

David Gugerli: "Translationen" der elektronischen Übertragung. Ein Beitrag zur Revision der Geschichte technischer Innovationen. In: Bettina Heintz, Bernarhard Nievergelt (Hg.): Wissenschafts- und Technikforschung in der Schweiz: Sondierungenm einer neuen Disziplin, Zürich: Seismo Verlag 1998, p. 195 - 211.

David Gugerli

### «Translationen» der elektrischen Übertragung

Ein Beitrag zur Revision der Geschichte technischer Innovationen

In meiner Studie «Redeströme. Zur Elektrifizierung der Schweiz 1880-1914» habe ich einen Ansatz erprobt, der sich gleichzeitig über sozialen Konstruktivismus und technischen Determinismus stellt. Um Elektrifizierung als Diffusionsprozess erklären zu können, schien es mir gewinnbringend, ihm im Medium seiner diskursiven Vermittlung nachzugehen und so jene Verhandlungsforen zu rekonstruieren, welche sowohl gesellschaftliche Anpassungsleistungen an die neue Technik, wie auch die unterschiedlichsten Adaptationen von Bogenlampen, Motoren, Generatoren, Turbinen, Leitungen und Apparaten an die politische, wirtschaftliche und kulturelle, eben: gesellschaftliche Realität der Schweiz ermöglicht haben. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass Elektrifizierung weder ein autodynamischer Siegeszug der Elektrotechnik, noch das Produkt einer die Hardware beliebig modellierenden sozialen Konstruktion gewesen ist. Um soziotechnische Entwicklung verstehen zu können, bedarf es einer permanent zwischen «Gesellschaft» und «Hardware» oszillierenden historischen Betrachtungsweise.

Im ausgehenden 20. Jahrhundert kann die Geschichte grosser Ereignisse – ebenso wie die Geschichte grosser Männer – höchstens noch als ein längst überwundenes Paradigma der Historiographie ihr bescheidenes Dasein fristen. Was die unbarmherzigen Besen der Struktur- und Sozialgeschichte davon noch nicht ausgekehrt hatten, wurde in den vergangenen Jahren von der Kulturgeschichte endgültig entsorgt. Ihr allerletztes, ebenso hartnäckig behauptetes wie offensichtlich obsoletes Réduit bildet nur mehr die Technikgeschichte: hartnäckig, weil einzig noch in ihr das Strickmuster einer Geschichte grosser Erfinder und Erfindungen Urständ feiern kann, und doch gleichzeitig obsolet, weil die jüngste Entwicklung in der Wissenschafts- und Technikforschung längst Wege eingeschlagen hat, die problemlos an diesem Réduit vorbeiführen.

Spätestens seit Bruno Latour und andere Wissenschaftshistoriker eine auch für die Technikgeschichte brauchbare Akteur-Netzwerk-Theorie formuliert

haben (Latour 1987), muss selbst der von den Ökonomen seit mehr als einem halben Jahrhundert bewunderte Schumpetersche Dreisprung von der Invention über die Innovation zur Diffusion im luftleeren Raum hängen bleiben (Schumpeter 1939). Er konnte schon immer nur dann erfolgreich zu Ende geführt werden, wenn man bereit war, mit einem Grossteil der traditionellen wirtschafts- und technikgeschichtlichen Literatur einen technischen Determinismus zu postulieren. Technische Artefakte erhalten hier von einem mythologisch überhöhten Erfinder oder Innovator einen solchen Schub, dass sie dem Labor oder der Werkstatt entschweben und sich selbständig über die ganze Welt verbreiten. Unter solchen Maximen können technische Artefakte nach ihrer Erfindung sogar ohne Menschen, ohne Gesellschaft existieren.<sup>1</sup> Daher die grossen Debatten darüber, wer zuerst etwas erfunden habe und wann eine Innovation nun wirklich erfolgt sei. Denn um dem traditionellen Diffusionsmodell eine gewisse Glaubwürdigkeit zu erhalten, muss einerseits die Zahl der am «Erfindungsprozess» beteiligten Personen so stark wie möglich eingeschränkt werden und bedarf es andererseits kanonischer Ereignisse und Heiligenfiguren der Innovation. Es fehlte sonst der archimedische Punkt, von dem aus die Welt – mit Hilfe der neuen Technik – aus ihren Angeln gehoben werden kann (Latour 1983: 141-170).

Dieses Problem ist natürlich nicht nur von Latour erkannt worden. Gelöst wurde es aber nur scheinbar – indem man es einfach umging. Das machen gerade die zahlreichen innovationstheoretischen Publikationen der sogenannten Neoschumpeterianer um Christopher Freeman, Gerhard Mensch und Giovanni Dosi deutlich. Sie haben die Schwäche des Schumpeterschen Modells nicht etwa bei der Diffusion geortet, sondern sich vorab um eine Neukonzeption der Basisinnovationen bemüht und denselben (sinnvollerweise) Verbesserungsinnovationen zur Seite gestellt (Mensch 1972). Die zunehmende Verknüpfung der Debatte über technische Entwicklungspfade mit der Diskussion um lange Wellen hatte jedoch zur Folge, dass der Blick der Neoschumpeterianer eher rückwärts, hin zur Erfindung von technischen Artefakten und zu den «swarms of innovations» gewendet war und letztlich kaum in Richtung «Diffusion» gelenkt wurde (Freeman 1984).

- 1 «Der Lauf der Dinge liess sich nicht mehr bremsen.» Niederer 1991/1992, hier 1991: 443.
- 2 Dieses Muster wiederholt sich jedenfalls auch noch in der Computergeschichte des ausgehenden 20. Jahrhunderts. Siehe etwa die Bill Gates- und Microsoft-Hagiographie von Daniel Ichbiah, Ichbiah 1994.

Dennoch kann nicht übersehen werden, dass «grosse Ereignisse» und «grosse Männer» als orientierungsstiftende Konstrukte in der Unübersichtlichkeit technischen Wandels wichtige Funktionen erfüllt haben und erfüllen.<sup>2</sup> Die Untersuchung technikgeschichtlicher «Meilensteine» vermag deshalb dann immer noch gewinnbringend sein, wenn man diese nicht hinsichtlich ihres «Wahrheitsgehalts» überprüft, sondern vielmehr danach trachtet, sie als in kommunikativen Prozessen ausgehandelte und abgesicherte mentale Konstrukte zu verstehen. Wenn es üblich gewesen ist, technische Entwicklung an grossen Ereignissen festzumachen, dann muss dies seine angebbaren Gründe haben – Gründe, die durchaus erhellend sein können für das Verständnis der technikhistorischen Entwicklung selber. Ein solcher methodischer Ansatz, der technischen Wandel letztlich als kommunikatives Problem behandelt, gewinnt nämlich nicht nur entscheidende Freiheitsgrade in der Beobachtung soziotechnischer Phänomene im allgemeinen, sondern kann sich gerade in der kritischen Revision der Möglichkeit und Bedingung grosser Ereignisse von techniddeterministischen Vorstellungen ein letztes Mal emanzipieren.<sup>3</sup>

