

# Chronos und Psyche – vom Zeitmaß des Denkens

**21.** August, abends 7 Uhr; die Herren Hamer und Donders vor dem Phonographen. H. ruft, D. antwortet. Stimmgabel = 261 Schwingungen.“ Mit nüchternen Worten beschreibt der niederländische Physiologe Franciscus Donders im Jahr 1868 eine Laborsituation, die heute als Urszene der kognitiven Neurowissenschaften gilt. Gemeinsam mit seinem Assistenten Hamer beabsichtigte Donders nichts Geringeres, als die Geschwindigkeit der menschlichen Urteilskraft zu bestimmen. Zeitmesser war eine Stimmgabel, die das kleine c wiedergab und 261 Vibrationen in der Sekunde ausführte. Der Versuchsaufbau war schlicht, die Herren konnten sich nicht sehen, sondern hörten nur, was sie in den vor ihnen stehenden Schalltrichter sprachen. Hamer rief die Silbe „ki“, und Donders antwortete so schnell er konnte mit „ki“. Dies wiederholten sie eine ganze Weile, wobei ihre Rufe sowie die Schwingungen der Stimmgabel durch einen Phonographen, einen neu entwickelten Apparat zur Sprachaufzeichnung, registriert wurden (siehe Kasten auf Seite 37).

Zwischen den beiden „ki“-Rufen zählte Donders 51,5 Schwingungen der Stimmgabel, was einer Zeit von

0,197 Sekunden entsprach. Beim nächsten Versuch wechselte Hamer willkürlich zwischen „ki“, „ka“ und „ku“. Donders sollte nur auf „ki“ mit „ki“ reagieren. Zwischen den beiden „ki“ verstrichen nun 63,3 Schwingungen oder 0,243 Sekunden – deutlich länger im Vergleich zu den vorherigen, bloß nachahmenden Reaktionen. Zum ersten Mal in der Geschichte der Wissenschaft war die Zeit gemessen worden, die ein Mensch für die Unterscheidung zweier einfacher Silben benötigt.

**AUCH DENKEN WILL WEILE HABEN**

Der Versuch aus Donders Utrechter Laboratorium erregte Aufsehen in ganz Europa. Erst 1850 hatte der Physiologe Hermann von Helmholtz die Geschwindigkeit der Reizleitung in lebenden Nerven bei Tieren und dann auch am Menschen gemessen – und nun ließen sich bereits nachprüfbare Aussagen über die Geschwindigkeit des Urteils und Unterscheidens machen. Endlich, so glaubte man mit einer gewissen Euphorie, war es möglich, den menschlichen Geist auf naturwissenschaftliche Weise zu erforschen und auf Spekulationen zu verzichten. „Damals hat sich eine Wissenschaft in-

Seit Ende des 19. Jahrhunderts wird die menschliche Psyche auch mit naturwissenschaftlichen Methoden untersucht. Die Messung von Reaktionszeiten mithilfe von Präzisionsapparaten galt dabei als Schlüssel zur Erforschung des Bewusstseins. Bereits damals formulierte Wissenschaftler wie Wilhelm Wundt Hypothesen, die auch heute noch aktuell sind. Über die technischen und theoretischen Voraussetzungen dieser Zeitexperimente arbeitet **HENNING SCHMIDGEN** am Berliner **MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR WISSENSCHAFTSGESCHICHTE**.

QUELLE: [HTTP://VIP.MPWS-BERLIN.MPG.DE/ISE/UT18171/2000/TABLET/LOHMI/QUELLE/RUDOLF\\_SCHULZE\\_AUS DER WERKSTATT DER EXPERIMENTELLEN PSYCHOLOGIE UND PÄDAGOGIK, LEIPZIG 1909](http://VIP.MPWS-BERLIN.MPG.DE/ISE/UT18171/2000/TABLET/LOHMI/QUELLE/RUDOLF_SCHULZE_AUS DER WERKSTATT DER EXPERIMENTELLEN PSYCHOLOGIE UND PÄDAGOGIK, LEIPZIG 1909)

