

# LEERSTELLEN DES DENKENS

## DIE ENTDECKUNG DER PHYSIOLOGISCHEN ZEIT<sup>1</sup>

HENNING SCHMIDGEN

Vielleicht hat man bisher nicht ausreichend gewürdigt, dass Gilles Deleuze in den zwei Bänden seines Kino-Buches sich wiederholt auf das Gehirn bezieht. Filmtheoretiker wie David Rodowick haben Deleuze vor allem mit Blick auf die formale Logik seiner Theorie der Bilder und Zeichen gelesen, während philosophische Autoren, die sich für Deleuzes Rekurse auf Biologie, Neurologie und Hirnforschung interessieren, das Kino-Buch oft aus ihren Betrachtungen ausgespart haben.<sup>2</sup> Tatsächlich aber bildet das Gehirn sowohl im *Bewegungs-Bild* wie auch im *Zeit-Bild* einen thematischen Fokus, auf den immer wieder, und zwar aus unterschiedlichen Richtungen, zurückgekommen wird. Zum einen spürt Deleuze dem Motiv des Gehirns in Filmen wie Kubricks *2001 – A Space Odyssey* oder *Je t'aime, je t'aime* von Alain Resnais nach. Das Hirn erscheint hier als ein Inhalt, ein Thema von Filmen. Zum anderen beruft Deleuze sich auf Dziga Vertov, Sergej Eisenstein, Abel Gance und andere Regisseure, um die Wirkungsweise des Kinos mit Blick auf das Gehirn zu beschreiben. Demnach sind kinematographische Bilder dazu in der Lage, Erschütterungen oder Schocks im Zuschauer hervorzurufen, und zwar dadurch, dass sie »Vibrationen auf die Gehirnrinde übertragen [...]«, d.h. dass sie »unmittelbar das Gehirn und das Nervensystem [...]

- 
- 1 Dieser Aufsatz basiert auf einem Beitrag zur internationalen Tagung »New Paradigms of Perception: Changes in Media and Culture around 1900«, die vom 2. bis 4. November 2006 an der Universität Siegen stattfand. Ich nehme hier historisches Material wieder auf, das ich bereits an anderer Stelle vorgestellt habe, insbesondere in »Die Geschwindigkeit von Gedanken und Gefühlen: Die Entwicklung psychophysiologischer Zeitmessungen, 1850–1865«, in: NTM: Internationale Zeitschrift für Geschichte und Ethik der Naturwissenschaften, Technik und Medizin 12 (2004), S. 100–115. Wo nicht anders angegeben, stammen die Übersetzungen fremdsprachiger Texte von mir (H.S.).
  - 2 Siehe David Rodowick: Gilles Deleuze's Time Machine, Durham – London 1997 sowie Keith Ansell Pearson: *Germinal Life: The Difference and Repetition of Deleuze*, London usw. 1999.

beeinflussen.«<sup>3</sup> Hier wird das Gehirn zum Bestandteil einer (rezeptions-) ästhetischen Kinotheorie, die sich eher abstrakt als konkret auf Forschungsergebnisse aus Physiologie und Psychologie bezieht. Ferner geht es Deleuze um die kulturellen Entwicklungen, die ihm zufolge in jüngerer Zeit die Beziehung des Menschen zum Gehirn verändert haben: »Unsere erlebte Beziehung zum Gehirn wird immer fragiler, immer weniger »euklidisch«, und durchläuft kleine Gehirntode. Weit davon entfernt, mit ihm zur Herrschaft, zur Lösung oder Entscheidung vorgedrungen zu sein, wird das Gehirn zu unserem Problem, zu unserer Krankheit oder zu unserer Passion.«<sup>4</sup>

Es ist nicht nur eine zunehmend popularisierte Hirnforschung, die nach Deleuze für die neue, passionierende Konfiguration des *cerveau vécu* verantwortlich ist. Auch Philosophen haben zu ihr beigetragen. In drei ausführlichen Kommentaren bezieht Deleuze sich auf Henri Bergson als denjenigen, »der neben Schopenhauer einer der wenigen Philosophen war, die eine neue Konzeption des Gehirns erschlossen« haben.<sup>5</sup> Genauer schreibt er: »Zweifellos führte Bergson [...] ein grundlegend neues Element [in unsere Auffassung des Gehirns] ein: das Gehirn war nur noch ein Abstand [*écart*], eine Leerstelle, nichts weiter als eine solche Leere zwischen Reiz und Reaktion.«<sup>6</sup> Angesichts des Wissens über die Strukturen und Funktionen des Gehirns, das um 1900 in massiver Weise verfügbar war, ist es die Frage, inwieweit eine derart reduzierte Betrachtung des Zerebralen als innovativ verstanden werden kann. Das neue Element, das Bergson (in der Lesweise von Deleuze) zur Auffassung des Gehirns beiträgt, besticht zunächst jedenfalls durch seine Unbestimmtheit. Offensichtlich handelt es sich für Bergson *nicht* darum, in Konkurrenz zur damaligen Hirnforschung zu treten, um das positive Wissen in diesem Bereich zu vermehren. Bergsons Geste weist genau in die entgegengesetzte Richtung: angesichts eines hoch entwickelten Wissenstandes wird der Gegenstand »Gehirn« wieder zur *tabula rasa*, um als philosophisches Problem, wenn nicht als Rätsel reklamiert werden zu können. Bergson deklariert das Hirn als »Zone der Indeterminiertheit«, <sup>7</sup> als organischen Freiraum der Entscheidung und Verursachung, als wesentliche Lücke, die kaum strukturell, sondern vor allem funktionell, nicht primär räum-

3 Gilles Deleuze: Das Zeit-Bild: Kino 2, übers. von K. Englert, Frankfurt a. M. S. 205.

4 Ebd., S. 273.

5 Ebd., S. 271.

6 Ebd.

7 Henri Bergson: Materie und Gedächtnis: Eine Abhandlung über die Beziehung zwischen Körper und Geist, übers. von J. Franckenberger, Hamburg, 1991, z.B. S. 17 und S. 24.

lich, sondern hauptsächlich zeitlich bestimmt ist: durch unterschiedlich große Spannen zwischen Reiz und Reaktion, d.h. die vitale Fähigkeit von Organismen zum Aufschub, zur Verzögerung, zur unbestimmten Ruhe.

