

Zur Lehre von der Beziehung zwischen Leib und Seele.

I. Mittheilung.

Über Fechner's psychophysisches Gesetz.

Von dem w. M. Ewald Hering,
Prof. der Physiologie in Prag.

§. 1. Vorbemerkungen.

Es drängt mich, diese Mittheilungen mit der Bemerkung zu beginnen, dass, wenn ich im Folgenden das Richtige getroffen haben sollte, ich dies hauptsächlich dem Umstande verdanken würde, dass ich das Glück hatte, E. H. Weber's und Fechner's Schüler zu sein. Indem ich die beiden Hauptsätze, in welchen einerseits Weber's classische Untersuchungen über Sinnesfunctionen, anderseits Fechner's bahnbrechende psychophysische Untersuchungen gipfeln, einer Prüfung unterziehe, und dabei zu dem Ergebnisse komme, dass der eine Satz nicht hinreichend erwiesen, der andere aber thatsächlich falsch ist, indem ich endlich ein neues Grundgesetz für die Beziehung zwischen Physischem und Psychischem aufstelle, schreite ich nur auf der Bahn weiter, die von jenen beiden Forschern eröffnet und schon geebnet wurde. Insbesondere bin ich mir bewusst, die Grundidee, auf welcher Fechner's ganze Weltanschauung sich gründet, und welche aus allen seinen Arbeiten über psychophysische Fragen hervorklingt, wohl erfasst zu haben, und wage auf die Gefahr einer vielleicht verdienten satirischen Abweisung seitens meines verehrten Lehrers die Bemerkung, dass meine Auffassung des functionellen Zusammenhanges zwischen Leib und Seele mit der Philosophie Fechner's in besserem Einklange steht, als sein eigenes psychophysisches Gesetz.

Wenn ich das von Fechner sogenannte Weber'sche Gesetz für falsch erkläre, so meine ich dies nicht etwa nur in dem Sinne, wie Helmholtz und Aubert, welche dasselbe ebenfalls, wenn auch nur für die Lichtempfindung, nicht zutreffend fanden. Helmholtz beabsichtigte nur eine Correctur der Fechner'schen Formel, deren principielle Giltigkeit er nicht bestritt, und zwar nur zum Zwecke ihrer besonderen Anwendung auf die Lichtempfindung. Aubert bestätigte durch ausführliche Untersuchungen die Richtigkeit der Einwendungen von Helmholtz und ging insofern weiter, als er unter Hinweis auf das noch nicht genügend bekannte Gesetz der Adaptation der Netzhaut vorerst die Aufstellung einer Formel für die Abhängigkeit der subjectiven Helligkeit von der objectiven überhaupt für verfrüht erklärte. Einen principiellen Einwand aber gegen das Weber'sche und das psychophysische Grundgesetz hat auch er nicht erhoben. Gerade dies aber beabsichtige ich im Folgenden zu thun.

Das reiche, mit einem seltenen Aufwande von Scharfsinn und Ausdauer beigebrachte Versuchsmaterial, welches Fechner's Werk über Psychophysik enthält, die Fülle seiner geistvollen und fruchtbaren Bemerkungen und seine Entwicklung der psychophysischen Massmethoden: dies Alles behält seinen Werth auch ohne die Giltigkeit des von ihm aufgestellten Grundgesetzes, und wird Fechner für alle Zeit den Ruhm sichern, der Erste gewesen zu sein, welcher die Lehre von der Beziehung zwischen Leib und Seele zum Range einer exacten experimentellen Wissenschaft erhoben hat.

Während ich mich in dieser ersten Mittheilung auf die Kritik des Fechner'schen psychophysischen Grundgesetzes beschränke, will ich in der zweiten die Begründung eines von mir schon früher kurz mitgetheilten Gesetzes der Beziehung zwischen Leib und Seele geben. Eine ausgedehnte Anwendung von diesem Gesetze habe ich bereits in meinen Abhandlungen über eine neue Theorie des Lichtsinnes gemacht; Anwendungen auf andere Sinnesgebiete sollen folgen.

§. 2. E. H. Weber's Versuche.

Den ersten Anstoss zu Fechner's psychophysischen Untersuchungen gaben E. H. Weber's Arbeiten über den Gewichts-

sinn und das Augenmass, besonders aber der Umstand, dass Weber zwischen den Ergebnissen seiner Versuche und einer längst bekannten Thatsache der Akustik eine auffallende Analogie zu finden glaubte. Obwohl nun diese Analogie mehr eine zufällige als im Wesen der Sache begründete ist, wurde sie doch der Ausgangspunkt unserer heutigen Psychophysik und insbesondere ihrer Irrthümer. Dies bestimmt mich, die wesentlichsten der hier gehörigen Bemerkungen Weber's wörtlich wiederzugeben. Derselbe sagt in seiner berühmten Abhandlung über Tastsinn und Gemeingefühl unter Anderem Folgendes:

„Die kleinste Verschiedenheit zweier Gewichte, die wir noch mittelst des Gefühles der Anstrengung unserer Muskeln unterscheiden können, scheint nach meinen Versuchen die zu sein, wenn die beiden Gewichte sich ungefähr verhalten wie 39 zu 40, d. h. wenn das eine ungefähr $\frac{1}{40}$ schwerer ist, als das andere. Mittelst des Gefühles vom Drucke, den die beiden Gewichte auf unsere Haut ausüben, können wir nur noch einen Gewichtsunterschied entdecken, der $\frac{1}{30}$ beträgt, so dass sich also die Gewichte verhalten wie 29 : 30.

„Wenn man eine Linie nach der andern ansieht, so kann Jemand, der ein sehr ausgezeichnetes Augenmass besitzt, nach meinen Versuchen noch einen Unterschied entdecken zwischen zwei Linien, deren Längen sich ungefähr wie 50:51, oder sogar wie 100:101 verhalten. Menschen, welche ein weniger feines Augenmass haben, unterscheiden Linien, die um $\frac{1}{25}$ ihrer Länge von einander verschieden sind. Die kleinste Verschiedenheit der Höhe zweier Töne (die nahe Unisono sind), welche ein Künstler noch wahrnimmt, wenn er einen Ton nach dem andern hört, ist nach Delezenne $\frac{1}{4}$ Komma ($\frac{81}{80}$) $\frac{1}{4}$. Ein Liebhaber der Musik unterscheidet nach ihm nur etwa $\frac{1}{2}$ Komma ($\frac{81}{80}$) $\frac{1}{2}$. Werden die Töne gleichzeitig gehört, so kann man so geringe Tonunterschiede nach Delezenne's Versuchen nicht wahrnehmen. $\frac{1}{4}$ Komma ist nahe das Verhältniss von 321 : 322, $\frac{1}{2}$ Komma aber ist nahe das Verhältniss von 160 : 161.

„Ich habe gezeigt, dass der Erfolg bei den Gewichtsbestimmungen derselbe ist, mag man Unzen oder Lothe nehmen, denn

1 R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. III. Band, II. Abth. Seite 559.

es kommt nicht auf die Zahl der Grane an, die das Übergewicht bilden, sondern darauf, ob das Übergewicht den dreissigsten oder den fünfzigsten Theil des Gewichtes ausmacht, welches mit einem zweiten Gewichte verglichen wird. Ebenso verhält es sich bei der Vergleichung der Länge von zwei Linien und der Höhe zweier Töne. Es macht keinen Unterschied, ob man Linien vergleicht, die ungefähr zwei Zoll oder die ein Zoll lang sind, wenn man erst die eine und dann die andere betrachtet und nicht beide zugleich neben einander sehen kann, und doch ist das Stück, um welches die eine Linie die andere überragt, im ersten Falle noch einmal so gross als im letzteren. Freilich, wenn beide Linien nahe neben einander und einander parallel sind, so vergleicht man nur die Enden der Linien und untersucht, um wie viel die eine Linie die andere überragt, und hierbei kommt es dann nur darauf an, wie gross das überragende Stück der Linie ist, und wie nahe beide Linien einander liegen.

„Auch bei der Vergleichung der Höhe zweier Töne kommt nichts darauf an, ob beide Töne um 7 Tonstufen höher sind oder tiefer, wenn sie nur nicht an dem Ende der Tonreihe liegen, wo dann die genaue Unterscheidung kleiner Tonunterschiede schwieriger wird. Es kommt daher auch hier nicht auf die Zahl der Schwingungen an, die der eine Ton mehr hat als der andere, sondern auf das Verhältniss der Zahl der Schwingungen beider Töne, die wir vergleichen.

„Die Auffassung der Verhältnisse ganzer Grössen, ohne dass man die Grössen durch einen kleineren Massstab ausgemessen und den absoluten Unterschied beider kennen gelernt hat, ist eine äusserst interessante psychologische Erscheinung. In der Musik fassen wir die Tonverhältnisse auf, ohne die Schwingungszahlen zu kennen, in der Baukunst die Verhältnisse räumlicher Grössen, ohne sie nach Zollen bestimmt zu haben, und ebenso fassen wir die Empfindungsgrössen oder Kraftgrössen so auf bei der Vergleichung der Gewichte.“

Der letzte Satz insbesondere bildet den Kern der ganzen Auseinandersetzung. Er ist ein geistreiches, aber sehr gewagtes und streng genommen unzulässiges *Aperçu*, denn er zwingt ganz heterogene Thatsachen in eine Schablone.