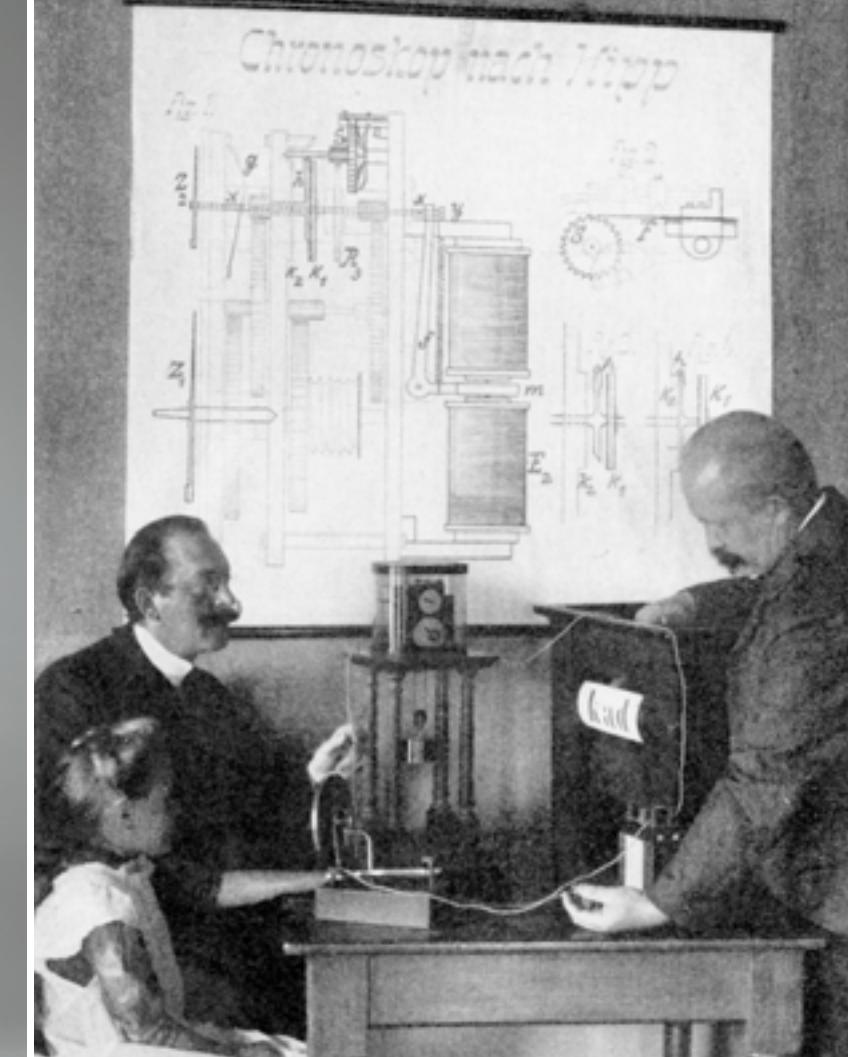
stalliert, mit der wir es bis heute zu tun haben“, sagt Henning Schmidgen, wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsbereich von Hans-Jörg Rheinberger am Berliner Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte. Schmidgen untersucht, wie stark die damals aufkommenden Präzisionsgeräte zur Zeiterfassung die Lebenswissenschaften verändert haben. Am bemerkenswertesten war dieser Einfluss im Grenzbereich von Physiologie und Psychologie: Gegen Ende des 19. Jahrhunderts war aus der alten Psychologie, die auf Selbstbeobachtung, Sammlung und Vergleich beruhte, eine weit gehend neue, auf Experimente gegründete Disziplin entstanden. Aus der ebenfalls noch jungen Wissenschaft der

Chemie kam die Erkenntnis, dass sich alle Materie aus Grundbausteinen oder so genannten Elementen zusammensetzt. Mithilfe von Präzisionswaagen bewiesen die Chemiker, dass die Verhältnisse der Elemente auch bei Reaktionen zu neuen Stoffen erhalten bleiben. Und dies war offenbar auf Organismen übertragbar: In Deutschland zog der organische Chemiker Justus von Liebig durch den Vergleich der „Einnahmen“ und „Ausgaben“ eines Organismus mit Erfolg Rückschlüsse auf dessen Innenleben – „auch ohne Kenntniß des Apparats“. Liebigs Ansatz bewies seine Fruchtbarkeit aber nicht nur in der Landwirtschafts- und Ernährungskunde.