Im Zentrum der folgenden Überlegungen<sup>4</sup> steht deshalb die Frage nach der Wirkungsmacht eines «grossen Ereignisses» im Verlauf der Elektrifizierung der Schweiz. Dabei geht es mir darum, die Vielzahl von Übersetzungen und Verschiebungen – Translationen (Latour 1987: 132-144) eben – freizulegen, welche sich in den sich überkreuzenden und wechselseitig verstärkenden Diskursen von Experten, Journalisten, Technikern und Unternehmern so zu einem festen Assoziationscluster verdichteten, dass sich aus ihnen ein soziotechnisches Paradigma bilden konnte, welches zukunftsweisend und handlungsleitend sein sollte für zahlreiche weitere «Anschlüsse». Die Verschiebung von Aufmerksamkeitsregeln und die Übersetzung bestehender Interessen in neue aber gemeinsame Interessen immer grösserer Kreise erscheint dabei als wichtigste Folge der Konstruktion eines kanonischen Ereignisses in der Geschichte der Elektrotechnik. Der zunehmend verpflichtende Bezugspunkt hat offenbar entscheidende Folgen für den Aufbau einer verbindlichen technischen Praxis und damit für deren Diffusion und Verbreitung gehabt.

Vgl. auch die kritische Untersuchung des «charismatischen Ingenieurs» am Beispiel Seymour Crays von Donald MacKenzie und Boeli Elzen, MacKenzie/Elzen 1996.

4 Es handelt sich um einen leicht überarbeiteten Abschnitt aus Gugerli 1996: 64-76.

3 In ähnlicher Absicht siehe auch bereits Gugerli 1994. Zum technischen Determinismus siehe Smith/Marx 1994.

## 1 Die Lehrbuchgeschichte

Die berühmteste elektrische Kraftübertragung in der Schweiz der 1880er Jahre wurde von der Maschinenfabrik Oerlikon Ende 1886 zwischen Kriegstetten und Solothurn installiert. «Diese klassisch gewordene Anlage war von besonderer Bedeutung, weil an ihr zum erstenmal der Beweis eines wirtschaftlich befriedigenden Wirkungsgrades erbracht wurde», kommentierte der ETH-Professor und Elektropionier Walter Wyssling, während die Firmengeschichte der Maschinenfabrik Oerlikon behauptete, dank der Anlage sei sogar «eine Reihe von grundlegenden Fragen (...) mit einem Male gelöst» worden. Eine «Pionierleistung, die internationales Aufsehen erregte», oder «ein voller Erfolg» sind weitere Qualifikationen, welche in der Literatur für diese Kraftübertragung verwendet werden, «a landmark in the history of electric power transmission» hat sie die englische Zeitschrift «Electrical World and Engineer» genannt (Wyssling 1946: 22; Wegmann 1920: 65; Lang 1987: 12; Ziegler 1937: 9. *Electrical World and Engineer*, 16. November 1901: 809).

«Kriegstetten-Solothurn» bietet jedenfalls für Lehrbücher eine spannende Innovationsgeschichte: mit heroischem Unternehmer, brillantem Techniker und geschicktem Mechaniker, mit Risikobereitschaft, Erfindergeist und handwerklicher Kunst.<sup>5</sup> Joseph Müller-Haiber, Gründer der «Sphinx-Werke» in Solothurn, suchte Mitte der 1880er Jahre die Wettbewerbsfähigkeit seines für die Uhrenindustrie arbeitenden Betriebs zu erhöhen. Er brauchte dazu einen regelmässigen, ruhiglaufenden Antrieb, wie er etwa von einer Turbine, vielleicht aber auch von einem Elektromotor, geliefert werden konnte, weil die Rüttelschwingungen einer lokalen Dampfmaschine – die übliche Alternative zur Wasserkraft – keine Präzisionsarbeit an den Drehbänken erlaubten (Lang 1992: 24–25). Zusätzliche Wasserkraft war jedoch in Solothurn nicht zu erhalten. Am 2. Januar 1886 konnte Müller-Haiber in der Schweizerischen Bauzeitung lesen, dass Marcel Deprez mit immer grösserem Erfolg an elektrischen Kraftübertragungseinrichtungen arbeite. So sei es dem französischen Ingenieur gelungen, mit 67% Nutzeffekt eine nur unvollständig ausgenützte Wasserkraft in der Nähe von Grenoble über

5 Siehe den Reader von Newton Copp und Andrew Zanella mit dem verheissungsvollen Titel «Discovery, Innovation, and Risk». Copp/Zanella 1993.

6 Schweizerische Bauzeitung (im folgenden: SBZ) 2. Januar 1886: 5.

Weitere frühe Artikel zum Problem der elektrischen Kraftübertragung, welche die Schweizerische Bauzeitung publizierte: SBZ 6. Januar 1883: 10; SBZ 17. März 1883: 73; SBZ 8. Dezember 1883: 149–150; SBZ 5. Januar 1884: 5–6; SBZ 5. April

1884: 84; SBZ 22. November 1884: 132–134; SBZ 28. März 1885. Zu den Experimenten Deprez' in Grenoble und Creil siehe Boulanger 1883; Cabanellas 1885; Lévy 1886; Caron/Cardot 1991: 314–315 und 320–324.

eine Distanz von 14 km elektrisch zu übertragen.<sup>6</sup> Diese lokalen Verhältnisse glichen jenen in Solothurn, denn nur 8 km von Müller-Haibers Produktionsstandort entfernt, in Kriegstetten, befand sich ein unvollständig genutztes Kraftwerk. Die in den «Sphinx-Werken» fehlende Antriebskraft wäre also, schenkte man den Berichten von Deprez' Erfolg Glauben, von Kriegstetten aus elektrisch übertragbar, und in Solothurn liessen sich zusätzlich benötigte Decolletage-Drehbänke elektrisch, vor allem aber stossfrei und mit konstanter Drehzahl antreiben.<sup>7</sup>

Die Geschichte passt auch weiterhin ins Lehrbuch. Der innovationsbereite, gut informierte Unternehmer wurde von einem jungen, ehrgeizigen und brillanten Techniker unterstützt, der Feuer und Flamme für das Projekt war: «(...) geht die Sache gut, so bin ich ein gemachter Mann, denn eine solche Leistung wurde bis jetzt auch nur annähernd von niemandem erreicht», schrieb der 23jährige Charles Brown, der eben erst die Leitung der elektrotechnischen Abteilung der Maschinenfabrik Oerlikon übernommen hatte, an seinen Vater.<sup>8</sup> Und zum Techniker gesellte sich der Mechaniker Josef Meyer, der für den Antrieb der Dynamomaschinen von Charles Brown in Kriegstetten eine vertikalachsige Turbine der Bauart Girard herstellen würde.<sup>9</sup> Ein Innovationstrio, das sich sehen lassen konnte und das sich vor allem, wie zu beschreiben sein wird, in Szene zu setzen wusste. Im Dezember 1886, nur sieben Monate nach dem Bestellungseingang Müller-Haibers, flossen die benötigten 30 bis 50 PS, elektrisch übertragen, von Kriegstetten nach Solothurn.