Dass gleichwohl die Bemerkung Weber's etwas Fesselndes und Bestechendes hat, ist begründet in dem, jedem Denkenden mehr oder weniger klar bewussten Umstande, dass es, wie in der ganzen Welt überhaupt, so auch in der Welt des psychischen Geschehens immer nur auf Verhältnisse ankommen kann, weil es ein absolutes Mass der Dinge nicht gibt.

Der Fehler Weber's liegt darin, dass er in einem und demselben Satze den Ausdruck „Verhältnisse auffassen“ in ganz verschiedenem Sinne gebraucht.

Soll ein concretes Verhältniss, z. B. das zweier Raumgrössen richtig durch die Sinne aufgefasst werden, so ist nöthig, dass die Grössen der, den einzelnen Gliedern, des Verhältnisses entsprechenden Empfindungen oder Vorstellungen unter sich dasselbe Verhältniss haben, wie diese Glieder, d. h. hier die Raumgrössen selbst. Die Gestalt eines Dreiecks, dessen Seiten sich wie 2 : 3 : 4 verhalten, kann nicht richtig wahrgenommen werden, wenn nicht auch in unserer Empfindung oder Vorstellung sich die Seiten verhalten wie 2 : 3 : 4. Dieses Verhältniss kommt uns freilich nicht in Zahlen ausgedrückt zum Bewusstsein, aber insofern durch dasselbe die individuelle Gestalt des gegebenen Dreiecks bestimmt ist und wir dieselbe richtig wahrnehmen, fassen wir so zu sagen das Verhältniss selbst auf, nicht als ein Zahlengebilde, sondern als ein Raumgebilde.

Die drei Seiten des Dreiecks können aber in unserer Empfindung oder Vorstellung nur dann dasselbe Verhältniss unter einander haben, wie die Seiten des wirklichen Dreiecks, wenn die Grösse der räumlichen Empfindungen oder Vorstellungen proportional mit der Grösse der Dinge selbst wächst und abnimmt. Dies ist denn auch innerhalb der natürlichen Grenzen wirklich der Fall; ceteris paribus wächst mit der Grösse der Dinge proportional die Grösse des Netzhautbildes und mit dieser wieder proportional die Grösse der Empfindung oder Vorstellung. Nur so wird es uns möglich, die räumlichen Verhältnisse der Aussenwelt richtig aufzufassen und uns überhaupt in derselben zurecht zu finden.

Wenn also Weber sagt, dass wir in der Baukunst die Verhältnisse räumlicher Grössen auffassen, so ist dies ganz richtig, und es gilt nicht weniger da, wo es sich um die Auffassung

eines Dreiecks oder überhaupt irgendwelcher, wenn auch noch so einfachen Form handelt.

In einem ganz andern Sinne „fassen wir in der Musik die Tonverhältnisse auf“. Der eigentliche Gegenstand der Auffassung sind hierbei die Intervalle, d. h. Beziehungen unserer Ton-Empfindungen untereinander, gleichsam die Lageverhältnisse dieser Empfindungen in der Tonreihe. Aber die Verhältnisse der „objectiven Töne“, d. h. der Schwingungszahlen fassen wir nicht auf; die Schwingungszahlen sind überhaupt nicht Gegenstand unserer Wahrnehmung, und deshalb können es auch nicht ihre Verhältnisse sein. Gleichen Intervallen oder Strecken in der Reihe der Ton-Empfindungen oder gleichen Höhenunterschieden derselben entsprechen ja auch in Wirklichkeit sehr verschieden grosse Differenzen der Schwingungszahlen, also verschieden grosse Strecken in der Zahlenreihe, während (unter sonst gleichen Umständen) zwei unter sich gleichen Strecken oder Grössen der räumlichen Empfindungen oder Vorstellungen auch zwei unter sich gleiche objective Raumgrössen entsprechen.

Die Raumgrössen und ihre Verhältnisse sind also Gegenstand unserer Wahrnehmung, die Schwingungszahlen und ihre Verhältnisse aber nicht; den Raumverhältnissen der Dinge entsprechen die Raumverhältnisse unserer Empfindungen oder Vorstellungen, den Verhältnissen der Schwingungszahlen aber entsprechen nicht die Höhenverhältnisse der Töne. Deshalb lässt sich zwischen der Auffassung von Raumverhältnissen und der von Tonverhältnissen keine Parallele ziehen, wie dies Weber thut, vielmehr handelt es sich hier um zwei ganz verschiedene Dinge.

Von einer Auffassung der Verhältnisse der Schwingungszahlen mittelst des Gehöres könnte man überhaupt nur in sehr übertragenem Sinne sprechen. So könnte man auch sagen, wir fassten beim Riechen die chemische Zusammensetzung oder das chemische Mischungsverhältniss der Riechstoffe auf. Beidenfalls aber dürfte man nicht vergessen, dass wir nur unsere Empfindungen auffassen und dass den Ton-Empfindungen als solchen ebenso wenig Schwingungszahlen zukommen, wie den Geruchs-Empfindungen eine chemische Zusammensetzung; während den

Gesichts-Empfindungen allerdings eine räumliche Ausdehnung zukommt, wie den wirklichen Dingen.¹

Wenn man ein Raumverhältniss, wie z. B. die individuelle Gestalt eines Dreiecks, dessen Seiten sich wie 2 : 3 : 4 verhalten, richtig wahrgenommen hat, so ist damit, wie schon oben angedeutet wurde, noch nicht gesagt, dass man nun auch anzugeben vermöge, dass die längste Seite dieses Dreiecks gerade doppelt so lang ist als die kürzeste, die dritte Seite aber um die Hälfte länger als die kürzeste, und um ein Viertel kürzer als die längste.

So leicht es uns ferner ist, jede Veränderung im Verhältnisse der drei Seiten des Dreiecks als eine Veränderung seiner Gestalt wahrzunehmen, so schwer ist es uns, anzugeben, wie sich dabei das Verhältniss der Zahlen geändert hat, durch welches sich die relativen Längen der Seiten ausdrücken lassen.

Wer aber deshalb meinen sollte, dass man ein Raumverhältniss, welches man nicht in Zahlen auszudrücken wisse, auch gar nicht genau aufgefasst haben könne, den verweise ich auf die Zeichner, welche eine gegebene Figur sogar nach einem Erinnerungsbilde in ihren richtigen Verhältnissen wiederzugeben vermögen, ohne sich deshalb der entsprechenden Zahlenverhältnisse irgend bewusst zu sein.

Um das Längenverhältniss zweier gesehener Linien annähert durch Zahlen bezeichnen zu können, müssen wir uns entweder die kürzere ein- oder mehrmal auf der längeren abgetragen denken und eventuell das überragende Stück wieder mit der kürzeren Linie in ähnlicher Weise vergleichen, oder wir müssen jede Linie nach Linien, Zollen oder sonst einer uns geläufigen Maasseinheit schätzen, womit uns dann mittelbar auch das Verhältniss in Zahlen gegeben ist. Doch wird der letztere Weg nur selten von uns eingeschlagen. —

Diese Erwägungen waren nöthig, um nun auch zu verstehen, in wieweit von einer „Auffassung der Gewichtsverhältnisse“ gesprochen werden kann.

Es kommt nicht vor, dass uns eine ganze Anzahl verschiedenen „intensiver“ Gewichts-Empfindungen gleichzeitig derart ins

Bewusstsein tritt, dass sich aus denselben ein Gesamtgebilde aufbaut, dessen Eigenthümlichkeit durch das Grössenverhältniss der Einzelempfindungen bestimmt wäre, wie dies bei den Raumgebilden der Fall ist, die sich aus einzelnen „extensiven“ Empfindungen zusammengesetzt denken lassen und von uns gleichsam summarisch als eine bestimmte Gestalt wahrgenommen werden. Vielmehr handelt es sich fast immer nur darum, dass wir ein Gewicht nach dem andern wahrnehmen, und dies gilt eigentlich selbst dann, wenn wir mit jeder Hand gleichzeitig ein Gewicht heben, weil unsere Aufmerksamkeit sich dann abwechselnd der einen und der andern Hand zuwendet.

Es gibt also für unsere Wahrnehmung keine aus verschiedenen gleichzeitigen Gewichts-Empfindungen zusammengesetzten Gewichtsgebilde in dem Sinne, wie es Raumgebilde gibt, und es kann daher auch von einer unmittelbaren Auffassung der Gewichtsverhältnisse nicht in demselben Sinne die Rede sein, wie von der Auffassung der Raumverhältnisse. Bei letzteren handelt es sich meist um eine simultane Auffassung der einzelnen Glieder des Verhältnisses, bei ersteren fast immer um eine successive; man vergleicht zwei nach einander empfundene Gewichte mit einander, wie man auch zwei nach einander gesehene Linien vergleichen kann, sei es, dass sie wirklich nur nach einander sichtbar, oder doch so gelegen sind, dass man das Auge abwechselnd auf die eine und die andere richten muss.

Sollten wir nun das Verhältniss zweier Gewichte richtig auffassen können, so wäre dazu ebenso wie bei den Raumgrössen unbedingt erforderlich, dass die Grössen oder Intensitäten der Gewichts-Empfindungen dasselbe Verhältniss hätten, wie die Gewichte selbst, anders gesagt, dass die Intensität der Gewichts-Empfindung mit der Grösse der Gewichte proportional wüchse.