Auch in der Wissenschaft von der Psyche lag es nahe, nach den elementaren Prozessen zu suchen, aus denen sich höhere Denkvorgänge zusammensetzen. Und die Reakti-



Der Uhrmacher Matthäus Hipp machte das Chronoskop zu einem Präzisionsinstrument. Das Bild zeigt eines der damals gebauten Geräte (um 1865).



Versuchsanordnung mit Chronoskop nach Hipp für pädagogische Zwecke (etwa 1909).

onszeiten von Versuchspersonen galten als Schlüssel zu den verborgenen Vorgängen in der „Black Box“ des Geistes. Das Präzisionsinstrument der neuen Psychologen maß daher nicht Gewichte, sondern Zeiten. Dass dies auch das Menschenbild verändern musste, war den Experimentatoren bewusst. Vor allem Wilhelm Wundt, der „Gründervater“ der physiologischen Psychologie, sprach sich für eine zeitbasierte Analyse des Bewusstseins aus: „Seit Aristoteles war man davon überzeugt, dass das menschliche Denken durch eine Logik strukturiert sei, die auf dem Widerspruch basiert. Aber nun können wir zeigen, dass nicht die Logik, sondern die Zeit das Denken strukturiert: wir messen, wie lange wir brauchen, um einen Unterschied wahrzunehmen...“

Im Jahr 1879 gründete Wundt in Leipzig ein Labor für physiologische



Die Skizze stammt aus einem Preisverzeichnis von Hips „Fabrik für Telegraphen und elektrische Apparate“ in Neuchâtel (um 1869).

### DAS CHRONOSKOP

Das Chronoskop wurde ursprünglich für militärische Anwendungen entwickelt, zum Messen der Flugzeit von Geschossen. Die Kugel unterbrach beim Abschuss einen Stromkreis und startete damit ein Uhrwerk; beim Auftreffen auf das Ziel wurde ein anderer Stromkreis geschlossen, der das Uhrwerk stoppte. Der Uhrmacher und Mechaniker Matthäus Hipp verbesserte das Chronoskop entscheidend, indem er nicht mehr das gesamte Uhrwerk starten und stoppen ließ, sondern nur noch das sehr viel leichtere Zeigerwerk vom Uhrwerk an- und abkoppelte. Damit hatte er den Trägheitsfehler stark reduziert.

Die Genauigkeit des Chronoskops wurde vor jedem Versuch durch einen mitgelieferten Fallapparat kontrolliert. Dieser Fallapparat ließ sich in der Höhe verstetzen. Man berechnete die zu erwartende Fallzeit der Kugel und verglich die gemessenen Werte so lange mit verschiedenen Stromstärken, bis Übereinstimmung erreicht war. Während die Schwingungszahl der Stimmstäbe im Hörvergleich mit Sirenen geeicht wurde, sorgte beim Chronoskop also ein Grundversuch der modernen Physik für die Genauigkeit.

Beispiel, sobald sie den Aufprall einer fallenden Kugel hörte, auf einen Telegrafentaster drücken. Die Zeit zwischen dem Aufprall und dem Drücken des Tasters wurde Reaktionszeit genannt. Bei anderen Versuchen sollten die Teilnehmer auf Lichtreize in bestimmten Farben reagieren oder geometrische Formen und Zahlen erkennen.

Während in Deutschland mithilfe von Reaktionszeitversuchen das Bewusstsein „zergliedert“ wurde, widmeten sich Experimentalpsychologen in Frankreich, England und den Vereinigten Staaten auch der Erforschung des Übersinnlichen. Wundt jedoch vertrat eine relativ enge Auffassung des psychologischen Experiments. Kollegen, die sich auf Experimente mit „medial begabten“ Men-



Phonautographische Aufzeichnung von Sprachlauten in einem Experiment von Franciscus Donders (um 1874).

schen einließen, sprach er die Berechtigung ab, sich zu den experimentellen Psychologen zu zählen. Laborversuche mit „Medien“ und „Se-

hern“ mochten zwar interessant sein, aber sie ließen sich kaum jemals reproduzieren. Nach Wundt war dies unter anderem darauf zurückzuführen, dass eine ausreichende Selbstkontrolle der Versuchspersonen während des Experiments nicht möglich war.