## 2 Warum Kriegstetten-Solothurn ?

Lehrbuchgeschichten haben den Nachteil, dass sie ihre einfache Schönheit rasch verlieren – bei näherer Betrachtung wird die Sache oft recht kompliziert. «Die ersten» sind in der Technikgeschichte nie wirklich die ersten gewesen. So hatte auch die Pioniertat von Müller-Haiber ihre Vorläufer. Kraftübertragungen wurden, nicht nur in der Schweiz, schon früher realisiert. Zu erwähnen sind vor allem die Übertragungseinrichtungen an der Landesausstellung von 1883 in Zürich

7 «Bei Übernahme der Anlage war als eine Hauptbedingung möglichst constante Tourenzahl bei variabler Beanspruchung vorgeschrieben». Brown 1887: 171.

8 Charles Brown, zit. nach Lang 1992: 24. Siehe auch Lang 1987: 15.

9 Zum Turbinenbau siehe Schnitter 1992.

und jene von 1884 in Biel. Letztere wurde mehr als zwei Jahre vor der Kriegstetterner Anlage vom nicht minder «genialen» Techniker René Thury in Betrieb genommen und damals ebenfalls als die «bedeutendste» angesehen. Zum schmückenden Beiwort «klassisch» hat sie es nie gebracht.<sup>10</sup> Thury hat seine Anlage publizistisch so mangelhaft auszuwerten gewusst, dass nicht einmal der Name der Bieler Drahtzieherei, welche die Anlage in Auftrag gegeben hatte, standardisiert in die Literatur eingegangen ist.<sup>11</sup> Auch die 1887 von René Thury erstellte elektrische Kraftübertragungseinrichtung von einem Wasserkraftwerk an der Engelberger Aa für die Bürgenstock-Betriebe fand in der Öffentlichkeit relativ wenig Beachtung (Wyssling 1946: 22; Schnitter 1992: 153-154).

Das *epitheton ornans* «klassisch», mit dem die elektrische Übertragungseinrichtung zwischen Kriegstetten und Solothurn bedacht wurde, ist also erklärungsbedürftig. Was hat die Anlage zu einem für nachfolgende Kraftübertragung verbindlichen Paradigma<sup>12</sup> gemacht und welche Wirkung hatte ihre Kanonisierung auf die Entwicklung elektrischer Kraftübertragung in der Schweiz?

Der Grund für den Erfolg der Übertragungseinrichtung zwischen Kriegstetten und Solothurn findet sich, das kann nicht oft genug betont werden, keineswegs hinreichend bestimmt in den überdurchschnittlichen intuitiven und rechnerischen Fähigkeiten Charles Browns<sup>13</sup> oder etwa in der «geradezu mustergültigen magnetischen Disposition»<sup>14</sup> seiner Maschinen. Ebenso falsch wäre die Vorstellung, die Maschinenfabrik Oerlikon hätte ihr Produkt dank einer ausserordentlich intensiven Werbekampagne dem Markt aufzwingen können. Was wir bei einem genaueren Studium der Quellen entdecken, ist vielmehr eine erstaunliche Parallele zu der von Bruno Latour beschriebenen «Pasteurisierung Frankreichs» (Latour 1983: 163; Latour 1988): Im Spannungsfeld zwischen Oerlikoner Zeichensaal und Maschinenhalle, Kriegstetterner Kraftwerk und Solothurner Drehbänken wurden in einer von der Publizistik<sup>15</sup> zunehmend sensibilisierteren technischen Öffentlichkeit Differenzen zwischen Innen (Fabrik) und Aussen (Installation) aufgelöst,

10 «Die bedeutenste electriche Transmission, welche bis jetzt in der Schweiz ausgeführt wurde, ist die von der Genfer Firma de Meuron et Cuénod im Etablissement der HH. Blösch-Neuhaus & Cie. in Biel soeben vollendete Anlage, welche eine Wasserkraft von 30 Pferden vermittelt Kupferdrähten von nur 7 mm Durchmesser auf eine Entfernung von 1200 m überträgt.» SBZ 5. April 1884: 84.

11 Wyssling 1946: 22 spricht von der Firma Blösch-Schwab & Cie., Bourquin 1949: 24 wieder von «Blösch, Neuhaus & Cie in Bözingen». Siehe auch Neue Zürcher Zeitung (im folgenden: NZZ) 76 M, 17. März 1894 (Drahtfabrik Blösch, Schwab & Cie.).  
12 «Unter Paradigma verstehe ich allgemein anerkannte wissenschaftliche Leistungen, die für eine gewisse Zeit einer Ge-

meinschaft von Fachleuten massgebende Probleme und Lösungen liefern.» Kuhn 1988: 10. Hervorhebung D. G. Siehe dazu auch Gutting 1984.

13 Ich beziehe mich auf den «keen penetrative insight into the principles that lie at the root of all electrical designs», der Charles Brown eigen gewesen sein soll. Electrical World 16. November 1901: 809.

14 So das Centralblatt für Elektrotechnik 1887: 159.

Grössenverhältnisse erfolgreich verändert sowie Aufmerksamkeitsregeln so verschoben, dass zwischen den Maschinen, den Konstrukteuren, den Maschinenfabriken sowie den potentiellen Anwendern ganz neue und unerwartete Allianzen entstehen konnten. Daher die Notwendigkeit einer «klassischen» Anlage. Hatte man einmal eine Anlage mit paradigmatischem Charakter erstellt und deren Bezug zum Fabrikationsort regelhaft beschrieben, dann war die «Elektrifizierung der Schweiz» nichts anderes mehr als die massstabsgetreue Ausdehnung der einen Werkstatt auf die ganze Schweiz. Sämtliche elektrischen Kraftübertragungseinrichtungen liessen sich dann vom elektrotechnischen Labor bzw. von den Montagehallen der Maschinenfabrik Oerlikon aus modellieren, berechnen und kontrollieren. Wenn in Kriegstetten und Solothurn also glaubwürdig gezeigt werden konnte, dass zwischen der Werkstatt und der installierten Anlage nur durch Rechen- und Zeichenarbeit überwindbare Dimensionsunterschiede lagen, dann war den Elektrotechnikern ein machtvolles Elektrifizierungsinstrument in die Hand gegeben: Die Kriegstettener Erfahrungen waren in standardisierter Form auf andere Anwendungsorte übertragbar.<sup>16</sup>

