

FORSCHUNGSZENTRUM

ARBEIT UND TECHNIK

ARTEC

HANS DIETER HELLIGE

METAPHERN UND KONSTRUKTIONSSTILE BEI DER
GESTALTFINDUNG DER MENSCH-MASCHINE SCHNITTSTELLE
IN DER TELEGRAPHIE

LEICHT ERWEITERTE FASSUNG DES HABILITATIONSVORTRAGES
IM FACHBEREICH SOZIALWISSENSCHAFTEN /
STUDIENGANG GESCHICHTE, JUNI 1995

UNIVERSITÄT BREMEN

**METAPHERN UND KONSTRUKTIONSSTILE BEI DER GESTALT-
FINDUNG DER MENSCH-MASCHINE SCHNITTSTELLE
IN DER TELEGRAPHIE**

HANS DIETER HELLIGE

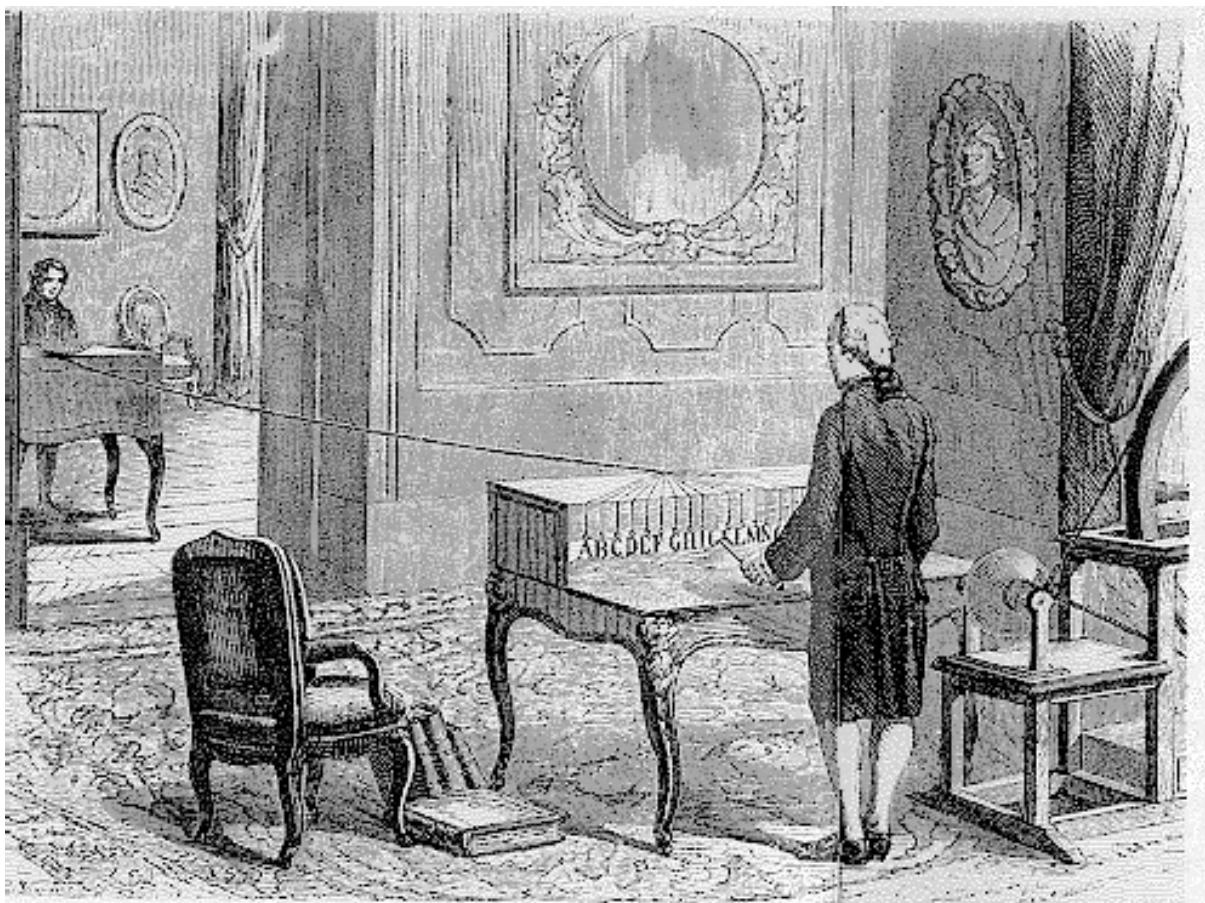
Die Geschichte der Telekommunikation ist in den letzten Jahrzehnten besonders unter Fragestellung der Marktformen und der Akteurskonstellationen analysiert worden. Erst in der letzten Zeit sind unter dem Einfluß techniksoziologischer Fragestellungen die sozialen Aneignungs- und Verwendungsformen neuer Telekommunikationstechniken hinzugekommen. Doch noch immer wenig erforscht ist der alltägliche Umgang mit den Geräten, die Wechselwirkung von Verwendungserwartungen der Entwickler und der Gestaltung der Bedienschnittstelle. Während die Bemühungen in der Informatik um eine anwenderfreundlichere Computerbedienung bereits zu einer historischen Beschäftigung mit der Hard- und Software -ergonomie geführt haben, fehlt entsprechendes noch für die Telekommunikation.

Ich möchte im Folgenden die besonders in der Techniksoziologie und Informatik entstandenen Ansätze der Metaphernforschung nutzen, um anhand einer frühen Telekommunikationstechnik systematische Zusammenhänge zwischen der Gestaltungsforschung der Gerätekonstruktion und der Benutzerfreundlichkeit zu ermitteln. In Technikmetaphern sehe ich zunächst nichts anderes als eine Sammelbezeichnung für verschiedene Übertragungsvorgänge in Entwicklungs- und Konstruktionsprozessen, bei denen Lösungsmuster bestehender Techniken bewußt oder unbewußt in neue übernommen werden. Es geht mir im folgenden also um die Fragestellungen:

- Auf welche vorhandenen Lösungsmuster griffen Erfinder und Entwickler bei der Schaffung der Bedienschnittstelle zurück,
- Welche beabsichtigten und unbeabsichtigten Folgen ergaben sich aus einer solchen Prägung bzw. Übertragung für die Benutzungsqualitäten von Telekommunikationsgeräten und im Besonderen
- Wie wirken sich Metaphern auf die Organisation der Arbeitsaufteilung zwischen Gerät und Benutzer aus

Neben einer historischen Überprüfung der Metaphernforschung erhoffe ich mir hiervon allgemeinere Erkenntnisse über die Bedeutung von Vorprägungen und Vorverständnissen in technischen Geneseprozessen. Im Folgenden möchte ich am Beispiel der frühen elektrischen Telegrafie belegen, welche Lehren sich selbst aus den Systemstreiten älterer Techniken ziehen lassen.

1 Frühphase der elektrischen Telegrafie: 'Naturwüchsige' Metaphern



Der elektrostatische Telegraph von Georges Lesage (1774), Illustration aus dem 19. Jh., nach: International Telecommunications Union, From Semaphore to Satellite

Ich beginne mit der von ca. 1750 bis in die 20er Jahre des 19. Jahrhunderts reichenden Frühphase der elektrischen Telegrafie. Sie war noch ganz bestimmt von Gelehrten- und Bastler-Erfindungen, die über kleine Versuchsanlagen nicht hinauskamen. Es versteht sich, daß die ergonomische Qualität in diesem Stadium noch kaum eine Rolle spielte. Die gesamte Aufmerksamkeit der Erfinder richtete sich auf die Herstellung einer funktionsstauglichen Signalübertragung, insbesondere auf die Verfügbarkeit und effektive Ausnutzung der teuren Stromquellen. Zum Telegrafieren wurden nach 1750 zunächst Sammler von Reibungselektrizität mit Kontaktstiften von Zeichenplättchen verbunden, wodurch am Ende der Leitung bei dem entsprechenden Zeichen ein Kugelchen elektrisch erregt wurde. Durch die bloße Vervielfachung des Signalisierungsmechanismus zu einer Buchstabenreihe ergab sich eine Quasi-Klaviatur. Der Genfer Mathematiker Georges Lesage, der zwischen 1750 und 1770 eine derartige Konstruktion aus 25 Leitungen entwarf, sprach von einer Anordnung "wie die Tasten eines

Klaviers". Der erste, 1753 publizierte Vorschlag für einen elektrischen Telegraphen von einem Schotten mit den Initialen C.M. empfahl als alternativen Empfangsapparat noch ein Glockenspiel aus 26 unterschiedlich gestimmten Glocken. Bereits bei den ersten überlieferten elektrischen Telegrafenkonzepten spielten also Metaphern bzw. Vorprägungen durch etablierte Techniken eine Rolle. Wie bei fast allen frühen Schreibmaschinen-Entwürfen seit Beginn des 18. Jahrhunderts diente auch in der elektrischen Telegraphie die klavierartige Anordnung als das vorherrschende Gestaltmuster. Die Glockenspielmetapher dagegen, das erste Beispiel für ein "Mismatch of Metaphors" in der neuen Technik, taucht danach nicht mehr auf, da man schnell erkannte, daß sie kaum einlösbarer Anforderungen an das akustische Unterscheidungsvermögen stellen würde.

