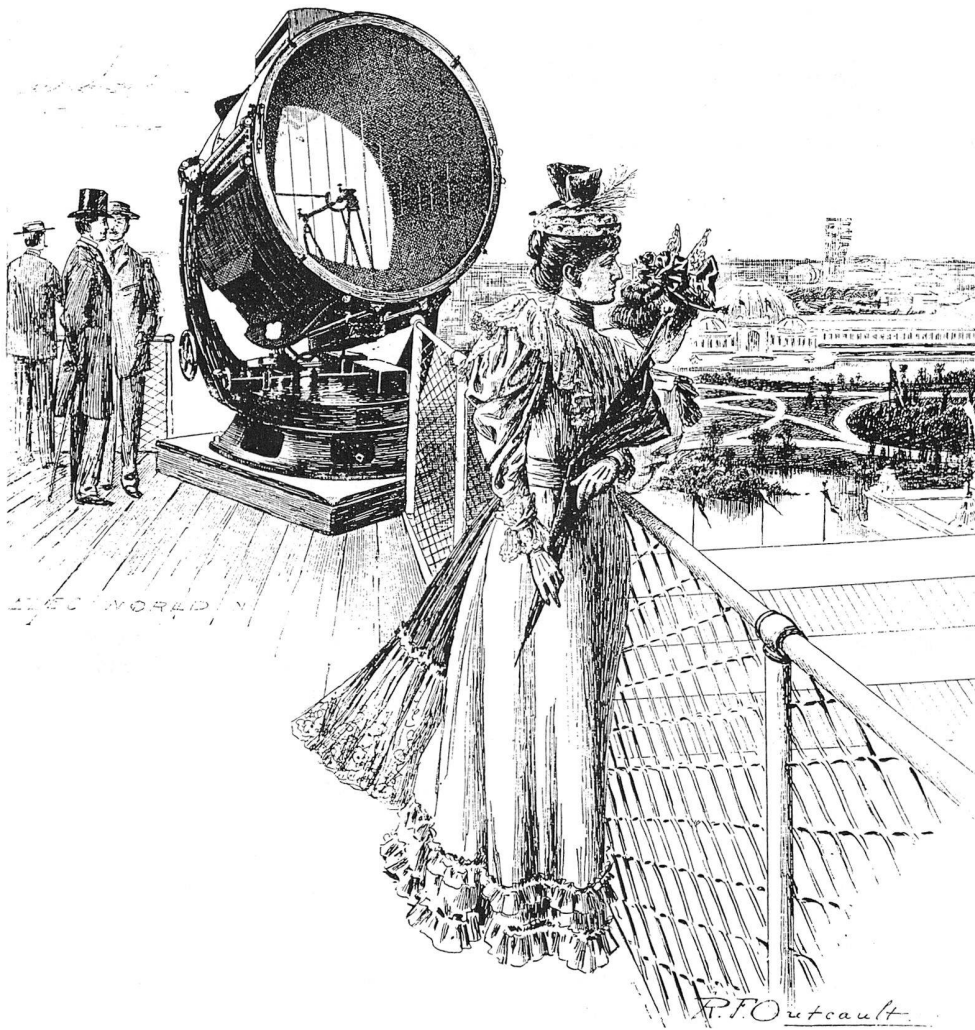
Höhepunkt und Endzeit: Paris 1900

Mit 50 Millionen Besuchern war dies wohl die eindrücklichste Weltausstellung aller Zeiten. Sie sollte gleichzeitig Krönung des 19. Jahrhunderts und erwartungsvolle Begrüssung des zwanzigsten sein. Die Anwendungen der Beleuchtungs- und der Energietechnik wurden hier ins Unermessliche gesteigert. Neu war die Nutzung der Elektrotechnik im Verkehrswesen: Elektrische Eisenbahnen, – die erste Linie der Pariser Metro kam anlässlich der Weltausstellung in Betrieb –, Elektroaufzüge, Rolltreppen sowie rollende Trottoirs. Die Elektrotechnik konnte einen in diesem Ausmass bisher nie dagewesenen Triumph feiern. Sie stellte die bedeutendste der 18 Hauptgruppen an der Ausstellung dar und war ihrerseits in folgende Untergruppen gegliedert:

