

Aus: Andreas Ernst u.a. (Hg.), *Kontinuität und Krise. Sozialer Wandel als Lernprozess. Beiträge zur Wirtschafts- und Sozialgeschichte der Schweiz. Festschrift für Hansjörg Siegenthaler*, Zürich 1994, S. 139–160

Technikbewertung zwischen Öffentlichkeit und Expertengemeinschaft

Zur Rolle der Frankfurter elektrotechnischen Ausstellung von 1891 für die Elektrifizierung der Schweiz

*David Gugerli*¹

Die Frankfurter elektrotechnische Ausstellung von 1891 ist von der zeitgenössischen Publizistik der Schweiz immer wieder als Markstein in der Geschichte der Elektrotechnik bezeichnet worden. Nach 1891 erschien kaum eine einschlägige Publikation, die nicht auf die Frankfurter Ausstellung und ihre «grossartige, epochemachende elektrische Kraftübertragung mit hochgespanntem Strome» (Neue Zürcher Zeitung) bezug genommen hätte.² Die Schweizerische Bauzeitung etwa war der Meinung, das Ereignis markiere «einen bedeutsamen Wendepunkt in der Entwicklung der Elektrotechnik» und begründete diese Einschätzung in zeittypischer Weise wie folgt: «Während vordem die Erzeugung elektrischen Lichtes, der Bau von elektrischen Beleuchtungscentralen als die Hauptaufgabe der Elektrotechnik erschienen war, die Verteilung der Elektrizität zu motorischen Zwecken aber nur eine untergeordnete Bedeutung hatte, änderten sich die Ziele und Probleme der Starkstromtechnik mit einem Schlag nach dem glänzenden Gelingen des von der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft und der Maschinenfabrik Oerlikon unternommenen Experimentes, eine erhebliche Energiemenge auf grosse Entfernung zu übertragen. Die Kraftübertragungsversuche Lauffen—Frankfurt a. M. werden deshalb für immer eine der bedeutsamsten Erscheinungen in der Geschichte der Elektrotechnik bleiben.»³ Weitere ähnliche Zitate aus der zeitgenössischen Tages- und Fachpresse, welche die Ausstellung und ihr Übertragungsexperiment als von historischer Bedeutung bezeichnen, könnten in beliebiger Zahl angeführt werden.

Auch die technik- und wirtschaftshistorische Literatur der Schweiz ist immer wieder auf die Ausstellung als Schlüsselereignis für die elektrotechnische Entwicklung zu sprechen gekommen. «Der Elektrotechnik war ein unermessliches Betätigungsfeld endgültig neu erschlossen worden»⁴, urteilte Adolf Wegmann 1920, während für Walter Wyssling das in Frankfurt präsentierte Übertragungsexperiment «beispiellos kühn» und «geradezu ein Welterfolg» war. «Das Gelingen der Frankfurter Übertragung festigte ungemein das Zutrauen in die Sicherheit derartiger Verwendung weit entfernter Wasserkräfte mit Hilfe hoher Wechselstromspannungen und fand in der Schweiz rasch seine Auswirkung in der Projektierung bedeutenderer hydroelektrischer Werke», schrieb Wyssling 1946.⁵ Diesen Tenor findet man in erstaunlicher Einheitlichkeit sowohl in den neuesten Publikationen zur Technikgeschichte der Schweiz als auch in Dutzenden von Festschriften zu den Jubiläen unzähliger Elektrizitätswerke.⁶

Ein Blick in die neuesten Darstellungen der Geschichte der Elektrifizierung zeigt allerdings, dass diese Rollenzuweisung keineswegs zwingend ist. Thomas Hughes bespricht die Ausstellung zwar in «Networks of Power» (1983), er misst ihr jedoch keinen allzu grossen technikhistorischen Stellenwert bei. Leslie Hannah («Electricity before Nationalisation», 1979), Alain Beltran und Patrice A. Carré («La fée et la servante», 1991) sowie David E. Nye («Electrifying America», 1991) ignorieren die Ausstellung ganz, und François Caron und Fabienne Cardot verlieren in ihrer 1992 erschienenen monumentalen «Histoire de l'Electricité en France» nur wenige Worte über das Ereignis. Ist demnach die Einschätzung der Frankfurter elektrotechnischen Ausstellung als «von epochaler Bedeutung» bloss ein Konstrukt der schweizerischen Publizistik und Technikgeschichte? War das «berühmte» Übertragungsexperiment lediglich ein propagandistisch überhöhtes Publikumsereignis, das in erster Linie Werbungs- und Unterhaltungswert besass? Konnte die Frankfurter Ausstellung tatsächlich «eine erhöhte Kreditwürdigkeit des «Kraftstroms» in den Augen der Schweizer Bankwelt» (Joachim Radkau) bewirkt haben?⁷

Im vorliegenden Aufsatz werde ich aufzeigen, dass die Ausstellung gerade dank ihrer publizistischen Kodifizierung als historischer «Wendepunkt» und «Markstein»⁸ die elektrotechnische Entwicklung in der Schweiz entscheidend geprägt hat. Ich werde die Ansicht vertreten, dass die Ausstellung in einem Augenblick relativer technischer und politikpolitischer Offenheit die Herausbildung eines neuen Konsenses unter Technikern und wirtschaftlichen Entscheidungsträgern über die zukünftige Gestaltung der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft gefördert und dirigiert hat. Der erste Abschnitt des Aufsatzes wird deshalb der Ausstellung als kommunikativem Grossereignis eine katalytische Funktion in der technischen Reorientierungsphase zwischen «Luxuskonsum» der 1880er und «Kraftkonsum» der 1890er Jahre zuweisen. Ein zweiter Abschnitt diskutiert die Frage, wie anlässlich der Ausstellung kollektive Lernprozesse zukünftige Handlungs- und Entscheidungsmuster präformiert haben, und der dritte Abschnitt geht auf die konkreten «Ausstellungsfolgen» in der Schweiz ein, zu denen die Restabilisierung des Erwartungshorizontes, der forcierte Kraftwerkbau, aber auch — auf politischer Ebene — die Festlegung einer neuen politischen Ökonomie der Wasserkraft vor der Jahrhundertwende gehörten.

1. Die Ausstellung: Plebiszit und Diskursmaschine

Das elektrotechnische Hauptproblem, welches sich in der Schweiz gegen Ende der 1880er Jahre stellte, war das einer wirtschaftlichen Übertragung elektrischer Ströme auf längere Distanzen. Dies hatte mehrere Gründe: Erstens lagen immer weniger Wasserkräfte so nahe an möglichen Absatzgebieten, dass sie sich unter den gegebenen elektrotechnischen Voraussetzungen wirtschaftlich hätten ausnützen lassen — die Neue Zürcher Zeitung hatte bereits 1883 dezidiert die Meinung vertreten, für die Einführung der elektrischen Beleuchtung in Schweizer Städten würde es überhaupt an disponiblen Wasserkraften fehlen.⁹

Andererseits stellten in der Schweiz konsumentennahe, mit Kohle befeuerte Dampfmaschinen für die Stromproduktion deshalb keine besonders erfolgversprechende Lösung dar, weil sich die Kohle seit Mitte der 1880er Jahre real um jährlich 5%

verteuerte, um anfangs der 1890er Jahre das Dreifache der deutschen Kohlenpreise zu erreichen.¹⁰

Zudem scheint sich das Geschäft mit dem Luxuskonsum elektrischen Stroms in Theatern, Bahnhöfen, Villen, Hotels und eleganten Läden langsam erschöpft zu haben. Neue Kunden waren vor allem durch eine massive Senkung der Stromtarife zu gewinnen, sei es in Konkurrenz zur Gasbeleuchtung oder aber durch Sonderrabatte für Motorenstrom während des Tages, welche den extrem schlechten Auslastungsgrad von reinen Lichtzentralen (durchschnittlich 13% der installierten Kraft¹¹) zu verbessern versprachen. Beide Varianten machten eine leistungsfähigere Übertragungs- und Verteiltechnik für elektrische Energie erforderlich: Die exorbitant hohen Strompreise von mehr als einem Franken pro kWh konnten nur dadurch auf ein konkurrenzfähiges Niveau gebracht werden, dass auch grössere Wasserkräfte ausgenützt wurden, die jedoch fast immer nur in beachtlicher Entfernung¹² von den Verteilzentren elektrischer Energie vorhanden waren.

Schliesslich wurde die Nachfrage nach einer leistungsfähigeren Übertragungstechnik dadurch erhöht, dass immer mehr Stadtverwaltungen nicht nur für einen repräsentativen inneren Stadtkern, sondern auch für die Aussenquartiere elektrische Beleuchtung wünschten. Jede Ausdehnung des Rayons elektrischer Beleuchtung auf mehr als einen halben Kilometer war jedoch mit der bekannten Edisonschen Blockstationstechnik unwirtschaftlich. Man hätte allenfalls eine ganze Serie von Blockstationen bauen müssen — eine lärm- und rassistensive Variante, für die sich kaum jemand begeistern konnte, schon gar nicht in einer Zeit, welche industrielle Betriebe, Kehrlichtverbrennung, Eisenbahnanlagen, Polizei- und Militärkasernen, Gasfabrik und Schlachthof an den Stadtrand auszulagern trachtete, um den Städten eine gewisse touristisch verwertbare «urbane Eleganz» zu verleihen.¹³

Aus theoretischen Gründen war den Elektrotechnikern klar, dass sich das Übertragungsproblem nur mit Hilfe hochgespannter elektrischer Ströme lösen liess, weil der elektrische Leitungsverlust mit steigender Spannung quadratisch abnimmt.¹⁴ Um die Leitungsverluste also auf ein tragbares Mass zu beschränken bzw. um nicht allzu dicke und damit zu teure Kupferleitungen (mit geringem Leitungswiderstand) verwenden zu müssen, war man darauf angewiesen, die Übertragungsspannung zu erhöhen. Marcel Deprez und René Thury verwendeten dafür Gleichstromgeneratoren und Mehrleitersysteme und erreichten damit Spannungen von 2000 bis etwa 4000 Volt. 1886 baute auch die Maschinenfabrik Oerlikon eine auf diesem Prinzip beruhende elektrische Kraftübertragungsanlage zwischen Kriegstetten und Solothurn, die mit ihrem erstaunlich hohen Nutzeffekt von 70% in der Fachpresse Furore machte.¹⁵ Die Schwierigkeiten beim Bau von Gleichstromgeneratoren mit relativ hohen Spannungen machten jedoch deutlich, dass man bereits eine technische Grenze erreicht hatte: Um Kurzschlüsse zwischen der Armatur und dem Feldmagneten des Generators zu vermeiden, musste man diese soweit auseinanderrücken, dass der elektromagnetische Nutzeffekt — und damit letztlich die Wirtschaftlichkeit der Anlage — drastisch abnahm. Ferner verursachte die Funkenbildung am Kommutator mit zunehmender Spannung immer grössere Probleme. Einen möglichen Ausweg boten Ende der 1880er Jahre nur Wechselstromtransformatoren, wie sie zuerst von Gaulard und Gibbs an der Elektrotechnischen Ausstellung in Turin 1884 vorgeführt worden waren.¹⁶ Transformatoren liessen sich einfacher isolieren und gaben den Ingenieuren ausser elektromagnetischen nicht auch noch elektromechanische Probleme auf. «Um diesen

Vortheil ausnützen zu können, ohne auf Hochspannungsmaschinen angewiesen zu sein, wandte die Maschinenfabrik Oerlikon ein neues, scheinbar ungemein naheliegendes Mittel an, durch welches die Hauptschwierigkeiten bei der Erzeugung hoher Spannungen mit einem Schlage beseitigt wurden. Nachdem einmal constatirt war, dass mit Hülfe eines Transformators Spannungen von 10 000 Volts wieder beliebig zurücktransformirt werden können, so durfte mit derselben Sicherheit angenommen werden, dass auch umgekehrt ein Strom von 100 Volts Spannung sich durch einen Transformator in einen solchen von 10 000 Volts umwandeln lässt. Man vermeidet also die Schwierigkeiten damit, dass man die hohen Spannungen nicht mehr in einer Maschine, sondern in einem Transformator erzeugt [...].»¹⁷

So einfach sich aus heutiger Sicht das technische Problem auch präsentieren mag, so schlecht war die Wechselstromtechnik vor 1890 entwickelt. Zwar begannen Firmen wie Ganz, Westinghouse oder Thomson und Houston ab 1885/86 mit der Produktion von Wechselstrom-Beleuchtungssystemen. Sie alle gingen jedoch nicht über die auch mit Gleichstromgeneratoren erreichbaren Spannungen hinaus; vor 1891 hatte ihr System zudem den grossen Nachteil, dass man damit faktisch keine Motoren betreiben konnte. Wechselstrommotoren liefen unter Belastung nicht an, standen bei Überbelastung plötzlich still, und ihre Drehzahl liess sich nicht regulieren.