### VIEL SPEKULATION ZWISCHEN REIZ UND REAKTION

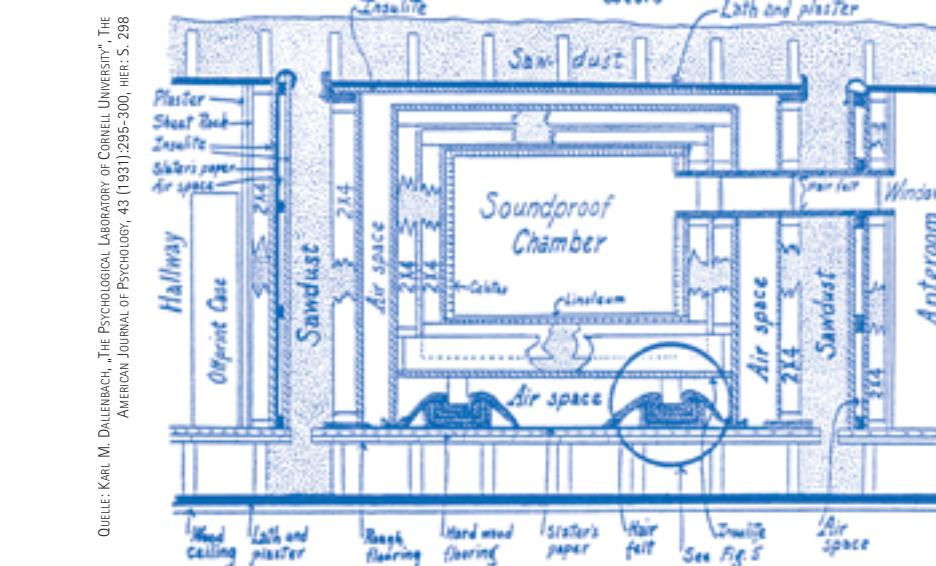
Doch auch der Leipziger Laborgründer blieb von Kritik nicht verschont. William James, der Pionier der Experimentalpsychologie in den Vereinigten Staaten, stand der Psychologie des Übersinnlichen durchaus aufgeschlossen gegenüber. Er bezweifelte dagegen die psychologische Relevanz der Reaktionszeitforschung und bemerkte süffisant, dass

diese pedantische Art der wissenschaftlichen Arbeit nur in Deutschland habe entstehen können. Die „Chronoskop-Philosophen“ vom Schläge Wundts waren in seinen Augen Erbsenzähler und Buchhalter: „They mean business, not chivalry.“

In der Tat waren die Fragestellungen von Wundt bewusst bescheiden: Das Messbare sollte erforscht werden, um das Unmessbare einzukreisen. Und nur Reiz und Reaktion waren messbar – was dazwischen lag, war es nicht. Anders gesagt: Die zerebralen und nervösen Prozesse, die den Reaktionen zu Grunde lagen, waren den Forschern des 19. Jahrhunderts nur indirekt zugänglich. So projizierten sie ihr Wissen um Anatomie und Physiologie in die gemessenen Zeiten hinein. Kein Wunder, dass sie dabei zu recht unterschiedlichen Annahmen kamen. Donders ging beispielsweise von zwölf Teilprozessen aus, die zwischen Reiz und Reaktion liegen, während Wundt meinte, man habe es mit drei physio-

logischen und zwei psychologischen Komponenten zu tun.