Wenn man Einen, der im Werfen sehr geübt ist, eine Anzahl Kugeln von gleicher Grösse, aber sehr verschiedenem Gewichte nach einem Ziele werfen lässt, so wird er letzteres ebensowohl mit den leichteren, als mit den schwereren Kugeln treffen. Vor jedem Wurf wägt er die Kugel mit der Hand ab und bemisst darnach die Grösse des willkürlichen Kraftaufwandes. Wie schwer aber die Kugel nach Grammen oder Lothen ist, weiss der

¹ Von der Idealität des Raumes darf ich hier absehen.

Werfende in der Regel nicht zu sagen. Da er aber gleichwohl jede einzelne Kugel mit der ihrem Gewichte entsprechenden Kraft wirft, so folgt, dass er ihr Gewicht richtig aufgefasst hat; er hat, wie man zu sagen pflegt, das Gewicht im Gefühl gehabt.

Dies Vermögen, Gewichte oder Widerstände ihrer Grösse nach richtig aufzufassen, besitzt Jeder in mehr oder minder entwickeltem Grade. Es geht dies eben daraus hervor, dass Jeder seinen willkürlichen Kraftaufwand nach den Gewichts- oder Widerstands-Empfindungen bemisst und ihn so der Grösse der Gewichte oder der zu überwindenden Widerstände anpasst. Dazu ist gar nicht nöthig, dass man die Grösse der Gewichte auch nach Grammen oder einer anderen Einheit anzugeben vermag.

Aus alledem scheint jedoch noch nicht zu folgen, dass die Intensität der Gewichts-Empfindung mit dem wirklichen Gewichte proportional wächst. Man könnte sich nämlich denken, dass jede bestimmte Gewichtsgrösse zwar eine ganz bestimmte Empfindungs-Intensität bedinge, dass aber doch die Intensität der Empfindungen viel langsamer wachse als die Grösse der Gewichte. Entspricht doch auch jeder bestimmten Schwingungszahl eine bestimmte Tonhöhe, obwohl die Tonhöhe nur logarithmisch mit der Schwingungszahl wächst. Wenn also nur einem bestimmten Intensitätsgrade der Gewichts-Empfindung immer dieselbe wirkliche Gewichtsgrösse entspräche, und wir ferner aus Erfahrung wüssten, welches Mass willkürlichen Kraftaufwandes jedes bestimmte Gewicht erfordert, so würden sich, wie es scheint, die oben angeführten Thatsachen auch erklären lassen. Selbstverständlich aber wäre es dann nicht möglich, das Verhältniss zweier Gewichte richtig aufzufassen; denn dazu wäre die Proportionalität zwischen Gewicht und Gewichts-Empfindung unerlässlich.

Ob also Weber's Bemerkung, dass wir das Verhältniss zweier Gewichte aufzufassen vermögen, richtig ist oder nicht, mag vorerst ganz dahin gestellt bleiben. Dass wir ein solches Verhältniss ohne besonders darauf gerichtete Übung nicht in Zahlen ausdrücken können, ist Thatsache. Lässt man Jemand nach einander zwei verschiedene Gewichte heben, so weiss er meist nur anzugeben, ob das eine wenig, viel oder sehr viel schwerer ist, als das andere. Dies ist immerhin die, wenn auch höchst unbe-

stimmte Auffassung eines Verhältnisses, aber zunächst doch nur eines Verhältnisses zweier Empfindungen, dem das Verhältniss der beiden Gewichte nur dann entsprechen könnte, wenn die Gewichts-Empfindungen den Gewichten proportional wären.

Nur wenn sich Einer gut darauf eingeübt hat, das absolute Gewicht einer Last zu schätzen und das Gewicht nach Grammen, Lothen etc. anzugeben, vermag er dann auch das wirkliche Verhältniss zweier Gewichte annähernd in Zahlen auszudrücken. Er bestimmt dann für beide das absolute Gewicht und berechnet sich hieraus das Verhältniss. Die Methode, deren wir uns bedienen, um das Längenverhältniss zweier gesehenen Linien in Zahlen anzugeben, und bei welcher wir uns die kürzere Linie ein oder mehrere Male von der längeren abgetragen denken, ist bei den Gewichts-Empfindungen desshalb nicht anwendbar, weil die letztern keine Ausdehnung haben.

Überblicken wir noch einmal das Ergebniss unserer Betrachtungen: Ob wir Gewichtsverhältnisse unmittelbar aufzufassen vermögen, ist noch ungewiss; jedenfalls hat es Weber nicht erwiesen, denn seine Versuche sind nur auf die Bestimmung der kleinsten ebenmerklichen Unterschiede zweier Gewichte gerichtet. Dass wir die Verhältnisse der Schwingungszahlen nicht unmittelbar auffassen können, ist Thatsache; diese Verhältnisse lehrt uns erst die Physik kennen. Zustimmen also können wir Weber nur in der Behauptung, dass wir im Stande sind, die Verhältnisse von Raumgrössen aufzufassen, ohne zuvor deren absolute Grösse (nach Zollen etc.) bestimmt zu haben.

§. 3. Das von Fechner sogenannte Weber'sche Gesetz.

Fechner fand in den oben angeführten Auseinandersetzungen Weber's ein Gesetz ausgesprochen, welches er als das Weber'sche Gesetz bezeichnet, nämlich, „dass die Grösse des Reizzuwachses gerade im Verhältnisse der Grösse des schon gewachsenen Reizes ferner wachsen muss, um noch dasselbe für das Wachsthum der Empfindung zu leisten“¹ oder anders

¹ Psyschophysik, I. 64.

ausgedrückt, „dass gleiche relative Reizzuwüchse gleichen Empfindungszuwüchsen entsprechen“.¹

Man wird jedoch vergebens bei Weber einen Satz suchen, der auch nur entfernt das ausspricht, was in den eben angeführten Sätzen Fechner's enthalten ist. Dieselben tragen daher den Namen Weber's ganz mit Unrecht, und ich glaube auch, dass Weber überhaupt nicht daran gedacht hat, das sagen zu wollen, was später Fechner in seinen Worten zu finden meinte.

Weber kam zu dem Ergebnisse, dass dem eben merklichen Höhenunterschiede zweier Töne immer dasselbe Verhältniss der Schwingungszahlen, dem eben merklichen Längenunterschiede zweier gesehenen Linien immer dasselbe Verhältniss ihrer wirklichen Längen, und dem eben merklichen Unterschiede zweier Gewichte immer dasselbe Verhältniss der beiden Gewichte entspreche. Wollte man dies, über Weber hinausgehend, verallgemeinern, so könnte man sagen, dass die Ebenmerklichkeit des Unterschiedes zweier gleichartigen Reizgrössen nicht vom Unterschiede sondern vom Verhältnisse der beiden Reizgrössen abhängt, oder dass der wirkliche Unterschied zweier eben merklich verschieden erscheinenden gleichartigen Reizgrössen proportional mit den Reizgrössen wachse.

Diesen Satz, den ich fortan als den Weber'schen Satz von den eben merklichen Unterschieden bezeichnen will, kann man also mit einem gewissen Rechte nach Weber benennen, denn er drückt im erweiterten Masse das aus, was Weber durch seine Versuche wenigstens für die extensiven Gesichtsempfindungen, die Tonempfindungen und die Gewichtsempfindungen festgestellt zu haben glaubte. Aber dieser Satz ist nichts weniger als gleichbedeutend mit dem Fechner'schen Satze, nach welchem gleichen relativen Reizzuwüchsen gleiche Empfindungszuwüchse entsprechen sollen. Über das Gesetz, nach welchem die Empfindung mit dem Reize wächst, hat Weber gar nichts ausgesagt. Ja, es besteht zwischen dem Satze von den eben merklichen Unterschieden und dem Fechner'schen

Satze nicht einmal ein nothwendiger Zusammenhang; der zweite Satz folgt gar nicht aus dem ersten. Am besten lässt sich dies an den extensiven Gesichtsempfindungen zeigen.

Betrachten wir im Sinne Fechner's die Länge einer Linie als eine Reizgrösse und nehmen wir an, das Verhältniss zweier eben merklich verschieden erscheinenden Linien sei stets wie 50 : 51. Wenn nun eine 50^{mm} lange Linie um 1^{mm}, ein 500^{mm} lange Linie aber um 10^{mm} wüchse, so würden beide Linien einen eben merklichen Zuwachs erfahren, und diese beiden Zuwüchse müssten, nach Fechner's Satze, für unsere Empfindung ganz gleichwerthig sein. Dies ist offenbar paradox, und zwar wird die Paradoxie ganz handgreiflich, wenn man solche, den eben merklichen Unterschieden entsprechende, angeblich immer gleiche Empfindungszuwüchse sich summiren lässt. Denken wir uns, wir hätten der ursprünglich 50^{mm} langen Linie so viel eben merkliche Längenzuwüchse ertheilt, dass sie in Wirklichkeit um 50^{mm}, d. i. um ihre eigene Länge gewachsen wäre, und wir hätten ferner der zweiten Linie, die ursprünglich 50^{cm} lang war, genau ebensoviel eben merkliche Längenzuwüchse verschafft, so würde uns nach dem Fechner'schen Satze der Gesamttzuwuchs der letzteren Linie nur ebenso gross erscheinen dürfen, wie der Gesamttzuwuchs der ersteren. Bei dieser, die ursprünglich 50^{mm} lang war, betrug dieser Zuwachs in Wirklichkeit 50^{mm}, bei der anderen Linie aber hätte er, entsprechend ihrer ursprünglich grösseren Länge, 50^{cm} betragen müssen. Diese zugewachsenen 50^{cm} nun und jene zugewachsenen 50^{mm} müssten uns also gleich gross erscheinen, denn beide entsprächen gleich vielen gleich grossen Empfindungszuwüchsen der beiden ursprünglichen Empfindungsgrössen. Es wächst aber bekanntlich die scheinbare Länge einer Linie (innerhalb der hier in Betracht kommenden Grenzen) proportional mit ihrer wirklichen Länge, d. h. die Empfindungsgrösse nimmt proportional mit der Reizgrösse zu; und es ist gut, dass es so ist, sonst könnte von einer Wahrnehmung der räumlichen Verhältnisse der Aussenwelt gar nicht die Rede sein; denn wenn gleichen relativen Reizzuwüchsen gleiche Empfindungszuwüchse entsprächen, so würden unsere Empfindungen nicht proportional, sondern nur logarithmisch mit den Reizgrössen wachsen.