Welche Rolle spielt Bergsons philosophische Theorie des Gehirns im Kino-Buch von Deleuze? Zuerst ist festzustellen, dass der zerebrale Abstand, der bei Bergson in Frage steht, offensichtlich nicht analog zu jenen Zwischenräumen vorzustellen ist, die im Kino buchstäblich ins Auge fallen, d.h. »dem Raum oder der Trennung zwischen den Photogrammen, Einstellungen und Sequenzen«, wie es Rodowick und andere Deleuze-Kommentatoren nahegelegt haben.<sup>8</sup> In seiner Theorie des Kinos reflektiert Deleuze durchaus den Sachverhalt, dass Filme aus Einzelbildern zusammengesetzt sind, die durch gleichmäßige Abstände voneinander getrennt sind. Vor diesem Hintergrund erklärt er zum Beispiel in Bezug auf den Prozess der Montage: »Die Montage ist die Komposition, die Anordnung [*agencement*] der Bewegungsbilder als Organisation eines indirekten Bildes der Zeit.«<sup>9</sup> In vergleichbarer Weise spricht Deleuze auch mit Blick auf das Gehirn über die »horizontale Organisation der Assoziation«, d.h. Verhältnisse der Kommunikation und Non-Kommunikation zwischen den Zellen, die im Kortex lokalisiert sind,<sup>10</sup> bezieht sich dabei allerdings nicht auf Bergson. Die Abstände zwischen den Einzelbildern eines Films würden demnach mit dem Raum zwischen den kortikalen Zellen vergleichbar sein, synaptischen Spalten einerseits, Gliazellen andererseits usw. Tatsächlich legt Deleuze im Anschluss an die neurobiologischen Untersuchungen von Steven Rose und Delisle Burns über die elektrischen und chemischen Transmissionen im Spalt zwischen Axonen und Dendriten nahe, dass Filme als »Gewebe« verstanden werden können, die aus »Zellen« von Bildern oder Sequenzen bestehen, welche untereinander nicht deterministisch, sondern probabilistisch verbunden sind und daher auch vielfach neu miteinander verkettet werden können.<sup>11</sup>

Doch bei Bergsons »Abstand« geht es um etwas anderes, und Deleuze selbst weist darauf hin. Der *écart*, von dem hier die Rede ist, bezieht sich auf allgemein-biologische Bedingungen der Wahrnehmung. In diesem Sinne zitiert Deleuze die folgende Passage aus *Materie und Gedächtnis*,

8 Siehe D. Rodowick: Gilles Deleuze's Time Machine, S. 8 sowie Tom Conley: »The Film-Event: From Interval to Interstice«, in: Gregory Flaxman (Hg.), The Brain Is the Screen: Deleuze and the Philosophy of Cinema, Minneapolis – London 2000, S. 303–325.

9 Gilles Deleuze: Das Bewegungs-Bild: Kino 1, übers. von U. Christians und U. Bokelmann, Frankfurt a. M. 1997, S. 50.

10 G. Deleuze: Das Zeit-Bild, S. 271.

11 Ebd. Siehe auch Steven Rose: The Conscious Brain, New York 1973 sowie B. Delisle Burns: The Uncertain Nervous System, London 1968.

in der über den Prozess der Perzeption bei Lebewesen gesagt wird: »Sie [die Lebewesen] lassen gewissermaßen jene äußeren Wirkungen, die ihnen gleichgültig sind, durch sich hindurchgehen; dadurch werden die anderen isoliert und eben durch diese Isolierung zu ›Wahrnehmungen‹.«<sup>12</sup> Bergson zufolge ist es nicht die Widerspiegelung, die Reflexion von bestimmten Aspekten einer fest vorhandenen Materie, die bei Lebewesen, die dieser Materie irgendwie gegenüber stünden, zu Wahrnehmungen führt, auch nicht die Betonung oder Heraushebung von einzelnen Merkmalen dieser Materie. Im Gegenteil, es ist die zweckgebundene, vitale Vernachlässigung und Ausblendung bestimmter Momente des ›kontinuierlichen Fluidums‹ der Materie, innerhalb dessen sich das Lebewesen beständig befindet und bewegt, die zu Perzeptionen führt: Um bloßes Sein vermittelt von Wahrnehmungen in eine Vorstellung zu verwandeln, bedarf es, wie Bergson sagt, »nicht der Aufhellung des Gegenstandes, sondern im Gegenteil der Verdunkelung gewisser Seiten an ihm, der Verminderung um den größten Teil seines Wesens, so dass der Rest, statt wie ein *Ding* in die Umgebung eingeschachtelt zu sein, sich wie ein *Gemälde* davon abhebt.«<sup>13</sup>

Es ist dieses Verfahren des zielgerichteten Abhebens, der vital orientierten Profilierung qua Komplexitätsreduktion, die von Deleuze auch in Bezug auf das Kino beschrieben wird. Was so in Frage steht, ist nicht mehr der Film mit seinen Einzelbildern, nicht das *Produkt* der Kinematographie, sondern das Filmen selbst als grundlegender *Prozess*: als ein isolierendes Verfahren, mit der es der Filmkamera gelingt, innerhalb einer »Welt universeller Veränderlichkeit, universeller Wellenbewegung, des universellen Plätscherns«,<sup>14</sup> Bilder hervorzubringen, die ihrerseits als *motion pictures* bezeichnet werden. Im Anschluss an die oben zitierte Bergson-Stelle über die Isolierung von äußeren Wirkungen, die zu Wahrnehmungen führt, schließt Deleuze in diesem Sinne an: »Das ist genau der Vorgang, aus dem eine Kadrierung besteht: bestimmte Einwirkungen werden in der Bildfeldbegrenzung isoliert, und von nun an werden sie vorweggenommen, vorhergesehen.«<sup>15</sup> Mit anderen Worten, Bergsons ›Abstand‹ wird von Deleuze auf die Technik der Kadrierung, der *Mise en scène* und der Bildeinstellung bezogen, d.h. jene materiell gestützte Praxis des Ausblendens von Umgebung, durch die in einer Welt allgemeiner Veränderlichkeit dennoch »gerahmte Bilder«<sup>16</sup> entstehen

12 G. Deleuze: Das Bewegungs-Bild, S. 91 und H. Bergson: Materie und Gedächtnis, S. 21.

13 H. Bergson: Materie und Gedächtnis, S. 21.

14 G. Deleuze: Das Bewegungs-Bild, S. 87.

15 Ebd., S. 91.

16 Ebd.

können, Bilder, die schließlich auf eine Leinwand projiziert und dort als bewegte sichtbar werden. Obwohl das Kino zweifellos eine vom Menschen gemachte Technik ist, entspricht sein Prinzip also dennoch einem grundlegenden biologischen Phänomen: der Auswahl von Bildern, wie sie Bergson beschreibt. Der Abstand, von dem in diesem Zusammenhang die Rede ist, ist folglich weder der Zwischenraum zwischen den Einzelbildern eines Films, noch der Spalt zwischen zwei Zellen im Gehirn – letzteres auch deswegen nicht, weil der Ausdruck ›Synapse‹ von Charles E. Sherrington erst 1897 geprägt wurde, also ein Jahr nach der Veröffentlichung von Bergsons *Materie und Gedächtnis*.<sup>17</sup> Bergsons Abstand ist eine biologisch oder technologisch realisierte Spanne, mit der Reize und Reaktionen voneinander getrennt werden, ein Zwischenraum, der vor allem zeitlich definiert ist.<sup>18</sup>