QUELLE: UNIVERSITÄTSMUSEUM Utrecht, Donders-Nachlass



Querschnitt durch den schalldichten Raum im Labor für Experimentalpsychologie an der amerikanischen Cornell-Universität (um 1930).

obachtungsgabe. Er wählte sie sorgfältig aus und ließ sie ein regelrechtes Training absolvieren, damit ihre persönlichen Schwächen und Stärken weniger Einfluss auf die Ergebnisse hatten. Nur zuverlässige und gesunde Versuchspersonen schafften es, sich lange genug auf die monotonen Aufgaben zu konzentrieren, ihre Aufmerksamkeit hinreichend zu fokussieren und sich dabei nicht vom „Hölleapparat“ des Chronoskops ablenken zu lassen, dessen lautes Betriebsgeräusch von manchen Versuchspersonen als „aufdringlich“ und „peinlich“ empfunden wurde.

Trotz der hohen Präzision der Zeitmesser und der akribischen Kontrolle der Testpersonen kam man nicht immer zu zuverlässigen, reproduzierbaren Ergebnissen. Das Chronoskop entpuppte sich als anfällig für Schwankungen in der Stromversorgung, reagierte empfindlich auf Temperaturänderungen und störte außerdem die Konzentration der Probanden.

Schließlich wurde das Chronoskop in einem anderen Raum aufgebaut und telegrafisch von den Versuchspersonen gestartet und gestoppt. Diese saßen bald gänzlich isoliert in einer komplett unnatürlichen Umgebung, die nur noch den Soll-Reiz lie-



Pionier der Kognitionswissenschaft: der Ophthalmologe und Physiologe Franciscus Cornelius Donders (1818 bis 1889).

QUELLE: UNIVERSITÄTSMUSEUM Utrecht

ferte. Doch selbst in den schalldichten Räumen, die alsbald zur gängigen Laborausstattung gehörten, konnte man durch die Geräusche des eigenen Körpers abgelenkt werden.

### DAS CHRONOSKOP ALS VIELZWECKGERÄT

Wilhelm Wundts Ergebnisse aber wurden in den kommenden Jahrzehnten begeistert aufgenommen. Gerade auch in Frankreich gab es eine Reihe moderner Wissenschaftler, die die spiritualistischen Forschungen ablehnten und nach exakten Ergebnissen strebten. Wundts Arbeiten beruhten auf transparenten Methoden, und zu seinen Schlüssen kam er ohne Suggestion oder Spekulation. Viele renommierte Psychologen, wie Alfred Binet an der Pariser Sorbonne, beschafften sich ebenfalls ein kostspieliges Chronoskop. Doch die französischen Kollegen kritisierten bald, dass sich die Versuchspersonen in der extrem künstlichen Laborsituation nicht ihrer Natur entsprechen verhalten könnten. Statt Reaktionszeiten auf möglichst einfache

QUELLE: EDWARD W. SCRIPTURE, FEELING, THINKING, FEELING (NEW YORK: FLOOD AND VINCENT, THE CHAUTAUQUA CENTURY PRESS), 1895, S. 41



Testperson in einem schalldichten Raum im psychologischen Labor der Yale-Universität; das Telefon diente der Verständigung mit dem Versuchsleiter (um 1895).

#### DER PHONAUTOGRAPH

Der Klangselbstschreiber oder Phonograph war anfänglich für die menschliche Sprachaufzeichnung entwickelt worden. Fasziniert durch die neue Errungenschaft der Fotografie wollte sein Erfinder, Edouard Scott de Martinville, ein Instrument bauen, das die „Spur der Worte durch mechanische Mittel in eine Folge von Zeichen“ umwandelt. Doch erst Scotts Zusammenarbeit mit dem Instrumentenmacher Rudolph Koenig ließ aus dem Klangselbstschreiber ein präzises wissenschaftliches Instrument werden. Das Gerät bestand im Wesentlichen aus einer Trommel, die mit berütteltem Papier umwickelt war und sich langsam drehte. Die Sprache regte die Membrane der Schalltrichter zu Schwingungen an, die mit feinen Stiften auf das berüttelte Papier übertragen wurden. Es war Koenig, der den Phonographen mit einer Stimmgabe versah, welche die zeitliche Vermessung der aufgezeichneten Töne und Geräusche erlaubte.