«Dass der todtgeglaubte Wechselstrom [...] wieder aufgelebt ist»¹⁸, war verschiedenen technischen Wiederbelebungskünstlern zu verdanken — neben Galileo Ferraris, Zani S. de Ferranti, Henri von Miller, Michael Dolivo-Dobrowolsky und Charles Brown auch dem exzentrischen Nikola Tesla, den man eine zeitlang gar als Gegengewicht zu Edison zu stilisieren versuchte. Tesla hielt im Mai 1888 im «American Institute of Electrical Engineers» einen Vortrag über das von ihm entwickelte Zweiphasensystem, welches die Gemüter nicht wenig bewegte, da es endlich einen funktionstüchtigen Wechselstrommotor anzubieten schien.¹⁹ Sofort erwarb Westinghouse seine Patente. Die neue elektrotechnische Linie hatte grosse Chancen, das Übertragungsproblem zu lösen, falls man es mit dem Turiner System von Gaulard und Gibbs kombinierte. Bisherige Marktpositionen und gängige elektrotechnische Lösungsmuster gerieten ins Wanken. Unter den Elektrotechnikern machte sich grundsätzliche Verunsicherung breit, die nach einem wilden publizistischen Kampf²⁰ zu einer eigentlichen Lagerbildung führte: «Die Electrotechniker haben sich hinsichtlich [der Frage der Systemwahl] in zwei Lager getrennt und verfechten ihre Ansichten mit steigender Wärme»²¹, kommentierte die Schweizerische Bauzeitung im November 1889.

Die sogenannte «battle of the systems»²² hatte aber nicht nur eine Desorientierung der Elektrotechniker, sondern auch eine Verunsicherung der Behörden zahlreicher Städte zur Folge. Welches würde das zukunftsträchtigere System sein? Welchen Experten sollte man Glauben schenken? Wo waren mehr Neuerungen zu erwarten? Dass der Systemstreit mit seinen technikreligiösen Grabenkämpfen ganze Städte lähmen konnte, zeigte das Beispiel der Stadt Frankfurt.²³ Dort wurde die Systemfrage zwischen dem Grossen und dem Kleinen Stadtrat hin- und hergeschoben, ein Expertenbericht jagte sein Gegengutachten, die Fronten versteiften sich zunehmend, und ein Entscheid, wie man das städtische Elektrizitätswerk bauen sollte, rückte in immer weitere Ferne. Leopold Sonnemann, Gründer der Frankfurter Allgemeinen Zeitung und führender liberaler Politiker der Stadt, machte schliesslich im November 1889, mitten in der hitzigen Debatte also, anlässlich einer Sitzung des örtlichen Elektrotechnischen Vereins den Vorschlag, eine internationale Fachmesse durchzuführen. Es sei dies offenbar «ein

zeitgemässer Gedanke» gewesen, erinnerte sich Sonnemann später, «denn die zahlreich besuchte Versammlung beschloss nach kurzer Verhandlung, die Veranstaltung der Ausstellung sofort in die Hand zu nehmen.» Die Elektrotechniker erhofften sich eine klärende Wirkung einer von ihnen organisierten internationalen Fachmesse.²⁴

Die Ausstellung hatte damit von Anfang an den Anspruch, Teil einer kollektiven Problemlösungsstrategie zu sein, die elektrotechnische Orientierungskrise der ausgehenden 1880er Jahre zu beseitigen und neue Entscheidungsgrundlagen zu erarbeiten. Leopold Sonnemann schlug — als unabhängige, prestigeträchtige Instanz und als Retter in der Not — die Organisation einer Plattform zur rationellen Bereinigung der Krise vor, da die Pattsituation weder durch eine Verschiebung des Preisgefüges noch dank der Monopolstellung einer Firma überwunden werden konnte. Alle Teilnehmer an dieser kollektiven Standortbestimmung und Technikevaluation hatten je eigene, unterschiedlich motivierte Interessen an der Ausstellung, aber alle mussten sie teilnehmen, weil die Systemfrage den Markt in einer Weise zu lähmen begann, welche auch grossen Firmen gefährlich werden konnte. Um 1890 hatte die AEG, welche wichtige Drehstrompatente besass, die «Gleichstromfirma» Siemens & Halske auf dem Starkstrommarkt eingeholt.²⁵ Vorerst war jedoch keiner der beiden Giganten in der Lage, die eigene Produktionslinie als Standard durchzusetzen. Für Rathenau bedeutete die Frankfurter elektrotechnische Ausstellung eine Präsentationsmöglichkeit für die Drehstrompatente des AEG-Ingenieurs Dolivo-Dobrowolsky, während Siemens darauf zählen konnte, seinen 1889 in Paris deutlich gewordenen Rückstand gegenüber dem amerikanischen Grossdynamobau wettzumachen.²⁶ Für die Maschinenfabrik Oerlikon schliesslich, deren elektrotechnische Abteilung sich unter der Leitung von Charles Brown stark entwickelt hatte, musste klar gewesen sein, dass die Lösung des Übertragungsproblems für die Entwicklung der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft von höchster Wichtigkeit war. Aus den Briefen Walter Boveris geht hervor, dass man in Oerlikon seit etwa 1888 die elektrische Übertragung der schweizerischen Wasserkräfte als ein zukunftssträchtiges Arbeitsgebiet eingestuft hat.²⁷ Die von Brown gefundenen Lösungsmöglichkeiten elektrotechnischer Probleme sollten in Frankfurt einem grossen Publikum vor Augen geführt werden und die eigene Einschätzung zukünftiger Entwicklungslinien zu allgemein gültigen, konsensfähigen Konzepten erhoben werden. Die AEG, die Maschinenfabrik Oerlikon und Siemens & Halske hatten demnach ein grosses Interesse an einer internationalen elektrotechnischen Ausstellung, obwohl sich dieses aus je eigenen Gründen motivierte. Was sie verband war in erster Linie die immer deutlicher werdende Unübersichtlichkeit auf dem Elektromarkt und die Pattsituation, welche die «battle of the systems» geschaffen hatte.

Nach den Vorstellungen der Organisatoren sollte ein gigantisches Übertragungsexperiment elektrischer Energie über eine Distanz von mehr als 170 km Klarheit darüber schaffen, inwiefern die von der Wechselstrompartei verteidigte Leistungsfähigkeit des Wechsel- bzw. Drehstromsystems zukunftssträchtig war. Die öffentliche Debatte über das Experiment würde erlauben, Allianzen zwischen bestimmten Teilen der Öffentlichkeit und der neuen Elektrotechnik zu schmieden, und sie würde die elektrotechnischen Laboratorien letztlich auf die ganze Welt ausdehnen. Was in Oerlikon, Berlin, Pittsburg und Turin in den Werkstätten von Brown, Dolivo-Dobrowolsky, Tesla und Ferraris entwickelt worden war, würde sich nicht nur einen Platz in der Fachpresse erobern, würde nicht nur auf dem «Prüffeld» der städtischen Expertenkommissionen in Frankfurt «öffentlicher» werden, sondern würde schliesslich

auf ein internationales «Prüffeld», die Ausstellung selber, ausgedehnt.²⁸ Und danach würde das Labor und seine Experimente mit den Offiziellen Berichten, mit den Presseberichten und endlich realiter mit den nach dem Frankfurter Modell konstruierten Anlagen um weitere Stufen ausgedehnt werden können. Die Ausstellung als gigantisches Labor sollte damit zum archimedischen Punkt der elektrotechnischen Entwicklung der 1890er Jahre werden.²⁹

Das als Hauptattraktion geplante Experiment überstieg aber sowohl die technischen als auch die organisatorischen Kapazitäten einer einzelnen Firma. Ein eigentliches «joint-venture» mehrerer Firmen drängte sich auf. Emil Rathenau gelangte deshalb, offenbar nach erfolgloser Partnersuche in Deutschland, an den Direktor der Maschinenfabrik Oerlikon, Peter Huber, zu dem er mindestens seit der gemeinsamen Gründung der Aluminium-Industrie AG in Neuhausen im November 1888 sehr gute Beziehungen pflegte.³⁰ Die elektrotechnische Abteilung der Maschinenfabrik Oerlikon war für Rathenau ein idealer Partner, da sie seit mehreren Jahren systematisch und erfolgreich an Übertragungseinrichtungen arbeitete. Charles Brown hatte sich auch in deutschen Fachkreisen einen Namen gemacht, und mit seinen Drehstromtransformatoren und -generatoren konnte das Risiko eines öffentlichen Experimentes eingegangen werden. Für den Leitungsbau sicherte man sich die Zusammenarbeit mit den verschiedenen staatlichen Verwaltungen, Hesse und Söhne liehen der Ausstellung gegen eine kleine Entschädigung 60 Tonnen Kupferdraht, und Schomburg und Söhne lieferten die Isolatoren.³¹

Der eigentliche innovative Schritt wurde jedoch im «joint-venture» zwischen AEG und Maschinenfabrik Oerlikon koordiniert, deren Zusammenarbeit sich ab 1890 in Kreisen wachsender Öffentlichkeit entwickelte.³² Bereits im August 1890 konnte man in der Schweiz der Tages- und Fachpresse entnehmen, dass diese Zusammenarbeit zustande gekommen sei. Die Schweizerische Bauzeitung war Feuer und Flamme für das Projekt: «Es wäre in hohem Grade wünschbar, dass dieser grossartige Versuch zur Ausführung gelangen möchte, einerseits um die Ausführbarkeit der electrischen Kraftübertragung auf so grosse Entfernung augenscheinlich zu zeigen und — was uns noch wichtiger erscheint — über die zur Zeit nicht unberechtigten Befürchtungen, welche hinsichtlich der Verwendung so ungeheurer Spannungen bestehen, ins Klare zu kommen.»³³ Der erste publizistische Haken für die Seilschaft der AEG und der MFO war gesetzt. Im Herbst 1890 installierte Brown auf dem Werkgelände in Oerlikon eine Hochspannungsleitung, an der er Messungen vornahm. Bereits im Januar 1891 öffneten sich die Türen des Brownschen Laboratoriums für eine Delegation des Frankfurter Ausstellungskomitees, und der illustren Gesellschaft wurde ein Experiment mit einer astronomisch hohen Spannung von 30 000 Volt demonstriert, die man mit ölisolierten Transformatoren erreicht hatte. Unter den Gästen befanden sich ausser Dolivo-Dobrowolsky hohe deutsche Regierungsbeamte sowie Oskar von Miller und Oskar May als technische Berater der Ausstellung. Die Zeugen des Experimentes beschlossen einmütig, dieses im grossen Stil auf der Frankfurter Ausstellung zu wiederholen.