Im folgenden soll versucht werden, zur Historisierung und Kontextualisierung dieser bemerkenswert leeren Auffassung des Gehirns und des Kinos beizutragen. Der Vorschlag lautet, das erste Kapitel von *Materie und Gedächtnis* auf die wissenschaftlichen Praktiken hin durchlässig werden zu lassen, auf die Bergson sich bezieht, auch wenn er die Ergebnisse dieser Praktiken und ihre Interpretation kritisiert. Konkret geht es um jene durchaus unterschiedlichen Verfahren und Gerätschaften, die seit Mitte des 19. Jahrhunderts von Laborwissenschaftlern entwickelt und verwendet wurden, um die Zeitverhältnisse im menschlichen Gehirn und Nervensystem zu untersuchen. Es sind die von Hermann von Helmholtz, Adolphe Hirsch, Franciscus Donders und anderen durchgeführten Experimente zur Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven und im Gehirn, die zuerst jene Spanne zwischen Reiz und Reaktion umschrieben und definierten, die einige Jahrzehnte später bei Bergson zur Grundlage für eine neue Konzeption des Gehirns wurde. Zwar bezieht sich Bergson wiederholt auch auf Einsichten aus psychophysiologischen Experimenten an niederen Organismen, z.B. wenn er die Wahrnehmungsfunktion mit Blick auf »die verschiedenen Fortsätze der Protozoa«, »die Ambulakralfüßchen der Echinodermen« und den »Nesselapparat der Coelenteraten« erläutert.<sup>19</sup> Die entsprechenden Untersuchungen wurden von Naturwissenschaftlern wie Alfred Binet und Max Verworn in den 1880er Jahren durchgeführt, und Bergson stützt sich auf

17 Olaf Breidbach: Die Materialisierung des Ichs: Zur Geschichte der Hirnforschung im 19. und 20. Jahrhundert, Frankfurt a. M. 1997, S. 195–197.

18 Siehe dazu z.B. Gregory Flaxman: »Cinema Year Zero«, in: ders. (Hg.), *The Brain Is the Screen*, S. 87–108, besonders S. 94–96 sowie allgemein Maurizio Lazzarato: *Videophilosophie: Zeitwahrnehmung im Postfordismus*, übers. von S. Geene und E. Stein, Berlin 2002.

19 H. Bergson: *Materie und Gedächtnis*, S. 16.

diese Art von Forschung, wenn er zur Erläuterung seiner Theorie des Gehirns vergleichende, evolutionstheoretisch fundierte Einsichten einbezieht. Doch in der Diskussion des tatsächlichen Funktionierens von Gehirn und Nervensystem übernimmt er das Reiz-/Reaktionsschema der experimentellen Psychophysiologie, die vor allem auf Experimente mit menschlichen Versuchspersonen setzten. Besonders deutlich wird dies, wo Bergson auf die *Bewegungen* abstellt, mit denen Lebewesen auf äußere Stimuli reagieren. Wenn es in *Materie und Gedächtnis* beispielsweise heißt: »In Wahrheit ist mein Nervensystem, das zwischen die Objekte, welche meinen Körper affizieren und die, auf welche ich Einfluß habe, eingeschaltet ist, nur einfach ein Konduktor, der Bewegung weiterleitet, verteilt oder aufhebt«, <sup>20</sup> dann ist dies als impliziter Rekurs auf jene Experimentalsysteme zu verstehen, die durch von Helmholtz, Hirsch und Donders eingesetzt wurden, um die menschliche Reaktionszeit mit Blick auf die zugrunde liegenden nervösen und zerebralen Prozesse zu erforschen. Man kann sogar noch weiter gehen. Wenn Bergson nämlich das Gehirn als eine Art Telephonzentrale beschreibt, deren Aufgabe darin besteht, »die Verbindung herzustellen« – oder aufzuschieben«, <sup>21</sup> dann spielt er, gewollt oder ungewollt, auch auf die Tatsache an, dass die fraglichen Experimentalsysteme ohne die aufkommende Industrialisierung der Kommunikation im 19. Jahrhundert kaum hätten eingerichtet und betrieben werden können.

## 1 Helmholtz

Das grundlegende Schema oder Diagramm, das die Durchführung psychophysiologischer Zeitexperimente bis ins 20. Jahrhundert bestimmte, wurde in den frühen 1850er Jahren zuerst von Hermann von Helmholtz realisiert (Abb. 1). In seinen Untersuchungen zur Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenreizung beim Frosch richtete Helmholtz zwei miteinander verbundene Stromkreise ein: einen für die Reizung des Muskelnervenpräparats vom Frosch, den anderen für die Messung der sog. »Stromzeit« mit Hilfe eines Galvanometers. Die beiden Kreise konnten so geschlossen werden, dass das Muskelnervenpräparat elektrisch gereizt wurde und genau gleichzeitig ein Strom zum Galvanometer floß. Beginn der Muskel zu kontrahieren, wurde der Strom im Galvanometer-Kreislauf dauerhaft geschlossen. Aus dem Ausschlag der Galvanometernadel konnte Helmholtz dann die Zeit erschließen, die der Muskel für die

---

20 Ebd., S. 30.

21 Ebd., S. 14.

Zuckung benötigte. Legte er den Strom nun an verschiedenen Stellen des in das Muskelpreparat reichenden Nervs an, konnte er aus den Differenzen der erhaltenen Ergebnisse auf die Geschwindigkeit der Reizungsfortpflanzung im Nerv zurückschließen. Zusammenfassend kann man von einer Variations- und Subtraktionsmethode sprechen.