- Erzeugung, Umformung, Übertragung und motorische Anwendung, inklusive Transport und Verkehr
- Elektrische Beleuchtung
- Elektrochemie
- Telegraphie und Telephonie
- Andere Anwendungen

Die Berichterstattung war auf allen Gebieten sehr umfassend. Zahlreiche technische Fachzeitschriften dies- und jenseits des Atlantiks rapportierten sehr detailliert. In fast allen Industrieländern erschienen umfangreiche offizielle Berichte über den Stand der Technik. Auch die populären Publikationen betrachteten die Elektrotechnik als attraktivsten Teil der Ausstellung. Die «Belle Epoque» wurde geradezu gleichgesetzt mit dem Begriff Paris 1900. Die Euphorie dieser Aufbruchstimmung widerspiegelt sich besonders im Jugend- und Art-Deco-Stil. Der Zeitgeist schlug sich im Design der Ausstellungshallen, der elektrischen Lampen und Lichtspiele nieder. Sogar an Fabrikbauten, Elektrizitätswerken, Lokomotiven und Kraftmaschinen lassen sich seine Einflüsse ablesen.

Fig. 7: Der grosse Scheinwerfer in Chicago 1893.



Hans Kraemer schrieb: «Wirkliche Neuheiten auf dem Gebiet des Beleuchtungswesens waren auf der Ausstellung nicht vertreten, dafür aber war das Licht selbst zu dekorativen Zwecken in einer solchen Fülle und mit einem solchen Geschmack zur Anwendung gekommen, dass man in der Lust des Schauens gar nicht erst nach den Apparaten suchen mochte, mit denen die neuartigen und überraschenden Effekte hervorgebracht wurden... Es scheint, als ob – von allem Geschmack abgesehen – in der Art dieser Benutzung der Elektrizität nicht zu architektonischen, sondern zu malerischen Illuminationskünsten eine Zukunft liegt. Vielleicht wird aber auch noch in anderer Hinsicht das Beleuchtungswesen Nutzen aus der Pariser Ausstellung ziehen, in der Benutzung des Lichtes nämlich zur Auflösung der Architektur...»¹⁴

Die Elektrotechnik wurde nun nicht mehr als nüchterne technische Disziplin

dargestellt, sondern bewusst inszeniert als eine ins Phantastische übersteigerte, rauschhafte Traumwelt. Es war eine Schau der Superlative, die gesehen werden wollte. Nicht bescheidene, funktional gestaltete Maschinen standen im Mittelpunkt, nein, die spektakulärsten, die grössten und stärksten mussten gezeigt werden. Mehrfachexpansions-Dampfmaschinen, gekuppelt mit Generatoren von acht bis zehn Meter Durchmesser und mit Leistungen bis 3000 Kilowatt, rotierten nahezu geräuschlos inmitten stauender Zuschauermassen. Die erstmals ausgestellten Dampfturbinen nahmen sich daneben so bescheiden aus, dass sie von den meisten Besuchern übersehen wurden. Die Elektrizität war zum Aushängeschild des ungebrochenen Fortschrittsglaubens geworden, der sich in der Ausstellung auf Schritt und Tritt manifestierte.

In einer von der Maschinenfabrik Oerlikon zur Pariser Weltausstellung her-

15 Ateliers de Construction
Oerlikon: Exposition Uni-
verselle de Paris 1900.
(Prospekt) S. 3f.

ausgegebenen Druckschrift heisst es:
«Touristen, die die grünen Täler der
Schweiz bereisen, bewundern die Fülle
der Bäche und Flüsse, die wild und
tosend über die Felsen herabstürzen
und der Landschaft einen einzigartigen
Reiz verleihen... Dank Fortschritten in
der Anwendung der Elektrizität stellen
diese heute für die Schweiz eine wichti-
ge Quelle des Wohlstandes dar. Jeder
Wasserfall bedeutet eine Antriebskraft,
die, in elektrischen Strom verwandelt
und an einen beliebigen Ort geleitet,
dort im Stande ist, Maschinen aller Art
zu betreiben. Die Schweizer haben nicht
gezögert, sich diese Vorteile dienstbar
zu machen. Kein anderes Land hat
einen solch grossen Anteil an der Nut-
zung der Elektrizität...»¹⁵