### 3 Erste Expertenkommission und erste Übersetzung

«Eine Kraftübertragung haben wir in Solothurn auszuführen. Es sind 30 bis 50PS auf 8000m zu übertragen und ein Nutzeffekt von 65% zu garantieren, ansonsten die ganze Geschichte nicht angenommen wird. *Dass ich da noch viel zu rechnen und zu zeichnen habe*, werden Sie begreifen», schrieb Charles Brown im Sommer 1886 einem Geschäftsfreund.<sup>17</sup> Das Ergebnis von Browns Rechen- und Zeichenarbeit, das mathematisch-physikalische *Schreibtischartefakt* in Form von Plänen, Kurven und Tabellen, wurde in der Werkstatt der Maschinenfabrik Oerlikon zunächst in ein *Werkstattartefakt* verwandelt. Man hätte es in diesem Zustand

15 In allen wichtigen Fachblättern, aber auch in der Tagespresse, wurde die Anlage von Kriegstetten-Solothurn ausführlich und wiederholt besprochen. Siehe etwa SBZ 24. September 1886: 156-158; SBZ 22. Januar 1887: 27; Centralblatt für Elektrotechnik (7) 1887: 157-172; London Engineering 11. März 1887; NZZ 24 I, 24. Januar 1888; NZZ 28, 28. Januar 1888.

16 Diese Generalisierbarkeit von Einzelfällen sollte in der Elektrifizierung

der Schweiz auch später von Bedeutung sein. «Die für Chaux-de-Fonds und Locle gefundenen Ergebnisse lassen sich in Analogie unmittelbar auf eine Reihe anderer schwebender Projekte anwenden und gestatten diese letztern hinsichtlich ihrer technischen und finanziellen Durchführbarkeit zum Voraus zu beurteilen und namentlich allzu sanguinische Hoffnungen betreffend die Rentabilität derartiger Unternehmungen

auf ihr richtiges Mass zurückzuführen.» SBZ 15. Juni 1895: 168.

17 Zit. nach Lang 1987: 15. Hervorhebung D. G.

durchaus direkt nach Kriegstetten und Solothurn transportieren und die Anlage an ihrem Bestimmungsort in Betrieb nehmen können. Um die Kriegstettener Anlage aber zum Paradigma aufwerten zu lassen, musste die an ihr geleistete Rechen-, Zeichen- und Konstruktionsarbeit mindestens von einem erweiterten Teil der Technikergemeinschaft als mustergültig akzeptiert werden. Diese doppelte Metamorphose von der Rechen- und Zeichenarbeit zur Konstruktion und vom Objekt zum Paradigma konnte Charles Brown nur durch eine entsprechende Sensibilisierung der technischen Öffentlichkeit erreichen. «Bevor die electrischen Maschinen aus der Werkstatt in Oerlikon an ihre Bestimmungsorter abgingen, liess die Maschinenfabrik Oerlikon im November 1886 (...) einige Versuchsreihen vornehmen, welche die Grösse des zu erwartenden Nutzeffectes der Arbeitsübertragung fixiren und die Beantwortung einiger für den Betrieb der zu erstellenden Anlage wichtiger Fragen geben sollten.» (SBZ 7. Januar 1888: 1)

Jede grössere Maschine wird in der Fabrik auf ihre Funktionstüchtigkeit hin untersucht, bevor sie ausgeliefert wird. Selten allerdings bemüht man dazu, wie es Charles Brown und P. E. Huber-Werdmüller getan haben, eine illustre Expertenkommission, die ihre Messresultate unter den wachsamen Augen einer kritischen Öffentlichkeit durchführt. Jeder, der in der jungen Welt der Elektrotechnik Rang und Namen hatte, wurde nach Oerlikon geladen. Unter den zehn «Geschworenen», welche Charles Browns Arbeit zu beurteilen hatten, befanden sich etwa der Polytechnikum-Professor Heinrich Friedrich Weber, die damals wohl höchste Autorität der Schweiz überhaupt in Elektrotechnik, Professor Jakob Amsler-Laffon als Erfinder und Fabrikant von Präzisionsinstrumenten, der Ingenieur Gustav Naville-Neher als Spezialist im Turbinenbau und als Vertreter des Vereins Schweizerischer Maschinenindustrieller,<sup>18</sup> sowie der Chefredaktor der Schweizerischen Bauzeitung als Brücke zur technischen Öffentlichkeit.<sup>19</sup> «Die angestellten Versuche ergaben, dass im Mittel 70% der in die primären Maschinen eingeführte Arbeit an der secundären Station als Nutzarbeit ausgegeben wurde, dass die Geschwindigkeit in der Secundärmaschine nahezu gleich der Geschwindigkeit in der Primärmaschine war und dass die Geschwindigkeit der secundären Maschine selbst bei stark wechselnder Arbeitsleistung fast constant blieb, falls nur die primäre Maschine mit constanter Geschwindigkeit angetrieben wurde.» (SBZ 7. Januar 1888: 1) Genau diese Bedingungen hatte Müller-Haiber verlangt und sein

18 Zu Weber siehe bereits Weiss 1912, zu Jakob Amsler-Laffon (1823-1912) siehe Amsler/Erismann 1993, zu Gustav Naville-Neher (1848-1929) Schmid/de Mestral 1960.

19 Walter Boveri, der Charles Brown als «Delegierter des Geschäftes» in Solothurn vertreten hat (siehe Boveri 4. Oktober 1887: 11), findet keine Erwähnung.

Techniker ihm versprochen. Der Unternehmer konnte mehr als nur zufrieden sein. Anders Charles Brown: Auch wenn das Resultat der Untersuchungskommission besser als erwartet ausgefallen war, so musste ihn die Wirkung ihres Berichts enttäuschen, denn es war den Experten nicht gelungen, die schweizerische Technikerwelt vollständig zu überzeugen.

#### 4 Zweite Expertenkommission und zweite Übersetzung

Zwar waren die Oerlikoner Versuche unter möglichst gleichen Bedingungen durchgeführt worden, wie sie später zu erfüllen waren,<sup>20</sup> aber alle Zweifel konnten dennoch nicht ausgeräumt werden. Heinrich Weber fasste die Einwände wie folgt zusammen: «Von der einen Seite wurde hervorgehoben, dass der in Oerlikon erzielte mittlere Nutzeffect der Arbeitsübertragung nicht ohne weiteres als Nutzeffect der functionirenden Anlage Kriegstetten-Solothurn betrachtet werden dürfe, da in den Oerlikoner Versuchen die beiden Maschinengruppen durch einen verhältnissmässig kurzen, wohl isolirten Eisendraht verbunden waren, in der functionirenden Anlage aber die primäre und secundäre Station durch eine oberirdische 8 km lange Leitung aus nacktem Kupferdraht verbunden sein sollen; die letztere dürfte aber bei weitem nicht jene vollkommene Isolation darbieten, welche sich in den Oerlikoner Versuchen fast mühelos erreichen liess. Andererseits äusserte man starke Zweifel, ob wohl die benutzte Messmethode zur Bestimmung der von der primären Maschine aufgenommenen und der von der secundären Maschine abgegebenen Arbeit derart gehandhabt worden wäre, dass alle störenden Einflüsse zur Kenntniss gekommen und in vollem Umfange berücksichtigt worden wären.» (SBZ 7. Januar 1888: 1) Gerade auf die wissenschaftlich gestützte Feststellung des Nutzeffekts seiner Anlage und auf die Möglichkeit, deren Funktionstüchtigkeit bereits *in der Werkstatt* feststellen zu können, musste es Charles Brown aber ankommen. Seine Anlage konnte nur Paradigma werden, wenn ihre Leistungsfähigkeit öffentlich anerkannt wurde; nur dann würde sie es schaffen, eine generalisierbare Orientierung für die technische Praxis zu stiften.

