

ORDEN POUR LE MÉRITE
FÜR WISSENSCHAFTEN UND KÜNSTE

REDEN UND GEDENKWORTE

SIEBENUNDDREISSIGSTER BAND
2008 – 2009

WALLSTEIN VERLAG

DRITTER TEIL

PROJEKTE DES ORDENS*

* Die Beiträge zu dem Öffentlichen Symposium des Ordens im Gedenken an die Ordensmitglieder Alexander von Humboldt und Charles Darwin erscheinen in dem Band »Zwei Revolutionäre: Alexander von Humboldt und Charles Darwin«, Göttingen 2010.

Für die Beiträge von Herbert Giersch: *Der Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung*, von Rolf Zinkernagel: *Der Europäische Forschungsrat*, von Ernst-Joachim Mestmäcker: *Einzelberatung der Europäischen Kommission*, von Horst Albach: *Die Regierungskommission »Bundesbahn«* liegen keine ausgearbeiteten Beiträge vor.

I. BESTÄNDIGKEIT UND VERGÄNGLICHKEIT VON RUHM

1. WISSENSCHAFTLER

WOLFGANG GEROK

ERNST HEINRICH WEBER 1795 – 1878

In der Reihe der Referate über frühere Mitglieder des Ordens berichte ich über Ernst Heinrich Weber, Professor für Anatomie und Physiologie an der Universität Leipzig, der vor 150 Jahren in den Orden »Pour le mérite für Wissenschaften und Künste« aufgenommen wurde (Abb. 1).

Im Geheimen Preußischen Staatsarchiv fanden sich keine Akten, in denen die Diskussionen, die dieser Wahl vorausgingen, dokumentiert sind. Lediglich ein Briefentwurf des damaligen Ordenskanzlers Alexander von Humboldt an den Prinzregenten von Preußen ist erhalten. Darin teilt der Ordenskanzler das Ergebnis der Wahl durch das Ordenskapitel für die Aufnahme von Ernst Heinrich Weber mit (Abb. 2). Es war eine sehr knappe Mehrheit: Von 21 wahlberechtigten Mitgliedern des Ordens stimmten 12 für die Aufnahme. Sie fand am 27. Januar 1859 statt.

Ich werde zunächst in einer Kurzfassung das berufliche Curriculum von Ernst Heinrich Weber darstellen, dann in einem zweiten Abschnitt über seine wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiet der Sinnesphysiologie berichten. Der dritte Abschnitt wird sich mit der

Bedeutung der Weberschen wissenschaftlichen Arbeiten für Biologie und Medizin im 19. und 20. Jahrhundert befassen.

Kurzes Curriculum vitae von Ernst Heinrich Weber

Ernst Heinrich Weber wurde am 24. Januar 1795 in Wittenberg geboren. Sein Vater, Michael Weber, war Professor der Theologie an der dortigen Universität. Ernst Heinrich war das dritte von 13 Kindern. Bereits während der Schulzeit an der Fürstenschule in Meißen, einem humanistischen Gymnasium, wurde das Interesse von Ernst Heinrich Weber für die Naturwissenschaften und Medizin durch einen Physikprofessor der Universität Wittenberg, der im Haus der Eltern verkehrte, geweckt. 1811 hat er das Studium der Medizin an der Universität Wittenberg begonnen. Als im Verlauf der Freiheitskriege Wittenberg von Preußen erobert und die dortige Universität geschlossen wurde, hat Weber das Studium in Leipzig fortgesetzt. Nach der Promotion 1815 im Alter von 20 Jahren war er zwei Jahre Assistenzarzt an der Universitätsklinik in Leipzig. 1817 hat er sich mit einer Arbeit auf dem Gebiet der vergleichenden Anatomie habilitiert, wurde 2 Jahre später, mit 24 Jahren, o. Professor für Anatomie und 1840 auch für Physiologie an der Universität Leipzig. Hier sind seine wichtigen sinnesphysiologischen Arbeiten, gemeinsam mit dem Professor der Psychologie und Physik, Gustav Theodor Fechner (1801-1887), entstanden. Ernst Heinrich Weber lebte bis zu seinem Tod im Jahr 1878 in Leipzig. Er wurde 1871 Ehrenbürger dieser Stadt. Heute trägt ein Gymnasium in Leipzig seinen Namen.

Nach den publizierten Erinnerungen eines ehemaligen Medizinstudenten in Leipzig war Weber ein begeisterter und begeisternder Lehrer, der vor allem auf die Darstellung der physikalischen Grundlagen biologischer Vorgänge großen Wert legte und ein experimentelles Praktikum in die Ausbildung der Studenten einführte. Ein Problem der Vorlesung war nach der Erinnerung des Studenten, daß sie im Sommersemester um 6 Uhr morgens, im Winter um 7 Uhr begann.