Öffentlichkeit spielte von diesem Moment an eine immer grössere Rolle. Die Nachricht vom Erfolg des Experimentes wurde der Neuen Zürcher Zeitung, offenbar mit einigen einschlägigen Kommentaren versehen, zugespielt. Die Seilschaft errichtete ihr Basislager. «Fachmänner, die wir sprachen, datiren von dem Tage in Oerlikon geradezu eine neue Aera in der Industrie. Man kannte ja allerdings hochgespannte Ströme und deren Werth

schon längst; aber man verstand die hohe Spannung nicht rationell herzustellen und man hatte nicht die Mittel, solche Ströme zu leiten. Es gereicht Oerlikon zur Ehre, hier Bahn gebrochen und den Weg gezeigt zu haben.»³⁴ Zum erstenmal wurde hier, und dies an prominenter Stelle, der Beginn einer neuen elektrotechnischen, ja industriellen Ära mit dem Übertragungsversuch in Verbindung gebracht. «Man wird bald mehr über die Sache zu hören bekommen» prophezeite die NZZ und kündigte an, welches der nächste Schritt in der Angelegenheit sein würde — nicht etwa weitere, ausgedehntere Experimente, sondern wissenschaftliche Öffentlichkeit: «Zunächst werden die technischen Fachblätter sich damit zu befassen haben.»³⁵ Die Fachwelt wurde von Brown persönlich nur wenige Tage nach der Oerlikoner Demonstration in Frankfurt orientiert, sein Vortrag über «Hohe Spannungen, Erzeugung, Fortleitung und Verwendung derselben» erschien unmittelbar danach in der «Elektrotechnischen Zeitschrift».³⁶

In der schweizerischen Publizistik erschienen parallel dazu zahlreiche Vorankündigungen der Frankfurter Ausstellung, deren Erwartungsdruck allein schon geeignet war, die Ausstellung zu einem «historischen» Ereignis zu machen. Die Schweizerische Bauzeitung bildete dafür das Hauptforum. Bereits Ende Januar publizierte dieses Fachblatt, das sich an ein breites Publikum von Ingenieuren richtete, einen Artikel über die «Versuche mit hochgespannten electrischen Strömen in Oerlikon». Der Artikel beschrieb nicht nur das gesamte Vorhaben als solches, sondern setzte auch technikhistorische Referenzpunkte: «Denn die bisher entweder versuchsweise von Marcel Deprez in Paris und an der Münchener Ausstellung zwischen Miesbach und München, oder definitiv zwischen Kriegstetten und Solothurn ausgeführten Uebertragungen bezogen sich theils auf kleinere Kräfte theils auf geringere Entfernungen.» Aber nicht nur die reine Übertragung sei von grosser Bedeutung, sondern insbesondere die Tatsache, dass man in Frankfurt «namentlich auf kleinere Kräfte, wie sie Hausindustrie und Kleingewerbe bedürfen, Rücksicht genommen» habe.»³⁷ Damit nahm die Bauzeitung eines der wichtigsten Momente im elektrowirtschaftlichen Diskurs der 1890er Jahre vorweg: Der Elektromotor als Retter des von industrieller Konzentration bedrohten Kleingewerbes und der Hausindustrie, ein Diskurselement, das von gewerblichen Kreisen sehr schnell aufgenommen wurde.³⁸ «Frankfurt» hatte nicht nur die Aufgabe, die Übertragbarkeit elektrischer Energie zu demonstrieren, sondern gleichzeitig auch «den Nachweis [zu] leisten, dass es möglich ist, von einer Stelle aus eine grosse Zahl von Kraftempfangsstellen zu versorgen.» Schliesslich wurde erklärt, weshalb man diesen Nachweis auf einer internationalen Ausstellung erbringen wollte. Es gehe darum, «den Besuchern der Frankfurter Ausstellung und damit aller Welt zu beweisen, dass die Frage der Kraftübertragung auf grosse Entfernungen und der Kraftvertheilung nach vielen Abnahmestellen ihrer Lösung entgegengeht.»³⁹ Die Ausstellung als Problemlösungsstrategie, als Technikevaluation zwischen Publikum und Experten im öffentlichen Experiment: Dieser Anspruch zieht sich wie ein roter Faden durch das Dickicht der einschlägigen Literatur. Zu Beginn der Ausstellung formulierte ihn der Politiker Leopold Sonnemann: «[...] in einem Gesamtbilde die staunenswerte Entwicklung der modernen Elektrotechnik für Fachmänner und Laien zur lebendigen Anschauung bringen» und «eine Reihe wichtiger Fragen der Elektrotechnik der Lösung entgegenzuführen»⁴⁰; und am Schluss der Ausstellung fasste ihn der Wissenschaftler von Helmholtz zusammen: «Nun scheint es nicht mehr zweifelhaft zu sein, dass dieses Experiment ausserordentlich gut gelungen ist und dass damit die Möglichkeit besteht, es

an vielen Orten zu wiederholen und eine ganze Menge von Wasserkraften, die an abgelegenen Orten wirksam sind, zu gewinnen für den Nutzen der Menschheit».⁴¹

In den auf das Oerlikoner Experiment vom Januar 1891 folgenden Monaten berichtete die Bauzeitung regelmässig über Vorbereitung, Eröffnung und besondere Attraktionen der Ausstellung, über Kongresse, die im Rahmen der Ausstellung abgehalten wurden, und immer wieder über den Stand des auf September 1891 geplanten öffentlichen Übertragungsexperimentes. Ähnlich sensibel, wenn auch wesentlich kürzer und energiepolitisch zurückhaltender, informierte die Neue Zürcher Zeitung ihre Leser über die Ausstellung.⁴² Die Tatsache, dass auch «die Tagespresse ausführliche Schilderungen» der Ausstellung veröffentlichte, legte «ein beredtes Zeugnis dafür ab, wie sehr auch ausserhalb der Fachkreise die Wichtigkeit dieser ersten bedeutenden Kraftübertragung auf grosse Entfernung anerkannt» wurde.⁴³

Die von Leopold Sonnemann angesprochene «Lösung wichtiger Fragen der Elektrotechnik» wurde in einem kommunikativen Prozess ausgehandelt — Techniker, Konsumenten und potentielle Kunden einigten sich im öffentlichen Raum der Ausstellung auf ein technisches Modell. Das bedeutete nicht, dass jeder gleichviel mitzureden gehabt hätte. Aber die Ausstellung brachte eine kollektiv-plebiszitäre Lösung für einen langandauernden, dogmatisch geführten Kampf um das zukunftsweisende elektrische Übertragungssystem. Der Elektroindustrie seien «neue Bahnen geöffnet [worden], neue Bahnen, deren Ende sich heute noch nicht absehen» lasse, meldete die Ausstellungsleitung zum Erfolg des Übertragungsexperimentes.⁴⁴

Die Organisation des Plebiszits stützte sich auf verschiedene Elemente. Erstens wurden Fachleute nach Frankfurt gelockt, indem man während der Ausstellung verschiedene Fachkongresse organisierte. Der wichtigste darunter war sicher der Kongress der Elektrotechniker, auf dem Silvanus P. Thompson einen programmatischen Vortrag über «das neue Gebiet der Wechselströme» hielt.⁴⁵ Aber auch ein Kongress der Stadtverwaltungen und die Versammlung deutscher Gas- und Wasserfachmänner oder des Mechanikervereins wurden im Rahmen der Ausstellung abgehalten. Zudem ermöglichte die Ausstellung Elektrotechnikern, Ingenieuren, städtischen Verwaltungsbeamten, Politikern, Financiers, Bankenvertretern und Unternehmern informelle Kontakte zu knüpfen, sei dies in den einzelnen Abteilungen der Ausstellung, beim elektrisch betriebenen Wasserfall, in der kalifornischen Weinstube und der bayerischen Bierhalle, oder — wesentlich trockener — mit Hilfe des am Eingang der Ausstellung aufliegenden Besucherbuches und der regelmässig publizierte Fremdenliste. Die thematische Gruppierung der Exponate dürfte solche informellen Kontakte noch gefördert haben.

Neben diesem «Fachpublikum» im weitesten Sinn wollte man aber auch eine möglichst grosse Zahl von Schaulustigen anziehen. Weit über eine Million Besucher verzeichnete die Ausstellung seit der Eröffnung im Mai bis im Oktober 1891. Nicht wenige dieser «Ausstellungsbumler, die ja überall den Gewalthaufen der Besucher bilden», mochten zu dieser elektrotechnischen Wallfahrtsstätte gepilgert sein, um aus der luftigen Höhe eines Fesselballons ein Telephongespräch führen zu können, im Ausstellungstheater ein elektrisches Ballett zu erleben, mit einer elektrischen Eisenbahn eine Versuchsfahrt zu unternehmen oder an einem der populären Vorträge unterhaltende Experimente zu verfolgen. Auch mit ihren tausenden von Glühlichtern, mit denen die Gebäude dekoriert waren, zeigte die Ausstellung, «dass sich auf electrischem Wege mit einfachen Mitteln sehr viel in wirksamer Reclame machen lässt. So genügen z. B. ein paar verschieden

gefärbte, in passender Weise an den Speichen der rotirenden Riemenscheibe befestigte Glühlampen, um Abends die Aufmerksamkeit des Publikums mit mathematischer Sicherheit auf die betreffende Maschine zu lenken, welche sonst vielleicht ganz unbeachtet bleiben würde [...].»⁴⁶

Darüber hinaus betrieben die Frankfurter Aussteller einen gigantischen publizistischen Aufwand. Abgesehen von erläuternden Plakaten und den auf Hochglanzpapier gedruckten Werbeprospekten der einzelnen Aussteller, dem Offiziellen Katalog mit Ausstellern und Exponaten und dem Illustrierten Führer durch die Ausstellung, die an vier Zeitungskiosken auf der Ausstellung erhältlich waren,⁴⁷ ist in diesem Zusammenhang hauptsächlich auf die «Elektricität. Offizielle Zeitung der Internationalen Elektrotechnischen Ausstellung Frankfurt am Main 1891» hinzuweisen, deren gesammelte Ausgaben allein einen tausendseitigen Band ausmachen. Neben Grundsatzartikeln zu Problemen der Elektrotechnik las man darin Beschreibungen einzelner Attraktionen, vom Ausstellungsturm mit seinem elektrischen Aufzug über die Beleuchtung der Grotte und des Wasserfalls bis zu Goethes elektrischen Apparaten, sowie Artikel über «telephonirte Predigten», über die Einführung von elektrischen Scheinwerfern bei der türkischen Marine und über elektrische Bergbahnen in der Schweiz⁴⁸ — kurz: Die Zeitung war ein elektrotechnisches Gesamtkunstwerk, dessen frohe Botschaft unzählige Journalisten in «alle Welt» (und ihr Echo wieder zurück in die Ausstellungszeitung) trugen.⁴⁹ Die Absicht, den «Ton der Zeitung [...] von theoretischer Trockenheit und laienhafter Flachheit gleichmässig fern[zu]halten», damit die «Elektricität» «für die weitesten Kreise ein dauerndes litterarisches Denkmal der Ausstellung» werden konnte, dürfte ein erfolgreiches Programm gewesen sein.⁵⁰ Das Denkmal warf seine Schatten, mindestens in der Schweiz, auf alle Stufen des elektrotechnischen Diskurses. Die Frankfurter Ausstellungspublicistik entwickelte eine derart einheitliche Rede über Elektrizität, dass man (in der Schweiz) zwischen 1891 und dem ersten Weltkrieg weiterhin in denselben Kategorien, in derselben Sprache über Elektrotechnik gesprochen hat, wie sie von der Frankfurter Ausstellungszeitung vorgeprägt worden war. Begriffe wie «technischer Fortschritt», «Gemeinnützigkeit» und «Rettung des Kleingewerbes» entwickelten sich in Folge der Ausstellung zu Schlüsselbegriffen des elektrotechnischen Diskurses in der Schweiz schlechthin.⁵¹

