

Humboldt Universität zu Berlin

WS 2006/07

Seminar für Medienwissenschaften

Veranstaltung: Epistemisches Zeug (HS)

Photographien mit Signal-Charakter: Mareys Verschluss-Zeitreihen und Machs Zeitschaltung

Isabell Schrickel

isabell.schrickel@culture.hu-berlin.de

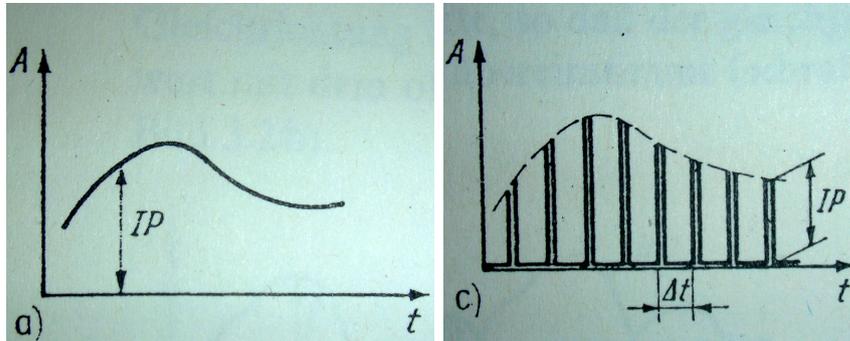
April 2007

Dozent: Prof. Wolfgang Ernst

Inhaltsverzeichnis

1	Photographie, medienarchäologisch	3
2	Mareys Verschluss-Zeitreihen	7
2.1	La méthode graphique	7
2.2	Le fusil photographique & la chronophotographie	10
2.3	Neue Kategorien der Zeit	14
3	Machs Zeitschaltung	16
3.1	Analogie	16
3.2	Schaltung	18
3.3	Schluss	24
4	Literatur & Abbildungen	25

1 Photographie, medienarchäologisch



Die Photographie ist Gegenstand vieler wissenschaftlicher Disziplinen. An dieser Stelle soll sie aus medienarchäologischer Perspektive diskutiert werden, als eine »Lektion medieninduzierten Wissens.«¹ Die Lektion heißt: zeitgebende Messmedien, denn diese photographischen Dispositive führen an der Achse t schnelle Schnitte aus; sie vermessen die Bewegung, die im klassischen Photo als einzelner Schnitt zur Repräsentation gelangt. Jede Messinformation hat eine äußere Erscheinungsform: das Signal. Das Signal ist der Zeitverlauf einer physikalischen Größe, wenn dieser ein Abbild einer anderen Größe ist.² An der Photographie exemplifiziert: die physikalische Größe der Intensität I , was der Amplitude des Wellenphänomens Licht entspricht, bildet sich in der Zeit der Belichtung auf dem messtechnischen Interface, dem sensiblen, photochemischen Papier, als Bild mannigfaltig körniger Natur ab.

Auf die Chronophotographie Mareys bezogen sind die einzelnen Belichtungen analoge Signale (Abb.2): »eine Vorstellung von Zeit [muss] in das Bild mit eingehn, was dadurch erzielt wird, dass man das Licht nur zeitweilig wirken lässt, mit Unterbrechungen von bestimmter Dauer«³ (Δt , Abb.2). Die Anzahl der Belichtungen innerhalb einer Sekunde kann beliebig viele Werte annehmen, einzig bedingt von der Trägheit der Mechanik. Laut Marey könnten es 10-60 Bilder pro Sekunde sein. Ein weiteres Merkmal analoger Signale ist die Proportionalität zwischen Messgrö-

¹Ernst 2006a, S. 255.

²Richter 1988, S. 31.

³Marey 1893, S. 5.

ße (hier als Quantifizierung der Eigenschaften, die ein Körper von sich äußert; z.B. Hitze, Elektrizität, Bewegung) und Informationsparameter (hier die Dauer und damit Intensität der Belichtung).⁴ Was ist der Gegenstand der Messungen Mareys? Bewegungen, »die entweder zu schnell oder zu langsam oder zu verwickelt sind«⁵ — *Real Time Analysis* in einer Verschlusszeitenreihe, die bei jedem zeitlichen Index ein Lichtsignal anschreibt, dem man freilich Zeit geben muss, zu erscheinen. Um die Bewegung später wieder synthetisieren zu können — sei es im Auge des Betrachters oder noch später im Kino — ist lineare Proportionalität unabdingbar. Die Momentaufnahmen Machs und Salchers erfüllen die Merkmale determinierter Signale. Die Information einer einzigen Kurzzeit-Belichtung ist determiniert vom elektrischen Kurzschluss des Stromkreises. Eine Störung dieser Anordnung vernichtet die Information dann auch vollständig. So eignet sich ein determiniertes Signal in der messtechnischen Praxis für »Kurzzeitmessungen und einmalige Vorgänge«.⁶

Ein medienarchäologischer oder -epistemologischer Ansatz versucht, die Apparate zu denken und kann so Bewegungen aufdecken, aber keine philosophische Dialektik, so Bachelard, der weiterhin eine Genealogie der Begriffe forderte, die sich ihrer Diskontinuitäten bewusst ist.⁷ Unter diesen Diskontinuitäten hat man *medieninduziertes Wissen* zu verstehen. Medienwissenschaft muss sie beschreiben, um zwischen überholter und noch immer bestätigter, aktueller — »weil wirksam[er]«⁸ Erkenntnis unterscheiden und mit Canguilhem ein »Urteil« treffen zu können. Diese Arbeit erkundet zwei unterschiedliche Logiken der Photographie in ihrer Eigen-

⁴Vgl. Richter, S. 32.

⁵Marey 1893, S. 3.

⁶Richter 1988, S. 32.

⁷Vgl. Georges Canguilhem (1963): Die Geschichte der Wissenschaften im epistemologischen Werk Gaston Bachelards. In: Ders.: Wissenschaftsgeschichte und Epistemologie. Übersetzt von Michael Bischoff u. Walter Seitter, hrsg. von Wolf Lepenies; S. 7-20, hier S. 17f.

⁸Georges Canguilhem (1966): Der Gegenstand der Wissenschaftsgeschichte. In: Ders.: Wissenschaftsgeschichte und Epistemologie. Übersetzt von Michael Bischoff u. Walter Seitter, hrsg. von Wolf Lepenies; S. 22-37, hier S. 26.

schaft, Zeit zu sedimentieren und Wissen freizusetzen. Die Genealogie des Signals ist hier angesprochen, die laut Bernhard Siegert einerseits militärisch, andererseits physiologisch sei: »Das Signal warnt, macht aufmerksam, benachrichtigt.«⁹ Damit sind direkt die beiden Gegenstände dieser Arbeit angesprochen: es geht um die Chronophotographien als Verschluss-Zeitreihen¹⁰ Étienne-Jules Mareys, die auf die Unzulänglichkeit menschlicher Sinne bezüglich der Wahrnehmung von Bewegungen aller Art *aufmerksam macht*, sowie um die geschossphotographische Zeitschaltung Ernst Machs und Peter Salchers, die die Machsche Erkenntniswelt über die »beobachtete Tatsache« Eulerscher und Riemannscher Wellenmathematik *benachrichtigt*. Diese beiden *Zeichenpraktiken* auf photochemisch-behandelten Papieren ritzen sich als Autographien des Realen, von Funken, Projektilen und Schwingungsereignissen, tief als *science* in das *conscience*¹¹ ein, *aisthesis medialis* tritt als Domäne der Signale neben die anthropologische Domäne der Zeichen. Man kommt beim Thema Photographie nicht umhin, auf den Peirce'schen Begriff des Index zu verweisen. In seiner semiotischen Triade von *Ikon*, *Index*, *Symbol* bezeichnet der Index den real existierenden Hinweis auf ein existentes Objekt. Siegert identifiziert Signal und Index: das Signal adressiere im Unterschied zum Zeichen nicht das »Vorstellungs- bzw. Erkenntnisvermögen (Seele oder Verstand)« — »Vorstellung und Erkenntnis (sind) im Fall des Signals nur Relais für die Auslösung einer »motorischen« Aktion oder Reaktion.«¹² Mit Peirce: »Alles, was uns

⁹Siegert, S. 256f.