Für die berufliche und wissenschaftliche Entwicklung von Ernst Heinrich Weber war sein neun Jahre jüngerer Bruder Wilhelm Eduard Weber (1804-1887) von besonderer Bedeutung. Der Bruder hat Physik in Wittenberg studiert und wurde 1831 (mit 27 Jahren) nach Göttingen berufen (Abb. 3). Ein Dokument der Zusammenarbeit der beiden Brüder ist ihre gemeinsame Publikation von 1825 mit dem Titel »Wellenlehre auf Experimente gegründet«, in der die Wellenbewegungen in Flüssigkeiten untersucht und die Ergebnisse auf Schallwellen übertragen wurden.

Wilhelm Eduard Weber stand in engem wissenschaftlichem Austausch und war befreundet mit Carl Friedrich Gauß. Gemeinsam haben die beiden den ersten elektromagnetischen Telegraphen entwickelt und in Göttingen installiert.

Wilhelm Eduard Weber gehörte zu den »Göttinger Sieben«, die 1837 aus Protest die Universität verließen. Er war ab 1843 Professor der Physik in Leipzig. 1849 kehrte er nach Göttingen zurück. 1864, fünf Jahre nach seinem Bruder, wurde er in den Orden »Pour le mérite für Wissenschaften und Künste« aufgenommen. Es ist der seltene Fall, daß zwei Brüder gleichzeitig dem Orden angehörten.

Zum wissenschaftlichen Werk von Ernst Heinrich Weber

Die wissenschaftlichen Arbeiten von Ernst Heinrich Weber befassen sich anfangs überwiegend mit anatomischen Fragen – Fragen nach dem Aufbau und der Struktur von Organen des Menschen und verschiedener Tierspezies. Nach einigen Jahren beschäftigte er sich nahezu ausschließlich mit physiologischen Problemen, d.h. Problemen der Organfunktionen. Auch Arbeiten über Krankheiten des Menschen hat er publiziert. Die meisten seiner Arbeiten sind in Latein abgefaßt; nicht in einem vulgären Medizinerlatein, sondern – nach dem Urteil von Altphilologen und Latinisten – in einem nach Wortwahl und Grammatik nahezu makellosen Humanistenlatein.

Viele seiner Arbeiten sind heute nicht mehr relevant, weil ihre Er-

gebnisse in den folgenden Jahrzehnten durch Arbeiten auf neuer Wissensbasis und mit Anwendung neuer Methoden überholt wurden. Bleibende Bedeutung haben hingegen die Arbeiten von Ernst Heinrich Weber zur Sinnesphysiologie. Die grundlegende Frage, von der er ausging, war: Gibt es – und, wenn ja, welche – gesetzmäßige Beziehungen zwischen der Stärke eines physikalischen Reizes, der auf ein Sinnesorgan trifft, und der dadurch hervorgerufenen psychischen Intensität der Empfindung?

Weber hat gemeinsam mit seinem bereits erwähnten Leipziger Kollegen Gustav Theodor Fechner diese Beziehung in einer mathematischen Gleichung formuliert, dem *Weber-Fechnerschen Gesetz*.

Um die Ergebnisse und die Bedeutung der Weber-Fechnerschen Arbeiten auch für die Nicht-Experten auf diesem Gebiet zu erklären, ist ein kurzer *Exkurs über die allgemeine Sinnesphysiologie* erforderlich (Abb. 4).

Wenn ein physikalischer oder chemischer Reiz auf den Organismus trifft, ist erste Voraussetzung seiner Wahrnehmung, daß er durch den sog. reizleitenden Apparat zu den für den Reiz spezifischen Rezeptorzellen (»Rezeptoren« oder »Sensoren«) geleitet wird. Reizmodalitäten, für die wir keine spezifischen Rezeptoren besitzen, können keine Empfindung und Wahrnehmung auslösen. Der Mensch besitzt z.B. keine Rezeptoren für Ultraschall wie die Fledermäuse, die dadurch bei nächtlichem Flug Hindernisse und Ziele wahrnehmen können; er besitzt auch keine Rezeptoren für Infrarotstrahlung wie einige Schlangen oder für elektrische Felder wie manche Fische. Andererseits ist eine Folge der spezifischen Antwort der Rezeptoren, daß eine inadäquate Reizung eine inadäquate Empfindung auslösen kann. Ein heftiger Schlag auf den Kopf kann z.B. visuelle Erscheinungen (»Sternchensehen«) verursachen, wenn durch die vom Schlag verursachte Erschütterung die Rezeptoren im Auge inadäquat gereizt werden.