¹ L. c. I. 65.

Man denke sich die Verwirrung, die daraus entstehen müsste. Zwei verschieden grosse, aber geometrisch ähnliche Dreiecke würden uns unähnlich scheinen, denn das Verhältniss der drei Seiten würde in den beiden Dreiecken für unsere Empfindung oder Vorstellung ganz verschieden sein. Wenn eine Figur sich unserem Auge nähert und sich deshalb ihr Netzhautbild vergrössert, müsste sie in immer neuen Verzerrungen erscheinen, denn die einzelnen Linien, aus denen sie zusammengesetzt ist, würden uns ja nicht alle in demselben, sondern in sehr verschiedenem Verhältnisse zu wachsen scheinen. Wie jedes, so ist auch dieses Paradoxon gar nicht auszudenken. Wenn ich es gleichwohl hier etwas ausgeführt habe, so geschah dies, weil im Grunde das psychophysische Gesetz Fechner's ein ganz analoges Paradoxon für die Intensität der Empfindungen schafft, freilich nicht in so offener Weise, sondern mehr oder minder versteckt.

Die alltägliche Erfahrung zeigt uns also, dass aus dem Satze Weber's, nach welchem die Ebenmerklichkeit des Längenunterschiedes zweier Linien nur vom Verhältniss ihrer Längen abhängt, nichts weniger folgt, als dass den so verschiedenen ebenmerklichen Längendifferenzen immer gleich grosse Empfindungszuwächse, d. h. hier Zuwächse der scheinbaren Länge entsprechen. Wenn wir nun auf einem anderen Sinnesgebiete die Erfahrung machen sollten, dass auch hier zwei successive Reizgrössen, die eben merklich verschieden empfunden werden, immer dasselbe Verhältniss untereinander haben, so würde uns dies nicht entfernt veranlassen können, anzunehmen, dass den so verschieden grossen ebenmerklichen Reizunterschieden immer gleich grosse Empfindungsunterschiede entsprechen; denn wir haben ja auf einem Empfindungsgebiete bereits gesehen, wie verfehlt eine solche Schlussfolgerung wäre.

Vielleicht wird man sagen, daraus, dass der Fechner'sche Satz auf die Extensität der Gesichts-Empfindungen nicht anwendbar sei, folge nicht, dass er auch für die „Intensität“ der Empfindungen nicht gelte. Dann wäre man aber doch verpflichtet, darzuthun, welcher logische Zusammenhang zwischen dem Weber'schen Satze von den ebenmerklichen Unterschieden und dem Satze Fechner's denn eigentlich besteht. Ich kann einen solchen nicht finden, und Fechner hat ihn auch nicht aufgedeckt,

denn ihm erschien sein Satz als eine so selbstverständliche Konsequenz der Weber'schen experimentellen Ergebnisse, dass er eine weitere Begründung gar nicht nöthig fand. Hätte er sie auch nur versucht, so hätte er gewiss als der Erste erkannt, dass sie sich gar nicht geben lässt. Ihn machte selbst der Umstand, dass sein Satz auf die Extensität der Empfindungen nicht anwendbar ist, an der Giltigkeit desselben nicht irre, und statt durch diese Thatsache zu einer kritischen Untersuchung des Satzes veranlasst zu werden, bemüht er sich vielmehr darzuthun, dass die Ungültigkeit desselben für die Extensität der Gesichts-Empfindungen sich doch mit seiner sonst allgemeinen Gültigkeit in Einklang bringen lasse.¹ Freilich muss er selbst zugeben, dass durch diese seine Erörterungen „die Anwendbarkeit seines Satzes und der davon abhängigen Formeln auf die extensiven Empfindungen noch nicht gesichert sei“.²

Erfahrungsgemäss nützt es wenig, eine unbegründete Behauptung als unbegründet zu bezeichnen, wenn der Glaube an ihre Richtigkeit sich bereits eingebürgert hat. Denn die Anhänger einer solchen Behauptung verlangen, anstatt selbst den Beweis für dieselbe beizubringen, vielmehr vom Gegner den Gegenbeweis. Glücklicherweise lässt sich derselbe für die Intensität der Empfindung in fast ebenso schlagender Weise beibringen, wie für die Extensität derselben, und zwar gerade auf dem von Weber und Fechner ganz besonders berücksichtigten Gebiete der Gewichts-Empfindungen.

Wenn ich ein Gewicht von 100 Grm. in die Hand nehme, so habe ich die Empfindung einer gewissen Schwere, nehme ich in die andere Hand 1000 Grm., so habe ich hier die Empfindung einer viel grösseren Schwere. Lasse ich jetzt zu den 100 Grm. noch 100 Grm., zu den 1000 noch 1000 hinzufügen, so ist der relative Reizzuwuchs auf beiden Seiten gleich gross und folglich müsste es nach Fechner auch der Empfindungszuwuchs sein, d. h. die hinzugefügten 1000 Grm. auf der einen Seite müssten mir denselben scheinbaren Gewichtszuwuchs geben, wie die 100 Grm. auf der andern, und ich müsste der Täuschung verfal-

¹ Psychophysik. II. Bd. S. 336.

² L. c. S. 338.

len, es hätte beiderseits die Schwere der Last um gleichviel zugenommen. Jeder wird aber von vornherein zugeben und überdies leicht durch den Versuch bestätigen können, dass dies auch nicht entfernt der Fall ist. Vielmehr erscheint uns der Gewichtszuwuchs auf der einen Seite klein, auf der andern sehr gross.

Gesetztenfalls ich habe einen Zinnteller in der Hand, der 3 Pfd. wiegt, und ich lasse 3 Pfd. darauf legen, so erscheinen mir nach Fechner's Satze diese zugewachsenen 3 Pfd. nur ebenso schwer, wie 3 Loth, die ich auf einen zuvor in die Hand genommenen Pappteller legen lasse, der nur 3 Loth wiegt.

Dagegen wird Fechner einwenden, man müsse das Gewicht des Armes, der ja auch mit gehoben und gehalten wird, mit einrechnen. Lassen wir dies einmal vorläufig gelten und ändern demgemäss den Versuch ab. Angenommen, Fechner wolle das Armgewicht mit 3 Pfd. eingerechnet wissen, so nehme man in die eine Hand einen 4 Pfd. schweren Haken und hebe dann mit diesem Haken 7 Pfund, während man mit der andern Hand 3 Pfund an einer Schlinge hebt, deren Gewicht vernachlässigt werden kann. Dann ergeben sich beim Heben beiderseits gleiche relative Gewichtszuwächse und demnach müssten uns die 7 Pfd. denselben scheinbaren Gewichtszuwuchs an der mit dem Haken versehenen Hand geben, wie die 3 Pfd. an der anderen Hand. Dies ist nicht entfernt der Fall.

Um aber den erwähnten Einwand überhaupt auszuschliessen, kann man die genannten Versuche in der Form der sogenannten passiven Druckversuche anstellen. Man lege beide Hände mit der Rückenfläche auf den Tisch und nehme beispielsweise die Metallplatten einer Volta'schen Säule zum Versuche. Auf die linke Hand lasse man zuerst eine, auf die rechte fünf Platten legen und dann rasch linkerseits noch eine und rechterseits noch fünf Platten hinzufügen. Der Gewichtszuwuchs wird dann, auch wenn man die Augen geschlossen hat und von vornherein nicht weiss, was zugelegt wurde, rechterseits sehr viel grösser erscheinen, als linkerseits.

Es ist also ganz und gar unrichtig, dass die Intensität der Gewichtsempfindung nur logarithmisch mit der Grösse der

¹ Siehe unten §. 7

Gewichte wachse, vielmehr wächst sie viel rascher. Später werden wir sehen, dass dies auch nöthig ist, weil sonst die Einübung mechanischer Fertigkeiten, bei welchen es überall auf eine richtige Auffassung der Gewichts- und Widerstandsverhältnisse ankommt, unmöglich scheint. Es verhält sich höchst wahrscheinlich mit den Gewichts-Empfindungen ähnlich wie mit den extensiven Gesichts-Empfindungen: beide wachsen innerhalb der praktisch in Betracht kommenden Grenzen annähernd proportional mit den Reizgrössen.