Diese diskursive Modellierung der Elektrotechnik hatte, am Übergang von der Phase des Luxuskonsums zur Phase der Kraftübertragung und -verteilung, eine wichtige legitimatorische Funktion zu erfüllen. Die Rede von der «Gemeinnützigkeit» elektrischer Unternehmen etwa erhöhte die Akzeptanz von Kraftwerkbauten, die in den 1890er Jahren zunehmend auf kommunaler Ebene betrieben wurden, also öffentliche Infrastruktur bereitstellten. Auch die beim Leitungsbau notwendigen Enteignungs- bzw. Entschädigungsverfahren wurden dadurch erleichtert, und die Behörden hatten geringere Schwierigkeiten, beträchtliche Ausgaben für den Kraftwerkbau zu rechtfertigen. Das Schlagwort von der «Rettung des Kleingewerbes» seinerseits half solchen kommunalen Elektrizitätsgesellschaften ihren tiefen Auslastungsgrad bedeutend zu verbessern. Selbst bei Motorenstromtarifen, die weniger als die Hälfte des Lichtstrompreises betragen, war der Verkauf von Strom auch während des Tages ein geeignetes Mittel, den gesamten Auslastungsgrad zu verbessern. Der Begriff «technischer Fortschritt» schliesslich, der immer auch mit Wachstum, Erweiterung und Ausbau des in diesem Fall infrastrukturellen Angebotes konnotiert war, ist als wichtigstes Ideologem im elektrowirtschaftlichen Diskurs seit den 1890er Jahren zu betrachten. Indem dieser (technische) Fortschritt

nichts anderes beinhaltete als die Gewissheit einer geregelten Abfolge der Ereignisse in der Zukunft, erhielt er eine orientierungsstiftende Funktion. Der Überschuss gegenwärtig bewusster Handlungsmöglichkeiten, die nicht aus der Vergangenheit abgeleitet werden konnten, wurde mit Hilfe seiner Temporalisierung abgebaut; die in die Zukunft projizierten Probleme schienen so lösbar zu werden. Darüber hinaus stimulierte derart konzipierte künftige Gegenwart, zu der in angebarbarer Richtung verlaufende Prozesse führten, zweckorientierte Planung. Der mit dem technischen Modell der «Elektrifizierung» — gerade dank der Frankfurter Ausstellung und ihrer Publizistik — untrennbar verknüpfte Begriff des technischen Fortschritts erlaubte damit eine Modellierung von Zukunft als künftiger, planbarer Gegenwart. Insofern war das Frankfurter Ereignis zumindest für die Elektrifizierung der Schweiz ein Schlüsselereignis, denn es zeigte nicht nur die Leistungsfähigkeit der elektrischen Kraftübertragung und -verteilung, sondern produzierte in ihrem Diskurs auch die für die Realisierung neuer Kraftwerkprojekte notwendige Gewissheit über die Richtung des «technischen Fortschrittes».

2. Die Ausstellung als kollektiver Lernprozess

Wenn es tatsächlich zutrifft, dass die Frankfurter Ausstellung eine erfolgreiche Antwort auf die um 1889 sich zuspitzende elektrotechnische Orientierungskrise («battle of the systems») darstellte⁵², dann ist im Rahmen des vorliegenden Bandes die Frage berechtigt, inwiefern die Ausstellung — aus schweizerischer Perspektive zumindest — auch als kollektiver Lernprozess verstanden werden kann. Die zeitgenössischen Kommentare unterstützen eine solche Interpretation durchaus. In der Schweiz habe man dank der Ausstellung den «Beweis» erhalten, dass die Systemfrage entschieden sei und man habe vor allem «gelernt, die Vor- und Nachteile der verschiedenen Systeme sachlich gegen einander abzuwägen, um beinahe in allen Fällen den localen Verhältnissen entsprechend mit Sicherheit entscheiden zu können, welche Combination jeweilen zu wählen ist, um die günstigsten Resultate zu erzielen», schrieb der an der ETH in Zürich lehrende Albert Denzler schon Anfangs Oktober 1891.⁵³

Ich möchte im folgenden sogar soweit gehen, den von der Ausstellung in Gang gesetzten Lernprozess als einen Prozess fundamentalen Lernens zu bezeichnen. Das durch den Systemstreit gefährdete Vertrauen in kognitive Regeln gab Anlass, in der Verlässlichkeit der öffentlichen Debatte Rückhalt zu suchen. Nur die Ausstellung und ihre Publizistik konnten das dafür notwendige kommunikative Forum in hinreichender räumlicher und zeitlicher Konzentration bieten. Auch wenn es leichter fällt, den Übergang von der Gasbeleuchtung zum elektrischen Beleuchtungssystem Edisons als fundamentalen technischen Lernprozess zu verstehen, so stellte doch der Übergang von der Phase des Luxuskonsums der 1880er Jahre zur Phase der elektrischen Kraftübertragung und -verteilung der 1890er Jahre einen ebenso grundsätzlichen Wandel des technischen Musters dar. Mit Kuhn könnte man von einem eigentlichen Paradigmawechsel sprechen — das Versagen der vorhandenen Regeln leitete die Suche nach neuen ein.⁵⁴ In Anlehnung an die Arbeiten von Rahel Laudan hat auch Siegenthaler den Kuhnschen Paradigmbegriff auch auf den Bereich technischen Wissens angewendet und jenen des Paradigmawechsels «auf fundamentales Lernen im kommunikativen Prozess der Definition eines neuen technischen Problems, der Festlegung auf Strategien der

Problemlösung und der Eingrenzung entsprechender Handlungsspielräume» bezogen.⁵⁵ Die Frankfurter Ausstellung bezeichnete in diesem Sinn einen Korridor von Möglichkeiten, «innerhalb dessen sich auch Entscheidungen über Produktwahl und Gestaltung technischer Verfahren» bewegten, und «Frankfurt» verankerte das technische Novum der Drehstromtechnik in einem passenden organisatorischen Umfeld, der elektrifizierten Werkstatt etwa, indem es «konsensuale Vorstellungen über seine Erfolgchancen in breite Kreise von Akteuren» hineingetragen hat, deren individuelle Entscheidungen sich wechselseitig zu stützen begannen.⁵⁶

Die Behauptung, «Frankfurt» stelle einen fundamentalen Lernprozess dar, mag nicht ganz unproblematisch erscheinen, da nach Siegenthaler fundamentale Lernprozesse idealtypischerweise unter Bedingungen vollkommener Unsicherheit einerseits sowie der Absenz eines Kosten-Nutzen-Kalküls andererseits erfolgen. Die individuellen Akteure sind zu strategischem Handeln unfähig, weil sie ja keinen Referenzrahmen für ihre Strategie mehr zur Verfügung haben. Gerade die Organisatoren des Übertragungsexperimentes handelten aber durchaus strategisch: Weder Charles Brown noch Michael Dolivo-Dobrowolsky, weder Peter Huber noch Emil Rathenau haben anlässlich der Ausstellung kognitive Regeln der Selektion, der Klassifikation und der Interpretation erworben, weil sie bereits seit Herbst 1890 über ein solches Regelsystem verfügten; desorientiert war «lediglich» die nach Frankfurt pilgernde Technikergemeinschaft und die Masse der «Ausstellungsbummler».

Die Tatsache, dass sich nicht alle Frankfurter Kommunikationspartner in einem Zustand grundsätzlicher Unsicherheit befunden haben, bedeutet aber nicht, dass das Ergebnis der Ausstellung nicht dennoch als fundamentaler, kollektiver Lernprozess bezeichnet werden könnte. Selbst wenn einige der am Regelbildungsprozess Beteiligten individuell bereits über neue kognitive Regeln verfügt haben, so hatte der kollektive Lernprozess dennoch ein fundamentales Ergebnis: Neue Regeln der Selektion, der Klassifikation und der Interpretation im Möglichkeitsraum der Elektrifizierung bildeten sich bei jenen «Frankfurtfahrern» aus, die zuvor noch nicht bzw. nicht mehr über solche Regeln verfügt haben. Mehr noch: Ihre wiedergewonnene Gewissheit wirkte als koordiniertes Handeln stabilisierend auch auf das Regelsystem der kommunikativen Strategen Huber und Rathenau zurück.⁵⁷

Es ist deshalb m. E. falsch, in der Frankfurter Ausstellung bloss ein kühnes Marketingereignis sehen zu wollen. Der Ausgang des Experimentes war keineswegs so sicher, wie die anschliessende publizistische Euphorie es vermuten lassen mag, und die Ergebnisse der Ausstellung als «Prüffeld» waren immerhin so offen, dass sich prominente Gleichstromvertreter wie Werner Siemens, Thomas Edison und Marcel Deprez als Ehrenmitglieder des Ausstellungskomitees wählen liessen.⁵⁸ All jene Ausstellungsbesucher, die sich in Frankfurt orientieren wollten, deren Selektionskriterien also noch nicht festgelegt waren, liessen sich durch die AEG und MFO auch nicht einfach indoktrinieren. Vielmehr fand bei tausenden von Vertretern aus Industrie, Politik und Verwaltung ein fundamentaler Lernprozess statt, welcher den Übergang zum kapitalbildenden, routinisierten Lernen des Kraftwerkbaus mit elektrischer Kraftübertragung und -verteilung der 1890er Jahre erst erlauben sollte. Ohne die Überzeugung dieser bis zum September 1891 noch desorientierten Partner wäre die Drehstromübertragungstechnik ein wertloses Laborartefakt geblieben.

Die Ausstellung dagegen konnte, wie kein öffentlicher Raum sonst, neue Allianzen zwischen der Übertragungstechnik mit Drehstrom, Konsumenten, Financiers,

Unternehmern, Ingenieuren und Stadtverwaltungen schmieden und all diesen an Elektrotechnik interessierten Gruppen ein vertrauenswürdiges Regelsystem zur Technikevaluation anbieten. Neue allgemeingültige Schemata für den Kraftwerkbau, neue Regeln, nach denen man Städte zu elektrifizieren hatte, wurden in Frankfurt sowohl erarbeitet als auch verbreitet, in einem doppelten Prozess von interaktiver Kommunikation einerseits (Elektrotechnikerkongress, Städtetag, wissenschaftliche Kommission) und von intensiver Verbreitung der dabei erarbeiteten kognitiven Regelsysteme (Populärvorträge, Besichtigungstouren, Ausstellungszeitung). Nach Frankfurt verfügten die Experten wie auch ein breites Publikum wiederum über ein verlässliches Muster oder eine «black box» im Latourschen Sinn für den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken.⁵⁹ Für die Elektrifizierung der Schweiz war die breite Abstützung dieser Gewissheit deshalb von herausragender Bedeutung, weil das für Kraftwerkbauten notwendige Kapital bis 1895/96 nicht von den Banken, sondern mehrheitlich von Städten, Gemeinden und Privaten zur Verfügung gestellt worden ist. Stimmberechtigte und solvente Schweizer — Frauen traten im Zusammenhang mit der Elektrifizierung erst nach 1900 in Erscheinung — erwarben 1891 neue kognitive Regeln im Bereich der Elektrotechnik. Diese Regeln erlaubten ihnen, wie Denzler behauptete, «sachliche» Entscheide in der Systemwahl zu fällen.⁶⁰