Eine Reizung der Rezeptorzelle führt zu einer Änderung ihres elektrischen Potentials: Der externe Reiz wird in ein internes Signal mit

anderer physikalischer Qualität und Dimension als der Reiz umgewandelt. Das Signal wird dann über Nervenbahnen, codiert in sog. Aktionspotentialen, über verschiedene Schaltstellen (Synapsen) zum Gehirn geleitet und hier durch Selektion, Verstärkung und Vergleich mit früheren Empfindungen verarbeitet. Die evaluierte Information kann über vom Gehirn ausgehende Nervenbahnen unbewußte Reaktionen auslösen oder nach Fortleitung zu bestimmten Gehirnregionen bewußt wahrgenommen werden. Die komplizierten Reaktionen in dieser Abfolge erreichen einen noch höheren Grad der Komplexität, weil die Vorgänge im Gehirn in einer Rückkoppelung die Informationsverarbeitung, aber auch die Funktion des reizleitenden Apparates und der Rezeptoren beeinflussen können.

Diese schematische Darstellung soll *exemplarisch am Gehörsinn*, mit dem sich E.H. Weber eingehend befaßt hat, erläutert werden (Abb. 5 und 6).

Der adäquate Reiz sind bekanntlich die durch die Luft übertragenen Schallwellen, d.h. Druckschwankungen der Luft, die durch Frequenz und Schalldruck charakterisiert sind. Der reizleitende Apparat ist das äußere Ohr und das Mittelohr. Die Schallwellen treffen zuerst auf das Trommelfell, eine zarte Membran, die den äußeren Gehörgang abschließt und durch die Schallwellen in Schwingung gerät. Durch drei Gehörknöchelchen im Mittelohr werden die Schwingungen auf eine weitere Membran zwischen Mittel- und Innenohr übertragen.

Das Innenohr ist das eigentliche Hörorgan, gebildet von einem schlauchförmigen Gebilde, das in Längsrichtung in drei Kammern unterteilt und zu einer Schnecke (Cochlea) aufgewickelt ist. Die drei Kammern sind mit Flüssigkeit gefüllt. Schwingungen der Membran an der Grenze zwischen Mittel- und Innenohr erzeugen Flüssigkeitswellen im oberen Kanal.

Die Druckschwankungen übertragen sich auf die Flüssigkeit im mittleren Kanal (Endolymphe) und werden hier von den Rezeptorzellen registriert. Dies geschieht durch haarförmige Ausläufer

(Stereocilien), die in die Flüssigkeit hineinragen und eine darüberliegende Membran (Tektorialmembran) berühren (Cortisches Organ). Durch die von den Schallwellen ausgelösten Druckschwankungen in der Flüssigkeit kommt es zu einer Auf- und Abwärtsbewegung der Rezeptorzellen und zum Abbiegen der Stereocilien. Diese minimale Bewegung ist der Reiz zur Erregung der Sinneszellen: Ionenkanäle werden geöffnet, eine Potentialänderung resultiert, und Neurotransmitter bewirken, daß die Erregung über die Gehörnerven zu den entsprechenden Gehirnarealen geleitet wird (Abb. 7).

Um 1830, als Ernst Heinrich Weber seine Arbeiten zur Sinnesphysiologie begann, waren in diesem System nur der strukturelle Aufbau des reizleitenden Apparates und in groben Zügen die Struktur des Innenohrs bekannt. Alles übrige war eine »black box«, deren Rätsel nach Meinung von Ernst Heinrich Weber noch lange ungeklärt bleiben werden. Um so mehr ist sein Mut zu bewundern, nach gesetzmäßigen Beziehungen zwischen einem äußeren Reiz und der durch ihn ausgelösten Intensität der Empfindung zu suchen.

Wie häufig in der Forschung kann ein Problem nicht unmittelbar bearbeitet werden, sondern erst nach Klärung von Vorfragen. Für Weber lautete diese Vorfrage: Wie groß muß der Unterschied in der Stärke zweier Reize mindestens sein, damit sie als verschieden stark wahrgenommen werden? Diese gerade noch wahrnehmbare Differenz von Reizstärken wird in der Fachterminologie als »jnd« (»just noticeable difference«) oder als Differenzlimen (ΔR) eines bestimmten Reizes bezeichnet.

Weber fand, daß zwischen dem Differenzlimen ΔR und der Stärke des Reizes (R) eine lineare Beziehung besteht (Abb. 8):

$$\Delta R/R = k$$

Je größer die Reizstärke (R) ist, um so größer muß das Differenzlimen sein, damit der Unterschied der Reizstärken wahrnehmbar ist. Diese Gesetzmäßigkeit – spätere Bezeichnung »Webersches Gesetz« – gilt, wie Weber gezeigt hat, für qualitativ verschiedene Reize; sie unterscheiden sich lediglich durch die Konstante k . Je größer k , desto größer ist die gerade wahrnehmbare Differenz der Stärke zweier Reize. So hat z.B. k für Lichtreize den Wert 0,01, für Ge-

schmacksreize den Wert 0,1, Geschmacksreize müssen sich somit stärker verändern als Lichtreize, damit die Veränderung gerade noch wahrgenommen werden kann.

