

Muskel verständlicher machen konnte, und von Herrn du Bois-Reymond selbst verworfen wird. Vor der Hand kann man noch Muskel und Nerv erschöpfend „wissenschaftlich“ behandeln, ohne das electrische Organ auch nur zu erwähnen, und Herr du Bois-Reymond sollte nicht blosse Geschmackssachen zur Grundlage von Verurtheilungen solchen Grades machen.

Ueber eine neue Form des Gesetzes der Unterschiedsschwelle.

Von

Dr. phil. **F. Boas** in Minden.

Bekanntlich sagt das Gesetz der Unterschiedsschwelle aus, dass der Unterschied zweier von verschieden starken Reizen hervorgerufenen Empfindungen erst bemerkt wird, wenn der Unterschied der Reize einen bestimmten endlichen Werth erreicht hat. Bei der Wichtigkeit, welche dieses Gesetz für die gesammte Psychophysik hat, wird vielleicht die Form, auf welche es in der nachfolgenden Untersuchung gebracht werden soll, von Interesse sein. Um diese Form zu erhalten, sollen zuerst die Eigenschaften des Unterschiedsschwellenwerthes besprochen werden.

1. Zunächst möchte ich auf eine schärfere Fassung dieses Begriffes hinweisen, auf welche früher schon von mehreren Seiten aufmerksam gemacht worden ist. G. E. Müller hat in seiner Abhandlung „Ueber die Maassbestimmungen des Ortssinnes der Haut nach der Methode der richtigen und falschen Fälle“¹⁾ nachgewiesen, dass man zwei Schwellenwerthe des Ortssinnes unterscheiden muss. Wird nämlich die Haut von zwei nahen Spitzen berührt, so wird bei sehr geringer Entfernung derselben das Urtheil gefällt, nur eine Spitze habe die Haut berührt, bei etwas grösserer ist man im Ungewissen, ob eine oder zwei Spitzen be-

1) Pflüger's Archiv für Physiologie. Bd. 19. p. 194 ff. 1879.

rührt haben, bei noch grösseren Entfernungen endlich fällt man ein richtiges Urtheil. Man kann also als ersten Schwellenwerth den betrachten, bis zu welchem alle Doppelberührungen nur als eine empfunden werden und als zweiten den, bis zu welchem unentschiedene Urtheile gefällt werden. Diese Untersuchung betrifft hiernach nicht geradezu den hier zu betrachtenden Unterschiedsschwellenwerth, sondern den Schwellenwerth, oberhalb dessen die ersten entschiedenen Urtheile vorkommen. Der Unterschiedsschwellenwerth würde aus einer Untersuchung über die Mercklichkeit der Verschiedenheit zweier Abstände erhalten werden. Es ist indessen von Wichtigkeit, die Aufmerksamkeit auf diesen schon von Lichtenfels¹⁾ und Richet²⁾ hervorgehobenen Zwischenraum der unentschiedenen Fälle zu richten, welcher sich ebenso bei dem Unterschiedsschwellenwerthe wiederfindet. In einer Abhandlung „Photometrische Untersuchungen“ hat Bohn³⁾ darauf hingewiesen, dass man bei der Vergleichung zweier Lichtintensitäten Fälle unterscheiden kann, in denen wenig verschiedene Intensitäten durchaus nicht unterschieden werden und solche, in denen man einen Unterschied bemerkt, aber nicht entscheiden kann, welche Intensität die grössere sei. Die gleiche Beobachtung habe ich selbst bei Gelegenheit zahlreicher früherer photometrischer Vergleiche gemacht, die allerdings nicht zu diesem Zwecke angestellt waren. Endlich fand ich eine homologe Erscheinung auch bei Augenmaassversuchen bestätigt. Bei der Vergleichung zweier Striche von sehr wenig verschiedener Länge beurtheilt man dieselben als gleich, als verschieden, ohne über ihr Grössenverhältniss sicher zu sein, oder hält einen für entschieden länger als den andern. Nach diesen Erfahrungen ist es gewiss nöthig, allgemein zwei Schwellenwerthe zu unterscheiden, indem man annehmen muss, dass Differenzen, die kleiner sind, als der kleinere Schwellenwerth, gar nicht empfunden werden, solche, die grösser sind als der kleinere, aber kleiner als der grössere Schwellenwerth, empfunden werden, aber nicht beurtheilt werden können. Um einen kurzen Ausdruck für diese Werthe zu haben, bezeichne ich den kleineren Schwellen-

1) Sitzungsber. d. Wiener Akad. math.-naturw. Cl.
Bd. VI. p. 341. } nach Müller

2) Recherches expérimentales et cliniques sur la sensibilité. Paris 1877. p. 221. } citirt.