Wenigstens eines hatte Brown erreicht: Nach den Oerlikoner Versuchen vom 29. November 1886 stand das Innovationstrio Müller-Haiber, Brown und

20 «The tests were made in the works of Mr. Brown on conditions as nearly as possible equal to those to be fulfilled later on.» London Engineering 11. März 1887, zit. nach Electrical

World and Engineer 16. November 1901: 809.

Meyer<sup>21</sup> nicht mehr allein da. Es hatte innerhalb der Expertenkommission mehrere Verbündete gefunden, die seine Überzeugungen teilten. Amsler-Laffon zum Beispiel, der Berichterstatter, hatte nun seinerseits ein Interesse daran, die Glaubwürdigkeit seiner Untersuchungsmethoden unter Beweis zu stellen. Die Ehrenrettung der Anlage Browns diente auch der Ehrenrettung der Professoren Amsler-Laffon, Weber und Veith. «Der einseitige Character der Oerlikoner Messungen und die erwähnten Bemängelungen ihrer Resultate veranlassten Herrn Amsler, die Maschinenfabrik Oerlikon einzuladen, zur Klarstellung der Thatsachen weitere Versuche über die Leistungsfähigkeit ihrer Maschinen bezüglich der electricischen Arbeitsübertragung vornehmen zu lassen, welche nach zwei Seiten hin vollständiger und zuverlässiger sein sollten, als die Oerlikoner Messungen: erstens sollten sich die neuen Messungen auf *alle* Grössen erstrecken, welche im Prozesse der electricischen Arbeitsübertragung auftreten, auf die mechanischen sowol als auch auf die electricischen, und zweitens sollten die neuen Versuche *an der in Thätigkeit befindlichen, seit Monaten functionirenden Anlage* ausgeführt werden, damit die gewonnen Resultate als Ausdruck der wirklichen Leistungsfähigkeit der Maschinen und der Leitung ausgelegt werden müssten.» (SBZ 7. Januar 1888: 1)

Die zweite Kommission einigte sich darauf, «dass in den neuen Messungen alle electricischen und mechanischen Grössen beobachtet werden sollten, dass Herr Amsler es übernehmen, die Instrumente und Messmethoden zur Ermittlung der mechanischen Arbeiten zu beschaffen und dass der Berichterstatter (H. F. Weber) unter Benutzung der reichen Hilfsmittel des electricischen Laboratoriums im eidgenössischen Polytechnikum im Verein mit Herrn Hagenbach dafür sorgen möge, dass sämtliche in der electricischen Arbeitsübertragung auftretenden electricischen Grössen einer genauen Messung unterworfen würden.» (SBZ 7. Januar 1888: 1). Indem das Labor des Eidgenössischen Polytechnikums, welches in der Schweiz als bestausgestattetes elektrisches Labor galt,<sup>22</sup> in die Waagschale geworfen wurde, erhielt die zweite Versuchsreihe eine erhöhte Glaubwürdigkeit, wurde scheinbar aus dem privatwirtschaftlichen Interessenbereich herausgehoben und in die lautere Sphäre eidgenössischer Wissenschaft verlegt.

21 Tatsächlich spielte Josef Meyer – publizistisch – eine vollkommen untergeordnete Rolle. Nur in einem Aufsatz von Norbert Lang konnte er sich einen Platz wahren. Meyer gründete die Maschinenfabrik Meyer in Deitingen SO. Siehe Lang 1987: 12.

22 «Bis jetzt haben sämtliche deutschen Besucher des zürcherischen

electricischen Laboratoriums bekannt, ein besser ausgestattetes, vollständigeres electricisches Laboratorium sei an keiner deutschen polytechnischen Hochschule zu finden.» SBZ 20. Oktober 1883: 99. Dies eine öffentliche Selbstdarstellung aus der Feder von Heinrich Friedrich Weber.

Die neue Kommission führte ihre Messungen im Oktober 1887 durch, im Januar 1888 publizierte sie ihre Resultate, ebenfalls in der Schweizerischen Bauzeitung.<sup>23</sup> Sie tat dies mit einer Ausführlichkeit, die jeden Zweifel über die in der Untersuchung verwendete Sorgfalt im Keim ersticken musste. Weber beschrieb nicht nur die theoretischen Verhältnisse der Kraftübertragungsanlage, sondern erklärte auch die benutzten Messapparate und Messmethoden, um schliesslich «dem Leser einen vollen Einblick in den Verlauf der Beobachtungen und die Ableitungsweise der Beobachtungsergebnisse zu geben», indem er «die vollständigen Protocolle der einzelnen Beobachtungsgruppen» abdruckte.<sup>24</sup> Gefunden wurde ein sensationell hoher «Nutzeffekt der factischen Betriebsverhältnisse der Anlage» von 75%, unabhängig davon, ob die Messungen rein mechanisch oder elektrisch vorgenommen wurden. Auch Ingenieure, welchen die neuen elektrischen Messinstrumente wenig Vertrauen einflössten, konnten damit vom Nutzeffekt überzeugt werden.<sup>25</sup>

Für die Zukunft der elektrischen Kraftübertragung bedeutungsvoll war jedoch vor allem der Beweis, dass es, wie Weber schrieb, «künftig nicht mehr nöthig (ist), dass eine Anlage zur electricchen Arbeitsübertragung an Ort und Stelle und mitten im Betrieb untersucht werde, um ein sicheres Urtheil über deren Leistungsfähigkeit abzuleiten. Dazu ist vollkommen ausreichend, die primäre und die secundäre Dynamo *in derselben Localität* durch irgend eine gut isolirte Leitung mit einem Widerstande gleich dem Widerstande der für die Übertragung herzustellenden Leitung zu verbinden und an dieser Zusammenstellung *im Laboratorium der Maschinenfabrik die nöthigen Messungen vorzunehmen*. Diese *Einheit des Ortes der Messungen* vereinfacht aber das Messungsverfahren in hohem Grade, wie jeder bekennen wird, der einmal an Messungen theil nahm, welche gleichzeitig an mehreren entlegenen Orten ausgeführt werden sollten (...)» (SBZ 14. Januar 1888: 14). Die Grenzen zwischen den Bedingungen im Labor und jenen in der fertig installierten Anlage waren damit aufgelöst; installierbare und funktionsfähige Kraftübertragungsanlagen liessen sich nun auf dem Reissbrett des technischen Büros entwerfen, weil Heinrich Webers Messprotokolle die in Oerlikon