Obwohl kurz vor 1800 schon Ansätze vorgestellt wurden, den großen Leitungsaufwand durch einen Übergang von der direkten Buchstabensignalisierung zu einem Übertragungscode zu reduzieren, begannen die ersten Erfinder elektrochemischer Telegraphen erneut mit dem Prinzip der Parallelanordnung. So bestand der als Konkurrenz zur französischen optischen Telegraphie gedachte elektrochemische Telegraf des Münchener Anatomen Samuel v. Soemmering aus einer Reihe von 35 Zeichen mit Kontaktstiften, von denen jeweils zwei mit einer Batterie zu verbinden waren. Beim Empfänger tauchten dann an den entsprechenden Zeichen Luftblasen auf. Soemmering selbst bemerkte die Umständlichkeit der Bedienung und wollte den Sender deshalb mit einer Tastatur ausstatten. Der mit ihm befreundete Elektrophysiker Johann Schweigger empfahl wörtlich "Tasten wie [...] auf einem Clavier". Doch die bloße Zwischenschaltung eines bedienungsfreundlicheren Eingabemediums löste das Hauptproblem der naiven analogen Lösung nicht, den gewaltigen Leitungsaufwand. Das Parallelprinzip verhinderte eine Codierung durch die Maschine, wodurch der apparative Aufwand gering blieb. Es lastete auch dem Benutzer keine Codierarbeit auf, da sich jedes Zeichen direkt manipulieren und ablesen ließ. Doch diese Vorteile nutzten nichts, da die 25-50-fache Ausführung des teuersten Systemelements, der Leitung, die Konstruktion wirtschaftlich nicht realisierbar und isolationstechnisch nicht beherrschbar machten.

Da derselbe Fehler bei frühen Erfindern des elektromagnetischen Telegraphen Ampère, Ritchie, Alexander und Morse wieder auftrat, sieht Volker Aschoff hierin einen "Archetyp der erfinderischen Phantasie". Man könnte auch im Sinne neuerer wahrnehmungspsychologischer Forschungen von einem mentalen Modell sprechen, das den Lösungsweg gerade durch seine Fixierung auf ein naives analoges Bedienkonzept fehleitet. Auch in anderen Techniken lassen sich derartige fehlleitende Übertragungen nachweisen, z. B. in der frühen Telefonie die lange Beibehaltung der Trennung von

Hörer und Mikrophon als Folge des Nachwirkens der Analogie zum Sprachtrichter und Hörrohr in der Bell'schen Konstruktion. Die Ergebnisse einer systematischen Aufarbeitung derartiger Vorfixierungen lassen sich zwar nicht einfach per Analogieschluß auf aktuelle Techniken übertragen, sie können aber Entwicklern als Anstoß zur Reflexion möglicher inadäquater Übertragungen angeboten werden.

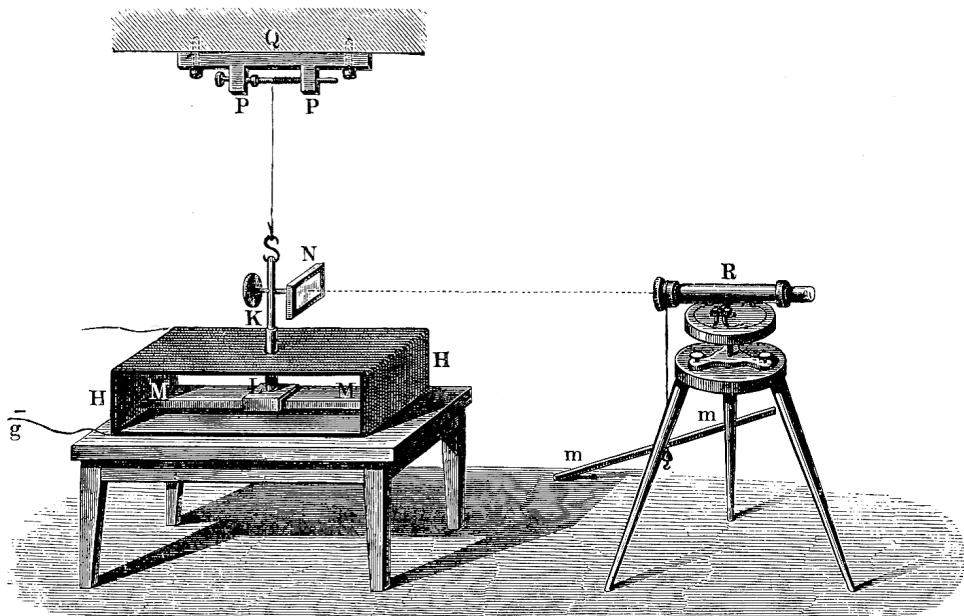
Die Konkurrenzfähigkeit gegenüber der optischen Telegrafie, die sich seit 1794 in Frankreich und in einer Reihe anderer europäischer Staaten ausbreitete, war nur über eine Reduzierung des Leitungsaufwandes zu erlangen. Da der elektrischen Telegrafie als Mittel zur Signalgebung lediglich Stromstöße oder -unterbrechungen zur Verfügung standen, ließ sich das Alphabet nur durch abgesprochene Impulsfolgen übertragen. Es wurde also eine zusätzliche Codierung und Decodierung erforderlich, die entweder das Gerät oder der Benutzer zu leisten hatten. Ohne daß es den damaligen Telegrafenfindern voll bewußt war, standen sie vor der strategischen Richtungsentscheidung zwischen einer einfachen Geräteausstattung, mit einem geschulten Bediener oder einem höheren Geräteaufwand, der zusätzlich die Umwandlung der analogen Zeichen in einen maschinell verarbeitbaren Code übernimmt und so von Laien bedient werden kann. Bei der Lösung des Zielkonfliktes zwischen Gerät- und Bedienkomplexität und der Organisation der neuen Arbeitsteilung zwischen Benutzer und Maschinensystem spielten Metaphern bzw. Übertragungen aus bestehenden Techniken wiederum eine große Rolle. Sie boten den Erfindern einerseits vertraute Lösungsmuster zur Findung des neuen Mechanismus und sie verliehen andererseits dem technischen Kommunikationsprozeß einen analogen Charakter, wodurch sich für die Benutzer die Komplexität des Telegrafievorganges reduzierte.

Die unterschiedlichen Funktionen von Metaphern im Zielkonflikt zwischen telegrafischer Laienkonversation und professioneller Nachrichtenübermittlung möchte ich nun anhand der Innovationsphase der elektrischen Telegrafie zeigen. Sie umfaßt den Zeitraum von den 20er-30er Jahren bis zur Mitte der 50er Jahre des vorigen Jahrhunderts.

2. Innovationsphase der elektrischen Telegrafie: Konkurrierende professionsspezifische Metaphern

In dieser Phase entschied sich der Systemstreit zwischen stärker konventionell orientierten, auf Laiennutzer zielen den Gestaltungskonzepten und informationstechnisch optimierten Systemen für speziell ausgebildete Telegrafisten. Als die drei zentralen Lösungsrichtungen der elektrischen Telegrafie kristallisierten sich dabei die Nadeltelegrafie, die Zeigertelegrafie und die Morsetelegrafie heraus. Von ihnen waren die beiden ersten besonders eng mit Metaphern verbunden. Ich beginne mit der Nadeltelegrafie.

2.1 Die Nadeltelegrafie im Umfeld naturwissenschaftlicher Metaphern und Konstruktionsstile



Experimentalmodell des elektromagnetischen Nadeltelegraphen von Gauß und Weber von 1833
(nach: Zetsche, Geschichte der elektrischen Telegraphie, 1877, S. 75)

Die ersten Ideen für eine elektrische Telegrafie nach dem Vorbild der optischen Balkencodes hatte Schweigger bereits 1811 entwickelt. Doch eine Chance für die Umsetzung dieser Idee ergab sich erst nach Ørstedts Entdeckung der Magnetnadelablenkung durch Elektrizität und Schweiggers eigener Erfindung der Multiplikatorspule im Jahre 1820. An eine praktische Realisierung war sogar erst zu denken, nachdem die physikalische

Forschung während der 20er und frühen 30er Jahre das erforderliche Wissen über den Elektromagnetismus erarbeitet hatte.

Über die Entstehung hinaus blieb die Nadeltelegrafie bis zum Ende der 40er Jahre fast ausschließlich ein Feld für Erfinder aus dem akademischen Bereich. Dieser Umstand hatte beträchtliche Auswirkungen auf den Konstruktionsstil der Nadeltelegrafen, insbesondere auch auf die Gestaltung der Bedientechnik. Dabei bildeten sich zwei Entwicklungsschwerpunkte heraus: Der eine zielte auf die geringstmögliche Leitzahl, rationellste Codierungsprinzipien und eine einfache Sender- und Empfänger-Apparatur. Die Hauptlast der Codeumwandlung wurde hier dem Benutzer aufgebürdet. Die andere Richtung war dagegen zu Zugeständnissen hinsichtlich des Leitungs- und Geräteaufwandes bereit, da sich so die Codierung mit analogen bzw. quasi-analogen Ein- und Ausgabemedien vereinfachen ließ.