3) Poggendorf's Annalen. Ergänzungsbd. VI. p. 386 ff. 1874.

werth als den innern, den grösseren als den äussern, da der positive und negative Werth dieses den positiven und negativen Werth des kleineren umschliessen. In der That stützt sich auch die Methode der richtigen, falschen und zweifelhaften Fälle auf die Existenz dieser äusseren Schwelle, wie das schon in dem Namen zu erkennen ist. Durch sie wird die äussere Schwelle sowohl, wie die innere erhalten, wenn man bei den Beobachtungen richtige, falsche, zweifelhafte und Gleichheitsurtheile trennt. Ebenso kann durch die Methode der eben merklichen Unterschiede die Grösse des innern und äusseren Schwellenwerthes gefunden werden. Aus den bislang vorhandenen Versuchsreihen scheint sich aus den Versuchen nach der ersten dieser Methoden nur der äussere, aus der letzten nur den innere Schwellenwerth zu ergeben.

2. Im Folgenden soll zunächst die Frage nach der Constanz der Unterschiedsschwellenwerthe geprüft werden. Bekanntlich spricht Fechner in dem „Parallelgesetze zum Weber'schen Gesetze“ aus, dass, wenn sich die Empfindlichkeit für zwei Reize in gleichem Verhältnisse ändert, die Empfindung ihres Unterschiedes doch die gleiche bleibt. Wenn dieses Gesetz richtig ist, so muss in der That der Unterschiedsschwellenwerth constant sein, da die Empfindung des kleinsten Unterschiedes eben bei ungleicher Empfindlichkeit für Reize constant bleiben soll. Zunächst ist sofort klar — und dieses hebt Fechner selbst hervor —, dass die verschiedenen Theile eines Organs, wie z. B. der Netzhaut deshalb durchaus nicht die gleiche Unterschiedsempfindlichkeit haben müssen; es fragt sich nur darum, ob ein wesentlicher, gesetzmässiger Zusammenhang zwischen der Empfindlichkeit für Reize und Unterschiede vorhanden ist, und dieses glaubt Fechner verneinen zu müssen. Die Fechner'schen Versuche erstrecken sich nur auf Ermüdungserscheinungen, durch welche bei Gewichtsempfindungen die absolute Empfindlichkeit vergrössert und bei Lichtempfindungen verringert wird. Nach seinen Versuchen glaubt er die Unterschiedsempfindlichkeiten bei verschiedener absoluter Empfindlichkeit für constant halten zu müssen. Gegen die Richtigkeit des Gesetzes in Bezug auf die absolute und relative Empfindlichkeit verschiedener Theile eines Organes sprechen verschiedene Untersuchungen¹⁾,

1) Eine Zusammenstellung dieser Untersuchungen siehe in Müller, Zur Grundlegung der Psychophysik. p. 266 ff.