23 Der Bericht erschien auch im Centralblatt für Elektrotechnik (10) 1888: 164 - 174, 197 - 204 und 228 - 238.

24 SBZ 7. Januar 1888: 6. Zur Rolle von Messprotokollen als wissenschaftliches Aufschreibesystem siehe Gugerli 1997.

25 Gerade aus diesem Grund hatte die erste Kommission nur mechani-

sche Messungen vorgenommen

Brown 1887: 172 und London

Engineering 11. März 1887, zit.

nach Electrical World and Engineer

16. November 1901: 810.

berechneten, gebauten und in Solothurn und Kriegstetten installierten elektro-mechanischen Apparate wissenschaftlich einwandfrei und öffentlich nachvollziehbar wieder «in dieselbe Localität» zurückgeführt hatten, von der sie ausgegangen waren. Das hohe Risiko, welches die Maschinenfabrik Oerlikon mit den beiden unter wachsamen Augen der Öffentlichkeit arbeitenden Expertenkommissionen eingegangen war, hatte sich gelohnt. «Kriegstetten» hatte nicht nur gezeigt, dass Wasserkraft elektrisch übertragbar war – das wusste man schliesslich schon seit geraumer Zeit –, «Kriegstetten» hatte vielmehr die Möglichkeit geschaffen, die in der Kraftlieferung für Müller-Haibers Fabrik erworbenen Erfahrungen zu generalisieren und auf weitere ähnliche Anlagen zu «übertragen».

## 5 Absicherungen: Die technische Öffentlichkeit

Diese «Übertragbarkeit der Übertragbarkeit», die Generalisierbarkeit der in Kriegstetten installierten Anlage wurde sowohl von der Tages- und Fachpresse wie auch durch zahlreiche Vorträge gesichert. Sie sollten das Kriegstettener Paradigma verbreiten, so anlässlich der Generalversammlung des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins, welche 1887 in Solothurn stattfand. Zwei Referenten befassten sich mit Kraftübertragung: Der eine, Viktor Wietlisbach, Privatdozent am Eidgenössischen Polytechnikum, sprach «Über die neuere Gestaltung der electrischen Beleuchtung und der Kraftübertragung in der Praxis», der andere, Charles Brown, über «Die electrische Kraftübertragung zwischen Kriegstetten und Solothurn». Und beide Vorträge wurden, für jene Ingenieure, die nicht nach Solothurn gereist waren, in der Schweizerischen Bauzeitung publiziert.<sup>26</sup> Wietlisbach blieb in seiner Beurteilung der Möglichkeiten elektrischer Kraftübertragung eher skeptisch, auch wenn er in der «Kraftabgabe (...) für die Centralstationen für electrische Beleuchtung eine sehr erwünschte, man könnte fast sagen nothwendige Ergänzung» sah. Es müsse aber «constatirt werden, dass bisher noch keine Form gefunden» worden sei, «um solche Kraftübertragungen *allgemein nutzbar* zu machen; dabei wird nicht ausgeschlossen, dass sie in Ausnahmefällen vortheilhaft oder sogar nothwendig werden können. Herr Brown wird

26 SBZ 13. August 1887: 40-43 und SBZ 20. August 1887: 47-48. Wietlisbachs Vortrag wurde nicht nur gehört und publiziert, sondern auch gelesen und zitiert, siehe Bürkli-Ziegler 1887: 2.

27 SBZ 13. August 1887: 41. Hervorhebung D.G. Siehe auch Du Bois-Reymond A. 1889.

28 Boveri 1. November 1887: 22, Brief an Prof. Amsler-Laffon in Schaffhausen.

ein sehr schönes Beispiel einer solchen vorführen.»<sup>27</sup> Wietlisbach war und blieb skeptisch gegenüber der Generalisierbarkeit der Kriegstettener Anlage. Bei ihm war sie nur gerade ein «Ausnahmefall», ein «sehr schönes Beispiel». Charles Brown, der unmittelbar nach Wietlisbach vor dem gleichen Publikum sprach, hatte deshalb eine klare Aufgabe: Kriegstetten-Solothurn sollte in den Köpfen der anwesenden Ingenieure nicht nur als Durchbruch und Pioniertat dargestellt, sondern vor allem als zukunftsweisendes, generalisierbares Paradigma definiert werden (SBZ 20. August 1887: 47-48). Den gleichen Tenor findet man auch in einem Artikel Browns, den dieser im «Centralblatt für Elektrotechnik» veröffentlichte. Rund um «Kriegstetten» wurde eine beachtliche publizistische Maschinerie aufgebaut (Centralblatt für Elektrotechnik 1887: 169-172). Zur Not konnte man dazu auch den unter Brown arbeitenden Techniker Walter Boveri einsetzen, indem man ihn etwa in Lenzburg einen Vortrag über die Anlage zwischen Kriegstetten und Solothurn halten liess.<sup>28</sup> Auch er verwendete die Daten der Amslerschen Untersuchungskommission, auch er suchte in der Presse ein Echo zu finden, und wo er es nicht in der gewünschten Form fand – weil seine Ausführungen dem Berichterstatter der Neuen Zürcher Zeitung offenbar «ziemlich unverständlich geblieben» waren –, veranlasste dies den späteren Geschäftspartner Browns, die Referate «auf einen noch elementareren Boden zu stellen».<sup>29</sup> Weder die Brownsche Zeichen- und Rechenarbeit, noch die Oerlikoner Konstruktion, weder die Daten der ersten noch jene der zweiten Untersuchungskommission blieben der Öffentlichkeit vorenthalten. Vor der «Technischen Gesellschaft» in Zürich sprach Professor Escher «Über Verwendung der Wasserkraft in Kriegstetten zur Übertragung der Electricität nach Solothurn»; vor der «Naturforschenden Gesellschaft» referierte, bereits im Dezember 1887, Professor Weber und erläuterte die von ihm und seinen Mitarbeitern untersuchten «Leistungen der electricischen Arbeitsübertragung von Kriegstetten nach Solothurn».<sup>30</sup> Das Kriegstettener Paradigma wurde stetig, und zunehmend unabhängig von Charles Brown, mit Hilfe von Vorträgen und Presseberichten verbreitet. Das Paradigma war immer weniger an seinen «Schöpfer» gebunden und erfuhr dadurch auf diskursiver Ebene eine soziale Generalisierung.