Die erste Richtung ging vor allem aus Bestrebungen deutscher Mathematiker und Physiker hervor, einen Ersatz für die optische Telegrafie zu finden. Sie nahm ihren Ausgangspunkt in dem Telegrafen von Carl Friedrich Gauß und Wilhelm Weber im Jahre 1833. Bei ihm übertrug Gauß das Prinzip seines bereits 1821-24 erfundenen optischen Telegrafen, des Heliotropen, auf ein elektromagnetisches System: Statt durch Spiegelablenkung von Sonnenlicht wurden die Zeichen hier aus der Kombination von Rechts-Links-Ablenkungen einer Magnettadel gebildet. Grundlage für die Signalbildung war nicht mehr ein Figurencode, wie ihn die optischen Telegrafen verwendeten, sondern nach mathematischen Kriterien entwickelte Codetafeln. Die Ein- und Ausgabelemente hatten, obwohl mehrfach umgestaltet, den Charakter der Experimentalanordnung noch nicht überwunden. Der Sender bestand aus einer mit Handgriffen versehenen Drehspule, der Empfänger war mit Schwenkspiegel und Ablesefernrohr noch völlig ein Abklatsch des Heliotropen. Da Gauß die Mängel der Bedientechnik erkannte, beauftragte er den Münchner Mathematiker und Astronomen Steinheil mit der praktischen Durchbildung des Telegrafen.

Doch Steinheils Überarbeitung von 1835 und 37 verstärkte die Tendenz zu einer durch Fachkräfte betriebenen Telegrafie noch weiter. Er begriff seine Aufgabe vor allem in einer Verringerung des Zeichen- und Leitungsaufwandes und einer strikten Vereinfachung der Apparatur. Denn seine Untersuchungen des Zeichenaufwandes der optischen Telegrafie und der lateinischen Buchstaben, hatten ergeben, daß die Langsamkeit der Übertragung und die Komplikationen der Gerätekonstruktion vor allem aus der Verwendung zu vieler Zeichenelemente resultierten. Steinheil reduzierte die Buchsta-

ben deshalb auf wenige Punkte, die nur noch die äußereren Umrisse erkennen ließen. Diese Zweireihen-Punktschrift gab der Telegrafist durch Rechts-Links-Schwenkungen eines Drehhebels ein und empfing sie in gedruckter Form. Der Benutzer konnte die Punkte dann in Gedanken durch Striche verbinden und erhielt den Buchstabenumriß, wie der Astronom das Sternenbild. Obwohl Steinheil ansonsten alle Metaphern aus seinem System verbannte und die Anlehnungen des Gaußschen Telegrafen an optische Telegrafen beseitigte, bediente er sich am Ende doch einer Metapher, um einen Rest analoger Zeichenbildung zu bewahren.

Das Resultat war ein tatsächlich bei Eisenbahnen eingesetzter Telegraf, der viele Elemente des Morsesystems vorwegnahm. Der aber dennoch beim Personal auf geringe Akzeptanz stieß, da die Codeumwandlung während anderer Arbeiten schwer zu leisten war. Das galt auch bei der Verwendung zweier unterschiedlich hoher Glocken als Empfänger. Steinheil kam 1846 selber zu der Erkenntnis, "für den Bahndienst taugen nur Apparate, mit welchen jeder Bahnbeamte telegrafieren kann, ohne vorgängige Einübung". Doch auch bei den europäischen Staatstelegrafen hatte Steinheils System keinen Erfolg, da auch hier nicht zuletzt wegen der Kontinuität des Personals Systeme mit einem stärker analogen Charakter dominierten. Als auch hier der Ökonomisierungsdruck zu einem Wechsel des Systems zwang, hatte Steinheils Konstruktion gegenüber dem inzwischen weiterentwickelten Morse-System keine Chance mehr. Der bewußte Verzicht auf übergangsgerechte, nutzergruppen-spezifische Metaphern in einer stark vorgeprägten technischen Kultur kann also für Erfindungen fatale Folgen haben.

Die zweite Richtung der Nadeltelegrafie war vor allem in England mit dem Ziel der Nutzung im Eisenbahnbetrieb entwickelt worden. Der Anatomie-Modellbauer William Cooke hatte bei einer Telegrafievorführung sofort die Verwendungsmöglichkeiten bei den Eisenbahnen erkannt und in kurzer Zeit alleine und zusammen mit dem Physiker Charles Wheatstone eine Reihe von Nadel- und Zeigertelegrafen erfunden, die ab 1838 auch im praktischen Einsatz standen. Ihre Systeme wurden bis zum Ende des Jahrhunderts sogar die Grundlage des englischen Telegrafewesens. Beider Erfolg beruhte nicht nur auf einer glücklichen Mischung von mechanisch-praktischer Kunstfertigkeit und elektrophysikalischem Wissen. Hier waren sie Steinheil sogar anfangs unterlegen. Es war vielmehr die vorherige Erforschung der Einsatzbedingungen bei den Eisenbahnen und die bewußte Gestaltung der Bedientechnik, die die schnelle Akzeptanz sicherten.

Da nicht speziell Vorgebildete die Apparate nutzen sollten, vereinfachten sie die Codierung durch Anklang an Analogtechniken und statteten ihre Nadeltelegrafen mit speziellen Ein- und Ausgabemedien aus. Bei der Gestaltung brachte vor allem Wheatstone seine Erfahrung als Instrumentenbauer ein: Er verwendete mit Vorliebe Tastenwerke und Pedale als Konstruktionselemente. Im Gegensatz zu den meisten Telegrafien- und Schreibmaschinenerfindern war er nicht auf die Klaviatur fixiert, sondern führte die bei Blasinstrumenten üblichen Tasten in die Telegrafie ein. Aus der Beschäftigung mit Tastaturen gingen Anfang der 50er Jahre auch sechs Schreibmaschinen-Entwürfe hervor, die von den damals üblichen "Schreibklavieren" abwichen und in vielem schon späteren Fernschreibern ähnelten. Doch vor einer Schreibmaschinentastatur mit vollem Zeichensatz für die Telegrafie scheute Wheatstone noch zurück. So liefen beide Techniken damals noch getrennte Wege.



Fünfnadeltelegraph mit Ablese-Display von Wheatstone und Cooke von 1837
(nach Reuter, Telekommunikation, S. 47)

Sein Partner Cooke orientierte sich stärker an uhrenartigen Mechanismen wie Pendel und Spieluhren. Er war es auch, der bei den Nadeltelegrafen seinen Einfluß besonders für eine direkte Ablesbarkeit der Zeichen und eine laiengerechte Bedientechnik geltend machte. Beider Bemühungen gipfelten in dem Fünf-Nadeltelegraf von 1837, der im folgenden Jahr der erste im regulären Betrieb eingeführte Telegraf überhaupt wurde. Die Erhöhung der Zahl der Leitungen und Spulen auf fünf ermöglichte hierbei ein "Sichtgerät": die Spitzen der abgelenkten Magnetnadeln zeigten beim Empfänger direkt auf den gesendeten Buchstaben und umgekehrt konnte der Sender die erforderlichen Rechts-Links-Ablenkungen unmittelbar ablesen. Dieser Kompromiß zwischen Leitungs- und Codieraufwand garantierte die sofortige Akzeptanz beim Personal der Great-Western-Bahn.

Die laienorientierte und übergangsgerechte Technik schien den Sieg über die professionelle Richtung errungen zu haben. Doch war deren Erfolg nicht von Dauer. Er wurde in dem Augenblick gefährdet, als Alexander Bain 1843 einen dem Gauß-Steinheilschen Typ sehr ähnlichen Telegrafen einführte. Der erforderte zwar das Erlernen eines Codes, doch da er nur eine Leitung benötigte, war seine Erfindung in Anschaffung und Betrieb wesentlich billiger als der Fünf-Nadel-Telegraf. Cooke und Wheatstone bauten daraufhin vergleichbare Ein- und Zwei-Nadel-Telegrafen. Sie unterschieden sich aber von den Parallelentwicklungen dadurch, daß sie zum Teil mit Tasten und Klavierpedalen ausgestattet waren. Vor allem war die Codiertafel als ein Quasi-Sichtgerät Bestandteil des Ein- und Ausgabemediums. Nicht zuletzt aufgrund der einfacheren Bedientechnik überrundeten sie die Konkurrenz. Durch eine spätere Angleichung des Rechts-Links-Zeichencodes an das Morsealphabet konnten die Ein- und Zwei-Nadeltelegrafen ihre Nutzungsdauer bei den Eisenbahnen sogar noch bis nach 1900 ausdehnen. Sie fungierten hier vereinzelt noch bis 1930 als Morsesysteme für Laiennutzer.

Doch trotz ergonomischer Zusatzausstattung mußte die Nadeltelegrafie auf den stark belasteten Hauptlinien der öffentlichen Telegrafie wegen der zu langsamen Telegrafiergeschwindigkeit schon früh weichen. Sie unterlag im Systemstreit zunächst der Zeigertelegrafie. Diese war ebenfalls eine betont auf leichte Bedienbarkeit und Übergangs-freundlichkeit hin gestaltete Technik, sie war in vielem sogar noch wesentlich traditioneller. Ich komme damit zur zweiten Hauptrichtung der frühen Telegrafie.