Nachdem nunmehr an zwei Beispielen, und zwar sowohl für die Extensität, als für die Intensität der Empfindungen erwiesen ist, dass den wirklich verschiedenen, wenn auch relativ gleichen ebenmerklichen Reizzuwüchsen durchaus nicht gleiche Empfindungszuwächse entsprechen, erscheint es vorläufig nicht nöthig, die Untersuchung auf andere Empfindungsgebiete auszudehnen. Denn es galt zunächst nur zu zeigen, dass der Fechner'sche Satz (das von ihm sogenannte Weber'sche Gesetz) keine Consequenz der Weber'schen Versuche und insbesondere auch nicht des Satzes ist, nach welchem die wirklichen ebenmerklichen Differenzen zweier Reizgrössen proportional mit den Reizgrössen wachsen sollen; es galt ferner zu zeigen, dass, wenn auch vielleicht auf irgend einem Empfindungsgebiete den objectiv verschiedenen ebenmerklichen Reizzuwüchsen gleiche Empfindungszuwächse entsprechen sollten, dies eben nur eine Besonderheit des betreffenden Empfindungsgebietes sein würde, da an eine allgemeine Giltigkeit des Satzes nach den gegebenen Erörterungen wohl nicht mehr zu denken ist.

Wie Fechner der Meinung war, dass der Satz von den ebenmerklichen Unterschieden im Grunde identisch sei mit dem Satze, nach welchem gleichen relativen Reizzuwüchsen gleiche Empfindungszuwächse entsprechen sollen, daher er ohne besondere Begründung den einen Satz für den anderen einführt; so finden wir auch in der Literatur immer und immer wieder die Verwechslung dieser beiden so fundamental verschiedenen Sätze. Es muss daher nochmals ganz ausdrücklich betont werden, dass, auch wenn der erste Satz sich auf allen Sinnesgebieten als richtig erwiesen hätte, was nicht entfernt der Fall ist, doch der zweite Satz deshalb um keines Haares Breite richtiger sein würde.

§. 4. Fechner's psychophysisches Grundgesetz.

Nimmt man mit Fechner an, dass gleichen relativen Reizzuwüchsen gleiche Empfindungszuwüchse entsprechen, so behauptet man zugleich, dass zwischen den Reizgrössen und den entsprechenden Empfindungsintensitäten eine analoge Beziehung bestehe, wie zwischen den Zahlen und ihren Logarithmen. Diesen Satz will ich im Folgenden der Kürze wegen als den Satz vom logarithmischen Wachstum der Empfindung bezeichnen. Auf ihn stützt sich das jetzt zu erörternde psychophysische Grundgesetz Fechner's.

In der Kette von physikalischen und physiologischen Vorgängen, deren Anfangsglied die Einwirkung des Reizes auf das Sinnesorgan, deren Endglied die Empfindung ist, ragt ein Vorgang durch seine ganz besondere Bedeutung hervor, d. i. der von Fechner sogenannte psychophysische Process, an welchen die Empfindung unmittelbar geknüpft ist. Fechner legte sich nun die Frage vor, ob die von ihm angenommene logarithmische Abhängigkeit der Empfindung vom Reize darauf zurückzuführen sei, dass der psychophysische Process logarithmisch mit dem Reize wachse, während zwischen Empfindung und psychophysischem Process Proportionalität bestehe; oder darauf, dass zwar psychophysischer Process und Reiz proportional gehen, aber die Empfindung in logarithmischer Abhängigkeit vom psychophysischen Process sei. Er entschied sich für die zweite Annahme. „Schon ein sehr allgemeiner Gesichtspunkt, sagt Fechner,¹ ist hinreichend, die Entscheidung zu Gunsten dieser Annahme fallen zu lassen. Nach der wesentlichen Verschiedenheit zwischen physischem und psychischem Gebiete ist eine Abhängigkeit zwischen psychischer und physischer Thätigkeit im Sinne der Fundamentalformel und Massformel sehr wohl denkbar, wogegen eine solche Abhängigkeit zwischen zwei körperlichen Thätigkeiten, wie sie einerseits durch die Reizwirkung, andererseits durch die psychophysische Thätigkeit repräsentirt wird, im Sinne der physikalischen und physiologischen Gesetze nicht denkbar ist.“

¹ Psychophysik. II, S. 429.

Durch diese seine Annahme eröffnet sich Fechner die Möglichkeit, den Satz von den ebenmerklichen Unterschieden gleichsam von allen Schlacken seiner mangelhaften empirischen Gültigkeit zu reinigen, indem er alle Abweichungen auf die nicht ganz genaue Proportionalität zwischen dem psychophysischen Process und dem Reize zurückführt, so dass er nun sein psychophysisches Gesetz, nach welchem die Empfindung logarithmisch mit der Intensität des psychophysischen Processes wachsen soll, als das Grundgesetz aller Beziehungen zwischen Materie und Geist auf eine gleich hohe Stufe stellen kann, wie das Newton'sche Gravitationsgesetz. „Es hindert, sagt er,¹ nicht nur nichts anzunehmen, sondern, falls es überhaupt eine wesentlich functionelle Beziehung zwischen Körper und Geist gibt, sind wir genöthigt anzunehmen, dass die Gültigkeit der Gesetze, welche die Grösse und Art der Empfindung mit der Grösse und Art der psychophysischen Bewegung verknüpfen, eine unbedingte und unbeschränkte sei, so gut als die Gültigkeit des in der Natur wesentlich begründeten Gravitationsgesetzes, so dass, wenn und wo auch dieselbe Grösse und Art psychophysischer Bewegung vorhanden ist, immer dieselbe Grösse und Art zugehöriger Empfindung vorhanden ist, und dass alle Abweichungen, die wir von der Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes und der darauf gegründeten Formeln bei Beziehung auf den äussern Reiz finden, nur darin ruhen, dass derselbe äussere Reiz nicht unter allen Umständen dieselbe Grösse psychophysischer Thätigkeit erzeugt.“

Wir haben also bei Fechner drei Sätze sehr wohl zu unterscheiden. Der erste basirt unmittelbar auf den Versuchen über ebenmerkliche Unterschiede und besagt, dass die wirklichen Unterschiede zweier eben merklich verschiedenen empfundener gleichartiger Reizgrössen proportional mit den Reizgrössen wachsen. Der zweite Satz, der, wie oben gezeigt wurde, gar nicht aus dem ersten folgt, den aber Fechner ohne Weiteres mit dem ersten identificirt, sagt aus, dass gleiche relative Reizzuwüchse gleichen Empfindungszuwüchsen entsprechen, was zugleich

¹ L. c. II. S. 435.

bedeuten würde, dass die Empfindung logarithmisch mit dem Reize wächst. Der dritte Satz endlich ist das eigentliche psychophysische Grundgesetz Fechner's, und dient ihm zur Erklärung des zweiten. Dieser dritte Satz behauptet, dass die Empfindung logarithmisch mit der Intensität des psychophysischen Processes wächst.

Den ersten und zweiten Satz betrachtet Fechner als kurzen, zusammenfassenden Ausdruck für festgestellte Thatsachen; den dritten stellt er nur als eine Hypothese auf, zu der er nothwendig gedrängt wurde, weil er den zweiten Satz für erwiesen hielt. Zur Erklärung desselben blieb in der That, wenn man sich nicht ins ganz Unwahrscheinliche verlieren wollte, nur die Annahme einer logarithmischen Abhängigkeit entweder des psychophysischen Processes vom Reize oder der Empfindung vom psychophysischen Prozesse.

Nachdem ich nun gezeigt habe, dass der erste Satz den zweiten gar nicht fordert, und dass es daher ganz unzulässig wäre, aus dem ersten, selbst wenn er ganz richtig wäre, den zweiten Satz zu folgern, so ist nun der dritte Satz eigentlich gegenstandslos geworden. Denn das, was er erklären sollte, nämlich die logarithmische Abhängigkeit der Empfindung vom Reize, ist gar nicht als thatsächlich erwiesen. Ja noch mehr, es ist oben gezeigt worden, dass nicht nur die Extensität der Gesichts-Empfindungen, sondern auch die Intensität der Gewichts-Empfindungen wirklich nicht logarithmisch mit den Reizgrößen wächst.

Hiermit ist die Ungültigkeit des dritten Satzes als eines allgemeinen psychophysischen Grundgesetzes eigentlich hinreichend dargethan. Es könnte sich nur darum handeln, zu untersuchen, in wie weit der zweite Satz etwa in besonderen Fällen gültig und wie dies zu erklären sei. Von der Höhe der Ton-Empfindung ist ja anerkannt, dass sie logarithmisch mit der Schwingungszahl wächst, und eben so steht fest, dass die Helligkeit der Licht-Empfindung nicht proportional mit der objectiven Licht-Intensität, sondern viel langsamer zunimmt. Für solche besondere Fälle würde auch nach besonderen Erklärungen zu suchen sein, was eine Aufgabe für sich wäre. Die Hauptaufgabe jedoch,

welche ich mir hier gestellt hatte, die Widerlegung des Fechner'schen psychophysischen Grundgesetzes ist mit dem Gesagten eigentlich schon erledigt.

Aber einer Autorität wie Fechner gegenüber und angesichts der Thatsache, dass das Fechner'sche Grundgesetz oder wenigstens der Satz von der logarithmischen Abhängigkeit der Empfindung vom Reize als etwas längst hinreichend Bewiesenes gilt und gleichsam schon zu einem wissenschaftlichen Glaubensartikel geworden ist, halte ich für nothwendig, die Widerlegung aller drei Sätze noch in ausführlicher Weise zu geben. Ich werde demnach zuerst die innere Unwahrscheinlichkeit des dritten Satzes erörtern, sodann zeigen, inwieweit der zweite Satz auf den verschiedenen Sinnesgebieten *a priori* unwahrscheinlich oder durch die Thatsachen widerlegbar ist, endlich den ersten Satz kritisch erörtern und darthun, dass wir bis jetzt gar kein Recht haben, ihn als einen allgemein gültigen hinzustellen.