¹⁰Für Heidegger ist dies das Abstandlose, Gleich-Gültige; vgl. Heidegger (1949) 1994, S. 25: »Das Abstandlose geht den Menschen so entschieden an, dass er vom gleichförmig distanzlosen überall gleichmäßig angegangen wird.«

¹¹Vgl. Bergson, S. 10: »Nun, keine philosophische Lehre bestreitet, dass dieselben Bilder gleichzeitig in zwei deutlich unterschiedene Systeme eingehen können: in eines, das der *Wissenschaft (science)* zugehört, wo jedes Bild nur auf sich selbst bezogen, seinen absoluten Wert behält, und in ein anderes, in die Welt des *Bewusstseins (conscience)*, wo sich alle Bilder nach einem zentralen Bilde, unserem Leibe richten, von dessen Veränderungen sie abhängen.«

¹²Siegert, S. 256.

erschreckt, ist ein Index.«¹³ Die Mareyschen Chronophotographien dienten so z.B. zur Optimierung des Marschschrittes der französischen Armee; im Fall der Geschossphotographien sind die Ingenieure angehalten, die *motorische* Aktion von Waffen entsprechend anzugehen. Weiterhin schrieb Peirce, Indices würden die Aufmerksamkeit mit »blindem Zwang«¹⁴ auf die Gegenstände lenken. »Blinder Zwang« schließt die Möglichkeit eines hermeneutischen Zugangs aus – nachdem Signalmedien in Forschungsarbeit die Schattenseiten der menschlichen Sinne stellen und Vorgänge, wie den Austritt eines Geschosses aus der Seele eines Gewehres erst entbergen oder künstlerisch geschaffene Standbilder der Bewegung von Mensch und Tier empirisch fundieren, können wir überhaupt erst davon wissen. Solches Wissen lebt dann anderswo weiter, animiert das Denken und die Bilder, die Philosophie, die Ästhetik¹⁵ und die Wissenschaft selbst. Als Beispiel für den Index führt Peirce das Photo an: »weil die physikalische Wirkung des Lichts beim Belichten eine existenzielle eins-zu-eins-Korrespondenz zwischen den Teilen des Fotos und den Teilen des Objekts herstellt, und genau dies ist es, was an Fotografien oft am meisten geschätzt wird.«¹⁶ Dieser Hinweis auf Photographie als Index ist längst *sensus communis*.¹⁷ Im gegenwärtigen medienwissenschaftlichen Paradigma des Zeitbasierten bzw. -basierenden¹⁸ soll im Folgenden die Frage gestellt werden, was da *beim Belichten* eigentlich indiziert wird, wie der Signalbegriff den des Indizes erweitert und in den sensiblen Temporalitäten von Chrono- und Momentphotographien tatsächlich Sinn macht.

¹³Charles S. Peirce: *Philosophical Writings*. Hrsg. von Junstus Buchler. NewYork: Dover 1955; S. 108f.

¹⁴Peirce, s. Fußnote 3.

¹⁵Dazu Crary (1999) 2001.

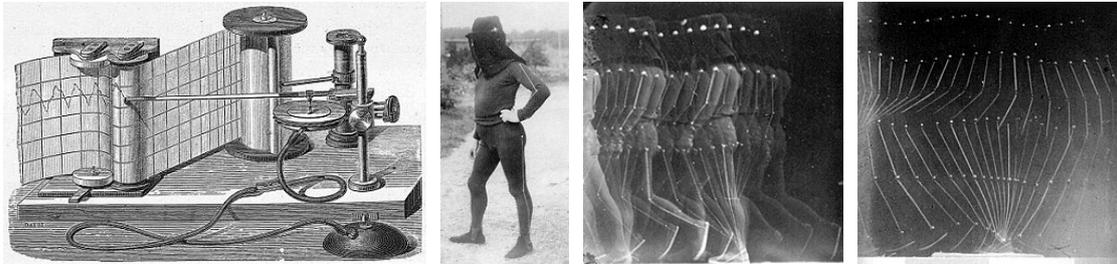
¹⁶Peirce 1903, S. 65.

¹⁷Prominent und viel zitiert bei Barthes 1980, S. 90ff: »Die PHOTOGRAPHIE ist, wörtlich verstanden, eine Emanation des Referenten.«

¹⁸Vgl. Ernst 2006b, S. 436f.

2 Mareys Verschluss-Zeitreihen

2.1 La méthode graphique



Sich Phänomenen mit Apparaten und Instrumenten zu nähern entspringt der Erkenntnis, dass das, was mit menschlichen Sinnen «wahrgenommen wird, weniger ist, als «real» an Reizen eintrifft.»¹⁹ Zudem sind es die naturwissenschaftlichen Paradigmen des 19. Jahrhunderts, die ein solches Vorgehen nahe legen: zum einen lassen sich die kausalen und deterministischen Seiten natürlicher Entwicklung gut in Mechanismen implementieren, zum anderen erfordern z.B. die Gesetze der Thermodynamik eine präzise Beschreibung kleinster Veränderungen in der Zeit, will man den Geheimnissen der Energieumwandlungen auf die Spur kommen. Es begann mit der graphischen Methode,²⁰ die kontinuierlich-analoge Signale von Kymographen, Sphygmographen, Hämodromographen etc. auf Trommeln aufzeichnete, als »reelle Kurven« (Abb.1, auch im vorigen Kapitel). Marey schlug vor, den Informationsparameter so zu wählen, »dass Amplitude und Dauer der Kurven gleich und also in einem Quadrat einschreibbar wären.«²¹ Dieser Drehzylinder sorgte also für die proportionale Kopplung von »Lebenszeit« und homogener Zeit.²² Die

¹⁹Vagt, S. 10. Dieser Gedanke taucht bei Leibniz und seiner Idee der kleinen Perzeptionen auf: das Rauschen des Meeres hört man deutlich aber die einzelne Welle bleibt unhörbar, unbewusst.

²⁰Die freilich nicht von Marey erfunden wurde. Neben den Vertretern der »modernen (exakten) Physiologie« Ludwig, Helmholtz, Brücke und Du Bois-Reymond spielt Marey in Paris eine exzessive und prominente Außenseiterrolle. Vgl. de Chadarevian, S. 33.

²¹de Chadarevian, S. 44.

²²Auch wenn diese Kopplung mangels Standardisierung immer recht unterschiedliche Kurven lieferte und der Drehzylinder bald durch schwingende Platten, drehende Scheiben (Vgl. de

Instrumente verstand Marey als «unabkömmliche Zwischenschaltungen» zwischen Bewusstsein und Realität²³ und zwar in der Dimension der Zeit.

Depuis longtemps elle possédait les moyens de mesurer avec exactitude les dimensions, le poids, la composition, en un mot l'état statique des corps de la nature; elle commence à étudier les forces dans leur état dynamique. Mouvements, courants électriques, variations de la pesanteur ou de la température, tel est le champ à explorer. [...] Ils pénètrent l'initime fonction des organes où la vie semble se traduire par une incessante mobilité.²⁴

Die zeitgenössischen Fortschritte in der Optik und Photochemie, also verbesserte Linsen und die Ablösung des Kollodiumverfahrens, mit dem noch Muybridge begann, durch das Bromsilber-Gelatine-Verfahren überführte die Photographie in ein ebensolches *moyen de la science*, in eine Messtechnik, allerdings einer im photographischen Kontext anderen Logik folgend. War bei den ersten Photographien Niépces 1826 eine 8stündige Belichtung nötig, was die Zeit ungeheuer dehnte, so ermöglichte das Bromsilber-Gelatine-Verfahren seit den 1870er Jahren Zeitsplitter, analog-diskontinuierliche Signale von 1/1000 Sekunde zu speichern, ein analoges Abtasten.²⁵ Ein solches Zeitfeld existiert für Menschen praktisch nicht. Zwar

Chadarevian, S. 44.) und schließlich durch das Endlosband aus Papier ersetzt werden sollte, was dann schon die epistemischen Dinge der Massenmedien Grammophon und Film sind.

²³Vgl. Étienne-Jules Marey: *Natural History of Organized Bodies*, 1868.

²⁴Marey 1878, S. iii; Hervorhebung I.S., dt: Seit langem besaß sie [die Wissenschaft] die Mittel, die Ausmaße, das Gewicht, die Zusammensetzung, kurz den statischen Zustand der Körper der Natur mit Genauigkeit zu messen; sie beginnt die Kräfte in ihrem dynamischen Zustand zu studieren. Bewegungen, elektrische Ströme, Schwankungen des Gewichts oder der Temperatur, das alles ist das zu erforschende Feld. [...] Sie drängen in die intimen Funktionen der Organe ein, wo das Leben eine ständige Beweglichkeit zu sein scheint.