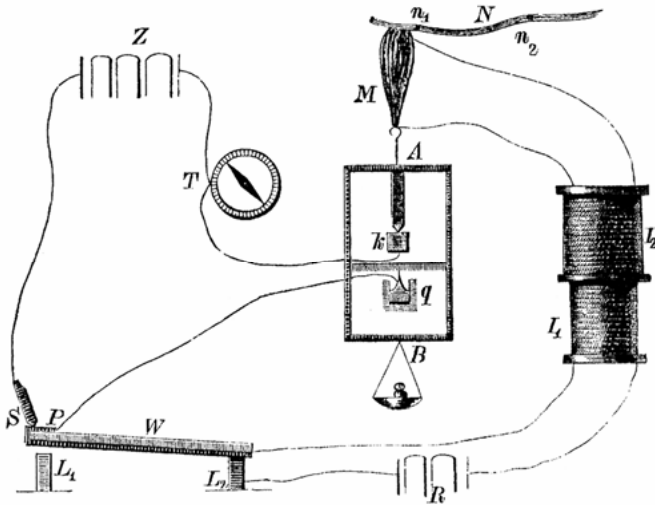


Abbildung 1: Diese zeitgenössische Rekonstruktion veranschaulicht den Versuchsaufbau, mit dem Helmholtz Anfang der 1850er Jahre die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Reizen im Froschnerv maß.<sup>22</sup>

Dasselbe Schema wandte Helmholtz in seinen anschließend durchgeführten Experimenten mit menschlichen Versuchspersonen an: »Es wird einem Menschen ein ganz leichter elektrischer Schlag an irgend einer be-

- 22 Abbildung entnommen aus Carl Kuhn: Handbuch der Angewandten Elektrizitätslehre, mit besonderer Berücksichtigung der theoretischen Grundlagen, Leipzig 1866, S. 1193. Der Aufbau kombinierte zwei Stromkreise. Im ersten konnte durch die Batterie R, die mit den Induktionsspulen I1 und I2 verbunden war, das Muskelnervenpräparat N/M gereizt werden. Der zweite Stromkreis verband das Galvanometer T mit der Batterie Z. Der Schalter S/P erlaubte es, die beiden Kreise zur selben Zeit zu schließen. Die Anordnung im Metallrahmen A stellte sicher, dass nach der Kontraktion des Froschmuskels der zeitmessende Strom dauerhaft unterbrochen wurde. Durch Anbringen einer Elektrode an verschiedenen Punkten des Nervs (n1, n2) konnte Helmholtz die Zeit erschließen, die der Nerv für die Leitung des Reizes brauchte.

schränkten Hautstelle beigebracht.« Sobald der Schlag gefühlt wurde, war das menschliche Experimentalobjekt gefordert, so schnell wie möglich »eine bestimmte Bewegung mit der Hand oder den Zähnen auszuführen, durch welche der zeitmessende Strom unterbrochen wird«.<sup>23</sup> Dann wurde ein anderer Hautpunkt gereizt, wieder erfolgte ein leichter elektrischer Schlag, und erneut wurden die Reaktionen, die folgten, gemessen. Aus den Differenzen der so erhaltenen Werte (z.B. großer Zeh vs. Nacken oder Finger vs. Hals) schloss Helmholtz auf die absolute Geschwindigkeit der Fortpflanzung der Reizung zurück: diesmal in den sensiblen Nerven des Menschen. Dieser Rückschluss basierte auf der Annahme, dass der einzige Unterschied zwischen den einzelnen Versuchsreihen in der Positionierung der Reize auf der Körperoberfläche bestand. Alle anderen Parameter: die Reize selbst, die Arbeit der Messinstrumente, die Identität der Leitungsgeschwindigkeit in den sensiblen und motorischen Nerven, selbst die Umsetzung des Sensorischen ins Motorische wurden von Helmholtz als konstant angenommen. Als er auf diese Weise die Zeiten abschätzte, die für die beteiligten zerebralen Prozesse benötigt wurden (der Wert, auf den er kam, war 1/10 Sekunde), wies er ausdrücklich darauf hin, »dass die Vorgänge des Wahrnehmens und Wollens im Gehirn in ihrer Dauer nicht wesentlich vom Ort der getroffenen Hautstelle abhängen«.<sup>24</sup> Ansonsten konnte sich Helmholtz nur darauf berufen, dass er innerhalb einzelner Versuchsreihen eine »überraschende Konstanz« von Ergebnissen gefunden hatte. Was also tatsächlich gleichblieb, waren die »Summen« der jeweils gemessenen Zeiten. Wie diese Summen zustande gekommen waren, blieb weitgehend im Dunkeln.<sup>25</sup>

Dementsprechend knapp fielen die begrifflichen Unterscheidungen aus, mit denen Helmholtz den Reaktionsprozess in seine Komponenten zerlegte. In den wenigen Zeilen, in denen er öffentlich über seine Versuche am Menschen berichtete, war vereinfachend von der »Sendung des Signals«, also der Fortpflanzung der Reizung in den sensorischen Nerven, von den Vorgängen des »Wahrnehmens und Wollens im Gehirn« und von der Übermittlung der »Botschaft« durch die motorischen Nerven an die Muskeln die Rede.<sup>26</sup>

Helmholtz' Versuche fanden in einem Kontext statt, in dem Telegraphie, Militär und »organische Physik« in regem Austausch standen. Wie

23 Hermann von Helmholtz: »Ueber die Methoden, kleinste Zeittheile zu messen, und ihre Anwendung für physiologische Zwecke [1850]«, in: ders., Wissenschaftliche Abhandlungen, Band 2, Leipzig 1883, S. 862–880, hier: S. 878.

24 Ebd.

25 Ebd.

26 Ebd.



sein Freund und Kollege, der Elektrophysiologe Emil Du Bois-Reymond (1818-1896), war Helmholtz Mitglied der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin. Noch bevor Du Bois-Reymond 1848 den ersten Band der *Untersuchungen über thierische Elektrizität* veröffentlichte, hatte er auf einer Versammlung dieser Gesellschaft konkrete Vorschläge zur »Messung der Geschwindigkeit der Muskel- und Nerventhätigkeit« gemacht und dabei besonders auf die elektromagnetische Methode des französischen Physiker Claude Pouillet (1790-1868) hingewiesen.<sup>27</sup> Zudem erschien 1847 in der Zeitschrift der Gesellschaft, *Fortschritte der Physik*, das Referat eines jungen Leutnants der Preußischen Artillerie, das einem verwandten Problem gewidmet war. Unter dem Titel »Ueber Geschwindigkeitsmessung« gab Werner Siemens (1816-1892) einen Überblick über die neueren Methoden zur Messung der »Geschwindigkeit von Körpern«. Fast alle der von Siemens beschriebenen Apparate beruhten auf der Anwendung des Elektromagnetismus. Und ob es Pouillet's Methode, das Chronoskop von Charles Wheatstone oder der von Siemens selbst konstruierte Zeitmesser war, das hauptsächliche Einsatzgebiet dieser elektromagnetischen Zeitmessinstrumente war die militärische Forschung. Wie Siemens erklärte, war es vor allem für »die Artillerie von grosser Wichtigkeit, die Geschwindigkeit der Geschosse an verschiedenen Punkten ihrer Bahn zu kennen«.<sup>28</sup> Es ist anzunehmen, dass Helmholtz dieser militärische Hintergrund der »Zeitmikroskopie« vertraut war: Zwischen 1843 und 1848 war er in Potsdam als Eskadron-Chirurg und Militärarzt tätig gewesen.<sup>29</sup>