Die Gültigkeit des Satzes von der logarithmischen Abhängigkeit der Empfindung vom Reize ist, wie schon erwähnt wurde, betreffs der Licht-Empfindung bereits von Helmholtz und noch entschiedener von Aubert bestritten worden; indessen konnte Fechner darauf hinweisen, wie er ja selbst eine strenge Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes gar nicht behauptet habe und gerne zugebe, dass die Grenzen dieser Gültigkeit für den Gesichtssinn enger zu ziehen seien, als er anfangs geglaubt habe, wie aber dadurch sein psychophysisches Grundgesetz gar nicht alterirt, sondern nur ein weiteres Beispiel für die nicht genaue Proportionalität zwischen dem psychophysischen Prozesse und dem äusseren Reize beigebracht werde. Umgekehrt nahm Mach¹ zwar den Satz vom logarithmischen Wachsthum der Licht-Empfindung als einen wohlbegründeten an, äusserte aber Zweifel darüber, ob derselbe aus der logarithmischen Abhängigkeit der Empfindung vom psychophysischen Prozesse und nicht vielmehr aus einer logarithmischen Abhängigkeit des psychophysischen Processes vom Reize, also physiologisch zu erklären sei. „Die letzte Nervenerregung, sagt Mach, und die Empfindung, welche unabänderlich parallel mit einander gehen, können wohl nicht anders als einander proportional sein.“

¹ Sitzungsberichte dieser Akademie, LVII. Bd., II. Abth. 1868. S. 11.

§. 5. Die theoretische Unwahrscheinlichkeit des Fechner'schen psychophysischen Gesetzes.

Man mag über das Wesen der Seele und über ihre Beziehungen zum Leibe denken wie man will, so wird man sich doch, wenn man überhaupt das Bedürfniss nach einer wissenschaftlichen Untersuchung jener Beziehungen hat, immer fragen müssen, nach welchem Gesetze dieselben sich regeln, durch welche Function die Art der Abhängigkeit der psychischen Prozesse von den physischen und umgekehrt der physischen von den psychischen sich ausdrücken lässt, so weit man eben eine solche gegenseitige Abhängigkeit überhaupt gelten lassen will.

Ergeht man sich nun in Vermuthungen über die Art dieser Abhängigkeit, so liegt doch offenbar nichts näher, als die Annahme, dass die Seele die Einwirkung des Leibes in dem Masse stärker spüre, als die einwirkenden Kräfte zunehmen, mit andern Worten, dass die Grösse oder Intensität der psychischen Prozesse mit den veranlassenden physischen Processen proportional wachse und abnehme; dass ferner umgekehrt der Leib in dem Masse stärker von den psychischen Processen beeinflusst werde, als diese selbst stärker sind, so dass auch hier Proportionalität zwischen den Intensitäten des psychischen und physischen Geschehens bestehe.

Diese Annahme ist die einfachst mögliche, muss deshalb schon aus Gründen der Methode zuerst geprüft werden, und ist übrigens bis auf Fechner immer stillschweigend gemacht und nach ihm von Mach (s. o.) wieder aufgestellt worden. Erst, wenn sie als unrichtig erwiesen ist, wird man nach verwickelteren Formeln suchen dürfen.

Eine Proportionalität zwischen Ursache und Wirkung, Wirkendem und Gewirkten ist uns von vornherein verständlich, ein verwickelteres Gesetz der Beziehungen zwischen beiden aber besonders dann schwer begreiflich, wenn, wie in diesem Falle, Wirkendes und Gewirktes unmittelbar und nicht durch Zwischenglieder von einander abhängen. Eine solche unmittelbare Abhängigkeit besteht aber unserer Voraussetzung nach zwischen psychischen und psychophysischen Processen; denn wir bezeichnen

als letztere ausschliesslich jene leiblichen Prozesse, mit welchen der psychische Vorgang unmittelbar gegeben ist. Dies Alles gilt schon dann, wenn man Leib und Seele als zwei verschiedene Wesen einander gegenüber stellt, wie viel mehr aber dann, wenn, wie Fechner annimmt, Wirkendes und Gewirktes, psychophysischer und psychischer Process im Grunde ein und dasselbe sind, nur zwei Seiten oder Erscheinungsweisen eines und desselben Wesens.

Noch eine andere wichtige Rücksicht fordert, die Annahme der Proportionalität zwischen Reiz und Empfindung, Psychischem und Physischem zuerst zu erwägen. Wie soll die Seele die Verhältnisse der Aussenwelt richtig auffassen können, wenn zwischen den Dingen und Ereignissen der Aussenwelt und denen unserer Innenwelt keine Proportionalität besteht, wenn das Mass, welches die Seele an die Aussendinge anlegt, nämlich die Grösse oder Stärke ihrer Empfindungen gar nicht auf diese Aussendinge passt?

Allerdings hat Fechner, da er selbstverständlich bemerkte, dass das Auge die Raumverhältnisse im Allgemeinen so auffasst, wie sie wirklich sind, und nicht in logarithmischer Entstellung, für dieses Sinnesorgan die Hülfshypothese gemacht, dass für dasselbe vermöge einer besonderen Einrichtung die Verwirrung, welche das psychophysische Gesetz beim Sehen anrichten müsste, verhütet werde. Aber für die richtige Auffassung der zeitlichen Extensität der Empfindung, für die Auffassung von Druck-, Gewicht- und Schallintensität müssten nun auch besondere Massregeln getroffen sein, um die Übelstände zu verhüten, die, wie wir sehen werden, auch hier aus dem psychophysischen Gesetze Fechner's folgen würden. Mit einem Worte, die Ausnahmen würden schliesslich zahlreicher sein müssen als die Regel. Denn eine logarithmische Verzerrung der Verhältnisse des Wirklichen könnte sich die Seele eben nur da gefallen lassen, wo ihr, wie bei den Schwingungszahlen, eine richtige Auffassung derselben entbehrlich ist, weil sie auch ohne dieselbe sich in der Welt orientiren kann.

§. 6. Die theoretische Unwahrscheinlichkeit und thatsächliche Unrichtigkeit des Satzes vom logarithmischen Wachsthum der Empfindung.

Man hat versucht, auch vom theleologischen Standpunkte die Nothwendigkeit der logarithmischen Abhängigkeit der Empfindung vom Reize darzuthun. Dieser Thatsache gegenüber erscheint es nicht überflüssig, sich die Consequenzen klar zu machen, welche eine solche Einrichtung für die verschiedenen Sinnesgebiete haben würde. Man kommt dabei sehr bald zu der Einsicht, dass das Fechner'sche Gesetz in hohem Grade unzweckmässig wäre, und dass überdies seine Consequenzen in auffallendem Widerspruche mit den Thatsachen sind.

Um die Untersuchung möglichst umfassend zu führen, muss man sowohl die Extensität als die Intensität der Empfindungen berücksichtigen; doch ist über erstere nach dem schon oben Gesagten nicht viel hinzuzufügen.

Die Extensität der Empfindungen ist eine doppelte, nämlich eine räumliche und eine zeitliche. Was erstere betrifft, so habe ich im §. 3 gezeigt, zu welchen sonderbaren Folgerungen die Annahme führt, dass die scheinbare Grösse der gesehenen Dinge nicht proportional, sondern nur logarithmisch mit der wirklichen Grösse wachse. Ganz ähnlich aber verhält sich mit der zeitlichen Extensität. Wächse die subjective oder scheinbare Dauer einer Empfindung nur logarithmisch mit der Reizdauer, so wäre eine richtige Auffassung der zeitlichen Verhältnisse unmöglich. Der Rhythmus eines Musikstückes, die zeitliche Vertheilung der einzelnen Schallreize wird von uns nur in soweit richtig wahrgenommen, als die Zeitgrössen der Ton-Empfindungen den Zeitgrössen der akustischen Reize gleich sind, womit die Proportionalität zwischen beiden von selbst gegeben ist. Wäre dies nicht der Fall, so müsste der scheinbare Rhythmus einer Melodie bei verschiedenem Tempo ein ganz verschiedener werden, und wir würden von den zeitlichen Verhältnissen ebenfalls nur Zerrbilder wahrnehmen. Das Paradoxe der Annahme liegt überhaupt auch hier ganz offen zu Tage.

Wenn man sich diese Consequenzen des Fechner'schen Satzes für die Extensität der Empfindungen recht vergegenwärtigt,

so wird man mit der nöthigen Objectivität an die Untersuchung der Folgen gehen, welche der Fechner'sche Satz in Betreff der Intensität der Empfindungen haben würde.