Nach Klärung dieser Vorfrage wurde von Weber gemeinsam mit Gustav Theodor Fechner die umfassendere Frage nach der Beziehung zwischen Reizstärke und der dadurch bedingten Empfindungsintensität bearbeitet. Sie postulierten, daß

1. zum Überschreiten der Schwelle zur Empfindung eines Reizes, der »absoluten Reizschwelle«, das Differenzlimen der Reizstärke erreicht sein muß,
2. daß die dem Differenzlimen entsprechende Empfindungsintensität das kleinstmögliche Quantum wahrnehmbarer Empfindung eines Reizes ist und
3. sich die Größe der Empfindungsintensität aus der Summe dieser kleinsten Empfindungsquanten ergibt.

Nach dem Weberschen Gesetz muß bei zunehmender Reizstärke R das Differenzlimen ΔR proportional zunehmen, um das dem Differenzlimen entsprechende kleinstmögliche Quantum der Empfindungsintensität zu realisieren. Was in der graphischen Darstellung gezeigt ist, läßt sich auch mathematisch ableiten: Die Empfindungsintensität ist eine Funktion des natürlichen Logarithmus der Reizstärke (Abb. 9). Diese Beziehung, deren Gültigkeit für qualitativ verschiedene Reize nachgewiesen wurde, wird als Weber-Fechnersches Gesetz bezeichnet, und die Entdecker werden als »Väter einer Psychophysik« apostrophiert.

Das Weber-Fechnersche Gesetz wurde u.a. durch ein Verfahren bestätigt, das von Astronomen über Jahrhunderte angewandt wurde: die Klassifizierung von Sternen nach ihrer mit dem Auge wahrnehmbaren Helligkeit. Etwa 150 v. Chr. hat der griechische Astronom Hipparchos eine Skala zur vergleichenden Bewertung der Helligkeit von Sternen eingeführt: Die hellsten Sterne bilden die Klasse 1, die nächsthelleren die Klasse 2 bis zu den Sternen der Klasse 6, die mit bloßem Auge gerade noch erkennbar sind. Diese Skala

wurde mit geringen Modifikationen von den Astronomen über viele Jahrhunderte bis zur Einführung der photometrischen Helligkeitsbestimmung von Sternen angewandt. Beim Vergleich der visuellen Skalierung mit den photometrisch bestimmten Helligkeiten ergab sich, daß der visuellen Skalierung eine logarithmische Skalierung der photometrisch gemessenen Helligkeitswerte entspricht, wie dies das Weber-Fechnersche Gesetz vorschreibt.

Das Weber-Fechnersche Gesetz erklärt auch unsere alltägliche Erfahrung, daß wir bei großen Unterschieden der Helligkeit, z.B. bei Dämmerung und hellstem Sonnenlicht mit Unterschieden der Stärke der Lichtreize um 10 bis 12 Zehnerpotenzen, die Gegenstände in unserer Umwelt wahrnehmen können.

Mit den von Weber und Fechner vor mehr als 100 Jahren bearbeiteten Problemen haben sich Forscher der nachfolgenden Generationen bis in die jüngste Zeit befaßt. Von ihnen wurde gezeigt, daß bei extrem starken und extrem schwachen Reizen Abweichungen vom Weber-Fechnerschen Gesetz auftreten, dessen Gültigkeit deshalb auf einen Bereich mittlerer Reizintensitäten begrenzt ist.

Im Gegensatz zu Weber und Fechner hat S. Stevens, Sinnesphysiologe an der Harvard University, die Größe der Empfindungsintensität durch sog. intermodulären Intensitätsvergleich direkt bestimmt. Er setzte bei der Versuchsperson einen Standardreiz und wies der dadurch bewirkten Empfindungsintensität einen Zahlenwert, z.B. 10, zu. Die Versuchsperson wurde aufgefordert, die Empfindungsintensität verschieden starker Reize entsprechenden Zahlenwerten zuzuordnen. Er fand, daß die Beziehung zwischen Reizstärke (R) und Empfindungsintensität (E) durch eine Potenzfunktion am besten beschrieben werden kann

$$E = k (R - R_0)^a$$

(k und a sind von der Reizqualität abhängige Konstanten, R_0 entspricht der absoluten Reizschwelle.)