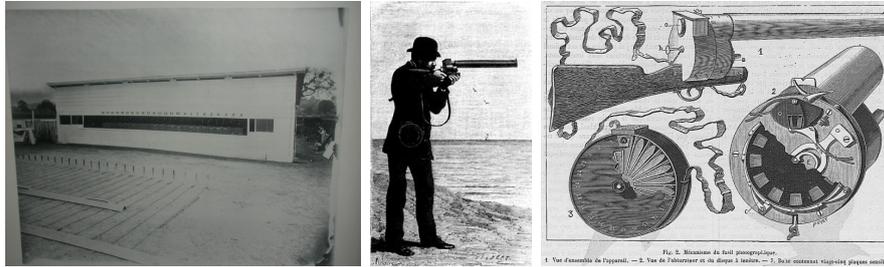
²⁵Vgl. Großklaus, S. 16f. An der Frage, was das Bewusstsein als Jetzt-Punkt der Gegenwart begreift, nämlich eine ungefähr 3 Sekunden dauernde Wahrnehmung, macht Großklaus den kritischen Punkt dieser neuen Entwicklung fest: »Übersetzen wir diesen Befund auf die Fotografie, hieße das [...], dass die Grenze für die zeitliche Integration von Ereignisdaten der

hatte Sigmund Exner 1868 mittels des Helmholtz'schen elektromagnetischen Rotationsapparates nachgewiesen, dass *die zu einer Gesichtswahrnehmung nöthige Zeit* zwar sehr kurz ist, aber nur dank des Nachbild-Effekts, welcher selbst eine »geringe Erregung zu Bewusstsein bringen kann.«²⁶ In einer Laboranordnung kann unser Auge also blitzschnelle Ereignisse registrieren, ist dann aber erstmal für eine längere Dauer ausgelastet und man weiß auch nur dass, nicht aber was man gesehen hat. Die »Arretierung« (Großklaus) eines so künstlichen Moments ist *aisthesis medialis*. Außerdem übergab man die Photographie an eine Laboranordnung, die nicht nach dem Gusto eines Photographen aufzeichnete, sondern dem Takt eines Apparates unterworfen ward oder wie im Fall Machs, wo das zu messende geschaltete Ereignis selbst ein Signal von sich gibt. Die messtechnische Differenz zwischen der graphischen Methode und der Chronophotographie liegt in den unterschiedlichen Signalarten: vom kontinuierlich-analogen Signal (einer Kurve) zum diskontinuierlich-analogen Signal eines getakteten Apparates (S. Abb. 1 u. 2 im vorigen Kapitel). Die diagrammatische Leistung einer bloßen Kurve im Unterschied zum allzu konkreten Bild eines Mannes wusste Marey aber weiterhin zu schätzen und so kleidete er seinen Assistenten Georges Demeny ganz in schwarz und heftete an seine Glieder weiße Streifen und an den Kopf einen weißen Punkt, um das Studium des Ganges als Diagramm statt als Bild möglich zu machen (Abb. 2, 3, 4). Die photographische Methode ist dabei ebenso wie die graphische Methode ein Negativ-Verfahren: von der positiven Inskription in Ruß zur (Be)Lichtung des Realen auf dem empfindlichen Negativ.

äußeren Wirklichkeit technisch anfänglich bei 8, dann bei etwa 1 bis 2 Stunden, seit Daguerre (1835) zwischen 10 und 15 Minuten, 1839 schon zwischen 5 und 9 Minuten lag und dass erst um die Jahrhundertmitte mit Goddard (1840) in etwa der neuronale Drei-Sekunden-Takt unserer Gegenwartswahrnehmung auch für die technische Aufzeichnung erreicht wurde. Bereits 1872 bis 78 aber wird dann unsere neurophysiologische Grenze zeitlicher Gestaltintegration unterschritten mit Belichtungs-Zugriffszeiten von 1/1000-sec [...]. Damit bestimmt sich technisch »Gegenwart« oder »Augenblick« erstmals anders als durch die neuronale Leistung unseres Gehirns [...].«

²⁶Exner, S. 612.

2.2 Le fusil photographique & la chronophotographie



Die Photographie trat in die Phase ihrer zeitkritischen Anwendung, als sichtbar gemacht werden sollte, was mit bloßem Auge nicht wahrnehmbar ist. Dabei gilt es nicht nur die Photochemie voranzutreiben, auch die Verschlussmechanik musste optimiert werden. Auf »telegrafische Geschwindigkeiten« im Feld der *Optisch-Unbewussten*²⁷ brachte sie es in Verbindung mit der Elektrizität. Diese Beschleunigungsleistung stammt nicht etwa von Eadweard Muybridge. Schon 10 Jahre früher wurde sie auf dem Truppenübungsplatz in Woolwich, England vollbracht. Dort versuchte man im Fluge befindliche Kanonenkugeln durch den Einsatz einer elektrischen Zündung festzuhalten. Die Photochemie allerdings vermochte 1866 noch kein scharfes Bild zum Vorschein zu bringen.²⁸ Muybridge machte die in in eine strenge Chronologie eingebettete Photographie dann aber ohne Zweifel zu einem Gegenstand experimentalwissenschaftlichen Interesses, auch für Marey. Für seine Experimente in Palo Alto hatte Muybridge bekanntlich mehrere Kameras benutzt (Abb.1), was Mareys Ansicht nach zu Ungenauigkeiten führte: die großen Weg- und damit Zeit-Abstände durch die Installation mehrerer Apparate verunmöglicht ein konzises Nachvollziehen der Bewegung und außerdem störte des Fehlen eines einzigen *point of view*. Marey orientierte sich zunächst jedoch auch in diese Richtung. Genauso wie die graphische Methode, wo der Zeitgeber im Apparat selbst liegt und so erst eine exakte Kopplung von Frequenz und Amplitude, von x- und y-Achse möglich ist, sollte auch die Photographie eingesetzt werden. Im Oktober 1881, als Muybridge sich in Paris von seinen Geldgebern feiern ließ, begab sich

²⁷Vgl. v. Hermann, S. 157.

²⁸Vgl. Peter Geimer, S. 336ff.

Marey nach Neapel und dachte nach. Wenig später bastelte er am Prototyp seiner chronophotographischen Flinte (Abb.2, 3).²⁹ Die Flinte war tatsächlich wie ein Gewehr konstruiert: sie besaß ein Visier, ein Objektiv im Lauf und einen Zylinderverschluss. In diesem rotierte (was uns an Exners Experiment mit Helmholtz' Rotationsapparat erinnert) durch den Abzug ausgelöst, eine mit Bromsilber-Gelatine beschichtete Platte, die 12x/ Sekunde hinter dem Objektiv stoppte und 1/720 Sekunde belichtet wurde.³⁰ Die Abtastfrequenz 12 war zwar genau, das Format der Bilder war allerdings unbefriedigend klein, das Visier ungenau und der Datensatz einer Bewegung blieb auf mehrere Bilder verteilt.³¹

Im Mai/Juni 1883 entwickelte Marey den Chronophotographen, dessen Prinzip er in der Sitzung der Akademie der Wissenschaften so vorstellte: er «vereint auf ein und derselben Platte eine Bilderfolge, und zeigt die verschiedenen Positionen, die ein Mensch, egal wie er geht, in einer Abfolge bekannter Augenblicke im Raum einnimmt.»³² Auch in diesem Zusammenhang begegnet uns die epistemische Qualität des Rotationsmechanismus, mittels welchem Marey in der Lage war, durch Rotations- und Winkelgeschwindigkeiten die Intervalle der Belichtungen auf einer einzigen 13x18cm großen Platte zu berechnen, die Augenblicke ex ante bekannt zu machen. Ein Mechanismus, der von einer Kurbel in Gang gesetzt

²⁹Braun, S. 57. Diese Idee war zunächst nicht neu: schon seit 1860 wurden in Frankreich Photoapparate in Form von Pistolen auf den Markt gebracht, die allerdings nur einen Schuss machen konnten. Ein direkterer Vorgänger ist der Apparat von Mareys Kollege, dem Astronom Pierre-César Jules Janssen, mit dem er das Vorbeiziehen der Venus an der Sonne aufnehmen wollte: «the photographic image of this contact *would necessarily be included* in the series and at the same time it would show the precise instant when the phenomenon occurred.» zit. nach Braun, S. 55, Hervorhebung I.S. Auch Marey formulierte diese Idee schon 1878, vgl. Frizot, S. 248. Zu den Konvergenzen von Maschinengewehr und Kamera vgl. Kittler 1986, S. 190: »Der Transport von Bildern wiederholt nur den von Patronen.«

³⁰Étienne-Jules Marey: Le fusil photographique. In: La nature: revue des sciences et de leurs applications aux arts et à l'industrie, 1882, 22 April; S. 326-330.