Betrachten wir zunächst die Gewichts-Empfindungen. Es wurde schon im §. 3 erörtert, dass wir sehr wohl im Stande sind, den willkürlichen Kraftaufwand nach den Gewichten oder Widerständen zu bemessen, welche wir zu überwinden haben. Auf diesem unserem Vermögen beruhen alle unsere mechanischen Fertigkeiten. Es würde sich dieses Vermögen allerdings, obwohl meiner Ansicht nach nur nothdürftig, auch dann erklären lassen, wenn die Gewichts- oder Widerstands-Empfindung nur logarithmisch mit dem wirklichen Gewichte oder Widerstande wüchse; denn auch dann würde ja, wie ebenfalls schon oben erörtert wurde, jeder bestimmten Gewichtsgrösse eine bestimmte Empfindungsintensität entsprechen, sofern alle sonstigen Umstände wieder die gleichen sind. Wir brauchten dann nur, und zwar ganz im Geiste des Fechner'schen psychophysischen Grundgesetzes weiter anzunehmen, dass zwischen dem subjectiven Ausmass der Kraft, oder kurz gesagt, der gewollten Kraft und der von den Muskeln wirklich aufgewandten die umgekehrte Beziehung bestehe, wie zwischen Reiz und Empfindung, nämlich dass der wirkliche Kraftaufwand seitens der willkürlich innervirten Muskeln gleich den Zahlen zunehme, wenn die gewollte Kraft nur gleich den Logarithmen wachse. Der Einklang zwischen der Empfindung eines Gewichts oder Widerstandes und der zu seiner Überwindung willkürlich aufgewandten Kraft wäre dann verständlich. Einer tiefergehenden Untersuchung würde freilich, wie ich meine, diese Erklärung nicht Stand halten können.

Eines aber bliebe uns jedenfalls bei einer solchen Einrichtung vollständig versagt, d. i. eine richtige Auffassung der Gewichts- oder Widerstandsverhältnisse. Diese Verhältnisse würden uns in ganz entstellter Weise zum Bewusstsein kommen. Der Unterschied zwischen 5 und 10 Loth, die auf unsere Hand drücken, würde uns nicht kleiner erscheinen, als der Unterschied zwischen 5 und 10 Pfund; wir würden von allen dynamischen Verhältnissen der Aussenwelt nur Zerrbilder empfangen. Ich will nicht weiter ausführen, warum meiner Ansicht nach eine solche Einrichtung uns die Einübung mechanischer Fertigkeiten ausser-

ordentlich erschweren oder ganz unmöglich machen würde. Es genügt hier, darauf hinzuweisen, dass die Harmonie, welche zwischen unseren Gewichts- oder Widerstands-Empfindungen und der von uns zur Überwindung derselben willkürlich aufgewandten Kräfte besteht, sich viel einfacher durch die Annahme einer wenigstens angenäherten directen Proportionalität zwischen Empfindungsintensität und Gewichts- oder Widerstandsgrösse erklären lässt, und dass eine solche Einrichtung desshalb viel zweckmässiger erscheint, weil sie uns zugleich eine richtige Auffassung der Verhältnisse jener Kräfte möglich macht, welche mittelst Druck oder Zug auf uns einwirken.

Hat somit die Fechner'sche Annahme keinerlei theoretische Wahrscheinlichkeit für sich, so lehrt überdies die experimentelle Untersuchung sofort, dass jene Annahme durchaus falsch ist. Wie solche Versuche einzurichten sind, wurde schon in §. 3 angedeutet. Dieselben zeigen allerdings zunächst nur, dass die Gewichts-Empfindung sehr viel rascher wächst, als dies nach Fechner der Fall sein dürfte, aber sie geben keinen Aufschluss über das Gesetz, nach welchem die Empfindung mit dem Gewichte zunimmt. Ich hoffe jedoch durch eine besondere Einrichtung derartiger Versuche auch hierüber einigermaassen Aufschluss zu bekommen. Hier reicht es hin, nachgewiesen zu haben, dass Fechner's Ansicht sich durch ganz einfache Versuche widerlegen lässt.

Nächst den Gewichtsempfindungen hat Fechner besonders die Licht-Empfindungen betreffs der Gültigkeit seines Gesetzes in Betracht gezogen. Sehen wir also zu, was uns dasselbe auf diesem Gebiete leisten könnte, wenn es gültig wäre.

Für die Licht-Empfindungen erscheinen von vornherein ganz andere Einrichtungen wünschenswerth, als für die Gewichts-Empfindungen. Das Gewicht eines Dinges ist ebenso wie seine Gestalt ein wesentliches Attribut desselben, seine jeweilige objective Helligkeit aber, die Menge des von seiner Oberfläche zurückgeworfenen Lichtes, ist insofern etwas Zufälliges, als dieselbe nicht bloss von der Beschaffenheit des Dinges, sondern auch von der höchst veränderlichen Intensität der Beleuchtung abhängt. Das Gewicht und die Form eines Dinges werden sozusagen um ihrer selbst willen empfunden oder wahrgenommen,

das Licht aber nicht; dieses wird vielmehr hauptsächlich um der Dinge willen empfunden, die es uns erst sichtbar macht. Es kommt uns also beim Sehen auf das Licht als solches und auf seine Intensität im Allgemeinen gar nicht an, sondern nur auf die Dinge, die es beleuchtet.

Während dem entsprechend die Proportionalität zwischen den wirklichen Raumgrössen und den Raumgrössen der Empfindung, ferner zwischen den wirklichen Gewichten und den Grössen der Gewichts-Empfindungen unerlässlich scheint, wenn anders wir die Aussenwelt richtig auffassen und mittelst unserer Bewegungen beherrschen sollen, so erscheint es von vornherein ziemlich unwesentlich, ob wir die Lichtquantitäten, welche von verschiedenen Dingen und bei verschiedener Beleuchtung von demselben Dinge zurückgeworfen werden, in ihren richtigen Verhältnissen, d. h. nach dem Gesetze der Proportionalität zwischen Reiz und Empfindung auffassen oder nicht.

Neben den Umrissen der Dinge macht uns das Licht auch ihre Farbe sichtbar, wobei ich hier unter Farbe eben sowohl die Farbe im engeren Sinne, als auch Weiss, Grau und Schwarz nebst ihren Übergängen verstehe. Die Farbe nun sehen wir ebenfalls als ein wesentliches Attribut der Dinge an; schon von Weitem unterscheiden wir Schnee von Russ, nennen ersteren weiss und letzteren schwarz, obwohl der Verschiedenheit ihrer Farbe nur die Verschiedenheit der von ihnen zurückgeworfenen Lichtmengen entspricht.

An einem sonnigen Mittage kann von einer Russfläche eben so viel Licht zurückgeworfen werden, als zur Zeit der Dämmerung von einer Schneefläche. Damit wir nun trotz so verschiedenen Beleuchtungen ein und dasselbe Ding unter sonst gleichen Verhältnissen immer in der gleichen Farbe sehen, d. h. von ihm immer dieselbe Licht-Empfindung bekommen könnten, und also der Schnee uns immer in demselben Weiss, der Russ in demselben Schwarz erschiene, wäre theoretisch zu fordern, dass die Empfindlichkeit des Auges für das Licht sich stets umgekehrt proportional zur Intensität der allgemeinen Beleuchtung verhielte, damit das Product aus Reiz und Empfindlichkeit, d. i. die von einem bestimmten Dinge veranlasste Licht-Empfindung immer dieselbe bliebe.

Dieser Forderung entspricht das Fechner'sche Gesetz zwar nicht; da aber nach demselben die scheinbaren Helligkeiten nicht proportional mit der Intensität der Beleuchtung, sondern sehr viel langsamer wachsen würden, so wäre die Realisierung dieses Gesetzes allerdings geeignet, jener Forderung wenigstens entgegen zu kommen. Denn offenbar würden nach diesem Gesetze die von dem Wechsel der Gesamtbeleuchtung abhängigen Veränderungen der scheinbaren Helligkeit eines Dinges sehr viel kleiner sein, als die Änderungen der objectiven Helligkeiten, und die aus dem Wechsel der Beleuchtung resultierenden Übelstände jedenfalls wesentlich gemildert. Es würde uns dadurch viel leichter gemacht werden, die Dinge an ihrer Farbe wieder zu erkennen, als wenn scheinbare und wirkliche Helligkeiten proportional wüchsen.

Hier haben wir also den ersten Fall, wo der Fechner'sche Satz vom logarithmischen Wachsthum der Empfindung *a priori* wenigstens nicht unannehmbar erscheint, und dazu kommt, dass zahlreiche Erfahrungen uns lehren, wie in Wirklichkeit die scheinbaren Helligkeiten viel langsamer wachsen als die objectiven Licht-Intensitäten.

Mischt man z. B. auf dem Farbenkreisel Schwarz und Weiss zu gleichen Hälften, und lässt dabei der Scheibe einen weissen Rand und eine schwarze Mitte, so hat der durch die Mischung entstandene graue Ring bekanntlich eine Helligkeit, welche durchaus nicht genau in der Mitte zwischen den Helligkeiten des centralen Schwarz und des peripheren Weiss liegt, wie doch sehr angenähert der Fall sein müsste, wenn die scheinbaren Helligkeiten den wirklichen proportional wären; vielmehr steht das gemischte Grau dem Weiss viel näher als dem Schwarz. Es spricht ferner dafür die bekannte Thatsache, dass im fast dunklen Zimmer das Anzünden der ersten Kerze einen höchst auffälligen scheinbaren Helligkeitszuwachs gibt, das der zweiten schon einen kleineren, das der dritten einen noch kleineren u. s. f.

Der Fechner'sche Satz scheint also hier sowohl mit der theoretischen Forderung, als mit den Thatsachen in ziemlichem Einklang zu sein.

In der That kann kein Zweifel darüber bestehen, dass die scheinbaren Helligkeiten viel langsamer wachsen, als die entsprechenden objectiven Licht-Intensitäten; aber wir wissen auch bereits, dass dies seine Erklärung in ganz besonderen Einrichtungen des Sehorganes findet.