2.2 Die Zeigertelegrafie auf der Basis der Uhrenmetapher



Zeigertelegraph von François Clément Bréguet von 1844
nach: <http://www.lgl.lu/museedelaphysi/TelegrapheBreguetCadran/TelegrapheBreguetCadran.htm>

Auch die Zeigertelegrafie bildet trotz vieler Wechselbeziehungen einen deutlich von den anderen Zweigen der elektrischen Telegrafie abgegrenzten Bereich mit eigener technischer Kultur und spezifischem Konstruktionsstil. Während in der Nadeltelegrafie Naturwissenschaftler den Ton angaben, waren es in der Zeigertelegrafie mehrheitlich Mechaniker und zwar in allererster Linie Uhrmacher. Für die meisten dieser Erfinder war die Uhr nicht nur eine sprachspielerische Methode für kreative Neuerungen, wie es die Metaphernforschung meist vor Augen hat. Vielmehr stellten Uhrwerke für sie den traditionellen Lösungsraum für feinmechanische Geräte schlechthin dar. Das Spektrum der Übertragungen zwischen Quell- und Zielbereich der Metapher geht hier wesentlich weiter. Es erstreckte sich hier sowohl auf das zentrale Wirkprinzip, auf die Getriebe- und Antriebsarten, (Gewicht und Feder) auf Konstruktionselemente wie Unruhe und Zifferblatt und vor allem auf die Produktgestalt. Darüber hinaus impliziert die Uhrwerk-metapher eine bestimmte Sicht der Aufteilung der Arbeit zwischen Gerät und Benutzer: Der Mechanismus übernimmt hier selbsttätig die Codierung, Signalbildung, die

Synchronisierung und liefert das Ergebnis in einer unmittelbar ablesbaren analogen Form. Die Uhrwerkmetapher verspricht also implizit eine Mechanisierung von Funktionen der Telegrafie und damit eine Entlastung des Benutzers. Wie wirkte sich der Zusammenhang von Prägung und Übertragung aber nun tatsächlich auf die neue Technik und ihre Bedienung aus?

Daß man Zeiger und Zifferblatt auch zum Signalisieren verwenden kann, wenn man zwei Uhren verbindet und den synchronen Lauf jeweils beim gewünschten Zeichen unterbricht, geht als Idee bereits auf die Zeit um 1600 zurück. Doch erst Ende des 18. Jahrhundert gibt es Ansätze zu einer praktischen Realisierung. Der Berliner Uhrmacher Christin baute um 1784 einen Telegrafen aus zwei über Pleuelstangen verkoppelten Uhren, eine freilich wenig skalierungsfähige Lösung. Der ehemalige Pariser Geistliche Claude Chappe versuchte es 1792 durch eine optisch-mechanische Lösung, bei der die Zeigerstellung einer Zeichenscheibe per Fernrohr abgelesen wurde. Nach einer populären, aber nicht auf Chappes Buch zurückgehenden zeitgenössischen Illustration waren die Buchstaben wie bei einer Turmuhr kreisförmig angeordnet. Wegen der schlechten Ablesbarkeit wäre diese allzu direkte Übertragung bekannter Muster ein interessantes Beispiel für ein "mismatch of metaphors". Um die Erkennbarkeit eines größeren Zeichensatzes auch auf größere Distanz zu gewährleisten, wählte Chappe statt einer analogen Zeichenscheibe einen Figurencode, der aus den jeweils acht Stellungen zweier verbundener Zeiger gebildet wurde. Die hierbei recht komplizierte Codierung führte freilich zu einer Professionalisierung der optischen Telegrafie mit erheblichen Folgewirkungen für die elektrische Telegrafie.

Was beim Turmuhrtelografen wohl unbewußt geschah, wiederholte sich bei der Einführung der elektrischen Telegrafie in Frankreich als eine bewußt gewollte Kontinuitätslösung. Auf Anordnung des Leiters der optischen Linien konstruierte der Uhrmacher François Clément Bréguet 1845 einen Zeigertelografen, bei dem zwei durch einen Balken verbundene Zeiger die Zeichen des Chappe-System nachahmten. Die beiden Sender waren sogar eine perfekte Imitation der Kurbeln der früheren Seilzüge. Das Motiv für diese Zwitterlösung war die "Besorgnis, daß die Beamten der eingehenden optischen Linien sich nicht mit dem neuen System würden zurechtfinden können". Die Bemühung für eine bewußt übergangsgerechte Technikgestaltung schöpfte das Potential der Zeigertelografen zur Vereinfachung der Bedienung aber nicht aus. Im Gegenteil, statt die direkte Ablesung zu ermöglichen, forderte er das Erlernen einer schwer einprägsamen Zeichensprache und wurde durch die zusätzlichen Codeumwandlungen langsamer und fehleranfälliger als die uhrenartigen Zeigertelografen.

Durch die zu direkte Übertragung erbte die neue Technik die Probleme der alten. Da der elektrische Semaphor für die Imitation des Figurencodes auch noch eine zusätzliche Leitung benötigte, wurde er im Betrieb zu teuer und mußte bald durch eine Neukonstruktion ersetzt werden.

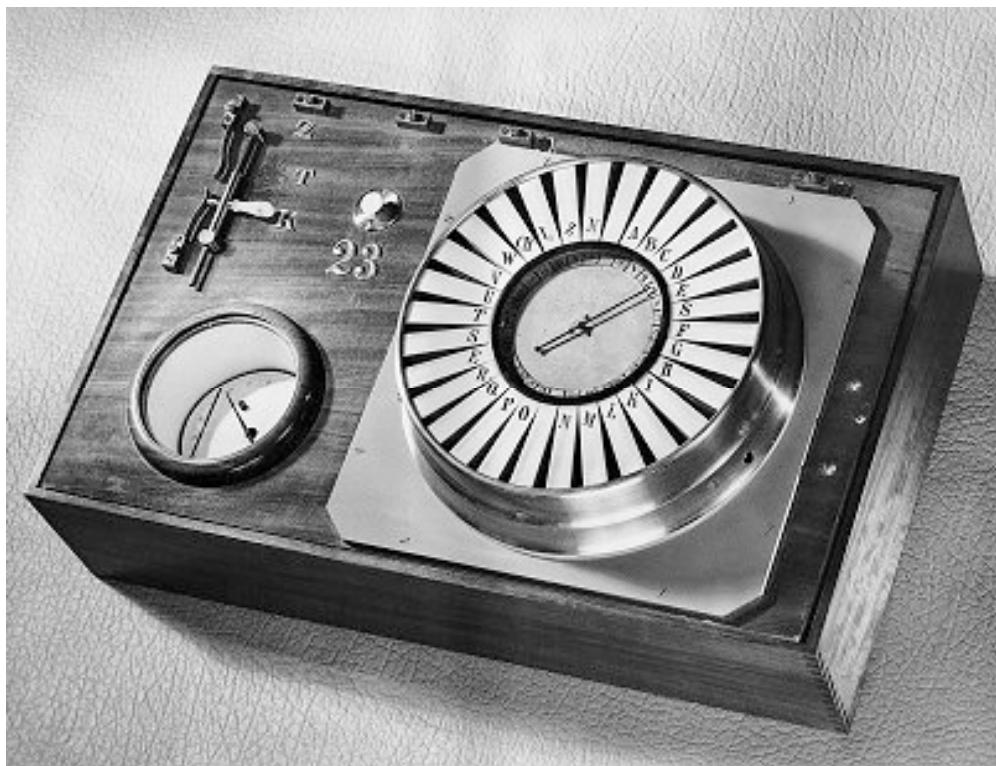
Der neue Zeigertelegraf von 1849/50, den Bréguet besonders für den Eisenbahnbetrieb entwarf, emanzipierte sich weitgehend von der optischen Telegrafie und schwenkte nun in Wirkweise, Bedientechnik und äußerem Erscheinungsbild auf das Uhrenvorbild um. Nur der Sendevorgang und die Zeichenwahl mittels Kurbeldrehungen eines zusätzlichen Zeigers erinnern noch an die frühen Kurbelzüge. In der Folgezeit wurden auch diese durch eine klavierartige Tastatur ersetzt. Mit dieser Verbesserung wurde die französische Staats- und Eisenbahntelegrafie auf eine sehr zuverlässige leicht bedienbare Präzisionstechnik festgelegt, die den nationalen Bedarf zur Zufriedenheit abdeckte. Doch wegen ihrer Langsamkeit und Unwirtschaftlichkeit konnte sie mit den fortschrittlicheren amerikanischen, britischen und deutschen Systemen nicht konkurrieren. Eine auf Kosten von Leistungsparametern erreichte Anwenderorientierung und Bedienungskontinuität kann somit sehr schnell zu einer Sackgassentechnologie werden.