³¹Vgl. Mareys eigene Kritik: Marey 1893, S. 12.

³²Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, 3. Juli 1882; S. 15; zit. nach Frizot, S. 249.

wurde, ließ die Scheibe mehrere Sekunden lang rotieren. Wenig später nutzte er ein 13x2,8cm großes Glasplatten-Negativ, das längere Strecken aufzunehmen ermöglichte. Hier schreibt sich die Genealogie der Signale als militärische *und* physiologische: 1871 hatten die Franzosen den Deutsch-Französischen Krieg (ou la Guerre franco-allemande) verloren, 1880 war Marey mit staatlicher Förderung im Bois de Boulogne die physiologische Versuchsstation eingerichtet worden und nun sollte seine chronophotographische Methode zur Analyse und Optimierung des Marschschrittes genutzt werden.³³

Ein in diesem Zusammenhang wenig beachteter Bestandteil der Experimente Mareys, der die Dauer menschlicher Wahrnehmung in physikalische Mikro-Zeitlichkeit der Signale überführt und sie später wieder zu synthetisieren vermag, sind die 1888/89 einsetzenden Versuche der Chronophotographie auf beweglichem Film. Den bewegten Bildern sprach er wissenschaftlichen Wert aber gerade ab, weil sie nichts anderes zeigten, als die Augen sehen. Die wissenschaftliche Methode der Chronophotographie könne hingegen die Schwäche der Sinne ausgleichen und ihre Fehler korrigieren,³⁴ motorische Reaktion auslösen (s.o.). Marey trägt 1889 vor der Akademie der Wissenschaften vor:

Pour compléter les recherches dont j'ai entretenu l'Académie dans les dernières séances, j'ai l'honneur de lui présenter aujourd'hui une bande de papier sensible sur laquelle une série d'images a été obtenu, à raison de vingt images par seconde. L'appareil que j'ai construit à cet effet déroule une bande de papier sensible avec une vitesse qui peut atteindre 1m60 par seconde. [...]

Si l'on prend les images pendant que le papier se déroule, on n'obtient aucune netteté: on peut seulement apprécier les changements d'attitude

³³Unter dem Titel »Comment on marche« (Wie man geht) veröffentlichten der Kommandant De Raoul und der Ethnologe Félix Regnault 1898 ein Buch, das Marey mit einem Vorwort versah und das angereichert mit seinen Arbeiten ist. Vgl. Frizot 2003, S. 461ff.

³⁴Vgl. Tom Gunning, in: Phillip Prodger, Time stands still. Muybridge and the instantaneous photography movement, Oxford 2003, S. 221-257; zit. nach Vagt.

du sujet en expérience. Mais si, au moyen d'un dispositif spécial basé sur l'emploi d'un électro-aimant, on arrête le papier [...].³⁵

Diese ersten Versuche fanden tatsächlich noch vor Einführung des Eastman-Zelluloid-Films in Frankreich statt und wie hier deutlich wird, hat Marey zunächst einen Elektromagneten (wie Helmholtz bei seinem Rotationsapparat) verwendet, später das Malteserkreuz. Das ist vor allem dafür bekannt, einen Film bei der Projektion kurz zu stoppen, nachdem ein Flügelchen den Übergang vom einen zum anderen Bild verblendet hat, um so ein flimmerfreies Standbild zu zeigen, die zerlegende Projektion. Dass dieses Bauteil auch beim Messmedium Chronophotographie mit *beweglichem Häutchen* zum Einsatz kam, macht auf die Notwendigkeit der Taktung beim Umgang mit analog-diskontinuierlichen Signalen aufmerksam, Michel Frizot nennt das »intermittierende geradlinige Fortbewegung« oder treffend »sequentieller Operateur«.³⁶ Das ist ein Moment mechanistischer Logik, der später in der elektrischen Signalverarbeitung als Wechselstrom wiederkehren wird. Man könnte es andererseits als frühes Beispiel des Ethos des Smoothings von Datenmengen im

³⁵Die Texte Mareys zu diesen Experimenten sind — wie viele andere — leider nicht zugänglich. Sie befinden sich in der Bibliothèque interuniversitaire de médecine et d'odontologie in Paris. Unter der Adresse <http://www.bium.univ-paris5.fr/histmed/medica/marey/marey03f.htm> (Stand: 8. März 2007) sind sie verzeichnet. Zitat aus: Étienne-Jules Marey: Décomposition des phases d'un mouvement au moyen d'images photographiques successives, recueillies sur une bande de papier sensible qui se déroule. In: Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 1888, Bd. 107; S. 677-678; dt.: Um die Untersuchungen zu vervollständigen, deren die Ergebnisse ich der Akademie in den letzten Sitzungen vorgetragen habe, habe ich heute die Ehre Ihr ein Band lichtempfindlichen Papiers vorzustellen, auf welchem eine Reihe von Bildern erzielt wurde, im Abstand von 20 Bildern pro Sekunde. Das Gerät, das ich zu diesem Zweck gebaut habe, rollt ein Band lichtempfindlichen Papiers mit einer Geschwindigkeit von 1,60m pro Sekunde ab.[...] Wenn man die Bilder aufnimmt, während das Papier abgerollt wird, erreicht man keine Schärfe: man kann nur Veränderungen in der Haltung des untersuchten Objektes feststellen. Man kann aber mittels einer speziellen Einrichtung, die auf dem Einsatz eines Elektromagneten basiert, das Papier arretieren [...].

³⁶Frizot 2003, S. 473 u. 476.

Allgemeinen bezeichnen: ein Algorithmus erfasst die wichtigen Informationen und filtert das Rauschen.³⁷

2.3 Neue Kategorien der Zeit

Interessant ist in diesem Zusammenhang die Nähe Mareys zum Begründer der Lebensphilosophie Henri Bergson. Beide kannten sich von den Treffen einer kleinen Gruppe von Wissenschaftlern im Pariser Psychologischen Institut, in denen u.a. auch Séancen unterstützt von streng wissenschaftlicher Forschung abgehalten wurden.³⁸ Außerdem waren sie bis zum Tod Mareys 1904 gemeinsam am Collège de France. Während Marey die Rationalisierung der Zeit betrieb, sich mit tickenden Chronometern und Metronomen umgab, entwickelte Bergson die Idee des *élan vital*, die eine andere Kategorie der Zeit anspricht. Es geht um die Zeit als *durée*, welche uns verschieden intensiv, verdünnt und verdichtet durchs Leben jagt, im Unterschied eben zur homogenen, *gleich-gültigen*, physikalischen Zeit. Den Unterschied beschreibt Henri Bergson in »Materie und Gedächtnis« 1896:

Die von unserem Bewusstsein erlebte Dauer ist eine Dauer mit bestimmtem Rhythmus, ganz verschieden von der Zeit, von welcher der Physiker spricht und welche in einem gegebenen Intervall eine beliebige Anzahl Erscheinungen in sich aufspeichern kann.³⁹

Davon ausgehend beschrieb er die Erscheinungen als »unendlich kleine Elemente« welche von der »Morgenröte unserer menschlichen Erfahrung eingeleitet«, aus diesen unendlichen Zeitpunkten, die Form der Kurve selbst wiederherstellen.⁴⁰ Und

³⁷Dazu passend ist der zitierte Beitrag Frizots mit dem Titel »Der menschliche Gang und der kinematographische Algorithmus« überschrieben.

³⁸Braun, S. 279.

³⁹Bergson, S. 204.