Der Klangselbstschreiber oder Phonograph wandelt die „Spur der Worte durch mechanische Mittel in eine Folge von Zeichen“ um. Der Stich zeigt ein von Rudolph Koenig modifiziertes Gerät (um 1889).

QUELLE: [HTTP://VIP.MPIWG-BERLIN.MPG.DE/ISEF/URI/3687/P00710.HTM](http://vip.mpiwg-berlin.mpg.de/isef/uri/3687/p00710.htm)

Reize zu messen, wollten sie komplexere psychische Operationen erforschen – und zwar an Persönlichkeiten, die sich durch besondere individuelle Eigenschaften auszeichneten.

Die Forscher verzichteten in der Folge auf die Präzision, verließen sich auf kleine tragbare Chronoskope, die auf fünfzigstel Sekunden genau waren, und führten ihre Experimente unter anderem mit Schriftstellern und Klaviervirtuosen in deren Zuhause durch. Sie konfrontierten ihre Versuchspersonen mit Fragen, wie „Welche Farbe hat der Schnee?“ oder „Wer ist der bedeutendere Philosoph: Kant oder Hume?“, um Gedächtnisprozesse oder die Urteilskraft zu untersuchen. An die Stelle von Wundts allgemeiner Psychologie des Bewusstseins setzten sie eine individuelle Psychologie der Denkprozesse.

Messungen von Reaktionszeiten sind eine wichtige Methode der Psychologie geblieben. Das Chronoskop fand seinen Weg nicht nur in Fabriken und Kliniken, wo es im Rahmen von Eignungstests und Arbeitsprüfungen in den Dienst der angewandten Psychologie gestellt wurde. Auch Sigmund Freud nahm in seinen Selbstversuchen zur „Cocawirkung“ Messungen seiner Reaktionszeiten vor – mit und ohne Kokain. Wenig später nutzte Carl Gustav Jung die Technik der Reaktionszeitmessung in seinen Assoziationsexperimenten.

Wenn ein Patient bei Stichwörtern wie „Baum“ spontan antworten kann, während er auf andere Wörter wie „Mutter“ erst nach kurzen Pausen reagiert, so könnten diese Zeiten Aufschluss über das unbekannte innere Labyrinth seiner Gedanken geben. Mit der Stoppuhr in der Hand schien sich selbst der Psychoanalytiker in einen Laborwissenschaftler verwandeln zu können.

In den 1950er-Jahren erlebte die Reaktionszeitforschung eine neue Blütezeit, vor allem in den USA. Die erste Generation der amerikanischen Psychologen hatte oftmals noch bei Wundt in

Leipzig studiert. Nach dem Zweiten Weltkrieg war dessen Psychologie bei den Amerikanern jedoch so gut wie in Vergessenheit geraten. Auf den Kybernetik-Konferenzen, die der Psychiater und Neurophysiologe Warren S. McCulloch in den Jahren von 1946 bis 1953 leitete, sprachen die Wissenschaftler daher viel über Reaktionszeiten, von Wundt war kaum noch die Rede.

#### DER „FREIE WILLE“ – EINE TÄUSCHUNG?

Die Techniken der psychologischen Zeitmessung waren zwar deutlich verbessert worden, von den daran anschließenden Theorien kann dies jedoch nicht immer behauptet werden, meint Henning Schmidgen: „Die so genannte Moment-Funktion-Hypothese des Kybernetikers und Psychologen John Stroud besagt, dass die menschliche Erfahrung in diskrete Elemente (Quanten) zerfällt, die durch Zeitmessungen voneinander isoliert werden können. Diese Annahme lag aber schon der Psychologie von Wundt zu Grunde.“ Norbert Wiener zeigte sich durch die vermeintlich neue Hypothese dennoch beeindruckt. Denn die Ergebnisse von Stroud, die er bei Reaktionszeitmessungen an Soldaten gewonnen hatte, konvergierten auf einen Wert von einer zehntel Sekunde. Wiener erkannte darin einen weiteren Beleg für die zentrale und feste Taktung der Informationsverarbeitung im menschlichen Gehirn. Untersuchungen mittels Elektroenzephalogrammen (EEG) deuteten in dieselbe Richtung. Sie führten die Zeitmuster, die das Funktionieren in der „Black Box Bewusstsein“ bestimmten, erstmals konkret vor Augen.