Auch für die englische Zeigertelegrafie war das Uhrenvorbild der entscheidende Auslöser, es wurde hier aber nicht so dominant wie in Frankreich. Bereits 1816 war in England ein elektrischer Zeigertelegraf von Francis Ronalds erfunden worden, der erste überhaupt. Doch waren das Zusammenspiel der beiden Uhren und die Zeichengebung hier noch sehr unzuverlässig, da sie noch nicht zu einem Mechanismus verkoppelt waren, sondern mit elektrostatischen Impulsen zwischendurch immer wieder synchronisiert werden mußten. Erst ab 1836 gelang Cooke und Wheatstone wie auch Bain schrittweise der Übergang von lediglich elektrisch kontrollierten mechanischen Uhren zu einem rein elektromechanischen Synchrogetriebe. Dieser Ablösungsprozeß von den traditionellen Denk- und Lösungsmustern der Uhren- und Automatentechnik zeigt sich auch in einem zunehmend souveräneren Umgang dieser Erfinder mit Metaphern: sie schöpften sie aus, blieben aber nicht auf sie fixiert, wie es bei der Mehrheit der reinen Uhrmacher-Konstruktionen der Fall war.

In seinem ersten Entwurf hatte Cooke noch versucht einen Zeigertelegrafen unmittelbar aus einer Spieluhr-Konstruktion zu entwickeln. Er kombinierte zwei synchron laufende Stiftwalzen mit Zeiger, und Zeichenscheibe als Ausgabe- und eine Klaviatur als Ausgabemedium zu einem nahezu selbsttätigen Mechanismus. Aus einer ähnlichen additiven Lösung schuf der aus einer Uhrmacherfamilie stammende Jacob Brett 1845 einen

Typendruck-Zeigertelegrafen, der schon äußerlich ganz wie eine zeitübliche Skeleton-uhr aussah. Doch das Automatisierungsziel ließ sich nicht auf Anhieb durch eine bloße Metaphern-Addition erreichen. Die Konstruktion wurde dadurch so schwerfällig und ständig von Problemen geplagt, daß sie bald wieder verschwand. Derartige Metaphernklitterungen kommen im Frühstadium von Techniken immer wieder vor und können vielleicht als eine typische Fehlerkonstellation angesehen werden.

Nachdem Cooke auch mit seiner gegenteiligen Strategie, einen Zeigertelegrafen fast ausschließlich mit den Mitteln synchroner Pendeluhr zu lösen gescheitert war, gelang 1839-41 im Verbund mit dem Physiker Wheatstone der entscheidende Entwicklungsschritt von einer Spezialuhr für Telegrafiezwecke zu spezifisch elektromechanischen Telekommunikationsgeräten. Die Cooke-Wheatstonesche Zeigertelegrafen wurde auf Jahrzehnte die Grundlage der englischen Telegrafie und zugleich Vorbild für die Entwicklungen auf dem Kontinent. Die Akzeptanz beruhte auf der Vermeidung jeglicher Codierungsaufgaben für den Benutzer. Lediglich die Eingabe war etwas schwieriger, da der Telegrafist dabei ständig ein Speichenrad, das bereits die spätere Telefondrehscheibe vorwegnahm, gleichmäßig zu drehen hatte.



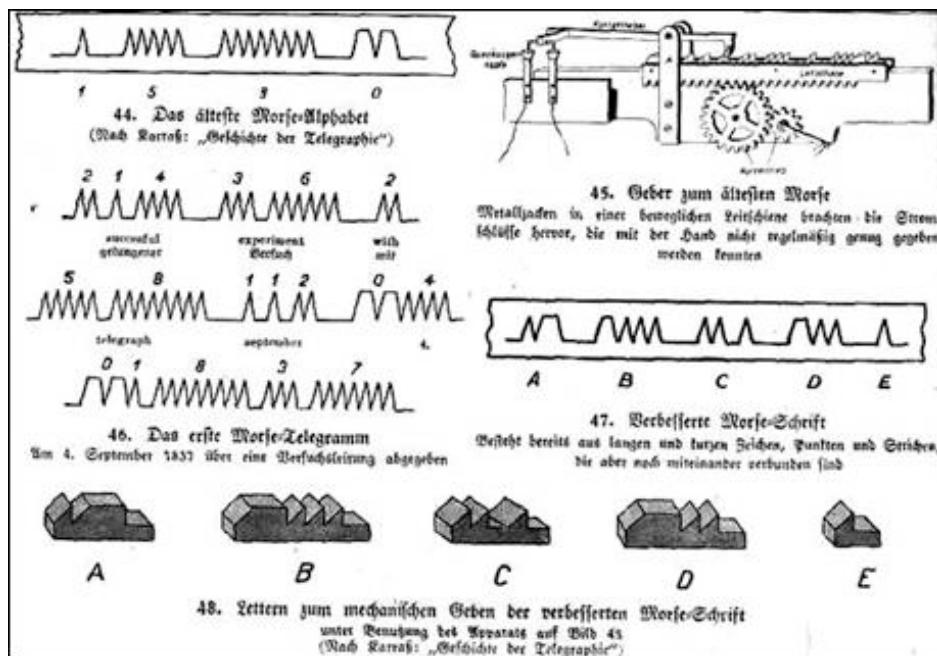
Siemens-Zeigertelegraph von 1846
(Quelle Siemens-Archiv, München)

Werner Siemens erkannte diesen Mangel. Sein Zeigertelegraf von 1846 vereinfachte die Zeicheneingabe auf ein bloßes Niederdrücken von Klaviertasten. Die Rotationsbewegung des Zeigers übertrug er einem selbsttätigen Mechanismus, dem elektrischen Rückkopplungsprinzip der Selbstunterbrechung: "Mein Telegraph", schrieb er stolz , "kann dabei mit Tasten wie ein Klavier gespielt werden und verbindet mit der größten Sicherheit eine solche Schnelligkeit, daß man fast so schnell telegraphieren kann, wie Tasten nacheinander gedrückt werden können."

Der Hauptnachteil des Zeigertelegrafen blieb jedoch der hohe technische Aufwand für die Bildung eines einzigen Zeichens, eine volle Zeigerdrehung als Erbe des Vorbilds der Uhr. Der Zeigerumlauf wurde deshalb immer mehr beschleunigt, doch mußte man da vom Ablesen der Zeigerstellung zur Ausgabe durch einen Druckmechanismus übergehen. Der nun voll elektrifizierte Uhrenmechanismus blieb zwar weiterhin das zentrale Wirkprinzip, doch wurde dies durch vor- und nachgeschaltete Ein- und Ausgabemedien vor dem Benutzer verborgen. Höhe- und Endpunkt der Zeigertelegrafentechnik war der Typendrucker des Amerikaners Edward Hughes von 1855 bzw. 1860, der bezeichnenderweise nur in Europa Verbreitung fand.

Der Apparat arbeitete mit einer so hohen Umlaufgeschwindigkeit, daß er zum taktgenauen Senden und vor allem zur komplizierten Synchronisierung gut ausgebildeter Telegrafisten bedurfte. Die Leistungssteigerung des Zeigertelegrafen gelang nur um den Preis seiner Professionalisierung. Diese teuren Produkte feinmechanischer Spitzentechnik setzte man nur auf den stark beanspruchten internationalen Strecken ein, u. z. bis zum Zweiten Weltkrieg. Bei Eisenbahnen, Polizei, Kommunalbehörden und Unternehmen blieb es bei den nicht-professionellen Systemen, die trotz Telefonausbreitung z.T bis nach 1900 genutzt wurden. Versuche, mit vereinfachten Haus- und Comptoirtelegraphen den Privatsektor zu erobern kamen aber wegen der Konkurrenz durch das Telefon nicht mehr zum Zuge. Aber außerhalb der Nischen, im Normalbetrieb der öffentlichen Telegrafie, konnte sich diese Technik wegen ihres hohen Apparate- und Übertragungsaufwandes nicht halten. Sie wurde in den meisten Ländern seit den 1850er/60er Jahren durch den Morsetelegrafen verdrängt. Ich komme damit zur letzten Richtung der konkurrierenden Systeme.

2.3 Die Morsetelegrafie und die Emanzipation von professionsspezifischen Metaphern und Konstruktionsstilen



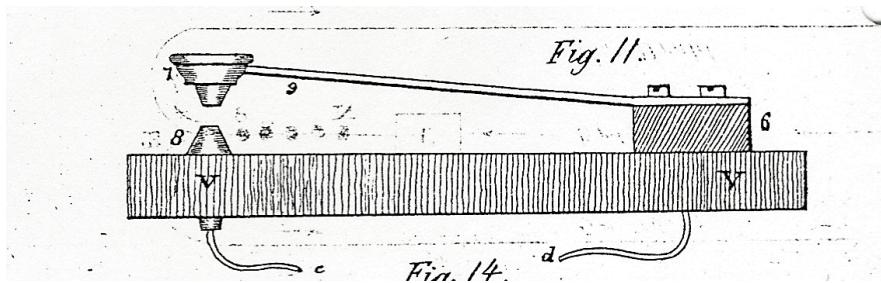
Zackenalphabet für die mechanische Buchstabenabtastung als Vorläufer des Morsecode,
nach Karaß, Geschichte der Telegraphie, 1909

Unter den drei konkurrierenden Telegrafentechniken löste sich die Morsetelegrafie am konsequentesten von Vorprägungen durch bestehende Techniken. Im Laufe ihrer Genese zwischen 1832 und 44 wurden die anfangs bestimmenden Metaphern zurückgedrängt und der Telegrafievorgang auf die Ein- und Ausgabe eines aus Punkten und Strichen bestehenden binären Code reduziert. Die Zeichensignalisierung wurde damit völlig an die Charakteristika der Übertragungstechnik angepaßt. Anstelle von Magnettadeln, Zeichenscheiben, Kurbeln oder Klaviaturen fand der Benutzer hier nur einfachste Hebelelemente zum Schließen oder Öffnen von Stromkreisen sowie Papierstreifen mit der Punkt-Strichschrift vor. Während Steinheil mit ähnlichen Versuchen, die Telegrafie auf den informationstechnischen Kern zurückzuführen, keine Resonanz hatte, begründeten Samuel Morse und sein Partner Alfred Vail damit in den USA einen eigenen Konstruktionsstil, ja einen nationalen Technikstil der Telegrafie, die bald auch Europa ausstrahlte.