Da die Exponenten a bei verschiedenen Reizarten sehr klein sind (unter 0,5, häufig unter 0,1), sind die Unterschiede zum Weber-Fechnerschen Gesetz gering. In einem doppelt logarithmischen Koordinatensystem stellt sich die Beziehung zwischen Reizstärke und Empfindungsintensität als Gerade dar, deren Steigung durch die Konstante a für verschiedene Reizarten bestimmt ist (Abb. 10). Der Vergleich verschiedener Reizarten zeigt, daß z.B. eine Reizung der Wärmerezeptoren bereits bei geringer Zunahme der Reizintensität zu einer starken Zunahme der Empfindungsintensität führt, im Gegensatz zu den Sinnesrezeptoren im Auge, die – wie schon erwähnt – über einen großen Bereich zunehmender Reizintensität nur eine langsam ansteigende Empfindungsintensität induzieren.

Bedeutung der wissenschaftlichen Arbeiten von Weber und Fechner

Weber und Fechner haben als erste die quantitativen Beziehungen zwischen einem von außen kommenden Sinnesreiz und der dadurch verursachten Intensität der Empfindung untersucht und in einem Gesetz in mathematischer Form beschrieben.

Dieses Gesetz gilt, wie Arbeiten der letzten Jahrzehnte gezeigt haben, nicht nur für die Beziehung zwischen physikalischen Sinnesreizen und den ausgelösten Empfindungsintensitäten, sondern auch bei der Einwirkung vieler Pharmaka für die Beziehung zwischen Dosis und der dadurch bewirkten Wirkung des Arzneimittels.

Auch bei Pflanzen ist gezeigt worden, daß zwischen Intensität der Belichtung und dem Wachstum der Pflanze eine Beziehung besteht, die dem Weber-Fechnerschen Gesetz folgt.

Das Weber-Fechnersche Gesetz beschreibt somit eine allgemeine Beziehung zwischen physikalischen oder chemischen Einwirkungen von außen auf lebende Organismen und der dadurch bewirkten Intensität der Folgeaktionen. Seine Bedeutung reicht über die ursprüngliche sinnesphysiologische Fragestellung hinaus.

Um die *wissenschaftshistorische Bedeutung* der Weber-Fechnerschen Arbeiten zu ermessen, muß man sich vergegenwärtigen, daß zu jener Zeit – erste Hälfte des 19. Jahrhunderts – naturphilosophische Betrachtungen und Aussagen auf dem Gebiet der Medizin und Biologie vehement vertreten wurden und eine große Resonanz bei Laien, aber auch in der wissenschaftlichen Welt fanden. So war Friedrich Wilhelm Schelling, ein herausragender Vertreter der Naturphilosophie, wie Weber Mitglied des Ordens.

Die Naturphilosophie jener Zeit ist dadurch charakterisiert, daß sie nicht von Beobachtungen und Beschreibungen der Naturphänomene oder von Experimenten, sondern von einer dogmatisch vertretenen Weltsicht ausgeht, unter die die Erscheinungen subsumiert werden.

Mit den Worten von Schelling:

»Es kommt hauptsächlich auf die Überzeugung an, daß zwischen Empirie und Theorie ein solcher vollkommener Gegensatz ist, daß es kein Drittes geben kann, worin beide zu vereinigen sind, daß also der Begriff einer Erfahrungswissenschaft ein Zwitterbegriff ist, bei dem sich nichts Zusammenhängendes oder überhaupt nichts denken läßt. Was reine Empirie ist, ist nicht Wissenschaft, und umgekehrt, was Wissenschaft ist, ist nicht Empirie.«

Oder an anderer Stelle:

»Von nun an ist zwischen Erfahrung und Spekulation keine Trennung mehr. Das System der Natur ist zugleich das System unseres Geistes.«

Oder:

»Unser Zweck ist eben, Wissenschaft und Empirie wie Seele und Leib zu scheiden, und indem wir in die Wissenschaft nichts aufnehmen, was nicht einer Konstruktion a priori fähig ist, die Empirie von aller Theorie zu entkleiden und ihrer ursprünglichen Nacktheit wiederzugeben.«

(Aus: F. W. Schelling: Erster Entwurf eines Systems der Naturphilosophie. 1799)

Ernst Heinrich Weber folgte entgegengesetzten Prinzipien: Beobachtung und Experiment, kausale oder konditionale Erklärung der Phänomene, Formulieren einer gesetzmäßigen Beziehung in mathematischer Sprache und Überprüfung der Theorie durch weitere Beobachtungen und/oder Experimente.

Aber er war sich auch der Begrenzung der Aussagen aufgrund seiner wissenschaftlichen Arbeiten bewußt, weil dabei viele Phänomene, die unsere Wirklichkeitserfahrung bestimmen, ausgeblendet werden. Er bezeichnete deshalb die Empfindungsintensität, die er bei seinen Versuchen quantitativ erfasste, als »reine Empfindung«.