Der Wandel von Aufmerksamkeitsregeln führte also letztlich zu einer kollektiven Überzeugung von der Zukunftsträchtigkeit der Drehstromtechnik und prägte Handlungs- und Entscheidungsmuster unter Ausschluss zahlreicher technischer Varianten. Dies lässt sich an einem prominenten Beispiel zeigen. In einer 1924 publizierten Denkschrift erinnerte sich Eduard Will — eine der wichtigsten Figuren für die Elektrifizierung der Schweiz — der katalytischen Wirkung der Ausstellung in Frankfurt. Um 1890 habe grosse Unsicherheit über die Zukunftsträchtigkeit konkurrierender Kraftübertragungssysteme geherrscht. Zur Diskussion standen damals die Übertragung über Druckluft (Offenbach, Paris) oder Wasser (Genf und Zürich), das Mehrleiter-Gleichstromsystem von René Thury (Bürgenstock) sowie die Brownsche Wechselstrom-Übertragungstechnik.⁶¹ Will betonte, es habe unter den Fachleuten kein Konsens bestanden, welches System am meisten zu empfehlen sei: «Die grosse, internationale elektrotechnische Ausstellung, die im Sommer 1891 in Frankfurt a. M. veranstaltet wurde, brachte dann die Abklärung zu Gunsten der Elektrizität. [...] Ein mehrwöchentlicher Aufenthalt in Frankfurt a. M. gab dem Verfasser dieses Berichtes im Herbst 1891 Gelegenheit, nicht nur die elektrotechnische Ausstellung, sondern auch die neue Druckluftanlage im benachbarten Offenbach zu studieren. Für die Erweckung des Interesses und die Belehrung weiter Kreise hatte die Ausstellungsleitung ausgezeichnet gesorgt. Neben den Vortrags- und Diskussions-Versammlungen der Fachmänner aller Welt fanden während mehrerer Wochen abends je von 5—6 Uhr für Interessenten aus dem Laienstande leichtfassliche populäre Vorträge statt. Die verschiedensten Verwendungsarten der Elektrizität wurden an Ausstellungsobjekten oder eigens zu diesem Zweck erstellten Apparaten und Modellen vordemonstriert. Auf Anmeldung hin konnten die einzelnen Abteilungen der Ausstellung unter sachkundiger Führung besichtigt werden. So war dem ernsthaften Ausstellungsbesucher nach Möglichkeit Gelegenheit geboten, die erstaunliche Vielgestaltigkeit der Anwendung der Elektrizität und deren volkswirtschaftliche Bedeutung zu erfassen.»⁶² Auch Eduard Wills «Bekehrung» zur Elektrizität und zum Drehstrom fand also in Frankfurt statt — gleich

nach seiner Rückkehr in die Schweiz begann er über seine neuen Erkenntnisse und deren Implikationen für ein Elektrizitätswerk am Hagneckkanal Vorträge zu halten.⁶³

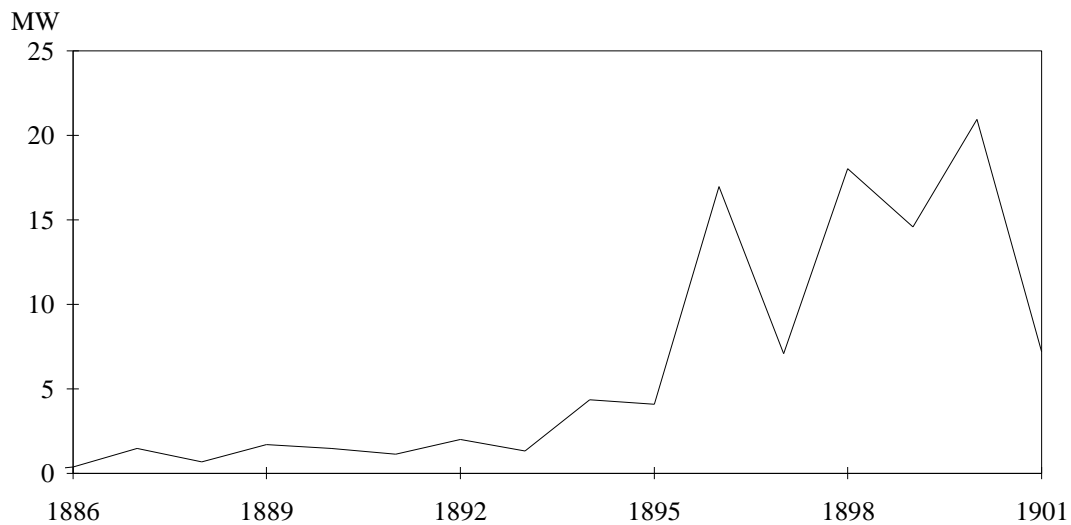
Es wäre sicher übertrieben, der Frankfurter Ausstellung allein einen solch dramatischen Einfluss auf die allgemeine technische Orientierung in der schweizerischen Öffentlichkeit zuzuschreiben. Ohne eine Fixierung der veränderten kognitiven Regeln in einem sorgfältig konfigurierten Diskurs, der zu einer vereinheitlichten Perzeptionsweise der elektrotechnischen Problemlösung geführt hat, wäre die «historische Rolle» der Ausstellung kaum eine derart wichtige geworden. Neben der Ausstellungszeitung als «Diskursmaschine» sorgten jedoch «viele Specialcorrespondenten für technische Zeitschriften und Tagesblätter» für die Diffusion und Popularisierung der Frankfurter Ereignisse. Mehr als 400 eingeschriebene Journalisten berichteten über die Ausstellung, und das Pressebüro der Ausstellung sammelte gewissenhaft alle ausländischen Zeitungsberichte.⁶⁴ Dazu gesellten sich individuelle Berichterstatter. Unter ihnen Conrad Wüest, dessen Ausstellungsbericht eine typische schweizerische Stilisierung der Ausstellung und des Übertragungsexperimentes von Lauffen nach Frankfurt repräsentiert: «Das Werk wurde erst gegen Ende August in Betrieb gesetzt. Seit dieser Zeit wird je Abends von 6—8 Uhr ein dreiteiliger riesiger Firmaschild, der von 900 bis 1000 Glühlampen umsäumt ist, in ein Lichtmeer verwandelt. Gleichzeitig rauscht in der Nähe von einem etwa 10 m hohen, hohlen Kunstbaufelsen ein circa 7 m Fallhöhe aufweisender Wasserfall herunter, der durch farbiges elektrisches Licht, aus dem Innern des Felsens strahlend, magisch beleuchtet wird. [...] lautlos, oder höchstens leise eine Bemerkung flüsternd, steht der Beschauer da, vor dem durch ein Gitter abgeschlossenen Transformatorraum, wie vor einem Heiligtum, besieht den 2 Meter hohen 3eckigen Transformator und liest staunend die bedeutungsvollen Angaben der am Transformator hängenden Aufschrifttafel: Lauffen-Frankfurt, 200,000 Watt, 175 km.»⁶⁵ Wüests Text überträgt das Frankfurter «Heiligtum» immer wieder in den schweizerischen Kontext, etwa durch den Vergleich der Strecke Lauffen-Frankfurt mit jener zwischen Chur und Basel, durch den Wunsch, dass die Kraft des Wassers, «ob sie nahe oder meilenweit entfernt zu finden» sei, durch Drehstrom übertragen «überall [...] als Licht- und Kraftspenderin auftreten» soll, durch den Hinweis auf «das unbestrittene Verdienst unseres genialen Technikers Brown», dem man solche Glückseligkeit zu verdanken habe, oder dadurch, dass Wüest seine Rückreise von Frankfurt über Schaffhausen beschrieb, auf der er «in circa einer Stunde bei allen bedeutenderen schweizerischen Ausstellungsfirmen vorbei[fuhr]: Aluminiumgesellschaft Neuhausen; Gebr. Sulzer, Winterthur; Maschinenfabrik Oerlikon; Escher-Wyss, Zürich, und Glühlampenfabrik Birmensdorf.» «Das Stadium des Suchens ist dem der allgemeinen praktischen Einführung gewichen: das Kind ist Mann geworden», urteilte Wüest am Schluss seines Berichtes. Was sich Bundespräsident Welti und Bundesrat Schenk anlässlich ihrer Teilnahme am offiziellen Festakt zur Inbetriebnahme der Übertragungsleitung am 14. September 1891 gedacht haben, ist nicht bekannt,⁶⁶ aber Armin Kellersberger sollte es drei Jahre später all jenen, die nicht «das Glück hatten», selbst dabeigewesen zu sein, in einer flammenden parlamentarischen Rede eindrücklich in Erinnerung rufen. Die Frankfurter Ausstellung stellte für lange Zeit einen Fixpunkt im kollektiven Gedächtnis von Elektroingenieuren und Politikern dar.⁶⁷

3. Ausstellungsfolgen

Die Organisatoren der Ausstellung in Frankfurt hatten, wie gesagt, von Anfang an den Anspruch erhoben, elektrotechnische Probleme «ihrer Lösung entgegenzuführen». Leopold Sonnemann behauptete sogar, dass «der Kampf zwischen Wechsel- und Gleichstrom, welcher so lange gewüthet hat, in Folge dieser Ausstellung gänzlich aufgehört» habe.⁶⁸ So schnell liess sich allerdings die Unsicherheit nicht abbauen. Wie auch bei vorhergehenden Übertragungsexperimenten, musste zuerst ein wissenschaftlicher Bericht erstellt werden, aus welchem der Nutzeffekt der gesamten Installation hervorgehen würde. Im Dezember 1891 gelangte Emil Huber, offenbar von Gerüchten getrieben, man wolle die Ergebnisse der Prüfungskommission verheimlichen, mit einem Vorbericht an die Öffentlichkeit, in dem er — merkwürdig genug — wiederum auf Wasserfall und Lichtermeer zu sprechen kam: «Ob die Sache technisch möglich sei, sollte heute nicht mehr discutirt werden, nachdem der Wasserfall und der Glühlampen-Triumphbogen in Frankfurt von so vielen Augenzeugen gesehen worden. [...] Der Bericht der Prüfungskommission soll vielmehr eine Bestätigung durch die hohe Autorität der Wissenschaft dessen sein, was vielen Tausenden während der Ausstellung in Frankfurt vor die Augen geführt wurde. Die Erfahrungen sind so, dass sie ein solides Fundament für die Errichtung und Projectirung ähnlicher Anlagen und für den ferneren Fortschritt bilden.»⁶⁹