Daß der Loslösungsprozeß in den USA so problemlos vonstatten ging, wurde durch mehrere Faktoren begünstigt. Zum einen fehlten bis auf einige Schiffsmelder optische Telegrafenlinien und ebenso eine lange Uhrmachertradition als Prägefaktoren. Zum

anderen bestand hier lange Zeit kein enges Junktim zwischen Eisenbahn- und Telegrafenentwicklung. Die Hauptnachfrage ging vielmehr von Nachrichtenagenturen und Zeitungen aus, die umfangreiche Texte oft mehrfach über lange Distanzen zu versenden hatten. Geringe Übertragungskosten, d.h. maximale Leitungsausnutzung hatten in den USA deshalb Vorrang vor der Bedienungsfreundlichkeit. Eine Professionalisierung der Telegrafie konnte hier akzeptiert werden, weil sie gerade bei großen Nachrichtenvolumina die Gesamtkosten senkte.

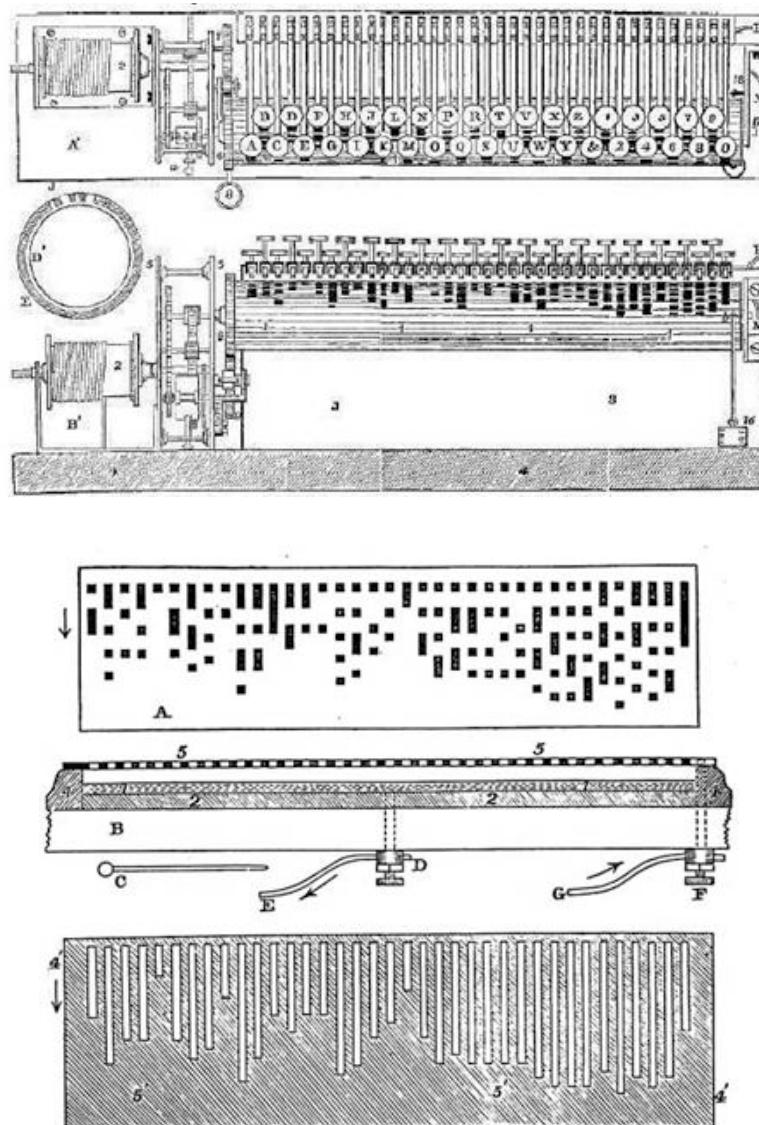
Morse und Vail hatten diese Anwenderkonstellation nicht von vornherein im Blick, das beweist der mehrfache Wechsel ihres Erfindungskonzeptes. Doch sie gingen so unvorbefestet an ihre Problemlösung heran, daß keine Metapher die Oberhand gewann. Beim Aufzeichnungsgerät arbeiteten auch sie lange mit dem mechanischen Uhrwerk-Prinzip und der Gestalt einer Skeleton-Uhr. Zur Bildung der Zackenschrift diente anfangs noch ein Pendel, aber die Uhrenmetapher bestimmte nur einzelne Konstruktionsteile und nicht das Wirkprinzip und das Bedienkonzept. Für die Ein- und Ausgabemedien tauchten bei ihnen völlig neue Muster auf: der Buchdruck mit festen Lettern für den Sendeapparat und die Blindenschrift für den Prägedruck der Punkte und Striche beim Empfänger. Statt selber zu codieren sollte der Telegrafist die Lettern zu Zeilen zusammenstellen, die Abtastung geschah dann mechanisch. Der Maschinenbauer Vail vereinfachte die Zackenlettern zu Codierungsstäbchen, die sich besser für die automatische elektrische Abtastung eigneten. Doch auch die produktionstechnische Verbesserung löste nicht das Grundproblem dieses Lösungsansatzes, die Umständlichkeit eines handbeschickten Codierungsautomaten. Morse entschloß sich deshalb zu einer Radikallösung: er reduzierte den Geber auf eine einzige Kontaktstaste und bürdete die Codierung dem Bediener auf.



Der "key correspondent" von Morse von 1844, nach Vail, Description of the American Electro Magnetic Telegraph, 1845, S 15

Die geringe Akzeptanz, mit der die Erfindung während seiner Europa-Reise im Jahre 1838 aufgenommen wurde, war der Anlaß für einen neuen Anlauf zu einer Automatisierung der Codierung, diesmal mit den dort kennengelernten Metaphern der Tastatur

und der Spieluhrwalze. Das Ergebnis war der "key-board correspondent" von 1840, bei dem nur eine Taste niedergedrückt werden mußte, worauf eine Walze mit der entsprechenden Kontaktfolge automatisch codierte. Die Walzendrehung machte den Apparat aber zu aufwendig und gestattete wegen der unterschiedlichen Zeichenlänge keine Habitualisierung des Eintippens. Daraufhin wurde die Abtastung in der neuen Version, dem "flat correspondent", dem Benutzer übertragen. Dieser mußte nun mit einem Codierstift auf einer Codiertafel entlangfahren, ein Vorläufer der heutigen Streifencodeleser. Dieses einfache, ja stupide Eingabeverfahren behielt man später eine Weile als Zusatzgerät für Laien bei, doch es eignete sich offensichtlich nicht für eine habitualisierte Eingabe langer Texte.



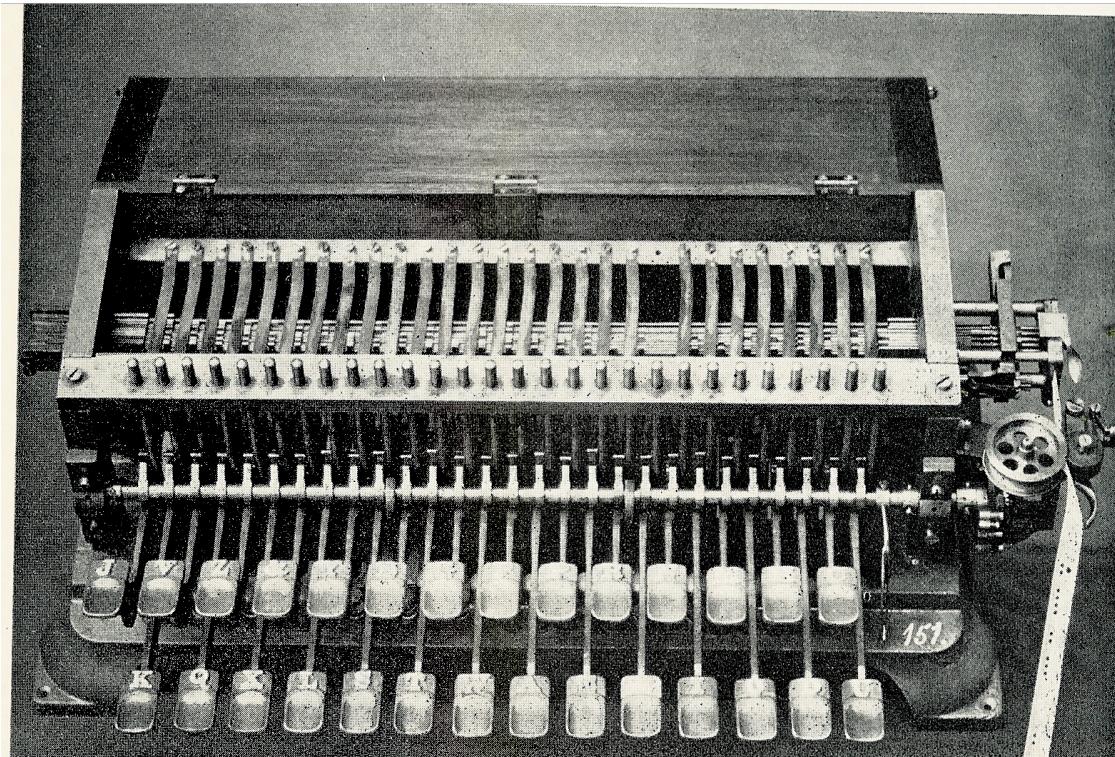
Morses "key-board correspondent" und "flat correspondent" von 1840,
nach Reid, The Telegraph in America, 1879