1895 nahm das Niagara-Kraftwerk in
den USA den Betrieb auf. Bis in die über
40 Kilometer entfernte Stadt Buffalo
wurde Strom geliefert. Auch in der
Schweiz entstanden an den Flüssen
Aare, Rhein und Rhone die ersten gros-
sen Laufkraftwerke, mit Leistungen zwi-
schen 10 und 30 Megawatt. Zu nennen
sind: Aarburg-Olten und Chèvres
(1896), Rheinfelden (1898), Hagneck
(1900) und Beznau (1902). Im Jahre
1908 wurde erstmals ein Hochdruck-
mit einem Niederdruckwerk elektrisch
verbunden. Damit nahm die Kopplung
von mehreren Kraftwerken zu grossen
Stromverbundnetzen ihren Anfang.

Fazit: 50 Jahre Weltausstellungen

An der Schwelle zum 20. Jahrhundert
hatte die Elektrotechnik einen vorläufi-
gen Höhepunkt erreicht. Masseinheiten
und Begriffe waren standardisiert. Die
Stromproduktion erfolgte in riesigen
«Zentralen» und die Vernetzung zum
grenzüberschreitenden Energieverbund
war im Gange. In den betrachteten
fünfzig Jahren wurden unscheinbare
Laborgeräte zu Grossgeneratoren und
Morseapparate zu interkontinentalen
Energie- und Kommunikationsnetzen
weiterentwickelt. Die Weltausstellungen

haben zum Aufschwung der Elektro-
technik also ganz wesentlich beigetra-
gen. Müssig zu spekulieren, wie die
Entwicklung ohne die internationalen
Ausstellungen verlaufen wäre.

Der gewaltige, als zweite industrielle
Revolution bezeichnete Durchbruch der
Elektrizität ist durchaus vergleichbar mit
jenem der Dampfmaschine fünfzig Jah-
re früher. Die Dampfmaschine, die die
Mechanisierung der Fabriken eingeleitet
hatte, blieb auf die Bereiche Energie
und Verkehr beschränkt. Die Elektrizität
dagegen hat nicht allein neue Kraftquel-
len erschlossen; sie machte die Nacht
zum Tag und ermöglichte einen Nach-
richten- und Energieaustausch über
Länder und Kontinente. Das neuartige
Phänomen der Fernwirkung hat Infor-
mations-, Energie-, Mobilitäts- und
Produktionsschübe bewirkt in einem
vorher nie geahnten Mass. Die Wahr-
nehmung von Raum und Zeit wurde
revolutioniert und unsere westliche Kul-
tur damit grundlegend verändert. Die
Saat der Elektronen ist aufgegangen,
hat weltweit Früchte getragen. Sie wird
auch kommende Generationen wieder-
um mit neuen Anwendungen über-
raschen.

Aus Platzgründen konnten die Auswir-
kungen der Elektrizität auf den Alltag
nicht oder nur am Rande erwähnt wer-
den: Die Revolution des Verkehrs durch
den elektrischen Bahnbetrieb; alle die
medizinischen Anwendungen wie Rönt-
gendiagnostik, Ultraschall, Diathermie
und Kardiologie usw.; der Einsatz
hochfrequenter Ströme in der Radio-
technik, in der Funkortung (Radar) und
für industrielle Zwecke; das Laser-
schneiden, Erodieren und Schweißen in
der Metallbearbeitung sowie die unzäh-
ligen arbeitssparenden Hilfsmittel im
Haushalt und am Arbeitsplatz, und nicht
zuletzt die elektronische Steuerungs-
und Automatisierungstechnik. Diese Ele-
mente des heutigen Komforts waren im
letzten Jahrhundert noch nicht einmal
ansatzweise vorhanden. Als kühne Visi-
onen hätten sie allenfalls in den Büchern
von Jules Verne Platz gefunden. ■