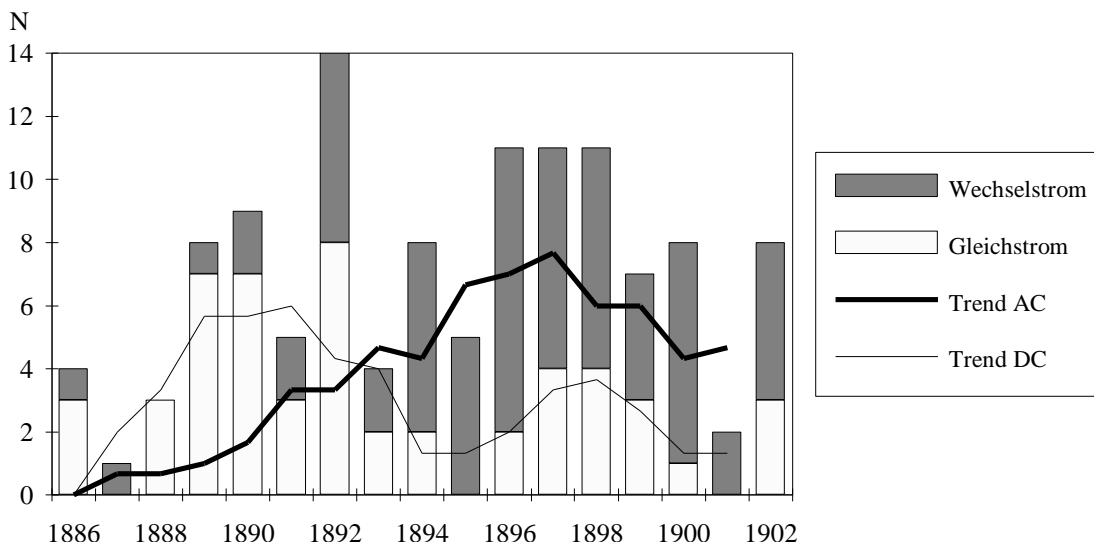
Huber würde recht behalten. «Frankfurt» schuf tatsächlich eine bemerkenswerte Erwartungsstabilität, es sollte für einige Jahre «nicht mehr discutirt werden», wie man Kraftwerke zu bauen hatte, wie Städte zu elektrifizieren waren. Obwohl die schweizerischen Grossbanken mit Investitionen bis zur Publikation der Messresultate zuwarteten, wurde die Schweiz bereits 1891 von einem eigentlichen Elektrizitätsfieber erfasst. Mitte Oktober 1891 meldete zum Beispiel der Korrespondent der Neuen Zürcher Zeitung aus Zug: «Die Wassergesellschaft Zug hat sich in eine Aktiengesellschaft <Wasserwerke Zug> umgewandelt. Das ausgeschriebene Kapital wurde zehnfach überzeichnet, die elektrischen Anlagen im Lorzentobel gehen ihrer Vollendung entgegen und unter Kurzem werden grössere und kleinere Unternehmungen die bisher theilweise brach gelegenen Wasserkräfte ausnutzen.»⁷⁰ Es scheint auch zu einem eigentlichen Sturm auf Wasserkraftskonzessionen gekommen zu sein.⁷¹ Einrücklich gestaltete sich jedenfalls der Kraftwerkbauboom der 1890er Jahre. Nimmt man für ein Kraftwerk eine mittlere Bauzeit von zwei Jahren an, so hat bereits 1892 eine verstärkte Kapitalbildung im Kraftwerkbau eingesetzt (Figur 1). In den acht Jahren zwischen 1886 und 1893 wurden in der Schweiz insgesamt 10 Megawatt Kraftwerksleistung installiert — in den folgenden acht Jahren (1894 bis 1901) waren es fast zehnmal mehr, nämlich 93 Megawatt.⁷²

Figur 1: Jährlich installierte Kapazität schweizerischer Kraftwerke (Megawatt)



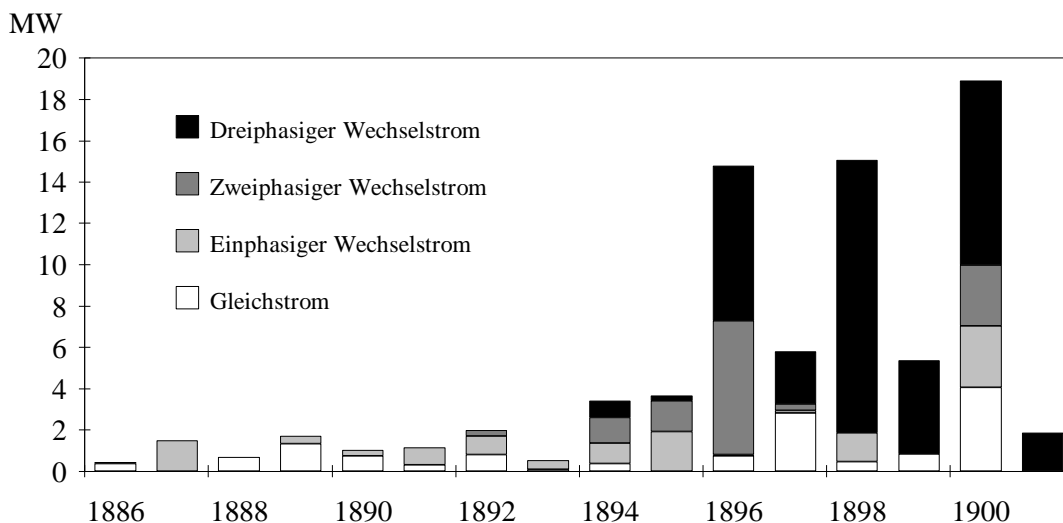
Der Zusammenhang zwischen der Frankfurter Ausstellung und dem Boom im schweizerischen Kraftwerkbau — zwischen fundamentalem Lernprozess und nachfolgender Kapitalbildung in der Phase relativer struktureller Stabilität — bliebe nur bedingt plausibel, wenn nicht gleichzeitig im Anschluss an «Frankfurt» ein grundsätzlicher Wandel in der Systemwahl festzustellen wäre und wenn die in Frankfurt präsentierte Technik nicht den Hauptbeitrag ans elektrowirtschaftliche Kapazitätswachstum der 1890er Jahre geleistet hätte. Aus Figur 2 geht hervor, dass nach etwa 1892 im schweizerischen Kraftwerkbau tatsächlich ein solcher struktureller Wandel eingesetzt hat. Bis zur Jahrhundertwende wurden in der Schweiz praktisch keine reinen Gleichstromwerke mehr gebaut. Selbst Kraftwerke, die in erster Linie auf die Produktion von Lichtstrom ausgelegt worden waren, verwendeten in ihren Netzen einphasigen Wechselstrom, den sie für die Übertragung hochtransformierten und in Konsumentennähe auf eine der üblichen Gebrauchsspannungen zurücktransformierten.⁷³

Figur 2: Systemwahl bei neuerstellten Kraftwerken (N=119)



Figur 3 macht schliesslich deutlich, dass der seit 1894 zu beobachtende Anstieg der jährlich installierten Kraftwerkskapazitäten (Figur 1) hauptsächlich auf den Bau von Drehstromwerken zurückzuführen ist. Die bis zur Jahrhundertwende entstandenen grossen Laufkraftwerke arbeiteten alle mit Drehstrom und der neuen Übertragungstechnik.⁷⁴ Ab 1895/96 — der wissenschaftliche Bericht zum Frankfurter Experiment hatte inzwischen dessen Erfolg zweifelsfrei bestätigt — hatten sich nun auch institutionelle Anleger um den Kraftwerkbau zu kümmern begonnen, allen voran die Bank Leu, die Schweizerische Kreditanstalt und schliesslich die neuen branchenspezifischen Finanzierungsgesellschaften (Indelec, Bank für elektrische Unternehmungen, Motor AG für angewandte Elektrizität).

Figur 3: Jährlich installierte Kapazitäten schweizerischer Kraftwerke nach System



«Frankfurt» hatte aber nicht nur im Kraftwerkbau Auswirkungen. Auf bundespolitischer Ebene führte die Ausstellung zu einer bedeutenden Grundsatzdebatte über das schweizerische Wasserrecht. Bereits im April 1891 hatte die sozialistische «Initiativgesellschaft Frei-Land» — aufgrund der Vorankündigungen des Frankfurter Experimentes — die Bundesbehörden aufgefordert, die notwendigen Massnahmen für eine bundesstaatliche Monopolisierung sämtlicher Wasserkräfte der Schweiz zu ergreifen, um für alle Fälle gewappnet zu sein. Falls das Experiment in Frankfurt gelingen sollte, würde ein Bundesmonopol einen «unübersehbare[n] Zuwachs unseres Nationalreichtums», «eine gründliche Besserung der sozialen Missstände» sowie «ein allmähliches Verschwinden der wirtschaftlichen Krisen» bewirken können. In der Begründung führte «Frei-Land» dazu aus: «Wenn es wahr wird, dass die nie versiegende gewaltige Kraft unserer Alpenströme durch Turbinen gefesselt, mittels Dynamomaschinen in Elektrizität umgewandelt und fortgeleitet und an einem entfernten Ort zum Betrieb von Fabriken, ja selbst von Lokomotiven verwendet werden kann, wenn es thatsächlich möglich ist, z. B. die Wasserkräfte der Reuss von Andermatt bis Flüelen in die industriereichen Städten der schweizerischen Hochebene, nach Zürich und Basel, zu leiten und daselbst technisch zu verwerthen, dann gehört ja unser Land plötzlich zu den reichsten der Erde». Spätestens jetzt müsse man aber die Dinge in die Hand nehmen, um einem «laissez faire et laissez aller», wie es bei der Dampfmaschine und beim Eisenbahnbau regiert habe, frühzeitig Einhalt zu gebieten. Es sei «für jeden wahren Patrioten die Frage wohlberechtigt, ob dieser neueste Fortschritt des menschlichen Erfindungsgeistes dazu dienen wird, das ganze Schweizervolk zu beglücken oder ob derselbe [...] bewirken wird, dass nur wenige auf Kosten des ganzen Volkes reich werden.»⁷⁵ — Mitten in der heftig geführten Diskussion um die Verstaatlichung der Eisenbahnen musste sich das politische System der Schweiz also auch mit der Grundsatzfrage auseinandersetzen, ob und wie der Bund den neuen technischen Entwicklungsschub politisch beeinflussen sollte.

Gegen die Interpretation des Frankfurter Experimentes als Grund zur Zentralisierung von Produktion und Verteilung elektrischer Energie in den Händen des Bundes wehrte sich allen voran die sonst so elektrizitätsbegeisterte Neue Zürcher Zeitung: «Presse und Börse eskomptiren in abenteuerlicher Weise die volkswirtschaftliche Bedeutung des neuen Triumphes der Wissenschaft, wie anderwärts, so auch hier nicht zu dessen Vortheil; manche spekulationslustige Konsortien und Gemeinden hätten wohl besser noch etwas zugewartet, bis einmal über die Kosten der Lauffener Kraftübertragung auch die authentischen Angaben erschienen sind.»⁷⁶ Die Bundesbehörden ihrerseits spielten auf Zeit, liessen eine ganze Reihe von Gutachten erstellen und führten ein aufwendiges Vernehmlassungsverfahren bei den Kantonen durch. Letztere stellten die technisch-wirtschaftliche Bedeutung des Übertragungsexperimentes zwischen Lauffen und Frankfurt zwar keineswegs in Abrede — die Monopolisierung der in ihrem Wert ungemein gestiegenen Wasserkräfte beim Bund bekämpften sie jedoch vehement.⁷⁷

Erst Ende 1894, also dreieinhalb Jahre nach der Eingabe der Petition, fand die parlamentarische Debatte zur Petition von «Frei-Land» statt. Es waren inzwischen über 30 zusätzliche Kraftwerke in Betrieb genommen worden, darunter jene der Städte Bern, Zürich und Aarau.⁷⁸ Auch im Parlament wurde das von der NZZ vorgeprägte ambivalente Argumentationsmuster wiederholt. Man rief zwar durchaus das elektrotechnische Schlüsselereignis von Frankfurt mit Begeisterung in Erinnerung, berichtete von eigenen Ausstellungseindrücken und war sogar davon überzeugt, dass