⁴⁰Offensichtlich hat er da die Chronophotographien Mareys im Blick, auch lesen sich manche Stellen in »Materie und Gedächtnis« wie Beschreibungen derselben: »Nicht ungestraft auch hat man die Kontinuität eines ungeteilten Vorganges in getrennte und unabhängige Glieder erstarren lassen. Dieser Symbolismus mag vielleicht genügen, solange man ihn streng auf die

so vergleicht Bergson die Aufgabe des Philosophen mit der des Mathematikers, indem beide vom Differential auszugehen hätten,⁴¹ von der gegen 0 gehenden Differenz zwischen zwei *Zeiten*, nicht Punkten. Bergson privilegierte daher die Methode der Intuition, der er vor dem gerade in Mode kommenden Formalismus in der Mathematik den Vorzug gibt. Bewegungen können mathematische Symbole nämlich nicht darstellen und damit bleibt ihnen auch die Zeit als Dauer verborgen, »da diese Symbole immer auf Messungen gerichtet sind und nur Abstände ausdrücken können.«⁴² Das muss an die Adresse des Physiologen Marey gegangen sein. Gerade durch die Nähe von Bergson und Marey wird der *Aufbruch* des Seins durch die Medientechnik deutlich. Während für Bergson das Reale in dieser aristotelischen Tradition nichts ist ohne die lebhafteste Wahrnehmung einer beseelten Entität⁴³ und Apparate die Realität höchstens verfälschen, geht Marey von der völligen Inadequatheit der sinnlichen Wahrnehmung aus.⁴⁴ Besonders dem Auge bleibt vieles unsichtbar, was durch die Erfassung zeitgebender Apparate erst sinnlich wahrnehmbar gemacht werden kann und was ganz und gar den moralischen Wert physiologischer Forschung hebe, wie sein deutscher Kollege Carl Ludwig anmerkt.⁴⁵ Es ist der Gegensatz zwischen einem Denker des Werdens und einem, der die medientechnische Zerhackung desselben betreibt und noch nicht wieder zusammensetzt. Bergson hat für diese Umstände ein Gespür, wenn er es auch nicht

Tatsachen beschränkt, aus denen er erwachsen ist: aber jede neue Tatsache zwingt dazu, das Bild zu komplizieren, neue Stationen in der Linie der Bewegung einzuschalten, ohne dass jemals dieses Nebeneinander von Stationen es fertig brächte, die Bewegung selbst wiederherzustellen.« Bergson, S. 116.

⁴¹Bergson, S. 181.

⁴²Bergson, S. 191.

⁴³ἡ δ' αἴσθησις ὁ λόγος, ὑπερβάλλοντα δὲ λυπεῖ ἢ φθείρει. »Die Wahrnehmung ist das Verhältnis. Das Übermäßige schmerzt oder zerstört.« Wahrnehmung, die nicht mehr im Verhältnis zu menschlichen Sinnen stehen könnte man spekulieren, auf das also, was technische Medien an Realien freisetzen. Aristoteles: De anima (Über die Seele). Griechisch — Deutsch, hrsg. von Horst Seidl. Hamburg: Meiner 1995, III, 2, 426b.

⁴⁴Braun, S. 280.

⁴⁵Vgl. de Chadarevian, S. 32.

immer eindeutig formuliert. Aber er scheint in seiner Insistenz auf die Zeit gegenüber den formalen Punkten genau den Unterschied von Signal und Zeichen, auch des bloßen Indexes zu entdecken — Dauer des Signals. Schon vor der Kybernetik ist damit festzustellen, »dass die Zeit kein emphatischer, ontologischer Kollektivsingular mehr ist, sondern quasi anti-ikonologisch herunterformuliert [...] zu einer Pluralität entsemantisierter Zeiten als Takt, als *stream* (wird).«⁴⁶

3 Machs Zeitschaltung

3.1 Analogie

Die geschossphotographischen Experimente Salchers im Auftrag von Ernst Mach sind nicht die ersten Schritte Machs in diesem epistemischen Feld. Bereits seit den 1860er Jahren nutzte er Stereoskopie und Photographie für wissenschaftliche Anwendungen in der Sinnesphysiologie, was ihn zu seinen kritischen Untersuchungen über Erkenntnistheorie leitete.⁴⁷ Ganz am Anfang seiner wissenschaftlichen Laufbahn schrieb er dem 37 Jahre älteren Gustav Theodor Fechner, dass sein Anliegen, die »mathematische Psychologie auf physikalische Füße zu stellen«, sie also experimentell beobachtbar zu machen, nicht ohne Fechners »Elemente der Psychophysik« (1860) möglich wäre.⁴⁸ Seine Photographien waren dabei nicht allein Visualisierungen, sondern in ihrer spezifischen medialen Logik Bedingungen der Möglichkeit des jeweiligen Experimentes als Beweis einer theoretischen Spekulation.⁴⁹ Deshalb hielten Machs photographischen Experimente in ihrer Entwicklung

⁴⁶Ernst 2002, S. 324.

⁴⁷Vgl. Wolf, S. 435; Mach 1910, S. 124-135.

⁴⁸Zit. nach Wolf, S. 427.

⁴⁹»Die heutige Naturwissenschaft ist bestrebt, ihr Weltbild nicht auf Spekulationen, sondern nach Möglichkeit auf beobachtete Tatsachen aufzubauen: sie prüft ihre Konstruktionen wieder durch die Beobachtung. Jede neu beobachtete Tatsache ergänzt dieses Weltbild, und jede Abweichung einer Konstruktion von der Beobachtung macht auf eine Unvollkommenheit, auf eine Lücke desselben aufmerksam. Das Gesehene wird durch das Gedachte, welches selbst nur das Ergebnis des vorher Gedachten ist, geprüft und ergänzt. Es hat deshalb einen besonderen Reiz, das, was man nur theoretisch erschlossen hat, oder theoretisch vermutet, der Prüfung

Schritt mit der technischen Entwicklung der Photographie. Für die Beobachtung der sogenannten Mach-Bänder (auf dem Talbot-Plateauschen Gesetz beruhend⁵⁰) können die photochemischen und mechanischen Gegebenheiten noch nahe an der Zeitlichkeit der menschlichen Wahrnehmung liegen, denn es geht schließlich um den *objektiven* Nachvollzug der Wahrnehmung. Mach photographierte also rotierende Scheiben, auf denen einfache geometrische Figuren, versehen mit einem Knick, zu sehen waren, an welchem sich bei der Beobachtung mit dem Auge Bänder zeigten. Das Ergebnis: sowohl auf den Photographien, als auch im Auge des Betrachters zeigen sich jene Bänder an den Helligkeitswechseln. »Die subjektive Dauerhelligkeit [entspricht dem] Durchschnitt der wirklichen Wechselhelligkeit«⁵¹ sowohl im Apparat als auch im Auge. In dieser Konstellation funktioniert der Apparat als Analogie des Auges und nicht als Hilfsinstrument. Herta Wolf weist auf die ähnlichen Erkenntnisse der Quantenphysiker hin: die Beobachtung der Bänder durch die optischen Apparaturen von Augen oder Apparaten gibt Erscheinungen zu sehen, die objektiv nicht existieren. Die Physik vermag damit keine Aussagen über die *res extensa* zu machen, sondern einzig über die aus Messverfahren resultierende Ergebnisse.⁵²

20 Jahre später war das photographische Dispositiv in die Mikrozeit unterhalb menschlicher Wahrnehmung beschleunigt. Erst in den 1880er Jahren, also 20 Jahre nach den Experimenten um die Mach-Bänder, war die Photographie dank leis-

durch die Beobachtung unmittelbar zugänglich, d.h. wahrnehmbar zu machen.« (Über Erscheinungen an fliegenden Projektilen. In: Mach 1910, S. 356f.)

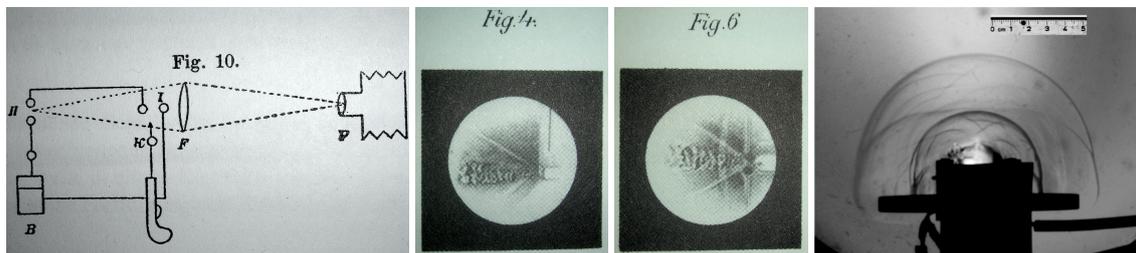
⁵⁰Dabei geht es um die die Beobachtung des Auges bei der Reizung durch ein periodischen Lichtsignal. Modern erklärt: Es gilt nach diesem, dass, wenn »die Frequenz, mir der sich die Leuchtdichte ändert, oberhalb der noch auflösbaren Frequenz [liegt], [...] man die gleiche Empfindung wie bei einem konstanten Lichtreiz [hat], der gleich dem arithmetischen Mittelwert des periodischen Reizes ist.« Heinz Haferkorn (Hg.): Lexikon der Optik. Hanau: Dausien 1990; S. 350; zit. nach Wolf, S. 437.