Da aber für die Decodierung der Reliefschrift beim Empfang ohnehin geübtes Personal nötig war, so konnte man diesem auch die Codierung anvertrauen. Morse entschied sich deshalb für die gerätetechnisch einfachste und billigste Lösung, die bekannte Morsetaste. So kehrte sich die ursprüngliche Intention einer weitgehenden Automatisierung des Telegrafierens am Ende in das Gegenteil um: fast alle Eingabe- und Decodierungsoperationen wurden dem Bediener überlassen. Da mit Fachkräften eine bis zu zehn- bzw. dreifach höhere Übertragungsgeschwindigkeit der Nadel- und Zeigertelegrafen erreicht werden konnte, war das Morsesystem trotz des höheren Personalaufwandes diesen Techniken sehr bald in der Wirtschaftlichkeit überlegen. Es drängte diese in eine Nischenposition und erreichte selber die bei weitem größte räumliche und zeitliche Ausbreitung aller Telegrafensysteme.

Man könnte aus diesem Ausgang des Systemstreits zwischen Nadel-, Zeiger- und Morsetelegrafie nun die Lehre ziehen, daß eine radikale Loslösung von früheren Vorbildern, die schnelle Überwindung von Metaphern und die Anpassung der Bedienschnittstelle an die Übertragungstechnischen Erfordernisse das beste Erfolgsrezept für die Gestaltung von Telekommunikationsgeräten darstellen. Die spätere Entwicklung zeigt jedoch, daß diese Schlußfolgerung zu einfach wäre. Denn seit den 60er Jahren traten auch die Schattenseiten dieses Lösungsweges immer deutlicher zutage. Die extreme apparatechnische Vereinfachung reicherte die Arbeit der Telegrafisten zwar an, sie wurden Spezialisten für die schnelle Codeumwandlung. Doch führte das Ein-tastenprinzip auch zu einer sehr einseitigen körperlichen Belastung, so daß der bald als Berufskrankheit gefürchtete Telegrafistenkrampf vor allem in der Morsetelegrafie auftrat.

Durch die vorrangige Orientierung auf die Ökonomie der Übertragung und das Setzen auf Spezialkräfte verbaute sich die Morsetelegrafie vor allem aber die Weiterentwicklung zu einem allgemeinen Telekommunikationsdienst. Aufgrund der für normale gewerbliche und private Nutzer schlecht geeigneten Bedientechnik stagnierte ihre Ausbreitung bald. Die Lücke zwischen den schnellen professionellen Morse- und Hughes-Systemen der großen Netzbetreiber und den langsamen Nadel- und Zeigertelegrafen für die Laienanwender wurde um 1870 der Anlaß für Neuansätze zu einer bedienungsfreundlicheren Telegrafie. Erfinder wie Elisha Gray und Thomas Alva Edison vereinfachten die synchrone Typendrucker-Technik zu von jedermann bedienbaren Börsentickern, Geschäfts- und Stadttelegrafen. Von ihnen wurden auch die bisher getrennt laufenden Entwicklungen von Schreibmaschine und Telegraf zusammengeführt und dabei endgültig die Klaviatur durch die Typentastatur ersetzt. Doch die verspätete Weiterentwicklung des Telegrafenapparates zu einer universalen Kommunikations-

schreibmaschine scheiterte bereits im Ansatz wegen der neuen Konkurrenz des Telefons ab 1876. Die Idee einer Textversendung von Schreibmaschine zu Schreibmaschine ohne spezielle Telegrafierkenntnisse wurde so erst ab 1900 bzw. 1928 in Gestalt der Telextechnik im geschäftlichen Bereich realisiert, bei den Privathaushalten beginnt sie gar erst heute.



Edison's Automatic Telegraph von 1872/73, Vorbild der Keyboard basierten Teletypewriter,
nach M. Josephson, Thomas Alva Edison 1959, S. 124

Der für die Morsetelegrafie so eindeutige Ausgang des Systemstreites in der Telegrafie hat also aus der Langzeitperspektive der Telegrafentechnik womöglich mehr geschadet als genutzt. Das von der Nadel- und Zeigertelegrafie unzulänglich besetzte Iaiengerechte Gerätesegment wurde auf diese Weise nicht oder zu spät weiterentwickelt. Da derartige Konstellationen und der Ausgang von Systemstreiten dieser Tragweite von Technikgeneseforschern nur rekonstruiert, aber kaum antizipiert werden kann, möchte ich mein Fazit auf die Lehren für die Metaphern-Bewertung beschränken.

3 Fazit: Aufgaben der Metaphernforschung im Rahmen einer Technikhermeneutik

Das Beispiel der frühen elektrischen Telegrafie hat deutlich gemacht, daß Metaphern Inventionsprozesse der Telekommunikation ständig begleiten. Modellübertragungen beschränken sich also nicht nur auf Grundauffassungen über ganze technische Ensembles, wie es Schivelbusch von der Mentalitätsforschung her so plastisch bei der Eisenbahn und Beleuchtung dargelegt hat. Metaphern sind auch nicht vorwiegend eine Begleiterscheinung der Modellierung von Arbeits- und Handlungsabläufen auf dem Rechner, wie es die informative Metaphernforschung nahelegt. Wie es auch die Gestaltfindung bei elektrischen Herden, Waschmaschinen sowie von mechanischen Rechen- und Schreibmaschinen zeigt, muß man Metaphern offenbar als einen wesentlichen Bestandteil der Artefaktkonstruktion ansehen. Vor allem bei der Mensch-Maschine-Schnittstelle scheint der Rückgriff auf vertraute Lösungsmuster unverzichtbar, sei es, weil neue Gestaltmuster hier besonders schwer zu schaffen oder den Benutzern zu vermitteln sind.

Aus der empirischen Skizze ergibt sich m. E. auch, daß Metaphern in Entwicklungsprozessen nicht nur als kognitive Medien kreativen Kombinierens zu betrachten sind, wozu Thomas P. Hughes und die technikgenetische Metaphern-Studie von Mambrey, Tepper und Paetau neigen. Modell- und Gestalt-Übertragungen sind im hohen Maße auch un- oder halbbewußte Momente des Vorverständnisses, also hermeneutischer Natur. Neben der spielerisch-bewußten Konstruktion mit Metaphern gibt es die Vorfixierung auf bekannte Muster und Sichtweisen. Dadurch wird der Lösungsraum u. U. von vornherein eingeengt. Man sollte deshalb immer die Ambivalenz von Metaphern im Blick behalten: die Vorprägung durch Bestehendes und die kreative Neuschöpfung.

Aus dem hermeneutischen Charakter von Übertragungsprozessen ergibt sich m. E. eine veränderte Sicht der Rolle der Metaphernforschung in der Technikbewertung. Sie sind weder bloße Geistesblitze, die man nur konstatieren, aber nicht beeinflussen kann. Sie sind aber auch nicht der Angelpunkt der Erklärung und Bewertung von Technikgeneseprozessen. Metaphern geben Auskunft über Vorverständnisse, Absichten, Benutzerbilder usw., sagen aber nichts über die systemische Problemstruktur und die Langzeitdynamik einer Technik aus.

Eine mit historischen Vergleichen arbeitende hermeneutische Bewertung aktueller Techniken vermag selber keine direkten Aussagen über falsche oder richtige Übertra-

gungsvorgänge zu liefern. Sie kann aber typische Problem- und Fehlerkonstellationen aufführen. Dazu gehören wie an Beispielen demonstriert:

- die Fixierung auf bestimmte Metaphern als Folge professioneller Kulturen
- eine zu direkte Musterübertragung aus der alten in die neue Technik
- die mögliche Vererbung alter Probleme und impliziter Grenzen in die neue Technik
- die Implikationen von Nutzungsvorstellungen und einer inadäquaten Funktionsaufteilung zwischen Benutzer und Maschine.

Mit der systematischen Aufbereitung solcher immer wiederkehrenden Problem- und Fehlerkonstellationen könnte eine historische Metaphernforschung vielleicht dazu beitragen, daß Entwickler ihren durch Vorprägungen verstellten Blick für die Anwender und deren Anforderungen öffnen und damit den Weg für ein bewußtes Experimentieren mit Metaphern freimachen. Auch im Rahmen einer Hermeneutik des technischen Schaffensprozesses könnte die Technikgeschichte in Zukunft ihre gehobenen wie noch zu hebenden Erfahrungsschätzte stärker in die Technikbewertung einbringen.