und auch G. E. Müller erklärt sich gegen seine Richtigkeit. In Beziehung auf seine Gültigkeit bei zeitlich einander folgenden Empfindlichkeitsänderungen der gleichen Theile eines Organs scheint er nur Bedenken für die Gültigkeit bei oberen und unteren Intensitätsgrenzen, die auch Fechner schon erkannte, zu haben. Wenn man so bisher keine merklichen Abweichungen der Unterschiedsempfindlichkeit von einem constanten Werthe gefunden hat, so scheint dieses daher zu rühren, dass man als Quelle der Aenderungen der absoluten Empfindlichkeit stets die Ermüdung benutzt hat. Es giebt aber noch eine andere Quelle hierfür, bei welcher schon Erfahrungen des täglichen Lebens die Veränderlichkeit des Werthes für die Unterschiedsschwelle beweisen. Es ist dieses die verschieden grosse Aufmerksamkeit. Ist man eifrig mit Nachdenken über eine Sache beschäftigt, so vermögen Reize, die sonst schon eine starke Empfindung hervorrufen, uns noch gar nicht ins Bewusstsein zu kommen, oder, wenn die Aufmerksamkeit in höherem Grade auf eine Art von Empfindung gerichtet ist, so bleiben ebenso Reize auf andere Organe unbemerkt. Hieraus folgt, dass die absolute Empfindlichkeit durch fehlende Aufmerksamkeit auf die betreffenden Vorgänge sehr geschwächt wird. Ebenso wird auch die Unterschiedsempfindlichkeit stark verringert. Studirt man z. B. in einem Zimmer, in welchem von verschiedenen Leuten eine Unterhaltung geführt wird, eifrig irgend ein Buch, so kommt man wohl zu dem Bewusstsein, dass Laute einer menschlichen Stimme das Ohr treffen, aber die Verschiedenheit der Vocale, so wie die der Stimmen der einzelnen Individuen tritt nicht in das Bewusstsein. Ebenso werden, wie ich mich durch Versuche überzeugt habe, beim aufmerksamen Hören eines Musikstückes geringe Helligkeitsunterschiede nicht empfunden, die bei grösserer Aufmerksamkeit sofort empfunden werden, oder man bemerkt wohl die Differenz, vermag aber kein Urtheil darüber abzugeben, welche Helligkeit die grössere war. Derartige Erfahrungen, die sich an Zahl weit vermehren lassen, zeigen, dass die Unterschiedsschwellen je nach dem Grade der Aufmerksamkeit wechseln. Besonders das letzte Beispiel zeigt, dass beide, sowohl die innere, als auch die äussere Unterschiedsschwelle bei wechselnder Aufmerksamkeit andere Werthe annehmen. Man könnte gegen diesen Beweis einwenden, dass gewöhnlich gar kein Urtheil in Betreff der Erscheinungen, auf welche die Aufmerksamkeit nicht gelenkt ist, gefällt wird, dasselbe

sich vielmehr auf die ungemein schwachen Erinnerungsbilder bezieht. Um einen einwurfsfreien Beweis für eine derartige Abhängigkeit zu erhalten, habe ich eine Reihe von Augenmaassversuchen nach der Methode der richtigen und falschen Fälle bei verschiedenartiger Aufmerksamkeit, aber unter sonst gleichen Umständen ausgeführt. Die Beobachtungen wurden an zwei aufeinander folgenden Tagen, nachdem ich durch mehrwöchentliche Uebung genügend im Vergleichen von Längen geübt war, um die gleichen Stunden ausgeführt. In den vorhergehenden Stunden hatte ich mich an beiden Tagen ganz gleichartig beschäftigt. Am ersten Tage beobachtete ich dagegen mit voller Aufmerksamkeit, während ich am zweiten Tage ein grösseres Musikwerk in Gedanken durchging und daher einen grossen Theil meiner Aufmerksamkeit theils unwillkürlich, theils absichtlich auf die Musik gerichtet hatte. Als Vergleichsobjecte hatte ich Striche von 64 und 61,8 mm Länge gewählt, welche auf 15 cm lange und 8 cm breite, weisse Cartonblätter lithographirt waren. Von diesen Blättern besass ich je 25, welche so, dass auf einen Strich der einen Art einer der anderen folgte, in einen Haufen geordnet werden. Aus diesen zog ich dann zwei brauchbare heraus, von denen ich aber wusste, dass sie verschieden waren, aber nicht wusste, welcher der längere war, legte die Cartonblätter mit ihren langen Seiten, denen die Striche parallel liefen, so aneinander, dass diese Seiten von links nach rechts liefen und fälte ohne langes Ueberlegen mein Urtheil. Hier muss ich einen Umstand erwähnen, durch welchen sich meine Berechnungsweise von der Müller'schen unterscheidet. Müller bringt nämlich die zweifelhaften Urtheile für sich in eine Gruppe. Theoretisch ist dieses allerdings vollkommen richtig, bei der Ausführung der Versuche zeigt sich aber, dass man bei sehr vielen Beobachtungen zwei Urtheile fällt, indem auf den ersten Blick der eine Strich länger scheint, als der andere, während sogleich darauf, ehe dieses Urtheil noch so gefällt ist, dass der Versuch als abgeschlossen gelten kann, das Resultat wieder zweifelhaft wird, oder umgekehrt. Wenn es auch noch so fest meine Absicht war, sogleich nach dem Anblicke der Striche das Urtheil zu fällen, so kamen doch immer derartige Fälle sehr zahlreich vor. Es liegt nun kein Grund vor, das erste dieser Urtheile dem zweiten vorzuziehen oder nachzustellen, daher habe ich derartige Resultate als zwei Beobachtungen betrachtet und das