Spätestens im Januar 1888, nachdem Webers Bericht über die zweite Messreihe erschienen war, hatte man auch die Neue Zürcher Zeitung überzeugen

29 Boveri 8. November 1887: 32, Brief an Jenni-Kunz, Präsident des aargauischen Industrie- und Handelsvereins.

1887: 105 und SBZ 31. Dezember 1887: 164-165.

30 Verhandlungen der Technischen Gesellschaft in Zürich, 1. Februar

können. «Die Zurückhaltung, die man sich in der Ausführung (elektrischer Arbeitsübertragungen) auferlegt hat, mag ihren Grund hauptsächlich darin finden, dass die Sache noch zu neu und der Wirkungsgrad dieser Anlagen ein bestrittener oder doch ein nicht streng wissenschaftlich festgestellter war. In dieser Richtung haben sich die Verhältnisse nun wesentlich abgeklärt. Herr Professor H. F. Weber am Polytechnikum zu Zürich, ein Elektriker von hervorragender Bedeutung, hat gemeinsam mit den Herren Prof. Amsler in Schaffhausen, Prof. Hagenbach-Bischoff in Basel, Prof. Veith in Zürich und Ingenieur Keller in Unterstrass im Oktober letzten Jahres genaue Messungen an der Arbeitsübertragung zwischen Kriegstetten und Solothurn vorgenommen.» Die Überzeugung der Neuen Zürcher Zeitung war, angesichts der «vorzüglichen Methode», der «streng wissenschaftlichen Durchführung» der Messungen, welche «das Gepräge strengster Objektivität und grösster Zuverlässigkeit» hatten, so vollkommen, dass sie Webers Bericht in ihrem Artikel über weite Strecken direkt übernahm und wörtlich zitierte (NZZ 24 I, 24. Januar 1888). Einzig der einleitende Kommentar, der die Bedeutung der Kraftübertragung generalisierte, war eine journalistische Eigenleistung – allerdings eine äusserst wichtige Interpretationshilfe für die Leser: «Besonders für die Schweiz, die arm an Kohle und fast überreich an Wasserkraften ist, können die Vortheile dieser Erfindung unseres Zeitalters nicht genug hervorgehoben werden.» (NZZ 24 I, 24. Januar 1888)

Die Kanonisierung der Kriegstetter Anlage durch die Neue Zürcher Zeitung mag manche andere «Pioniere» der elektrischen Kraftübertragung verstimmt haben – von «Zellweger und Ehrenberg» kam postwendend die Meldung, man sei im Artikel über Kriegstetten «gänzlich übergangen» worden, «trotzdem ihr werthes Blatt s.Z. die Güte hatte, einen längeren Artikel (über die Kraftübertragung in Uster) zu bringen.» (NZZ 28, 28. Januar 1888) Auch die Gebrüder Troller in Luzern oder die Inhaber der bereits erwähnten Drahtfabrik in Biel mochten sich übergangen fühlen. Die Neue Zürcher Zeitung und mit ihr ein Grossteil der schweizerischen Publizistik hielten jedoch an ihrem Urteil fest; die «Berichtigung» aus Uster wurde lediglich unter «Kleine Mittheilungen» abgedruckt, «Kriegstetten» war vorläufig nicht von seinem Thron zu stürzen (NZZ 28, 28. Januar 1888).

Am deutlichsten sprach das in München erscheinende «Centralblatt für Elektrotechnik» aus, wie man die Kriegstetter Anlage zu beurteilen hatte: «Die Möglichkeit ist damit geboten, endlich mancherlei Projekte zu verwirklichen,

welche auf der Anwendung elektrischer Krafttransmission beruhten.» (Centralblatt für Elektrotechnik 1887: 162) Während das Blatt «das Neue und Originelle der Oerlikon-Maschine» in erster Linie in der «geradezu mustergültigen magnetischen Disposition der Maschine» und «in der Ausführung der Wickelung auf den Anker» wahrgenommen hat,<sup>31</sup> bildete m. E. vielmehr der Einsatz der öffentlichen Debatte die Legitimitätsgrundlage für ein Paradigma elektrischer Kraftübertragung, welches die Kriegstettener Innovation auszeichnete. Wissenschaftliche Untersuchungsmethoden wurden herangezogen, um die Regeln des Paradigmas festzulegen und damit seine Generalisierbarkeit zu erhöhen. Auch wenn der Erfolg ohne die besonders sorgfältige Konstruktion der Dynamomaschinen und ohne eine hervorragende Isolation der Übertragungsleitungen ausgeblieben wäre, so hätte sie ohne die begleitende Publizistik nie modellhaften Charakter erhalten, noch hätte sie den Möglichkeitsraum weiterer ähnlicher Projekte schaffen können. Charles Brown und die Maschinenfabrik Oerlikon beabsichtigen von Anfang an, «Kriegstetten» zu einem situativ verdichteten Paradigma zu machen. Sie erreichten dies über den Einsatz einer wissenschaftlichen Öffentlichkeit, welche die Regeln der Generalisierbarkeit vorgab (Überprüfbarkeit der Messmethoden, Selbstkontrolle der gemessenen Grössen, Publizität) und gleichzeitig mit ihrem hohen sozialen Prestige der Generalisierung und Paradigmabildung eine solide Legitimitätsgrundlage bot. Dies wiederum erhöhte die Anschlussfähigkeit und damit die Implementierbarkeit des Paradigmas.

## 6 Anschlüsse

Den krönenden Abschluss der unmittelbaren publizistischen Verwertung der Kraftübertragung «Kriegstetten-Solothurn» bildete ein von Müller-Haiber verfasstes Zeugnis: «Ihrem Wunsche entsprechend bezeuge ich hiermit gerne, dass sich dieselbe bis heute vorzüglich bewährt und alle vorher gehegten Erwartungen durch das günstige Resultat übertroffen hat.»<sup>32</sup>

Charles Brown und die Maschinenfabrik Oerlikon hatten die Anlage nicht nur zur Selbstdarstellung ihres technischen Könnens verwendet. Sie brauchten sie auch als Referenzanlage für zukünftige Aufträge, die sie nach 1888 für Kunden wie die Gebrüder Troller in Luzern, die Schokoladenfabrik Frey in Aarau, die Fabrik der

32 Brief vom 16. April 1888, J. Müller-Haiber, Taschenuhrenschaubens-Fabrik Solothurn, an die Maschinen-

fabrik Oerlikon, zit. nach Maschinenfabrik Oerlikon 1891: 47.