Literatur

- Aschoff, Volker, Die elektrische Nachrichtentechnik im 19. Jahrhundert, in: Technikgeschichte 33 (1966) 4, S. 402-419
- Aschoff, Volker, Aus der Geschichte der Nachrichtentechnik, in: Rheinisch-Westfälische Akademie der Wissenschaften, Vorträge N 244, Opladen 1974, S. 13-53
- Aschoff, Volker, Elektromagnetischer Telegraph von Gauß und Weber, in: ntz 36 (1983) 5, S. 286-290
- Aschoff, Volker, Geschichte der Nachrichtentechnik, 2 Bände, Berlin, Heidelberg, New York 1984/87,
- Aschoff, Volker, Paul Schilling von Canstatt und die Geschichte des elektromagnetischen Telegraphen, in: Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte 44 (1976) 3, S. 3-53
- Aschoff, Volker; Lüke, Hans-Dieter, Noch einmal Gauß und Weber, in: ntz 40 (1987) 6, S. 438-442
- Blumtritt, Oskar, Nachrichtentechnik. Sender, Empfänger, Übertragung, Vermittlung, Deutsches Museum München 1988
- Beck, Arnold Hugh, Worte und Wellen. Geschichte und Technik der Nachrichtenübermittlung, München 1967
- Bennett, William R.; Davey, James R., Data Transmission, New York, San Francisco, Toronto 1965 (Kap. 1: Historical Introduction)
- Bertho, Catherine, Télégraphes et Téléphones. De Valmy au microprocesseur, Paris 1981
- Bertho, Catherine, Histoire des télécommunications en France, Toulouse O. J. (1984)
- Brauner, Christian, Samuel F. B. Morse. Eine Biographie, Berlin 1991
- Coe, Lewis, The Telegraph. A History of Morse's Invention and its Three Predecessors in the United States, Jefferson, N. C., London 1993
- Drogge, Horst, 150 Jahre elektromagnetische Telegraphie, in: Archiv für deutsche Postgeschichte 2 (1983), S. 73-99
- Du Boff, Richard B., The Telegraph in Nineteenth Century America: Technology and Monopoly, in: Comparative Studies in Society and History 26 (1984)
- Everwien, Franz, Die innere Konkurrenz zwischen Telegraphen- und Telephonverkehr unter besonderer Berücksichtigung der deutschen Verhältnisse, Staatswiss. Diss. Münster 1937
- Fahie, John Joseph, A History of Electric Telegraphy to the Year 1837, London 1884, Reprint New York 1974
- Feyerabend, Ernst, An der Wiege des elektrischen Telegraphen, in: Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte 5 (1933) 5, S. 143-174
- Feyerabend, Ernst, Der Telegraph von Gauß und Weber im Werden der elektrischen Telegraphie, Reichspostministerium Berlin 1933
- Feyerabend, Ernst, Die Entwicklung der Telegraphie auf Drahtleitungen, in: Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte Heft 5 (1937), S. 109-145
- Freebody, J. W., Telegraphy, London 1958
- Fürst, Artur, Das Weltreich der Technik. Erster Band: Telegraphie und Telephonie (1923), neu hrsg. von Kurt Mauel, Düsseldorf 1985
- Hennig, Richard, Die älteste Entwicklung der Telegraphie und Telephonie, Leipzig 1908
- Herbarth, Dieter, Die Entwicklung der optischen Telegraphie in Preußen, Köln 1987
- Holzmann, Gerard J.; Pehrson, Björn, The Early History of Data Networks, Los Alamitos, CA, Washington, Brüssel, Tokyo 1995

- Hubbard, Geoffrey, Cooke and Wheatstone and the Invention of the Electric Telegraph,
London 1965
- International Telecommunications Union (ITU), From Semaphore to Satellite, Genf
1965
- Israel, Paul B., From Machine Shop to Industrial Laboratory: Telegraphy and the
Changing Context of American Invention, 1830-1920 (John Hopkins Studies in
the History of Technology, New Series), Baltimore, London 1992
- Josephson, Matthew, Thomas Alva Edison. Biographie, Icking, München 1996
- Karrass, Theodor, Geschichte der Telegraphie (Telegraphen- und Fernsprechtechnik in
Einzeldarstellungen, Bd. 4,1). Erster Teil, Braunschweig 1909
- Kieve, Jeffrey L., The Electric Telegraph. A Social and Economic History, Newton Abbot
1973
- Klein, Wolfgang, Aus der Entwicklung der elektromagnetischen Telegrafenapparate, in:
Archiv für Postgeschichte, (1978) 2, S. 87-101
- Kraatz, A., Maschinen-Telegraphen (Telegraphen- und Fernsprechtechnik in Einzeldar-
stellungen, Bd. 1), Braunschweig 1906
- Kraatz, A., Mehrfach-Telegraphen, Braunschweig 1914
- Kunert, Artur, Die Entwicklung des Fernmeldebewegens für den öffentlichen Verkehr (ein
geschichtlicher Überblick). Teil I. Telegraphie. Berlin 1931
- Löser, Wolfgang, Der Bau unterirdischer Telegraphenlinien in Preußen von 1844-
1867, in: NTM-Schriftenreihen 6 (1969) 2, S. 52-67
- Löser, Wolfgang, Die Entstehung der elektrischen Telegraphie und ihre Entwicklung in
Preußen bis 1867, Wirtschaftsdiss. Dresden 1964
- Löser, Wolfgang, Die Entstehung der elektrischen Telegraphie und ihre Entwicklung in
Preußen bis 1967, Wirtschaftswiss. Diss. Dresden 1964
- Löser, Wolfgang, Die Rolle des preußischen Staates bei der Ausrüstung der Eisenbahnen
mit elektrischen Telegraphen des 19. Jahrhunderts, in: Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte
1963/4, S. 193-208
- Marland, Edward Allan, Early Electrical Communications, London, New York, Toronto
1964
- Matschoß, Conrad, Werner Siemens. ein kurzgefaßtes Lebensbild nebst einer Auswahl
seiner Briefe, 2 Bde. Berlin 1916
- Morse, Samuel B., His Letters and Journals, hrsg. von Eduard Lind Morse, Boston 1914,
Reprint New York 1973
- Noebels, Johann; Schluckebier, A.; Jentsch, Otto, Telegraphie und Telephonie (Hand-
buch der Elektrotechnik . Bd. 12), Leipzig 1901
- Pieper, Hans, Carl August von Steinheil, der vergessene Begründer der wissenschaftlichen
Nachrichtentechnik, in: Technikgeschichte 37 (1970) 4, S. 323-347
- Preece, William Henry; Sivewright, James, Telegraphy, London 1895
- Reid, James D., The Telegraph in America, New York 1877, 2. Auflage New York 1886
- Renton, Robert Norman, Telegraphy, London 1976
- Reuter, Michael, Telekommunikation. Aus der Geschichte in die Zukunft, Heidelberg
1990
- Schellen, Heinrich, Der elektromagnetische Telegraph in den Hauptstadien seiner
Entwicklung und seiner gegenwärtigen Ausbildung und Anwendung, 2. Aufl.,
Braunschweig 1854; 5. Aufl. 1870; 6. Aufl. bearb von Kareis, 1888
- Shiers, George (Hrsg.), The Electric Telegraph. An Historical Anthology, New York 1977
- Siemens, Georg, Der Weg der Elektrotechnik, 2 Bde, Freiburg, München 1961
- Stahl, Hans, Die bildtelegraphische Übertragung von Nachrichten (Pantelegraphie), in:
Elektrische Nachrichten-Technik 1 (1924) 6, S. 187-190

- Tarr, Joël A.; Finholt, Thomas; Goodman, David, The City and the Telegraph. Urban Telecommunications in the Pre-telephone Era, in: Journal of Urban History 14 (1987) 1, S. 38-80
- Thompson, Robert L., Wiring a Continent: The History of the Telegraph Industry in the United States 1832-1866, Princeton 1947
- Vail, Alfred, Description of the American Electro magnetic Telegraph: Now in Operation Between the Cities of Washington and Baltimore, Washington 1845
- Wessel, Horst A., Die Entwicklung des elektrischen Nachrichtenwesens in Deutschland und die rheinische Industrie. Von den Anfängen bis zum Ausbruch des ersten Weltkrieges, Wiesbaden 1983
- Wilke, Arthur, Die Elektrizität, ihre Erzeugung und ihre Anwendung in Industrie und Gewerbe, 6. Auflage, Leipzig 1914
- Wilson, Geoffrey, The Old Telegraphs, London, Chichester 1976
- Zetsche, Karl Eduard, Die Copiertelegraphen, die Typendrucktelegraphen und die Doppeltelegraphie, Leipzig 1865
- Zetsche, Karl Eduard, Die elektrischen Telegraphen in ihrer gegenwärtigen Einrichtung und Bedeutung geschildert, Zwickau 1869
- Zetsche, Karl Eduard, Die Entwicklung der automatischen Telegraphie, Berlin 1875
- Zetsche, Karl Eduard, Geschichte der elektrischen Telegraphie, in: ders., Handbuch der elektrischen Telegraphie Band I, Berlin 1877
- Zetsche, Karl Eduard, Handbuch der elektrischen Telegraphie, 4 Bde Berlin, Halle 1877–1891