Wenn daraus eine bewußte und qualitativ differenzierte Empfindung werden soll – Weber nennt es eine »vorgestellte Empfindung« –, bedarf es der Kombination und des Vergleichs mit anderen erinnerten oder unbewußt wahrgenommenen Empfindungen und Erfahrungen. Bewußte Wahrnehmung ist nach E. H. Weber die durch Erfahrung geprägte Empfindung. Weber hat damit – seiner Zeit voraus – die Unterschiede und Grenzen zwischen einer in heutigen Begriffen »objektiven Sinnesphysiologie« und einer »Wahrnehmungspsychologie« erkannt und beschrieben.

Bis zum Verständnis dieser Prozesse jenseits der »reinen Empfindungen« war nach der Auffassung Webers ein weiter Weg der Forschung mit neuen Fragestellungen und methodischen Ansätzen zu gehen. Er betrachtete seine Arbeiten als Aufforderung an Ärzte, Naturwissenschaftler, Psychologen und Philosophen, diese Wege zu suchen. Seine zusammenfassende Arbeit zur Sinnesphysiologie hat denn auch den Untertitel »Für Ärzte und Philosophen« (Abb. 11).

Ernst Heinrich Weber war – so möchte ich zusammenfassen – ein origineller Gelehrter mit einem großen Spektrum der Interessengebiete, von denen ich aus Zeitgründen nur auf seine Arbeiten zur Sinnesphysiologie eingehen konnte. Sie zeigen, wie er aus subtilen Beobachtungen und Experimenten Antworten auf seine Fragen und wichtige Gesetze biologischer Vorgänge fand. Er hat durch die Prinzipien seiner Arbeit der zu seiner Zeit in Medizin und Biologie weit verbreiteten naturphilosophischen Deutung der medizinischen und

biologischen Phänomene widersprochen, war sich aber zugleich der Grenzen seiner Betrachtungsweise bewußt.

Ich erwähnte einleitend, daß er nur mit einer knappen Mehrheit in den Orden gewählt wurde. 150 Jahre später kann man mit guter Begründung feststellen: Es war eine gute Wahl!



E. H. Weber.

Abb. 1: Ernst Heinrich Weber (1795-1878).
Professor der Anatomie und Physiologie an der Universität Leipzig.



Wilhelm Weber.

Abb. 3: Wilhelm Eduard Weber (1804-1891), Bruder von E. H. Weber.
Professor der Physik an der Universität Göttingen.

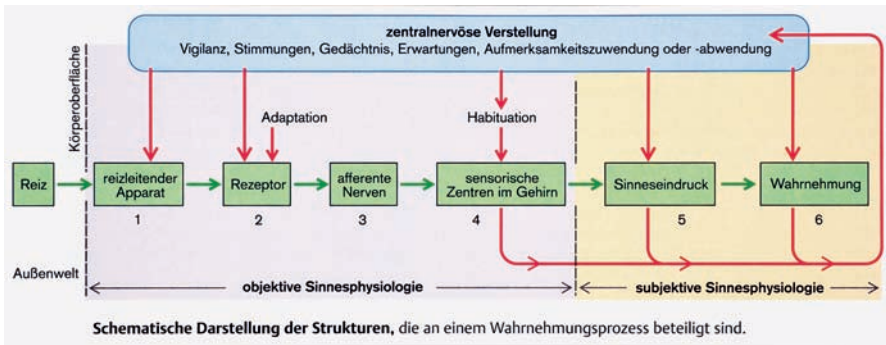


Abb. 4: Schematische Darstellung der Vorgänge bei der Empfindung und Wahrnehmung eines Reizes.