«die Elektrizität in allen Beziehungen des Weltverkehrs, der Technik und der Mechanik und in allen grössten und kleinsten Manipulationen des materiellen Lebens eine grosse Rolle» spielen würde.⁷⁹ Gleichzeitig hatte man aber alles zu unternehmen, um einerseits die Verstaatlichung der Wasserkräfte zu verhindern und andererseits eine möglichst ungehemmte Entwicklung der Elektrotechnik zu fördern. Und das hiess im Parlament der 1890er Jahre nichts anderes, als den privaten Unternehmern möglichst grosse Handlungsfreiheit zu gewähren. «Unser Interesse liegt darin, dass unsere findige, energische und umsichtige Industrie überall im Lande die Wasserkräfte in Produktion umsetzt und so überall die Wasserkräfte ausnützt und zahlreiche Fabrikanlagen schafft, welche die Wasserkräfte in Werte umwandeln», erklärte der liberal-freisinnige Ständerat Kellersberger. Der juristische Berater der BBC und spätere Verwaltungsrat der Motor AG vertrat dezidiert und mit Erfolg die Ansicht, dass damit «einer Landesgegend unendlich mehr Wohlthaten und Vorzüge geboten» würden, «als wenn der Bund von ein paar grossen Centralanlagen aus die Gegenden mit Stromleitungen durchzieht und die kleinen Wasserwerke konkurrenzieren hilft».⁸⁰ Der grundsätzliche Perzeptionswandel elektrotechnischer Möglichkeit zur Ausnutzung brachliegender Wasserkräfte, welcher im Anschluss an die Frankfurter Ausstellung in der gesamten schweizerischen Öffentlichkeit stattgefunden hatte, wurde mit einem grossen diskursiven Aufwand wiederum so relativiert, dass sich die Frankfurter Technik nicht notwendigerweise ausserhalb der politischen Ökonomie der Schweiz bewegen musste. Die «übertriebenen und sanguinischen Hoffnungen», zu denen «nicht wenig der grossartige Erfolg beigetragen [hat], den man im Jahr 1891 an der Frankfurter Ausstellung mit der Uebertragung der elektrischen Kraft auf grosse Entfernungen erzielte», mussten im Parlament auf ein wirtschaftspolitisch akzeptables, «helvetisches» Mass reduziert werden. Zwar habe die Ausstellung in Frankfurt das Zukunftsbild einer Schweiz entstehen lassen, in der von drei bis vier grossen Kraftwerken «das ganze Land und noch das Ausland mit billigen und genügenden motorischen Kräften» versorgt werden könnte, führte Ständerat Kellersberger aus. Trotz der ungemeinen Faszination der Frankfurter Übertragungstechnik müsse man als Realpolitiker aber Bedenken gegenüber einer allzu optimistischen Beurteilung der Lage anmelden. Was «Frei-Land» in ihrer Eingabe beschrieben habe, sei ein schönes Bild, das «nur wie eine Fata morgana aus weiter Ferne in unsere Gegenwart hineinschaut», das Bild einer Zukunft, «vor der noch eine unendliche Menge von finanziellen und technischen Hindernissen und Schwierigkeiten liegen, die vorerst zu überwinden» seien. Die Belastung der Bundeskasse durch eine Monopolisierung der Wasserkräfte wäre unvorstellbar gross, «Wasserwerkanlagen könnten nur bei ganz günstigen Verhältnissen mit dem Kohlenbetrieb konkurrieren», und aus den Expertenberichten gehe klar hervor, dass die Menge der brachliegenden Wasserkräfte relativ klein sei.⁸¹ Trotz dieser Bedenken verkündete dann aber Kellersberger mit der Zuversicht eines fortschrittsgläubigen Bürgers und Politikers seinen Ratskollegen: «[Die] Zeit, wo unsere Wasserkräfte in den Dienst der Allgemeinheit und des Gemeinwesens gestellt werden, wird einmal kommen und sie wird zu der Zeit kommen, wo die elektrischen Kräfte die gesamte Technik und den mechanischen Weltbetrieb beherrschen werden.» Die schweizerische Verarbeitung und Integration des Frankfurter Lernprozesses in die gültige politische Ökonomie war ebenso technik- und fortschrittsgläubig, wie sie einem liberalen wirtschaftspolitischen Credo verpflichtet bleiben musste.

Die Monopolisierung der Wasserkräfte beim Bund wurde schliesslich abgelehnt. Nur eine Forderung von «Frei-Land», die Ausarbeitung einer schweizerischen Wasserkraftestatistik, wurde umgehend an die Hand genommen — der Bund lieferte damit den Elektrizitätsgesellschaften und Kraftwerkbauern kostenlose Information darüber, wo und in welchem Umfang ausnützbare Wasserkräfte vorhanden waren. Rechtlich blieben diese jedoch bis 1918 unter der schwachen und uneinheitlichen Kontrolle der Kantone.⁸²

4. Schluss

Die Frankfurter elektrotechnische Ausstellung hatte für die Entwicklung der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft in mehrfacher Hinsicht eine bedeutende Rolle gespielt: erstens als Problemlösungsstrategie und als fundamentaler Lernprozess in der technischen Orientierungskrise am Übergang von der repräsentativen zur gewerblichen Nutzung der Elektrizität, zweitens als Forum für die Bestimmung eines neuen elektrotechnischen Paradigmas im Kraftwerksbau und in der Elektrifizierung des Landes, drittens als Fixpunkt im kollektiven Gedächtnis von Entscheidungsträgern in Wirtschaft und Politik und viertens schliesslich als Anstoss zur Festlegung einer politischen Ökonomie der Wasserkraftnutzung. Insofern stellte sie tatsächlich den von der zeitgenössischen Publizistik stilisierten technikhistorischen Wendepunkt dar. Die in Frankfurt plebiszitär gestaltete Technikevaluation zwischen Publikum und Expertengemeinschaft wies der von der AEG und der MFO propagierten Drehstromtechnik aber auch Werte zu, die weit über deren rein technische Belange hinausging. Der in der Schweiz durchschlagende Erfolg nicht nur der Frankfurter Technik, sondern auch des Frankfurter Diskurses legt davon beredtes Zeugnis ab.

¹ Für Hinweise und Kritik zu einer früheren Version dieses Aufsatzes bin ich Thomas Gerlach, Norbert Lang, Margrit Müller, Erich Projer und Hansjörg Siegenthaler zu Dank verpflichtet.

² Neue Zürcher Zeitung (=NZZ) 87 b, 27. März 1892.

³ Schweizerische Bauzeitung (=SBZ), 4. Juli 1896, S. 1.

⁴ Wegmann Adolf: Die wirtschaftliche Entwicklung der Maschinenfabrik Örlikon 1863—1917, Zürich 1920, S. 68.

⁵ Wyssling Walter: Die Entwicklung der Schweizerischen Elektrizitätswerke und ihrer Bestandteile in den ersten 50 Jahren, Zürich 1946, S. 42 und 43.

⁶ Schnitter Niklaus: Die Geschichte des Wasserbaus in der Schweiz, Oberbözberg 1992, S. 154. Jüngstes Beispiel einer Festschrift: Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (Hg.): Licht—Kraft—Wärme. 100 Jahre Zürcher Elektrizitätswerk Letten 1892—1992, S. 14.

⁷ Hughes Thomas Parke: Networks of Power. Electrification in Western Society 1880—1930, Baltimore 1983, S. 131—137; Hannah Leslie: Electricity before Nationalisation. A study of the Development of The Electricity Supply Industry in Britain to 1948, London 1979; Nye David E.: Electrifying America. Social Meanings of a New Technology, Cambridge Mass. und London 1991; Beltran Alain und Carré Patrice A.: La fée et la servante. La société française face à l'électricité XIXe—XXe siècle, Paris 1991; Caron François und Cardot Fabienne (Hg.): Histoire de l'Electricité en France, Bd. 1, 1881—1918, Paris 1992, S. 341—342. Radkau Joachim: Technik in Deutschland. Vom 18. Jahrhundert bis zur Gegenwart, Frankfurt 1989, S. 117.

⁸ Wyssling Walter: 1900 Weltausstellung in Paris. Schweiz, Klasse 23, «Production et utilisation mécaniques de l'électricité». Bericht an das Schweizerische Handelsdepartement, Bern 1901, S. 5—6.

⁹ NZZ 162 II, 1. Juni 1883.

¹⁰ Vgl. Projer Erich: Die schweizerischen Grosshandelspreise 1806 bis 1928, Lizentiatsarbeit der Universität Zürich, 1987, S. 124/126. Fritz Jenny gibt für 100 Kilo Kohle «vor den Kesseln» in Deutschland (Ruhrkohle) 130 Cts, in der Schweiz 380 Cts an. In England kosteten 100 Kg «beste Stückkohle 75 Cts, und in Böhmen die «Victoria Tiefbau»-Kohle gar nur 60 Cts. Jenny Fritz: Die Kosten der Betriebskräfte der Schweiz unter Hinweisung auf die elektrische Kraftübertragung, Wetzikon 1893, S. 2.

¹¹ Wyssling (wie Anm. 5), S. 164.

¹² Dies konnte bereits eine relativ kurze Distanz von 2 bis 5 Kilometer bedeuten. Zu den Stromtarifen: Ende 1888 diskutierte man in Zürich einen Tarif von 60 Fr. pro Jahr für den 1000stündigen Betrieb einer Glühlampe à 16 «Normalkerzen» (ca. 56 kWh), also 1,07 Fr. pro kWh; der Preis in Lausanne, so Stadtgenieur Burkhard, sei wesentlich höher (!). Protokoll der Commission für die Vorbereitung elektrischer Beleuchtung, Sitzung 14. November 1888, Stadtarchiv Zch V Bc 5.

¹³ Künzle Daniel: City, Millionenvorstadt und Arbeiterquartier: Demographische und baulich-soziale Entwicklung in Zürich 1830—1914, in: Zürich als Wirtschaftsmetropole im 19. Jahrhundert, Unsere Kunstdenkmäler (42) 1991, S. 166.

¹⁴ Der Leitungsverlust DP beträgt $DP=I^2R$, abgeleitet aus $P=UI$ und $U=RI$, wo P =Leistung [Watt], I =Strom [Ampère], U =Spannung [Volt] und R =Leitungswiderstand [Ohm].

¹⁵ SZB, 24. September 1886, S. 156—158; SBZ, 22. Januar 1887, S. 27; Centralblatt für Elektrotechnik. Erste deutsche Zeitschrift für Angewandte Elektrizitätslehre (7) 1887, S. 157—172; London Engineering, 11. März 1887; Wyssling (wie Anm. 5), S. 22.

¹⁶ Der Erfolg von Gaulard und Gibbs wurde dadurch entwertet, dass ihnen keine brauchbaren Wechselstrommotoren zur Verfügung standen und daher der übertragene Strom durch einen weiteren Generator unter grössten Verlusten in Gleichstrom umgewandelt werden musste. SBZ, 22. November 1884, S. 132—134. Ferner Hughes (wie Anm. 7), S. 93—95.

¹⁷ SBZ, 7. März 1891, S. 58.

¹⁸ Elektrizität. Offizielle Zeitung der Internationalen Elektrotechnischen Ausstellung Frankfurt am Main 1891, Frankfurt a. M. 1891, S. 978.

¹⁹ Tesla Nikola: A new System of Alternate Current Motors and Transformers, in AIEE Transactions, (5) 1888, S. 308—324.

²⁰ Die publizistische Auseinandersetzung wurde speziell von Edison, der sein bisher unangefochtenes Gleichstromsystem in Gefahr sah, mit recht zweifelhaften Mitteln geführt. Nachdem es ihm gelungen war, die Gefängnisverwaltung des New York Auburn State Prison zur Anschaffung einer Wechselstrommaschine für den Betrieb eines elektrischen Stuhles zu überreden und 1890 das erste Opfer dieser Mordmaschine zu verzeichnen war, liess Edison eine Pressekampagne unter dem Motto «Do you want the electrocutioner's current in your home and running through your streets?» starten. Vgl. Hughes (wie Anm. 7), S. 106—139, hier S. 108. Ferner SBZ, 13. September 1890, S. 69.

²¹ SBZ, 30. November 1889, S. 133.

²² David Paul A.: The Hero and the Herd in Technological History: Reflections on Thomas Edison and The Battle of the Systems, in: Higonnet Patrice/Landes David S./Rosovsky Henry (Hg.): Favorites of Fortune. Technology, Growth, and Economic Development since the Industrial Revolution, Cambridge Mass. 1991, S. 72—119.

²³ Jäger Kurt: Das Elektrizitätswerk Frankfurt 1894, in: Jäger Kurt (Hg.): Wechselstrom Kraftwerke in Deutschland. Der Übergang vom Gleich- zum Drehstrom, Berlin 1987, S. 119—123.