⁵¹Floyd Ratliff: Mach-Baender in der Physik, der Physiologie und der Psychologie. In: Symposium aus Anlass des 50. Todestages von Ernst Mach, März 1966, Freiburg i.Br. 1967, S. 139; zit. nach Wolf, S. 437.

⁵²Wolf, S. 443.

tungsstarker Linsen und Verschlüsse und des Bromsilber-Gelatine-Verfahrens in messtechnisch-kritische Bereiche vorgedrungen, was Albert Londe 1888 dazu veranlasste, der Photographie vor allem noch dann epistemologischen Wert zu bescheinigen, wo es ein Phänomen im kurzen Augenblick zu beobachten gilt.⁵³ Durch die Elektrizität beschleunigt lässt sich der »Signalprozess im Realen«⁵⁴ selbst abspeichern und diese Indices werden dann *res extensa* geworden sein.

3.2 Schaltung



Die erste mittels elektrischer Entladungen hergestellte Ultrakurzzeitbelichtung stellte William Henry Fox Talbot schon 1851 her, dessen Experiment aus eigener Beschreibung überliefert ist. Das zugehörige Bild scheint dies nicht zu sein.⁵⁵

Ich zitiere die Beschreibung des Experimentes, wie sie Mach und Salcher 1887 in den Sitzungsberichten der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften gegeben haben, also auf dem Stand des vorläufigen Abschlusses der Versuche (Abb.1):

Der Schliessungskreis einer Flaschenbatterie *F* (Fig.10 [Abb.1]) enthielt zwei Unterbrechungsstellen *I* und *II*. Bei *I* bestehen die Elektroden aus in Glasröhrchen eingeschlossenen Drähten. Das hindurchfliegende Projectil *P* zerschlägt die Röhrchen und löst die Entladung bei *I* und *II* aus. Der zum Theil abgeblendete Funke *II* beleuchtet das Projectil vor dem Objectiv *O*, welches letztere von dem Funken *II* auf dem

⁵³Vgl. Albert Londe: *La Photographie moderne. Pratique et Applications*. Paris: Masson 1888.

⁵⁴Siegert, S. 233.

⁵⁵Vgl. W.H.F.Talbot: Über die augenblicklichen Lichtbilder. In: Wolfgang Baier: *Geschichte der Fotografie; Quellendarstellungen*. Leipzig: Fotokinoverlag 1980.

Objectiv der photographischen Kammer K ein Bild entwirft, das ganz oder theilweise abgeblendet wird. Das Projectil mit den Elektroden, dem Funken bei I und den Dichtenänderungen in der Luft bildet sich auf diese Weise bei der Momentbeleuchtung ab, die in dem geeigneten Zeitpunkt von dem Projectil selbst im verdunkelten Zimmer ausgelöst wird.⁵⁶

Auf der einen Seite hatte Machs Initiative einen erkenntnistheoretischen Anlass: 1881 hatte Louis Henri Frederic Melsens auf dem *Congres International des Électriciens* in Paris seine nunmehr wissenschaftlichen Experimente zu sehr schnell fliegenden Gewehrprojektilen, deren Einschläge er auf Stahlplatten verzeichnete, vorgestellt. Schon 1872 hatte er die Auffassung vertreten, dass die Projektilen vor ihrer Spitze ein zweites Geschoss aus Luft (*projectile gazeux, projectile-air*) mit sich führen, die die damals verheerenden Wunden des realen Krimkrieges (1864) und des Deutsch-Französischen Krieges (1870/71) erklären sollten: zerplatzte Knochen, zerrissene Weichteile, kleine Einschusslöcher und große Austrittsstellen sollten Symptome des Luftprojektils sein.⁵⁷ Auch Mach nimmt an dem Kongress teil, Melsens Aufsatz befindet sich in seiner Handbibliothek und nun lässt er sich von seinem erkenntnistheoretischen Interesse leiten, das »behauptete Phänomen statt auf Stahl- auf fotografischen Platten sichtbar zu machen«⁵⁸ eben weil diese analog zum Auge funktionierten. Man müsste der Photographie den Status eines epistemisch-relevanten Dispositivs absprechen, wenn es am Ende der Versuche tatsächlich nur darum gegangen sein konnte, ein »erwartete[s] Resultat«⁵⁹ zu liefern,

⁵⁶Mach / Salcher 1887, S. 766 (152).

⁵⁷Vgl. Hoffmann / Berz 2001, S. 19ff.

⁵⁸Ebd. S. 19.

⁵⁹Das hatte Mach noch 1886 im »Anzeiger der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien vom 10. Juni (Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe)« gemeint: »das erwartete Resultat . . . Die Luftmasse erscheint als ein das Projectil einhüllendes Rotationshyperboloid, dessen Achse in der Flugbahn liegt. An den Bildern zeigen sich noch manche Einzelheiten, deren sichere Interpretation sich auf weitere Versuche gründen muss.« S. 136; zit. nach Hoffmann 1996, S. 4.

einfach eine photographische Repräsentation statt einer medieninduzierten Wissenstransformation. Denn was das mediale Ensemble von Verzögerungsschaltkreis (Momentbeleuchtung), Schlierenapparat⁶⁰ und Photographie indizierte, war etwas von einer Luftmasse, dem »erwartete[n] Resultat«, abweichendes. Diese Erkenntnis stellt sich im Juni 1886 ein, als sich die Schallgeschwindigkeit als Grenzwert des Phänomens herausstellt und Mach vom Denken der (Luft)Masse zum Denken der Welle kommt,⁶¹ von etwas räumlich Ausgedehnten zu etwas sich zeitlich Entwickelndem.

Anders als bei Marey geht es in den geschossphotographischen Zeichenpraktiken Machs und Salchers nicht um Physiologie sondern um Mathematik. Sein positivistisches Credo, die Vermutungen Melsens anschaulich zu machen, wurden durchkreuzt von einer anderen »mathematischen Psychologie«: der »analytischen Behandlung«⁶² von Schallwellen, genauer: von analytisch und akustisch-perversen Knallwellen, wie sie als mathematische Funktionen erstmals Euler als Lösung der d'Alembertschen Wellengleichung zugelassen hat. Sie werden in ihrer Unstetigkeit anschaulich erst im Wechsel der semiotischen Register: »An die Stelle eines Zeichenprozesses im Realen tritt ein Signalprozess im Realen.«⁶³ Bernhard Siegert definiert das Signal als Kurzschluss zwischen dem Signifikat und dessen Performanz. In diesem Fall sind es die Signifikate Eulerscher und Riemannscher Wellenmathematik, die das unharmonische und damit für Leibniz und d'Alembert undenkbares Phänomen des Knalls, des Chocs anschreiben und die in der Performanz des geschossphotographischen Dispositivs sichtbar gemacht werden. Ein Projektil tritt

⁶⁰August Toepler: Optische Studien nach der Methode der Schlierenbeobachtung. In: Beobachtungen nach der Schlierenmethode. Leipzig 1906 (Ostwalds Klassiker Nr. 158).

⁶¹Mach hatte sich in den 1870er Jahren bereits mit den »Eigenthümlichkeiten der Explosionswellen, welche dieselben von gewöhnlichen Schallwellen unterscheiden« beschäftigt. U.a.: Ernst Mach / J. Sommer: Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Explosionsschallwellen. In: Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Abt. II., 75, 1877; Ernst Mach / Ottokar Tumlirz / Carl Kögler: Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Funkenwellen. In: Ebd, Abt. II., 77, 1878.

⁶²Mach / Salcher 1887, S. 776 (162)f.