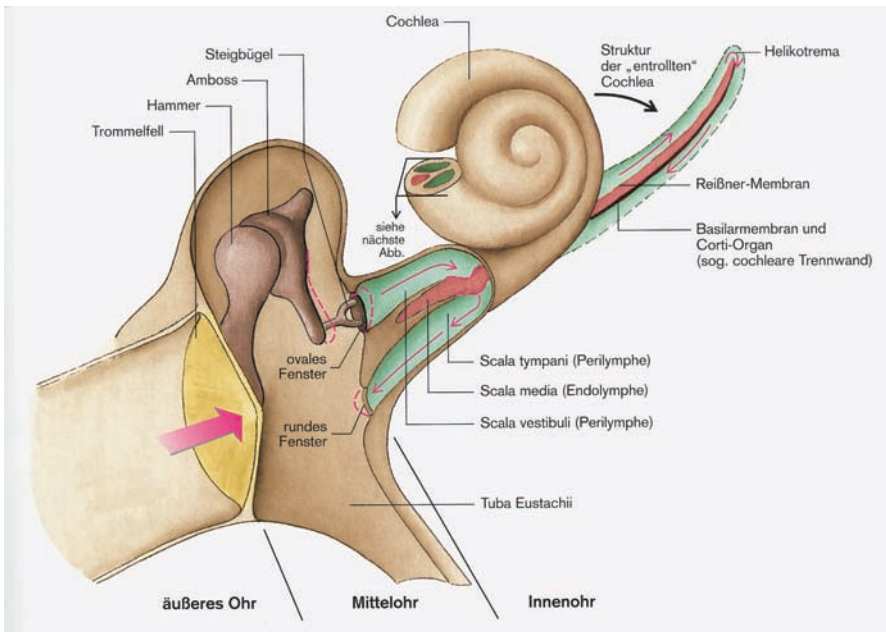


Abb. 5: Strukturen zur Verarbeitung von Schallreizen durch das Gehörorgan.

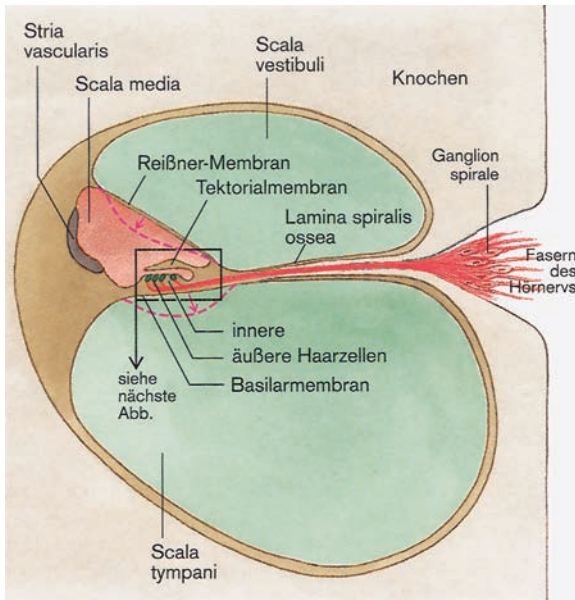


Abb. 6: Schematischer Querschnitt durch das Innenohr. Schwingungen der Membran am Eingang zum Innenohr verursachen Wanderwellen im oberen Kanal des Innenohrs (Scala vestibuli), die auf das Cortische Organ übertragen werden.

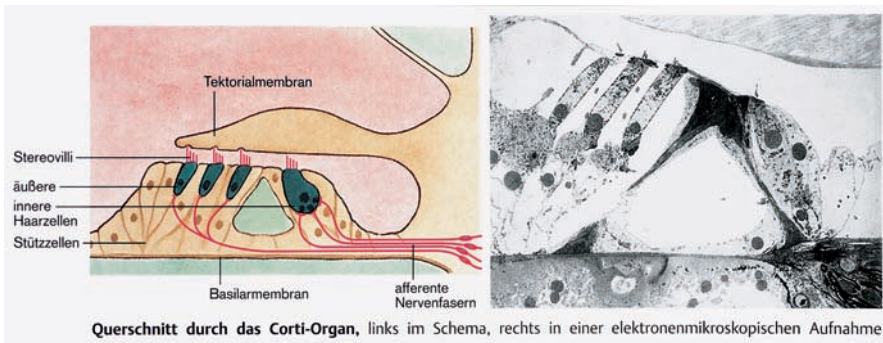
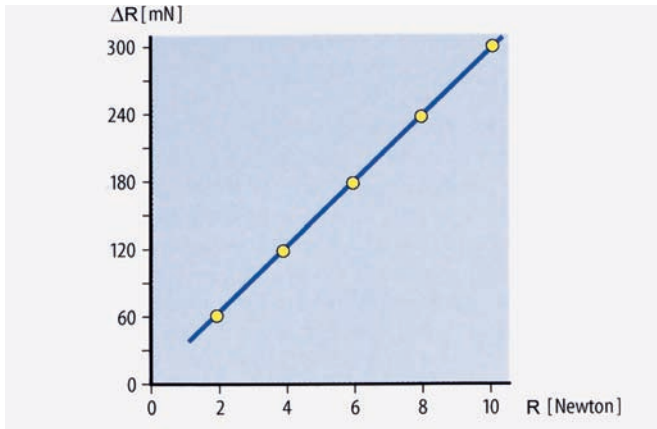
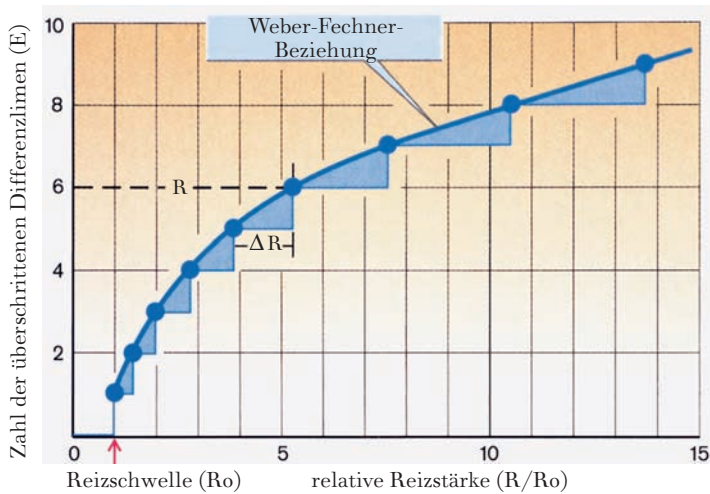