Mit dem Übergang vom Frosch zum Menschen und der Einführung der Variations- und Subtraktionsmethode eröffnete Helmholtz einen Raum von Fragestellungen, der in den folgenden Jahren zunächst von einzelnen Wissenschaftlern unterschiedlicher Provenienz betreten wurde. Erst Ende der 1870er Jahre begannen Forscher wie Wilhelm Wundt in Leipzig, Alfred Binet in Paris und Edward B. Scripture an der Yale University damit, dieses Feld sowohl in institutioneller wie disziplinärer

- 
- 27 Siehe Gustav Karsten: »Vorbericht«, in: *Fortschritte der Physik*, 2 (1848), S. III–XVIII, und Anonymus: »Progrès des sciences physiques hors de France«, in: *Revue scientifique et industrielle* (deuxième série), 11 (1846), S. 81–96, hier: S. 82f.
  - 28 Werner Siemens: »Ueber Geschwindigkeitsmessung«, in: *Fortschritte der Physik* 1 (1847), S. 47–72, hier: S. 47.
  - 29 Noch heute ist die wichtigste biographische Darstellung Leo Koenigsberger: Hermann von Helmholtz, 3 Bde., Braunschweig 1902–1903. Siehe aber auch David Cahan (Hg.): *Hermann von Helmholtz and the Foundations of Nineteenth-Century Science*, Berkeley – Los Angeles 1993 sowie Lorenz Krüger (Hg.): *Universalgenie Helmholtz: Rückblick nach 100 Jahren*, Berlin 1994.

Hinsicht zu befestigen und zu erweitern, um so zur Entwicklung der ›physiologischen‹ oder ›experimentellen Psychologie‹ beizutragen.

## 2 Hirsch

Als einer der ersten Forscher nach Helmholtz trat Adolphe Hirsch (1830–1901), der damalige Direktor der Sternwarte in Neuenburg, mit einer Studie zur »Geschwindigkeit der Nerven-Leitung« an die Öffentlichkeit.<sup>30</sup> Der Hintergrund für Hirschs Untersuchungen war zugleich ökonomisch-technischer und wissenschaftlicher Art. 1858 war die Neuenburger Sternwarte mit dem ausdrücklichen Ziel gegründet worden, die Uhrenhersteller im Jura-gebirge mit präzisen Zeitangaben zu versorgen. Als gut ausgebildeter Astronom war Hirsch sich darüber im klaren, dass individuelle Beobachtungsfehler das genaue Registrieren von Sterndurchgängen, das für die astronomische Zeitbestimmung erforderlich war, beeinträchtigen konnten. Tatsächlich war seit dem frühen 19. Jahrhundert bekannt, dass die individuellen Eigenheiten von astronomischen Beobachtern zu erheblichen Messfehlern führten. Hirsch war aber nicht nur am Problem der »persönlichen Gleichung« interessiert. Seit seiner Studienzeit in Heidelberg, wo er unter anderem bei dem Anatomen und Physiologen Friedrich Gustav Henle studiert hatte, war der Gelehrte auch stark physiologisch interessiert. Mit Du Bois-Reymond, dessen Familie aus Neuenburg stammte, verband ihn eine freundschaftliche Korrespondenz, die sich auch um physiologische Fragen drehte.<sup>31</sup>

In seiner Veröffentlichung von 1862 bezeichnete Hirsch die »Summe«, von der Helmholtz mit Blick auf die Zeit »zwischen der Reizung und dem Eintritte der Bewegung« gesprochen hatte, kurzerhand als »physiologische Zeit«<sup>32</sup> – ein Begriff, den Wundt 1874 in seinen *Grund-*

30 Adolphe Hirsch: »Expériences chronoscopiques sur la vitesse des différentes sensations et de la transmission nerveuse«, in: Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel 6 (1862) 1, S. 100–114. Siehe auch Rudolph Schelske: »Neue Messungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Reizes in den menschlichen Nerven«, in: Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin 29 (1862), S. 151–173.

31 Siehe dazu Jimena Canales: »Exit the frog, enter the human: physiology and experimental psychology in nineteenth-century astronomy«, in: British Journal for the History of Science 34 (2001), S. 173–197 sowie Henning Schmidgen: »Time and noise: the stable surroundings of reaction experiments, 1860–1890«, in: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences 34 (2003), S. 237–275.

32 A. Hirsch: »Expériences chronoscopiques«, S. 105.

zügen der physiologischen Psychologie wieder aufnehmen sollte.<sup>33</sup> Noch folgenreicher für die Geschichte der experimentellen Psychologie war jedoch, dass Hirsch in seinen Experimenten ein Instrument verwendete, das wesentlich einfacher zu handhaben war als die von Helmholtz angewandte Galvanometer-Methode: das Chronoskop von Hipp (Abb. 2). Dieser Zeitmesser war Hirsch durch den Hersteller persönlich zur Verfügung gestellt worden.

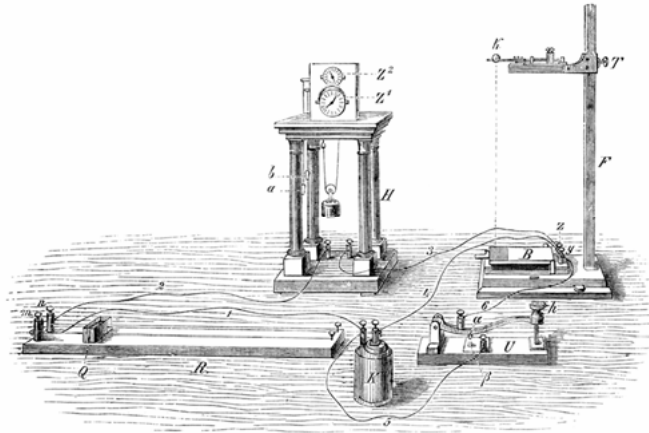


Abbildung 2: Hirschs Versuchsanordnung für psychophysiologische Reaktionsexperimente in der Darstellung von Wundt (1874).<sup>34</sup>

Anfang der 1860er Jahre hatte sich Matthäus Hipp (1813–1893), zuvor Leiter der Eidgenössischen Telegraphenanstalt in Bern, mit seiner Telegraphenfabrik in Neuenburg niedergelassen. Hipp belieferte die dortige Sternwarte mit der telegraphischen Anlage, die Hirsch benötigte, um seine Zeitsignale an die Werkstätten der Uhrmacher im Jura-gebirge und das Telegraphenamt der Stadt zu senden. Schon im Juni 1860 wurden die Telegraphenbüros der ganzen Schweiz mit dem Zeitsignal aus Neuenburg