Rund ein Jahrhundert, nachdem Wundt in Leipzig mit dem Chronoskop erstmals den Zeittakt zwischen Reiz, Wahrnehmung und Reaktion erforschte, nahm der Neurophysiologe Benjamin Libet ein berühmt gewordenes Experiment vor: Eine Versuchsperson starrte auf eine große Uhr auf einem Bildschirm. Dort beschrieb ein leuchtender grüner Punkt

in 2,56 Sekunden einmal einen Kreis. Die Versuchsperson sollte sich die Position des Lichtpunkts merken, sobald sie sich dazu entschloss, ihre Hand zu bewegen, um einen Knopf zu drücken. Bei dem Versuch trug sie eine Elektrodenkappe, mit der die elektrischen Potenziale der Hirnoberfläche gemessen wurden, sowie ein Armband mit Elektroden, das die Handbewegung erfasste.

Das Ergebnis war sehr merkwürdig: Gut 300 Millisekunden bevor die Personen bewusst planten, den Knopf zu drücken, war die motorische Region für die Armbewegungen bereits im Gehirn aktiviert. Ihnen wurde offensichtlich erst im Nachhinein bewusst, was ihr Gehirn schon längst begonnen hatte. Der „freie Wille“ war damit als Konstruktion entlarvt, sagen Hirnforscher heute mehrheitlich. Wilhelm Wundt wäre von Libets Ergebnissen kaum überrascht gewesen, erklärt Schmidgen. Imponiert hätten ihm die präzi-

se Versuchstechnik, die statistischen Prozeduren und vor allem die fortgeschrittenen Visualisierungsmöglichkeiten. Die Tatsache hingegen, dass nervöse und zerebrale Prozesse bewussten Wahrnehmungen und motorischen Reaktionen „vorgeschaltet“ sind, war ihm wohl vertraut. Genau dazu diente ja sein Theatermodell des menschlichen Bewusstseins: Wahrnehmungen werden uns erst in dem Moment bewusst, in dem der „Scheinwerfer der Aufmerksamkeit“ auf sie gerichtet ist. Ob damit auch schon die Willensfreiheit des Menschen widerlegt ist, ließ Wundt jedoch offen.

Mit den modernen bildgebenden Verfahren haben Neurowissenschaftler heute Instrumente, von denen die Generationen davor nur träumen konnten. Jetzt lässt sich das Gehirn „in Echtzeit“ beim Denken, Erinnern oder Träumen beobachten. Doch weiße Flecken auf der Karte des Bewusstseins gibt es noch immer –

auch wenn in der Öffentlichkeit oft der Eindruck erweckt wird, dass die Hirnforschung die wesentlichen Fragen um Ich und Bewusstsein längst gelöst habe. Genau hier sieht Schmidgen die Wissenschaftsgeschichte gefordert. „Wir treiben Geschichte ja nicht um der Geschichte willen. Unser Anliegen ist es auch, Forscher von heute in eine Lage zu versetzen, in der sie besser, also genauer kommunizieren können, was an ihren Ergebnissen und Schlussfolgerungen das eigentlich Überraschende und Neue ist.“ Und dafür müssen die historischen Voraussetzungen des heutigen Forschungsge-schehens nicht nur genauer analysiert und rekonstruiert, sondern auch in der Fachwelt wie der Öffentlichkeit verbreitet werden. Vermutlich überrascht es heute selbst Experten, auf welch lange Geschichte die zeitbasierte Erforschung des menschlichen Bewusstseins zurückblicken kann.

ANTONIA RÖTGER

# Read us in English!

**MAXPLANCKRESEARCH**  
Your direct line to science

The science magazine of the Max Planck Society comes out quarterly and reports on the latest research developments at Max Planck Institutes. The magazine reaches universities, research facilities, and other interested readers in roughly 80 countries.

1/2003 | 856133

3/2003 | 856133

4/2003 | 856133

1/2004 | 856133