Abb. 7 Cortisches Organ (Ausschnitt der Abb. 6 vergrößert, links schematische, rechts elektronenoptische Darstellung). Die Auf- und Abwärtsbewegung der Rezeptorzellen führt zu einer Verbiegung (Abscherung) ihrer Stereocilien, dadurch wird das Rezeptor-Potential ausgelöst.



$$k = \frac{\Delta R}{R} \quad \text{Webersches Gesetz}$$

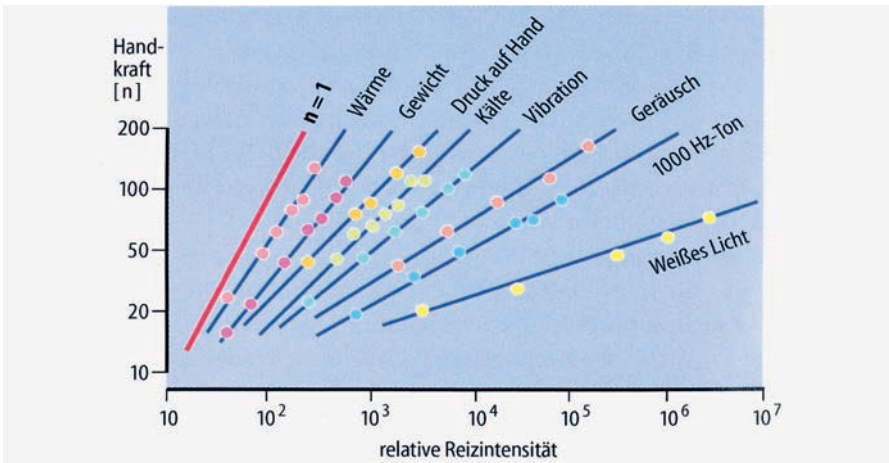
Abb. 8: Graphische Darstellung des Weberschen Gesetzes. Das Differenzlimen (ΔR) ist eine lineare Funktion der Reizstärke (R).



$$E = c \cdot \ln \frac{R}{R_0} \quad \text{Weber-Fechnersches Gesetz}$$

E : Empfindungsintensität

Abb. 9: Graphische Darstellung des Weber-Fechnerschen Gesetzes.



$$E = k (R - R_0)^a \quad \text{Stevenssche Potenzfunktion}$$

Abb. 10: Stevenssche Potenzfunktion für die Beziehung zwischen Reizintensität und Empfindungsintensität, die durch intermodularen Vergleich (Handkraft als Vergleich der Empfindungsintensität) bestimmt wurde. Verschiedene Reizqualitäten unterscheiden sich durch die Steigung der Geraden in Abhängigkeit von der Größe des Exponenten a .

26111

Die Lehre

von

Tastsinne und Gemeingefühle

auf

Versuche gegründet

von

Ernst Heinrich Weber,

Professor der Anatomie und Physiologie in Leipzig.

04. Juni 1795 – 26. Januar 1878 (Leipzig)

Für Aerzte und Philosophen

besonders abgedruckt aus Wagners Handwörterbuche der Physiologie.

Braunschweig,

Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1851.

Abb. 11: Titelblatt

Die Abbildungen stammen aus folgenden Veröffentlichungen:

Abb. 4, 9:

Klinke, R. Empfindungen – Wahrnehmungen. Die Verarbeitungsprinzipien in Sinneskanälen. In: Klinke, R., Pape, Ch., Silbernagel, S. (Hrsg.): Physiologie, S. 728-734. Stuttgart 2005.

Abb. 5, 6, 7

Klinke, R.: Hören und Sprechen. In: Klinke, R., Pape, Ch. Silbernagel, S. (Hrsg.): Physiologie, S. 657-674. Stuttgart 2005.

Abb. 10

Handwerker, H. O.: Allgemeine Sinnesphysiologie. In: Schmidt, R. F., Lang, F., Thews, G. (Hrsg.): Physiologie des Menschen. S. 274-292. Berlin, Heidelberg 2006.