33 Siehe z.B. Wilhelm Wundt: *Grundzüge der physiologischen Psychologie*, Leipzig 1874, S. 730.

34 Abbildung entnommen aus ebd., S. 770. Die Anordnung bestand aus einem Chronoskop (H), einem Fallapparat (F), einem Telegraphentaster (U), einem galvanischen Element (K) und einem Rheochord (R). Die Versuchsperson war gefordert, auf das Geräusch zu reagieren, das durch den Aufschlag der fallenden Stahlkugel (k) auf den Fuß des Fallapparats entstand. Unter dem dort angebrachten Brett (B) befand sich ein elektrischer Kontakt, sodass der mechanische Druck auf das Brett das Chronoskop in Gang setzte. Die Versuchsperson reagierte durch Loslassen des gedrückt gehaltenen Telegraphentasters. Dadurch wurde das Chronoskop gestoppt.

beliefert. So »entstand in der Schweiz erstmals eine Standard- oder Einheitszeit für einen größeren geographischen Raum.«<sup>35</sup>

Das Chronoskop von Hipp war der deutschen Öffentlichkeit erstmals in den späten 1840er Jahren vorgestellt worden.<sup>36</sup> Bei diesem »Zeit-Seher« handelte es sich um eine elektromagnetisch gesteuerte Uhr, die in der Lage war, kurze Zeiträume bis auf 1/1000 Sekunde genau zu messen. Hipp schloss bei seiner Entwicklung an das bereits erwähnte Chronoskop von Wheatstone an, und so wie dem englischen Physiker oder etwa Siemens schwebte auch Hipp die Nutzung seiner »Erfindung« durch das Militär vor. Folgerichtig wurde das Chronoskop 1849 als Instrument präsentiert, das »zur Messung der Fallzeit eines Körpers und zu Versuchen über die Geschwindigkeit der Flintenkugeln etc.« dienen konnte.<sup>37</sup> Jedoch scheint es vor allem die erstgenannte Verwendung gewesen zu sein, für die das Chronoskop tatsächlich relevant wurde. In den 1850er Jahren benutzten es Physiker wie Friedrich Reusch und Wilhelm Eisenlohr, um die Gesetze des freien Falls von festen Körpern experimentell zu verifizieren.<sup>38</sup> In den folgenden Jahren dienten Versuche mit fallenden Körpern als ein Routineverfahren zur Kalibrierung der Genauigkeit des Chronoskops vor seiner Verwendung in Reaktionszeitexperimenten – eine Praxis, die Bergson wahrscheinlich als bruchlose Anwendung der »kinematographischen Methode« der modernen Wissenschaft beurteilt hätte.<sup>39</sup>

Als Hirsch seine »Chronoskopischen Versuche über die Geschwindigkeit der Sinneswahrnehmung und der Nerven-Leitung« veröffentlichte, betonte der Sternwartendirektor, dass die Untersuchung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Nerven lebender Organismen eigentlich eine Aufgabe sei, die den Laboratoriumsphysiologen zukomme. Dies hielt

35 Jakob Messerli: Gleichmässig, pünktlich, schnell: Zeiteinteilung und Zeitgebrauch in der Schweiz im 19. Jahrhundert, Zürich 1995, S. 74.

36 Siehe Wilhelm Oelschläger: »Das Wheatstone'sche Chronoskop, verbessert vom Uhrmacher Hipp in Reutlingen«, in: Annalen der Physik und Chemie 74 (1848), S. 589–591.

37 Siehe Wilhelm Oelschläger: »Das Hipp'sche Chronoskop, zur Messung der Fallzeit eines Körpers und zu Versuchen über die Geschwindigkeit der Flintenkugeln, etc.«, in: Polytechnisches Journal 14 (1849) 114, S. 255–259.

38 Siehe dazu Henning Schmidgen: »Zur Genealogie der Reaktionsversuche in der experimentellen Psychologie«, in: Christoph Meinel (Hg.), Instrument-Experiment: Historische Studien, Berlin – Diepholz 2000, S. 168–179.

39 Henri Bergson: Schöpferische Entwicklung, übers. von G. Kantorowicz, Jena 1912, S. 332.

Hirsch jedoch nicht davon ab, nach dem Vorbild von Helmholtz Versuche am Menschen durchzuführen. Hipp und andere Mitglieder der Naturforschenden Gesellschaft Neuenburgs dienten dabei als Versuchspersonen. So wie Helmholtz reizte auch Hirsch unterschiedliche Körperstellen mit elektrischem Strom, während die übrigen Versuchsbedingungen möglichst gleichgehalten wurden. Aus den Differenzen in den Messergebnissen wurde dann auf die Geschwindigkeit der »Nerven-Leitung« zurückgeschlossen.

Obwohl Hirschs Artikel zunächst in französischer Sprache und im schwer zugänglichen *Bulletin des Sciences naturelles de Neuchâtel* erschien, begann die Studie bald die Aufmerksamkeit von Physiologen auf sich zu ziehen. 1865 wurde eine deutsche Version des Aufsatzes in Jacob Moleschotts *Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere* veröffentlicht.<sup>40</sup> Bei dieser Gelegenheit stellte Hirsch das von ihm benutzte Chronoskop ausführlich vor und erläuterte dessen vergleichsweise einfache Handhabung. Diese Veröffentlichung darf als entscheidender Impuls für die Verbreitung des Chronoskops und seine weitere Nutzung für die Zwecke psychophysiologischer Zeitmessung angesehen werden. Als Wundt knapp 10 Jahre später das erste große Lehrbuch für physiologische Psychologen veröffentlichte, berief er sich auf den Aufsatz von Hirsch und empfahl das Chronoskop für den Einsatz in psychologischen Laboratorien, denn es ermögliche die »unmittelbare Ablesung der absoluten Zeit«.<sup>41</sup> In den folgenden Jahren fand das Chronoskop von Hipp Eingang in fast alle Laboratorien für physiologische Psychologie. 1902 rühmte sich der Nachfolger von Hipp, die Firma Peyer und Favarger, dieses Instrument an insgesamt mehr als 65 wissenschaftliche Einrichtungen in Europa und den Vereinigten Staaten geliefert zu haben, unter anderem nach Philadelphia, Straßburg, Basel, Madrid, Berlin, Zürich, Wien, Turin, Paris, Göttingen und Moskau.<sup>42</sup>

40 Adolphe Hirsch: »Chronoskopische Versuche über die Geschwindigkeit der verschiedenen Sinneseindrücke und der Nerven-Leitung«, in: *Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere* 9 (1865), S. 183–199.