Anglo-Swiss Condensed Milk Co. in Rickenbach-Lindau oder die Kammgarnspinnerei Derendingen bei Solothurn ausgeführt haben. Im glarnerischen Diesbach war der Textilindustrielle Legler sogar stolz darauf, der erste gewesen zu sein, welcher «in unserm industriellen Kanton alle Vorurtheile und Einwendungen gegenüber derartigen Anlagen beseitigt» hatte, und äusserte die Überzeugung, dass er «in kurzer Zeit Nachahmer finden» werde (Maschinenfabrik Oerlikon 1891:47). Dadurch, dass «Kriegstetten-Solothurn» publizistisch zum nachahmbaren Paradigma geformt worden war, blieb die elektrische Übertragbarkeit von industriell nutzbarer Kraft ihrerseits auf andere Betriebe übertragbar.

## Bibliographie

- Amsler Robert, Theodor H. Erismann (1993), *Jakob Amsler-Laffon (1823-1912)*. Alfred Amsler. Pioniere der Prüfung und Präzision, Meilen.
- Boulanger J. (1883), *Expériences de M. Marcel Deprez à Grenoble sur le transport et la distribution de la force par l'électricité*, in: *La lumière électrique*, 10, 327-337.
- Bourquin Werner (1949), *Oberst Eduard Will. 1854-1927. Gründer der Bernischen Kraftwerke*, Biel.
- Boveri Walter, *Korrespondenzbuch, Firmenarchiv ABB Baden*.
- Brown Charles E. L. (1887), *Kraftübertragung Kriegstetten-Solothurn. Ausgeführt von der Maschinenfabrik Oerlikon*, in: *Centralblatt für Elektrotechnik*. Erste deutsche Zeitschrift für Angewandte Elektrizitätslehre, 9, 169-172.
- Bürkli-Ziegler Arnold (1887), *Die elektrische Beleuchtung des Quai-gebietes in Zürich*, Zürich.
- Cabanellas G. (1885), *Le transport à grande distance par l'électricité en vue de distribuer automatiquement l'énergie sous ses différentes formes: chaleur, lumière, électricité, action chimique, action mécanique*, in: *Bulletin de la Société internationale des électriciens*, 2, 258-281.
- Caron François, Fabienne Cardot (Hg.) (1991), *Histoire de l'Électricité en France*, Paris.
- Copp Newton H., Andrew W. Zanella (1993), *Discovery, Innovation, and Risk. Case Studies in Science and Technology*, Cambridge/Ma./London.
- Du Bois-Reymond A. (1889), *Über die Schwierigkeiten, welche der Arbeitsübertragung durch Wechselstrom im Wege stehen*, in: *Elektrotechnische Zeitschrift*, 10.
- Freeman Christopher (Hg.) (1984), *Long Waves in the World Economy*, London.
- Gugerli David (1994), *Technikbewertung zwischen Öffentlichkeit und Expertengemeinschaft. Zur Bedeutung der Frankfurter elektrotechnischen Ausstellung von 1891 für die Elektrifizierung der Schweiz*, in: Andreas Ernst et al. (Hg.), *Kontinuität und Krise. Sozialer Wandel als Lernprozess. Beiträge zur Wirtschafts- und Sozialgeschichte der Schweiz*, Zürich, 139-160.
- Gugerli David (1996), *Redeströme. Zur Elektrifizierung der Schweiz 1880-1924*, Zürich.
- Gugerli David (1997), *Politics On The Topographer's Table: The Helvetic Triangulation of Cartography, Politics, and Representation*, in: Timothy Lenoir (Hg.), *Inscribing Science: Scientific Texts and the Materiality of Communication*, Kapitel 7, Stanford (im Druck).
- Gutting Gary (1984), *Paradigms, Revolutions, and Technology*, in: Rachel Laudan (Hg.), *The Nature of Technological Knowledge*, Dordrecht, 47-65.
- Ichbiah Daniel (1994), *Die Microsoft Story. Bill Gates und das erfolgreiche Software-Unternehmen der Welt*, München.
- Kuhn Thomas S. (1988, erstmals 1962), *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*, Frankfurt/M.
- Lang Norbert (1987), *100 Jahre Stromübertragung Kriegstetten-Solothurn. Eine Pionierleistung von C. E. L. Brown*, in: *elektrotechnik*, 3, 12-17.
- Lang Norbert (1992), *Charles E. L. Brown 1863-1924, Walter Boveri 1865-1924. Gründer eines Weltunternehmens*, Meilen.
- Latour Bruno (1983), *Give me a laboratory and I will raise the world*, in: Karin Knorr/Michael Mulkey (Hg.), *Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science*, London/Los Angeles, 141-170.
- Latour Bruno (1987), *Science in Action. How to follow scientists and engineers through society*, Cambridge/Ma.
- Latour Bruno (1988), *The Pasteurization of France*, Cambridge/Ma.
- Lévy (1886), *Rapport sur les expériences de M. Marcel Deprez relatives au transport de la force entre Creil et Paris, présenté par M. Lévy à l'Académie des sciences*, in: *La lumière électrique*, 22, 577-592.
- MacKenzie Donald, Boeli Elzen (1996), *The Charismatic Engineer*, in: Donald MacKenzie (Hg.), *Knowing Machines. Essays on Technical Change*, Cambridge/Ma./London, 131-157.
- Maschinenfabrik Oerlikon (Hg.) (1891), *Elektrotechnische Abtheilung, Oerlikon*.
- Mensch Gerhard (1972), *Basisinnovationen und Verbesserungsinnovationen*, in: *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, 42, 291-297.
- Niederer Kurt (1991/1992), *Vor 84 Jahren: Elektrischer Versuchsbetrieb Seebach-Wettingen*, in: *Schweizer Eisenbahn-Revue*, S. 443-448, 8-15, 62-68, 118-129.
- Schmid Hans Rudolf, Aymon de Mestral (1960), *Johannes Nef-Enz, 1826-1886 - Gustave Naville-Neher, 1848-1929 - Louis Chevrolet, 1878-1941 - Samuel Blumer, 1881-1959*, Zürich.
- Schnitter Niklaus (1992), *Die Geschichte des Wasserbaus in der Schweiz, Oberbözberg*.
- Schumpeter Joseph A. (1939), *Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process*, New York.
- Smith M. R., L. Marx (Hg.) (1994), *Does Technology Drive History? The Dilemma of Technological Determinism*, Cambridge/Ma./London.
- Wegmann Adolf (1920), *Die wirtschaftliche Entwicklung der Maschinenfabrik Oerlikon 1863-1917*, Zürich.
- Weiss Pierre (1912), *Prof. Dr. Heinrich Friedrich Weber. 1843-1912*, in: *Verhandlungen Schweizerische Naturforschende Gesellschaft*, 95, 44-53.
- Wysling Walter (1946), *Die Entwicklung der Schweizerischen Elektrizitätswerke und ihrer Bestandteile in den ersten 50 Jahren*, Zürich.
- Ziegler Willy Heinrich (1937), *Die wirtschaftliche Entwicklung der A. G. Brown, Boveri & Cie., Baden, des Brown-Boveri-Konzerns und der A. G. Motor-Columbus, Brugg*.