²⁴ Elektrizität (wie Anm. 18), S. 3—7. Vgl. auch Historisches Museum Frankfurt (Hg.): «Eine neue Zeit ...!» Die Internationale Elektrotechnische Ausstellung 1891, Frankfurt a. M. 1991, S. 19—21.

²⁵ Jürgen Kocka: Siemens und der aufhaltsame Aufstieg der AEG, Tradition (17) 1972, S. 125—42.

²⁶ SBZ, 23. Januar 1890, S. 23.

²⁷ Boveri am 6. Februar 1888 an den Bankier Ernst Schmid in Augsburg. Walter Boveri: Korrespondenzbuch 1887—1891. Firmenarchiv Asea Brown Boveri, Baden, S. 65—66.

²⁸ Die Modellierung der Ausstellung als erweitertes Prüffeld stammt von Leopold Sonnemann, dem Initiator der Ausstellung, selbst. «Eine neue Zeit ...!» (wie Anm. 24), S. 19.

²⁹ Siehe Latour Bruno: Give me a Laboratory and I will Raise the World, in: Knorr-Cetina Karin D. und Mulkay Michael (Hg.), Science Observed, London 1983, S. 141—170.

³⁰ Geschichte der Aluminium-Industrie-Aktien-Gesellschaft Neuhausen 1888—1938, Bd. 1, Die Jahre von 1888 bis 1920, o.O. 1942, S. 70—76. Huber und Rathenau waren darüber hinaus beide Absolventen der ETH in Zürich. Hughes (wie Anm. 7), S. 131.

³¹ SBZ, 10. September 1892, S. 68—69.

³² Die MFO lieferte für das Experiment Transformatoren und Generatoren, während die AEG die Drehstrommotoren für den Betrieb in Frankfurt herzustellen hatte.

³³ SBZ, 2. August 1890, S. 32.

³⁴ NZZ 26, 26. Januar 1891.

³⁵ NZZ 26, 26. Januar 1891. Weitere Beschreibungen des Experimentes in Oerlikon: Electrotechnischer Anzeiger 5., 8., und 12. Februar 1891 und in Electrotechnische Zeitschrift, 6. Februar 1891.

³⁶ Electrotechnische Zeitschrift (11) 1891, 13. März 1891, S. 146—148.

³⁷ SBZ, 31. Januar 1891, S. 28—29.

³⁸ Dazu Wengenroth Ulrich: The electrification of the workshop, in: Cardot Fabienne (Hg.): 1880—1980. Un siècle d'électricité dans le monde, Paris 1987, S. 357—366.

³⁹ SBZ, 31. Januar 1891, S. 28—29. Hervorhebung D.G.

⁴⁰ Elektrizität (wie Anm. 18), S. 1.

⁴¹ Zit. nach Ziegler Willy Heinrich: Die wirtschaftliche Entwicklung der A.G. Brown, Boveri & Cie., Baden, des Brown-Boveri-Konzerns und der A.G. Motor-Columbus, Brugg 1937, S. 12.

⁴² SBZ, 16. Mai 1891, S. 124—126; 23. Mai 1891, S. 129—131; 23. Mai 1891, S. 134; 22. August 1891, S. 46—48; 29. August 1891, S. 56; 12. September 1891, S. 68; 19. September 1891, S. 74; 3. Oktober 1891, S. 85—88; 10. Oktober 1891, S. 94—96; 24. Oktober 1891, S. 107—108; 7. November 1891, S. 117—11; 21. November 1891, S. 129—132; 26. Dezember 1891, S. 162—164. NZZ 26 [S], 26. Januar 1891; 265 II b, 22. September 1891; 279 I, 6. Oktober 1891, sowie als Referenz in zahlreichen Artikeln zu Kraftwerkprojekten.

⁴³ SBZ, 19. September 1891, S. 74.

⁴⁴ Elektrizität (wie Anm. 18), S. 978.

⁴⁵ Elektrizität (wie Anm. 18), S. 749ff und 787ff. Internationaler Elektrotechniker Kongress, 7. bis 12. September. Die Referate und Diskussionen erschienen 1892 im Druck. «Eine neue Zeit ..!» (wie Anm. 24), S. 44.

⁴⁶ SBZ, 3. Oktober 1891, S. 86—87.

⁴⁷ «Eine neue Zeit ..!» (wie Anm. 24), S. 38.

⁴⁸ Unter den Grundsatzartikeln «Über elektrische Arbeitsübertragung», «Die Elektrizität im Dienste der chemischen Industrie», «Überlastung, Reserven und Vereinigung elektrischer Betriebe», «System der Stromvertheilung mittelst mehrphasigen Wechselstroms (Drehstroms)» Elektrizität (wie Anm. 18), S. 26, S. 233, S. 178, S. 10. Die weiteren Artikel in der genannten Reihenfolge in Elektrizität (wie Anm. 18), S. 641, S. 210, S. 82, S. 647, S. 536, S. 991.

⁴⁹ «Presse-Stimmen des Auslandes über die Ausstellung» in Elektrizität (wie Anm. 18), S. 58, S. 801, S. 840, S. 877.

⁵⁰ Elektrizität (wie Anm. 18), S. 1.

⁵¹ Die Ausstellung wurde von der Frankfurter Zeitung von Anfang an als Verkündigung «des stetigen materiellen wie geistigen Fortschritts» verherrlicht, Frankfurter Zeitung, 15. Mai 1891. «Eine neue Zeit ..!» (wie Anm. 24), S. 32—35.

⁵² Der Bund 293, 23. Oktober 1891: «Wie mit einem Zauberschlage hat nun die Lauffener Kraftübertragung, sowie überhaupt die Frankfurter Ausstellung die Sachlage verändert.»

⁵³ SBZ, 3. Oktober 1891, S. 87.

⁵⁴ Kuhn Thomas S.: Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen, Frankfurt a. M. 1988, S. 80.

⁵⁵ Zum folgenden Siegenthaler Hansjörg: Regelvertrauen, Prosperität und Krisen: Die Ungleichmässigkeit wirtschaftlicher und sozialer Entwicklung als Ergebnis individuellen Handelns und sozialen Lernens, Tübingen 1993, Kapitel 7 «Technischer Fortschritt als Struktur- und Kapitalbildung». Ferner Laudan Rahel: The Nature of technological Knowledge, Dordrecht 1984. Die Implementierung der neuen Technik in Handwerksbetriebe wurde in Frankfurt unter anderem am Beispiel von elektrischen Misch-, Knet-, Näh-, Stick-, Schleif- und Holzbearbeitungsmaschinen in Werkstattumgebung vorgeführt. «Eine neue Zeit ..!» (wie Anm. 24), S. 149-156.

⁵⁶ Siegenthaler (wie Anm. 55), Kapitel 7.

- ⁵⁷ Siehe die Rede von Emil Rathenau am 14. September 1891 in Lauffen, zit. in: «Eine neue Zeit ..!» (wie Anm. 24), S. 289 und den unten zitierten Artikel von Emil Huber SBZ, 26. Dezember 1891, S. 162—164.
- ⁵⁸ Elektrizität (wie Anm. 18), S. 3.
- ⁵⁹ Latour Bruno: *Science in Action. How to Follow Scientists and Engineers through Society*, Cambridge, Mass. 1987, S. 130—131.
- ⁶⁰ SBZ, 3. Oktober 1891, S. 87.
- ⁶¹ Will Eduard: *Denkschrift über die 25-jährige Entwicklung der Aktiengesellschaft Bernische Kraftwerke*, Bern 1924, S. 6—7. Zu den alternativen Übertragungssystemen SBZ, 4. Januar 1890, S. 4—6; 11. Januar 1890, S. 7—9; 18. Januar 1890, S. 13—14. Ferner Wyssling (wie Anm. 5), S. 6, 22 und 26.
- ⁶² Will (wie Anm. 61), S. 7.
- ⁶³ Vortrag vom 23. September 1891 in der «Krone» vor dem Handwerkerverein Biel. Bourquin Werner: *Oberst Eduard Will. 1854—1927. Gründer der Bernischen Kraftwerke*, Biel 1949, S. 25.
- ⁶⁴ SBZ, 23. Mai 1891. «Eine neue Zeit ..!» (wie Anm. 24), S. 38.
- ⁶⁵ Wüest Conrad: *Elektrische Ausstellung in Frankfurt a. M., Aarau 1892*, S. 44—45. Hervorhebungen D.G.
- ⁶⁶ Wüger Hans: *75 Jahre Drehstrom*, NZZ 24. August 1966, Beilage Technik.
- ⁶⁷ Amtliches stenographisches Bulletin der schweizerischen Bundesversammlung, Bern 1894, S. 321—325. «Frankfurt» wurde auch noch gute zwanzig Jahre später in einer erneuten parlamentarischen Wasserrechtsdebatte als Schlüsselereignis dargestellt. Nationalratssitzung vom 20. September 1915. *Stenographisches Bulletin 1915*, S. 166.
- ⁶⁸ Elektrizität (wie Anm. 18), S. 978.
- ⁶⁹ SBZ, 26. Dezember 1891, S. 162—164. Vgl. auch Offizieller Bericht über die Internationale Elektrotechnische Ausstellung in Frankfurt am Main 1891, 2 Bde, Frankfurt a. M. 1893/1894.
- ⁷⁰ NZZ 285 II, 12. Oktober 1891.
- ⁷¹ Der Bund 274, 5. Oktober 1891; Der Bund 277, 7. Oktober 1891; Der Bund 289, 19. Oktober 1891; Der Bund 293, 23. Oktober 1891; NZZ 241 S, 23. August 1891; NZZ 314 b, 10. November 1891; ferner Schär Oskar: *Die Verstaatlichung der schweizerischen Wasserkräfte*, Basel 1905, S. 7—13. Will spricht von einer «wahren Jagd nach Wasserrechtskonzessionen», Will (wie Anm. 61), S. 3.
- ⁷² Berechnet nach Wyssling (wie Anm. 5), S. 174—204.
- ⁷³ Dieser Prozess stellt zwar einen strukturellen Wandel dar, blieb jedoch keineswegs irreversibel. Figur 2 wurde nach Wyssling (wie Anm. 5), S. 174—204 berechnet.
- ⁷⁴ Dazu zählen Wynau (2.2 MW), Montbovon (4 MW), Chèvres (4.4 MW), Rheinfelden (12.4 MW) Spiez (3.3 MW), Hagneck (3.8 MW). Wyssling (wie Anm. 5), S. 174—204.
- ⁷⁵ Zit. nach Furrer A.: *Volkswirtschafts-Lexikon der Schweiz*, Bd. 3, Bern 1892, S. 406ff. Zur Freiland-Bewegung Bd. 3 1892, S. 173—174 und Bd. 3, Bern 1891, S. 99—102. Ferner Schär (wie Anm. 71).
- ⁷⁶ NZZ 314 b, 10. November 1891.
- ⁷⁷ Zum Vernehmlassungsverfahren siehe Bundesarchiv E 56.3.
- ⁷⁸ Wyssling (wie Anm. 5), S. 174—181.
- ⁷⁹ Bulletin (wie Anm. 67), S. 321—323.
- ⁸⁰ Bulletin (wie Anm. 67), S. 321—323.
- ⁸¹ Vgl. Jegher A.: *Bericht über die Wasserverhältnisse der Schweiz*, Bern 1894.
- ⁸² Das Bundesgesetz vom 22. Dezember 1916 über die Nutzung der Wasserkräfte (Wasserrechtsgesetz) trat nach über zehnjähriger Debatte — nicht zuletzt aufgrund des künftigen Strombedarfs der Schweizerischen Bundesbahnen — auf den 1. Januar 1918 in Kraft.