41 W. Wundt: *Grundzüge der physiologischen Psychologie*, S. 772.

42 Siehe Peyer & Favarger: *Prix-Courant de la Fabrique de Télégraphes & Appareils électriques. Fondée par M. Hipp, en 1860. Peyer, Favarger & Compagnie, Catalogue B: Appareils scientifiques. – Instruments de mesure et de contrôle pour les sciences et l'industrie, Neuchâtel 1902*, S. 31. Über den Gebrauch des Chronoskops in der experimentellen Psychologie siehe Horst Gundlach: »The Hipp chronoscope as totem pole and the formation of a new tribe – applied psychology, psychotechnics and rationality«, in: *Theorie & Modelli* (n.s.) 1 (1996) 1, S. 65–85 sowie Rand B. Evans:

### 3 Donders und de Jaager

1865 nahm Franciscus Cornelius Donders (1818–1889), Professor für Physiologie in Utrecht, gemeinsam mit seinem Schüler Johan Jacob de Jaager (unbek.) die Arbeit am Problem der ›physiologischen Zeit‹ auf. Das Ziel der beiden Wissenschaftler war es zunächst, die Untersuchungen von Helmholtz am Menschen zu wiederholen. Darüber hinaus widmeten sie sich ausführlich den psychologischen Aspekten der Zeitverhältnisse im menschlichen Gehirn und Nervensystem. So wie Helmholtz und Hirsch vor ihnen, setzten Donders und de Jaager zunächst auf den Elektromagnetismus als Schlüsseltechnologie der Kurzzeitmessung (Abb. 3). Im Verlaufe ihrer gemeinsamen Untersuchungen wurde Donders jedoch immer skeptischer, was die Präzision des in seinem Labor entwickelten Messverfahrens anging. Auf einer sich drehenden Kymographentrommel wurden mit Hilfe des Elektromagnetismus Metronomschläge registriert, und parallel dazu wurden die an einem Schalter gegebenen Reaktionen der Versuchsperson, ebenfalls mit Hilfe des Elektromagnetismus, aufgezeichnet. Das Grundproblem dieses Verfahrens beschrieb der Utrechter Physiologe in einem unveröffentlichten Manuskript folgendermaßen: »Ändert sich die Stromstärke, dann ändern sich die Ergebnisse.«<sup>43</sup> Dies war tatsächlich ein Problem, das Physiologen und Psychologen so lange beschäftigen sollte, wie sie den Strom für ihre Zeitmesser aus einzelnen galvanischen Elementen bezogen, deren Energieausstoß noch kaum standardisiert war.

Auf der Suche nach anderen Präzisionszeitmessern stieß Donders, der mit Helmholtz gut befreundet war, auf den Phonautographen von Léon Scott. Dieses Instrument, anfänglich nur für die Aufzeichnung menschlicher Sprachlaute gedacht, war Anfang der 1860er Jahre durch den Instrumentenmacher Rudolph Koenig in Paris auch für die Messung kurzer Zeitintervalle eingerichtet worden. Als Zeitgeber diente dabei eine Stimmgabel, von der bekannt war, wieviele Schwingungen sie pro Sekunde machte. Im konkreten Fall waren dies 261. Der durch Koenig modifizierte Phonautograph erlaubte es somit, neben den sprachlichen Äußerungen auch eine Zeitkurve zu registrieren. Zugleich machte es der Apparat möglich, nicht mehr nur die elektrische Reizung von Haut als Stimulus zu verwenden, sondern auch Sprachlaute als Reize *und* als Reaktionen zu verwenden. In Donders Augen war Sprache ein sehr viel ›na-

---

»Chronoscope«, in: Robert Bud & Deborah J. Warner (Hg.), *Instruments of Science*, New York – London 1998, S. 115f.

43 Franciscus C. Donders: *Onderzoekingen over den duur der psychische processen*, unveröffentlichtes Manuskript, Universitätsmuseum Utrecht, ca. 1865, S. 9.

türlicherer« Reiz als Elektrizität und dieser insofern vorzuziehen. Zugleich war die Arbeit mit Sprachlauten in seinen Augen psychologisch aussagekräftiger, weil sie stärker mit spezifisch menschlichen Eigenschaften assoziiert war.

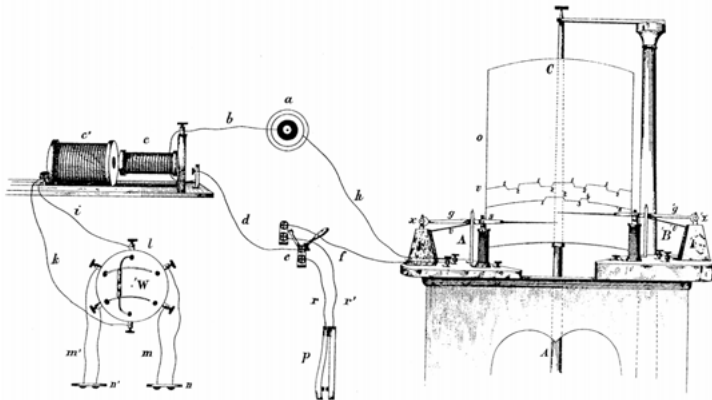


Abbildung 3: Versuchsanordnung von Donders und de Jaager, in der ein Kymograph zur Vermessung der physiologischen Zeit diente.<sup>44</sup>

Die Experimente, die Donders mit dem von Koenig modifizierten Phonautographen anstellte, folgten in ihren Grundzügen der Helmholtzschen Variations- und Subtraktionsmethode. Donders verschob diese Methode allerdings vom physiologischen auf explizit psychologisches Terrain. In einem ersten Durchgang maß er die Reaktion auf verbale Stimuli wie

44 Abbildung entnommen aus Johan Jacob de Jaager: *De physiologische tijd bij psychische processen*, Utrecht 1865, Tafel I. Vor ihren Experimenten mit dem Phonautographen verwendeten Donders und de Jaager einen konventionellen Kymographen (C) zum Zweck der Zeitmessung. Mit a ist die Energiequelle bezeichnet, die aus vier Groveschen Elementen bestand. Durch die Induktionsspulen c, c' wurde der Strom auf der einen Seite zur Pohlschen Wippe (W) und zu den Elektroden n und n' [sic] geleitet, auf der anderen zum Schalter p und zu den Zeigern am Kymographen. Die Wippe wurde durch den Versuchsleiter betätigt, Schalter p durch die Versuchsperson. Am Kymographen sind zwei Zeiger (A, B) zu erkennen, die mit Hilfe von Elektromagneten gesteuert wurden. Der linke Zeiger schrieb die Reize und Reaktionen, der rechte Zeiger hingegen die Schläge eines Metronoms (nicht auf der Zeichnung). Zur besseren Sichtbarkeit sind die entsprechenden Kurven höher als tatsächlich auf der Trommel abgebildet.