eine Urtheil den zweifelhaften, das andere den richtigen oder falschen Fällen zugezählt. Im Folgenden gebe ich die Resultate der beiden Versuchsreihen. r , z , f und n sind die Zahl der richtigen, zweifelhaften, falschen und gesammten Fälle. S ist der nach den Müller'schen Formeln berechnete Schwellenwerth. Die Differenz der beobachteten Grössen betrug $64-61,8=2,2$ mm.

	r	z	f	n	$\frac{r}{n}$	$\frac{z}{n}$	$\frac{f}{n}$	S
I.	195	112	39	346	0,564	0,324	0,112	1,68 mm
II.	142	133	71	346	0,410	0,385	0,205	3,88 mm

Zur Controlle machte ich am dritten Tage noch eine der ersten analoge Versuchsreihe, die 150 Beobachtungen umfasste. Aus dieser ergab sich für S der nahezu mit I. übereinstimmende Werth 1,64 mm. Wenn man bedenkt, wie schwierig es ist, genau den gleichen Aufmerksamkeitsgrad wieder herzustellen, so wird man die Uebereinstimmung gewiss für genügend halten. Die Zahl n ist allerdings nicht gross genug, um sehr genaue Resultate zu ergeben, doch zeigt sich auch bei dieser geringen Zahl von Beobachtungen deutlich genug der Unterschied zwischen beiden Werthen von S . Es ergibt sich also, dass der äussere Schwellenwerth in der That je nach dem Grade der Aufmerksamkeit verschieden gross ist, und zwar so, dass der Schwellenwerth um so kleiner wird, je grösser die Aufmerksamkeit ist. Dieser Satz lässt sich folgendermaassen aussprechen: Bei der Beurtheilung einer Grössendifferenz werden um so kleinere Differenzen erkannt, je grösser die zur Beurtheilung aufgewandte Aufmerksamkeit ist.

3. Aus der Form dieses Satzes folgt, dass man ihn auch umkehren kann: Je kleiner die Differenz zweier Grössen ist, um so grössere Aufmerksamkeit ist zu ihrer Erkennung erforderlich. Auch die Richtigkeit dieser Umkehrung habe ich experimentell zu prüfen gesucht. Als Ausgangspunkt für die Versuche diente folgende Ueberlegung. Die Fällung eines Urtheils erfordert eine gewisse Summe psychischer Thätigkeit oder anders ausgedrückt psychischer Arbeit. Wenn nun ein Urtheil mit gleicher Genauigkeit und gleicher Bestimmtheit, kurz, ein und dasselbe Urtheil zu verschiedenen Zeiten gefällt wird, so muss es gleichgültig sein, auf welche Weise dasselbe gefällt ist, die Summe der verbrauchten psychischen Arbeit

muss immer dieselbe sein. Wird beispielsweise ein Urtheil über eine Grössendifferenz bei dem gleichen Schwellenwerth und mit der gleichen Präcision gefällt, so ist es gleichgültig, bei welchem Grade der Aufmerksamkeit das Urtheil gefällt ist, das Maass der geleisteten Arbeit bleibt dasselbe. Und in der That gebraucht man auch, um bei geringerer Aufmerksamkeit ein eben so bestimmtes Urtheil zu fällen, mehr Zeit. Bei gleichbleibender Aufmerksamkeit ist es gestattet, die zur Fällung eines Urtheils nothwendige psychische Arbeit der aufgewandten Zeit proportional zu setzen.