⁶³Siegert, S. 233.

mit so hoher Geschwindigkeit aus einem Gewehrlauf aus, dass die Kompression der Luft viel höher und die Ausbreitung der Knallwelle viel schneller als der Schall ist (Abb.4 zeigt eine zeitgenössische Photographie). Dabei entstehen Verdichtungsstöße, auf welchen Riemann eine Analysis von diskreten Pulsen endlicher Amplitude und gegen 0 gehender Dauer aufbaut. Mach schreibt für diese »Schwingungen von endlicher Weite«: »Ja die Schallgeschwindigkeit erhält hier sogar einen ganz anderen Sinn, indem sie für jede Stelle der Welle eine andere ist und sich im Verlaufe der Bewegung ändert. Es sind wahrscheinlich solche Riemannschen Wellen, mit welchen wir bei unseren Untersuchungen zu thun haben und die wir nächstens nach vollständig anderen Methoden untersuchen wollen.«⁶⁴ Der letzte Satz der erwähnten Abhandlung Riemanns lautete: »eine Vergleichung der Resultate mit der Erfahrung [ist] gegenwärtig noch nicht möglich.«⁶⁵ Zur Zeit der Formulierung der mathematischen Theorie 25 Jahre vorher war noch nicht abzusehen, wie eine Vergleichung der rechnerischen Resultate geschehen könnte. In den Göttinger Nachrichten Nr. 19 von 1859 schrieb Bernhard Riemann in einem Artikel mit dem Titel »Ueber die Fortpflanzung ebener Luftwellen von endlicher Schwingungsweite«:

Eine Prüfung [des] Resultats durch Versuche scheint aber trotz der Fortschritte, welche in der Analyse des Klanges in neuester Zeit durch Helmholtz u.A. gemacht worden sind, schwer zu sein; denn in geringeren Entfernungen ist eine Aenderung des Klanges nicht merklich, und bei grösseren Entfernungen wird es schwer sein, die mannigfachen Ursachen, welche den Klang modificieren können, zu sondern. An eine Anwendung auf die Meteorologie ist wohl nicht zu denken, da die

⁶⁴Ernst Mach / J. Sommer: Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Explosionsschallwellen. Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Abt. II., 75, 1877; S. 102; zit. nach Siegert, S. 233f.

⁶⁵Bernhard Riemann: Ueber die Fortpflanzung ebener Luftwellen von endlicher Schwingungsweite. Aus dem achten Bande der Abhandlungen der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, 1860.

hier untersuchten Bewegungen der Luft solche Bewegungen sind, die sich mit der Schallgeschwindigkeit fortpflanzen, die Strömungen in der Atmosphäre aber allem Anschein nach mit viel geringerer Geschwindigkeit fortschreiten.

1887 übernimmt Mach die Aufgabe, die »mathematische Psychologie auf physikalische Füße zu stellen«, die Herstellung der Erfahrung.

Ein Knall ist ein Geräusch, d.h. er besteht aus sehr vielen zufällig auftretenden (unharmonischen) Obertönen, was möglicherweise zunächst den epistemischen Vorrang des Optischen plausibel macht. Auch August Toepler, Erfinder des Schlierenverfahrens vermutete, dass der Knall sein eigentlich unsichtbares Medium Luft in ein sichtbares verwandeln würde⁶⁶ und konnte dies auch zeigen — nicht aber fixieren. Die optische Methode gebe »ein Mittel an die Hand, kleine Zeitdifferenzen von Funkenentladungen mit Bequemlichkeit zu konstatieren.«⁶⁷ Konstatieren ist noch nicht messen und Toeplers Schaltung produziert nur flüchtige, keine selbst-einschreibenden Zeitbilder. Um eine Zeitmesstechnik zu erhalten, löste Mach die beiden Funken zunächst durch rotierende Mechanismen ab, die in der Tradition der Chronographie den Takt angibt. Optimal erschien Mach allerdings ein *selbst functionirender Apparat*, statt Rotation sollte die Zeitverzögerung geschaltet werden. Und das ist der entscheidende Schritt vom Zeichen zum Signal: die ultrakurze Belichtung, die Salchers Aufbau produzierte, ist nämlich nicht mehr als infinitesimal verkleinertes Zeitfenster und damit als verräumlicht gedachte Zeit zu verstehen, sondern als schaltungstechnische Variable.⁶⁸ Der nächste Schritt war der bereits zitierte Versuchsaufbau (s. auch die Abb.1). Wenn man ein Objektiv an der Stelle des Funkensprungs platziert, das Labor in eine dunkle Kammer verwan-

⁶⁶August Toepler: Optische Studien nach der Methode der Schlierenbeobachtung. In: Beobachtungen nach der Schlierenmethode. Leipzig 1906 (Ostwalds Klassiker Nr. 158); S. 44.

⁶⁷Ebd. S. 73.

⁶⁸Vgl. Werner Oeder: Vom Traum Zenons zu Cantors Paradies. Das fotografische Reglement von Zeit, Sichtbarkeit und Bewegung. In: G.Christoph Tholen / Michael O. Scholl (Hg.): Zeit-Zeichen. Aufschübe und Interferenzen zwischen Endzeit und Echtzeit. Weinheim: Acta Humaniora 1990; S. 251.

delt (denn »nur Funken konkurrieren mit Geschossgeschwindigkeiten«⁶⁹) erhält man die photo-chemische Einschreibung der mathematischen Anschreibung. Das medientechnische Ereignis des optischen Signals wird vom Geschossphoto bezeugt. Und was man darauf zu sehen bekam, näherte die im 19. Jahrhundert noch mechanische Wissenschaft der Ballistik an Optik und Akustik an. Denn es sei nun in der Interpretation von Mach und Salcher kein Luft-Bug aus mechanischer Luftmassen-Verdichtung vorn und -Verdünnung hinten,⁷⁰ sondern eine Schallwelle, der reine Bewegungszustand, der ein Schiff im Meer und ein Geschoss in der Luft begleitet.⁷¹ Und der lässt sich nicht mehr mechanisch, sondern nur noch wellentheoretisch einholen, da Schall, der sich mit Überschallgeschwindigkeit fortpflanzt seine eigene Natur pervertiert.⁷² Zehn Jahre später betont Mach ausdrücklich:

Eine fortschreitende Schallwelle ist keine fortschreitende Masse, sondern eine fortschreitende Bewegungsform ebenso wie die Wasserwelle oder die Welle in einem Kornfelde nur eine fortschreitende Bewegungsform, keine Fortführung von Wasser oder Korn ist.⁷³

⁶⁹Berz, S. 436.

⁷⁰Auch wenn Mach und Salcher 1887 — obgleich die Wellennatur des Phänomens anerkannt wird — noch an der These Melsens festhalten, dass die Luftverdichtung die Auswirkungen am Zielobjekt verursachen würde. Erst zwei Jahre später wird Mach dies in einer Publikation mit seinem Sohn Ludwig Mach korrigieren (Weitere ballistisch-photographische Versuche. In: Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe, Bd. 98, 2a, Wien 1889; S. 1310-1326). Überdies sei auf die interessante terminologische Ähnlichkeit zu Bergson Dauer-Konzeption von nicht homogener Verdünnung und Verdichtung hingewiesen (s.o.).

⁷¹Diesen Hinweis verdankt Mach dem Professor an der Marine-Akademie in Fiume (heute Rijeka) Peter Salcher, der ihm 1886 schreibt: »Der ganze Vorgang scheint sehr viel Ähnlichkeit mit der Wellenbewegung zu haben, die ein fahrendes Schiff hervorruft.«

⁷²Vgl. Siegert, S. 237.

⁷³Ernst Mach 1897 / 1917, S. 16; zit. nach Berz, S. 439.

3.3 Schluss

La nature parle à ceux qui savent l'interroger.

Marey

Lektionen medieninduzierten Wissens sind bei Marey und Mach jene, die zunächst die Grenzen der Wahrnehmung in den für Menschen kritischen zeitlichen Bereichen aufzeigen und die dann die (vermeintlich) objektiven Datenflüsse durch die zeitkritische Koordination avancierter Phototechnik erhellen. Neben der existenzialen oder phänomenologischen Zeit taucht so eine neue Qualität der Zeit auf, deren Beschreibbarkeit jenseits menschlicher Kompetenz liegt. Sie ist operabel in den automatisierten Aufzeichnungsmedien und auf dem messtechnischen Interface zeigt sich die physikalische, materiale Seite dieses analogen Signalflusses.

Weiterhin sollte die diagrammatische Qualität sowohl der Chronographien als auch der Geschossphotographien angedeutet werden, die weitere Zeichenpraktiken in Gang setzen. So betrachtet handelt es bei den Bewegungsanalysen um den Anfang ihrer Formalisierung, ihrer Simulierbarkeit, die bei Mareys Marschschritt-Optimierung analoge Anwendung fand. Solches medieninduziertes Wissen lebt in anderen Dispositiven weiter und taucht z.B. als Kinematographie oder — in epistemischer Umkehr der graphischen Methode — als Grammophon wieder auf. Andererseits produziert sie im Fall Machs die Überzeugungskraft, welche z.B. Eulers und Riemanns mathematisch-symbolischen Operationen in Machs Augen noch abging. Er führt sie nachträglich über die erkenntnistheoretische Schwelle ihrer Anschaulichkeit hinweg, indem er die Vorgänge photographisch sichtbar werden lässt. Der entscheidende Unterschied zu Mareys fast noch räumlich gedachter Vorstellung von Zeit, dass sie nämlich durch die unendliche Verkleinerung eines Zeitfensters erschöpft werden könnte, ist bei Mach und Salcher der, dass die Zeit eine Operationalisierung als schalttechnische Variable findet.