»ki«, auf die die Versuchsperson mit »ki« antworten sollte. In einem zweiten Durchgang konfrontierte er seine Versuchspersonen mit einer Reihe zufällig aufeinanderfolgenden Silben »ki, ka, ku« usw., und bat sie darum, dann und nur dann zu reagieren, wenn sie »ki« hörten. Nach dem Vergleich der Ergebnisse beider Versuchsreihen gab Donders an, die Zeit für die »Entscheidung eines Dilemmas«, d.h. für die Identifizierung von »ki«, gemessen zu haben.<sup>45</sup>

## Schluss

Fallende Körper und Sprachfragmente, die dazu dienen, Reaktionszeiten zu messen, mit deren Hilfe komplexe psychologische Phänomene und Prozesse in ihre einfachsten Bestandteile zerlegt werden: Größer scheint der Kontrast zu Bergsons Philosophie kaum sein zu können. Denn Bergson hat nicht nur allgemein das moderne, Galileische Projekt der Übersetzung von Bewegungen im Raum in uniforme Zeit kritisiert, sondern (in seinem *Essai sur les données immédiates de la conscience*, 1889) konkret auch gegen die Zurückführung der Erfahrung auf elementare Entitäten wie Empfindungen und Wahrnehmungen argumentiert. Dennoch »machen« die Experimente, die von Helmholtz, Hirsch und Donders durchgeführt wurden, etwas sehr ähnliches wie das Kino und die Lebewesen allgemein, zumindest wenn man Deleuze und seinen Bergson-Kommentaren folgt. Auf einer praktischen Ebene isolieren sie – oder besser: sie *kadrieren* – Sequenzen, die aus einem Bewegungs- oder Verhaltensstrom entnommen werden. Im Labor musste die Versuchsperson vor allem eins: still sitzen und – halb technischen, halb psychologischen Anweisungen folgend – möglichst schnell reagieren, nachdem sie gereizt worden war. Zugleich wurden die Sequenzen in diesen Experimenten wiederholt und abgewandelt, d.h. *montiert*, um zu neuen Phänomenen, neuen Wahrnehmungen und schließlich neuen Erkenntnissen zu gelangen. Das offensichtliche Ergebnis dieser Wiederholungen und Differenzierungen war eine Messung der Spanne, der Leerstelle zwischen Reiz und Reaktion – eine Umschreibung von Gehirn und Nervensystem als Abstand, als Leerstelle, wenn man an Deleuze und Bergson anschließt. Tatsächlich führt die Praxis dieser Versuche zu einer weitreichenden De-territorialisierung des organisierten Körpers. Im Funktionieren der Versuchsanordnungen von Helmholtz, Hirsch und Donders zählte nicht irgendeine greifbare Anatomie, die der Produktion und Propagation der

45 Franciscus Cornelis Donders: »Die Schnelligkeit psychischer Prozesse«, in: Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin 35 (1868), S. 657–681, hier S. 665.



Reize und ihrer Umwandlung in Reaktionen zugrunde lag. Alle diese Experimente kümmerten sich nicht um den genauen Weg, den der Reiz durch den Körper nahm. Ihnen ging es allein um die Zeit, die für die Zurücklegung dieses Wegs, für den Ablauf solcher Prozesse erforderlich war. Der Körper der organischen Individuen kam dabei lediglich als Hülle ins Spiel, die ungezählte Zugriffsmöglichkeiten bot. Es waren die Entfernungen *auf* dieser Hülle, die zur Auffindung der Zeitunterschiede beitrugen.

Diese Deterritorialisierung des Körpers war kein Selbstzweck. Sie bildet eine entscheidende Voraussetzung für die reterritorialisierende Praxis begrifflicher Unterscheidungen, die im Anschluss an solche Experimente einsetzte. Mit ihr sollten die experimentell kadrierten Sequenzen, die Reiz-Reaktionen, analytisch durchdrungen, sozusagen in Einzelbilder aufgeteilt werden. Im Anschluss an Helmholtz ging Hirsch beispielsweise davon aus, dass die »physiologische Zeit«, die er zu messen versuchte, folgende Einzelbestandteile umfasste: »1. die Übermittlung der Empfindung zum Gehirn; 2. die Tätigkeit des Gehirns, die sozusagen darin besteht, die Empfindung in Willen umzuwandeln; 3. die Übermittlung des Willens durch die motorischen Nerven und die Ausführung der Bewegung durch die Muskeln.«<sup>46</sup> Donders machte im Rückgriff auf sein ausgedehntes anatomisches und physiologisches Wissen zwölf Teilprozesse namhaft, von denen er annahm, dass sie zwischen Reiz und Reaktion abließen – von der Einwirkung des Reizes »auf die percipirenden Elemente der Sinneswerkzeuge« über die Leitung der Erregung durch die »Gefühlsnerven« zu den Ganglienzellen im Rückenmark und die »steigende Thätigkeit« in den Ganglienzellen des »Organs des Willens«, d.h. des Gehirns, bis hin zur Leitung der Erregung in den »Bewegungsnerve« zu den Muskeln, die die geforderte Bewegung ausführten.<sup>47</sup> Doch statt wirklich bis zur Anatomie und Physiologie des Körpers vorzudringen, richteten die Experimente von Donders eine Verzweigung zu einem als weitgehend autonom verstandenen Territorium ein: dem Territorium des Psychischen. Vielleicht sollte man sagen: Nach Maßgabe ihres praktischen Funktionierens brachten sie dieses Territorium erst hervor. Mit Deleuze gesprochen: Durch ein System von Vibrationen, Inskriptionen und Transmissionen verbreiteten diese Experimente eine »experimentelle Nacht« im Laboratorium. Sie erschlossen ein Gebiet, das ähnlich wie der Film »vollkommen eigenthümlich« ist,<sup>48</sup> und brachten im Labor zugleich das Werden eines experimentellen, eines »unbekannten Körpers« in Gang.<sup>49</sup>

46 A. Hirsch: »Expériences chronoscopiques«, S. 103f.

47 F. C. Donders: »Die Schnelligkeit psychischer Prozesse«, S. 664.

48 Ebd.

49 G. Deleuze: Das Zeit-Bild, S. 259.

Insofern sind die Experimente von Helmholtz, Hirsch und Donders als Teil einer an Deleuze und Bergson orientierten Geschichte der Kinematographie zu verstehen, einer Geschichte, die nicht nur erneut verdeutlicht, dass das Kino experimentell sein kann, sondern ebenso zeigt, dass Labor-Experimente Kinematographen sind.