Ich habe nun untersucht, ob die zur Fällung eines Urtheils über Grössendifferenzen aufgewandte Zeit bei gleichbleibender Aufmerksamkeit, und daher gleichem Präcisionsmaasse abhängig von der Grösse der Differenz ist, indem ich grössere Beobachtungsreihen bei verschieden grossen Differenzen in Bezug auf ihre Dauer untersuchte. Zunächst wurde die Zeit, welche zur Ausführung der mechanischen Operationen nothwendig war, bestimmt und bei grösseren Versuchsreihen als constant erkannt. Alsdann wurden ausserdem nach der Methode der richtigen und falschen Fälle Urtheile über die Längendifferenz zweier Striche gefällt. Als Vergleichsgrössen dienten Striche von 60, 61,8 und 63 mm, die mit einem Striche von 64 mm Länge verglichen wurden. Die Versuche ergaben, dass je kleiner die Differenz war, um so mehr Zeit zur Fällung des Urtheils erfordert wurde. Hierdurch ist demnach experimentell die Umkehrung des obenstehenden Satzes nachgewiesen. Nach der vorhergehenden Betrachtung darf man den Satz auch folgendermaassen aussprechen: Je kleiner die Differenz zweier Grössen ist, um so mehr psychische Arbeit ist zu ihrer Erkennung erforderlich.

4. Endlich soll noch untersucht werden, welches die psychologische Bedeutung der beiden Unterschiedsschwellen ist. Sie sind dadurch charakterisirt, dass sich der Inhalt des Urtheils an jedem Schwellenwerthe ändert. Bei Differenzen, die grösser sind als die äussere Schwelle, urtheilt man über die Art der Verschiedenartigkeit zweier Grössen, bei solchen, die zwischen dem äussern und innern liegen, urtheilt man noch über die Verschiedenartigkeit, während man über deren Art gar kein Urtheil fällt, bei solchen, die kleiner sind, als die innere Schwelle, fällt man endlich gar kein Urtheil über eine Verschiedenartigkeit mehr. Hieraus folgt,

dass diese drei Arten von Urtheilen durchaus ungleichwerthig sind und unter einander gar nicht verglichen werden können; vielmehr ist es nur möglich, ein Urtheil mit einem anderen, gleichartigen in Beziehung zu setzen, deren Reihe aber bei jedem Schwellenwerthe abbricht. Die Betrachtungen des vorigen Abschnittes geben uns nun Gelegenheit, die Bedeutung dieser Punkte der Discontinuität zu verstehen. In jedem Zeitmomente kann nämlich nur eine bestimmte endliche Menge psychischer Arbeit geleistet werden. Offenbar muss nun dort eine Unterschiedsschwelle liegen, wo die zur Fällung des Urtheils über die Grössendifferenz nöthige Arbeit gleich der gesammten, hierauf verwendbaren psychischen Arbeit ist. Ist der Geist gleichzeitig mit anderer Thätigkeit beschäftigt, so ist dieselbe geringer und mithin der Schwellenwerth grösser. Am kleinsten wird der Schwellenwerth werden, wenn die gesammte Aufmerksamkeit auf die Fällung dieses Urtheils concentrirt wird. An Stelle der eine grosse psychische Arbeit erfordernden Urtheile treten dann am Schwellenwerthe die minderwerthigen zweifelhaften, die am inneren Schwellenwerthe dann aus denselben Gründen verschwinden. Bisher ist es mir allerdings nicht gelungen, den wünschenswerthen Beweis zu liefern, dass zweifelhafte Urtheile je nach der Grösse der Differenz bei gleicher Aufmerksamkeit verschiedene Zeiten in Anspruch nehmen.

Durch die vorhergehende Abhandlung ist also das Schwellengesetz auf den allgemeineren Satz zurückgeführt: Je kleiner die Differenz zweier Grössen ist, um so mehr psychische Arbeit ist zu ihrer Erkennung erforderlich, aus der es sich als Folgerung ableiten lässt.