4 Literatur & Abbildungen

Henri Bergson: (1896): *Materie und Gedächtnis*. Eine Abhandlung über die Beziehung zwischen Körper und Geist. Übers. von Julius Frankenberger, Hamburg: Meiner 1991.

Peter Berz: 08/15 - Ein Standard des 20. Jahrhunderts. München: Fink 2001.

Marta Braun: *Picturing Time — The Work of Etienne-Jules Marey*. Chicago, London: The Chicago University Press 1992.

Soraya de Chadarevian: Die «Methode der Kurven» in der Physiologie zwischen 1850 und 1900. In: Hans-Jörg Rheinberger / Michael Hagner (Hg.): *Die Experimentalisierung des Lebens. Experimentalsysteme in den biologischen Wissenschaften 1850 / 1900*. Berlin: Akademie-Verlag 1993; S. 28-49.

Jonathan Crary (1999): *Aufmerksamkeit. Wahrnehmung und moderne Kultur*. Frankfurt am Main: Suhrkamp 2002.

Wolfgang Ernst: Signal versus Zeichen? Zeit, Medium, Maschine. In: *Kybernetik und Interdisziplinarität in den Wissenschaften — Georg Klaus zum 90. Geburtstag*. Hrsg. von Klaus Fuchs-Kittowski / Siegfried Piotrowski. Berlin: Trafo Verlag 2002; S. 323-332.

Ders.: Medienarchäologie. In: *Metzler Lexikon Ästhetik: Kunst, Medien, Design und Alltag*. Hrsg. von Achim Trebeß. Metzler: Stuttgart u.a 2006; S. 254f.

Ders.: Zeitbasierte Medien. In: *Metzler Lexikon Ästhetik: Kunst, Medien, Design und Alltag*. Hrsg. von Achim Trebeß. Metzler: Stuttgart u.a 2006; S. 436f.

Sigmund Exner: Ueber die zu einer Gesichtswahrnehmung nöthige Zeit. Sitzungsberichte der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Classe der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften 58 (1868); S. 601-632.

Michel Frizot: Der menschliche Gang und der kinematografische Algorithmus. In: Herta Wolf (Hg.): Diskurse der Fotografie — Fotokritik am Ende des fotografischen Zeitalters. Frankfurt am Main: Suhrkamp 2003; S. 456-478.

Ders. (Hg.): Neue Geschichte der Fotografie. Köln: Könemann 1998; S. 242-257.

Götz Großklaus: Medien-Zeit, Medien-Raum: zum Wandel der raumzeitlichen Wahrnehmung in der Moderne. Frankfurt am Main: Suhrkamp 1995.

Hans-Christian von Herrmann: Kinästhetik. Zur Geschichte des Studiums der menschlichen Bewegung (1836-1916). In: Daniel Gethmann / Christoph B. Schulz (Hg.): Apparaturen bewegter Bilder. Münster: LIT Verlag 2006; S. 155-161.

Christoph Hoffmann: Mach-Werke. Ernst Mach und Peter Salcher: Photographische Fixierung der durch Projectile in der Luft eingeleiteten Vorgänge (1887). In: Fotogeschichte (Frankfurt am Main), Jg. 16 (1996), H. 60; S. 3-18.

Ders.: Die Dauer eines Moments. Zu Ernst Machs und Peter Salchers basillistisch-fotografischen Versuchen 1886/87. In: Peter Geimer (Hg.): Ordnungen der Sichtbarkeit — Fotografie in Wissenschaft, Kunst und Technologie. Frankfurt am Main: Suhrkamp 2002; S. 342-377.

Christoph Hoffmann / Peter Berz (Hg.): Über Schall. Ernst Machs und Peter Salchers Geschosßfotografien. Göttingen: Wallstein 2001.

Friedrich Kittler: Grammophon Film Typewriter. Berlin: Brinkmann + Bose 1986.

Peter Koch: Graphé. Ihre Entwicklung zur Schrift, zum Kalkül und zur Liste. In: Peter Koch / Sybille Krämer (Hg.): Schrift, Medien, Kognition: Über die Exteriorität des Geistes. Tübingen: Stauffenburg 1997, S. 43-81.

Ernst Mach / Peter Salcher: Photographische Fixierung der durch Projectile in der Luft eingeleiteten Vorgänge. In: Sitzungberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissen-

schaften. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse, 95 Bd. Wien: 1887; S. 764-781. Faksimiliert in Hoffmann / Berz 2001; S. 150-167.

Ernst Mach: Populär-Wissenschaftliche Vorlesungen (4. vermehrte und durchgesehene Auflage). Leipzig: Johann Ambrosius Barth 1910.

Laurent Mannoni: Etienne-Jules Marey — La mémoire de l'œil. Milano: Edizioni Gabriele Mazzotta 1999.

Étienne-Jules Marey: La méthode graphique dans les sciences expérimentales et principalement en physiologie et en médecine. Paris: G. Masson 1878.

Ders.: Die Chronophotographie. Aus dem Französischen von A. Heydebreck. Berlin: Mayer & Müller 1893.

Charles S. Peirce (1903): Phänomen und Logik der Zeichen. Hrsg. und übersetzt von Helmut Pape. Frankfurt am Main: Suhrkamp 1983.

Werner Richter: Grundlagen der elektrischen Messtechnik. Berlin: VEB Verlag Technik (2. bearb. Auflage) 1988; S. 28-49.

Bernhard Siegert: Passage des Digitalen - Zeichenpraktiken der neuzeitlichen Wissenschaften 1500-1900. Berlin: Brinkmann + Bose 2003.

Christina Vagt: Zeitkritische Bilder — Bergson zwischen Chronofotografie und Fernsehen. Vortrag vom 20. April 2006: Zeitkritische Medienprozesse — Ein Workshop zur chrono-logischen Bestimmung der Neuen Medien; Seminar für Medienwissenschaft, Berlin.

Herta Wolf: Die Divergenz von Aufzeichnen und Wahrnehmen. Ernst Machs erste fotografiegestützte Experimente. In: Herta Wolf (Hg.): Diskurse der Fotografie — Fotokritik am Ende des fotografischen Zeitalters. Frankfurt am Main: Suhrkamp 2003; S. 427-455.

Abbildungen:

Kapitel 1) Fotografie, medienarchäologisch:

1. *Analog-kontinuierliches Signal*, $A = \text{Amplitude}$, $t = \text{Zeit}$, $IP = \text{Informationsparameter}$. Aus: Werner Richter, S. 33.
2. *Analog-diskontinuierliches Signal*, s.o., $\Delta t = \text{Takt}$. Aus: ebd.

Kapitel 2.1) La méthode graphique:

1. *Polygraph*. Aus: Étienne-Jules Marey: *Études physiologiques sur les caractères du battement du cœur et les conditions qui le modifient*. In: *Journal de l'anatomie et de la physiologie*, 1865, Bd. 2; S. 276.
2. *Georges Demeny in schwarz mit weißen Streifen an Arm und Bein sowie weißem Punkt am Kopf*. Aus: Marta Braun, 1992, S. 83.
3. *Chronophotographie*,
http://www.acmi.net.au/AIC/MAREY_BIO.html (Stand: 8.März 2007)
4. *Chronophotographie oder »Chronodiagramm«*,
http://www.acmi.net.au/AIC/MAREY_BIO.html (Stand: 8.März 2007)

Kapitel 2.2) Le fusil photographique & la chronophotographie:

1. *Muybridges Anlage in Palo Alto mit elektrischen Triggern*. Aus: Marta Braun, S. 46.
2. *Anvisieren des Objekts mit der chronophotographischen Flinte*. Aus: Étienne-Jules Marey: *Le fusil photographique*. In: *La nature: revue des sciences et de leurs applications aux arts et à l'industrie*, 1882, 22 April; S. 328.
3. *Mechanismus der Flinte*. Aus: ebd., S. 329.

Kapitel 3.2) Schaltung:

1. *»Schließungskreis« der geschossphotographischen Experimente*. Aus: Mach / Salcher 1887, S. 765.
2. *Die vierte der sechs kleinen Photographien auf der letzten Seite*. Aus: ebd. S. 781.
3. *Die sechste Photographie*. Aus: ebd.
4. *Zeitgenössische Doppelbelichtung einer Knallwelle*. Belichtungszeit: 20ns, Belichtungsabstand: 40µs. Quelle: <http://www.hsps.com/2006/pages/shock.htm> (Stand: 1. April 2007).