Eine mittlere Tageshelligkeit ist diejenige Beleuchtung, bei welcher wir am häufigsten die Dinge sehen. Es wäre nun gemäss der obigen Auseinandersetzung zu fordern, dass, wenn die Beleuchtung über das Mittelmaass hinaus wächst, die den einzelnen Dingen entsprechenden Licht-Empfindungen sich nicht wesentlich änderten, d. h. die scheinbaren Helligkeiten gleich blieben. Dies wird in der That dadurch einigermaßen erreicht, dass erstens die Pupille sich mit steigender Beleuchtung der sichtbaren Dinge verkleinert und den Lichteintritt zum Auge beschränkt, und dass zweitens auch der nervöse Apparat des Auges sich der veränderten Beleuchtung „adaptirt“, d. h. dass die Empfindlichkeit desselben abnimmt. Diese Veränderung der Empfindlichkeit ist längst durch schlagende Thatsachen der alltäglichen Erfahrung erwiesen, in neuerer Zeit von Aubert¹ genauer untersucht und schliesslich von mir auch einer physiologischen Erklärung unterworfen worden.²

Wenn umgekehrt die Beleuchtung unter das gewöhnliche Durchschnittsmaass sinkt, so wäre zu fordern, dass die Helligkeiten der, den verschiedenen Dingen entsprechenden Empfindungen nicht mit sanken. Auch dieser Forderung ist einigermaßen genügt, denn mit sinkender Gesamtbeleuchtung erweitert sich die Pupille und steigert sich vermöge der Adaptation die Empfindlichkeit des Auges.

Auf diesen Einrichtungen beruht es hauptsächlich, dass wir, abgesehen von extremen Fällen, die weissen Dinge trotz dem Wechsel der Beleuchtung immer weiss, die grauen grau, die schwarzen schwarz sehen, und dass die scheinbaren Farben der Dinge, d. h. die ihnen entsprechenden Licht-Empfindungen einigermaßen constant bleiben. Darauf beruht es ferner, wenigstens

¹ Physiologie der Netzhaut.

² Zur Lehre vom Lichtsinn, V. Mittheil. Diese Sitzungsberichte LXIX. Bd., III. Abth., 1874.

zum grossen Theile, dass wir überhaupt den Dingen eine bestimmte Farbe als ein ihnen wesentliches Attribut zuschreiben können, und das Licht, welches sie aussenden, nicht als etwas Zufälliges und nicht zum Wesen des Dinges Gehöriges betrachten.

Freilich ist die Constanz der, einem bestimmten Dinge entsprechenden Licht-Empfindung bei wechselnder Beleuchtung eine nur angenäherte, sonst könnten die Dinge in der Dämmerung nicht anders erscheinen, als bei stärkster Beleuchtung, und würden wir überhaupt von der Veränderung der Gesamtbeleuchtung keine Wahrnehmung haben, während wir doch schwache und starke Beleuchtung zu unterscheiden wissen. Verglichen aber mit der ganz ausserordentlich grossen Intensitätsveränderung, welche die Beleuchtung z. B. im Laufe eines Tages erfährt, ist schon jene innerhalb gewisser Grenzen sehr angenäherte Constanz höchst bemerkenswerth und für uns sehr bedeutungsvoll. Lange Erfahrung hilft uns, die trotzdem noch häufig genug eintretenden Änderungen der scheinbaren Farbe der Dinge auf ihre wahre Ursache, nämlich die wechselnde Beleuchtung, zu beziehen und nicht als Änderung der Beschaffenheit der Körper aufzufassen.

Fechner hat, als er die Gültigkeit seines Gesetzes für die Licht-Empfindungen erörterte, auf die Adaptation weder der Pupille noch der Netzhaut die nöthige Rücksicht genommen.

In dem einzigen Falle also, wo uns bis jetzt das logarithmische Wachsthum der Empfindung *a priori* einigermaßen zweckmässig erscheinen konnte, müssen wir eine solche Art der Abhängigkeit der Empfindung vom psychophysischen Prozesse als zur Erklärung der Thatsachen gar nicht mehr nöthig bezeichnen, weil im Sehorgane Einrichtungen getroffen sind, die das, was durch das Fechner'sche Gesetz auch nur nothdürftig erreicht werden könnte, besser auf nachweisbar physiologischem Wege bewerkstelligen.

Eine weitere wichtige Stütze für seine Auffassung glaubte Fechner in den Ergebnissen der von ihm und Volkman

¹ Zur Lehre vom Lichtsinne, IV. Mittheil. Diese Sitzungsberichte LXIX. Bd., III. Abth. 1874.

angestellten Untersuchungen über die ebenmerklichen Unterschiede von Schall-Intensitäten zu finden. Wir haben also hier die Aufgabe, zu untersuchen, ob es zweckmässig scheint, dass die Intensität der Schall-Empfindungen nur logarithmisch mit der objectiven Intensität des Schalles wachse. Eine kurze Betrachtung kann uns die Unzweckmässigkeit einer solchen Einrichtung klar machen.

Die Farbe eines Klanges hängt, wie uns Helmholtz gezeigt hat, von dem Verhältnisse der Intensitäten sämmtlicher in dem Klange enthaltenen einfachen Töne ab, und je nachdem sich dieses Verhältniss ändert, ändert sich demnach auch die Klangfarbe. Wenn nun die Intensität oder Deutlichkeit der den einzelnen objectiven Componenten des Klanges entsprechenden Ton-Empfindungen nur logarithmisch mit der wirklichen Intensität wüchse, so würde sich das Verhältniss der Intensitäten der einzelnen, die Klang-Empfindung zusammensetzenden Ton-Empfindungen mit jeder Änderung der wirklichen Intensität des Gesamtklanges ändern, d. h. die Klangfarbe würde bei jeder Intensitätsänderung des objectiven Klanges eine andere werden müssen. Jedes Crescendo würde dann eine auffallende Änderung der Klangfarbe bedingen, und ein mit constanter Intensität andauernder Klang würde in der Nähe in ganz anderer Farbe empfunden werden als aus der Ferne. Diese, vom Abstände des Ohres von der Schallquelle bedingten Verschiedenheiten der Klangfarben müssten deshalb sehr auffällig sein, weil die objective Intensität des Schalles mit der Entfernung sehr rasch, nämlich mit dem Quadrate derselben abnimmt. Man sieht sofort, wie höchst unzweckmässig eine solche Einrichtung wäre. Dass sie nicht wirklich besteht, scheint mir daraus hervorzugehen, dass die Klangfarbe sich erfahrungsgemäss innerhalb ziemlich weiter Grenzen mit dem Abstände von der Schallquelle zwar merklich, aber doch viel weniger ändert, als nach dem Fechner'schen Satze zu erwarten wäre.

Ganz anders als mit der Stärke der Gehör-Empfindungen verhält sich's mit deren Höhe. Diese wächst allerdings logarithmisch mit der Schwingungszahl. Da uns aber die Schwingungszahlen als solche beim Hören gar nicht interessiren, so kommt auch nichts darauf an, dass gleichen Intervallen oder Höhendifferen-

zen der Ton-Empfindungen ganz verschiedene Intervalle oder Differenzen der Schwingungszahlen entsprechen.

Auf die Temperatur-Empfindungen wie auf die Geruchs- und Geschmacks-Empfindungen will ich hier nicht eingehen, weil sie in Betreff ihrer Intensitätsverhältnisse viel zu wenig untersucht sind. Auch hat Fechner sich bei der Aufstellung seines Satzes vom logarithmischen Wachstum der Empfindungsintensität im Wesentlichen nur auf die Gewichts-Empfindungen, die scheinbaren Helligkeiten und die subjectiven Schallstärken bezogen. Für die Gewichts- und Schall-Empfindung glaube ich ebensowohl die theoretische Unwahrscheinlichkeit als die thatsächliche Ungültigkeit des Fechner'schen Satzes im Obigen erwiesen zu haben. Die Giltigkeit des Satzes für die Licht-Empfindung schien theoretisch noch am ehesten zulässig; indessen erklärte sich hier das im Vergleiche zur objectiven Helligkeit sehr langsame Wachsen der subjectiven Helligkeit aus physiologischen Einrichtungen, wodurch die Annahme einer logarithmischen Abhängigkeit der Empfindung vom psychophysischen Prozesse ganz überflüssig wurde.

§. 7. Die Unzulänglichkeit der Beweise für den Weber'schen Satz von den ebenmerklichen Unterschieden.

Wir kehren schliesslich zurück zum Ausgangspunkte unserer ganzen Untersuchung, zu dem Satze nämlich, dass der wirkliche Unterschied zweier ebenmerklich verschiedener Reizgrössen mit der Grösse der Reize proportional wachse. Dieser Satz bildet, seine Richtigkeit vorausgesetzt, die empirische Basis des Fechner'schen psychophysischen Gesetzes. Es ist daher notwendig, sich Rechenschaft zu geben, in wie weit nach dem jetzigen Stande unseres Wissens diese Basis wirklich vorhanden ist. Dabei wird sich zeigen, dass sie äusserst schmal ist, viel schmaler, als man gewöhnlich glaubt und als Fechner seinerzeit zu glauben berechtigt war.

Für das Augenmass wurde der erwähnte Satz, nachdem ihn Weber aufgestellt hatte, durch Versuche von Fechner und von Volkmann bestätigt. Diese Versuche nach der Methode der mittleren Fehler, wobei Distanzen zwischen feinen Spitzen

oder parallelen Fäden beobachtet wurden, gaben „für alle irgend erheblichen Distanzen, d. i. von 10 bis 240^{mm} bei einem Augenabstande von 1 Fuss bis 800^{mm} eine sehr entschiedene Bestätigung des Gesetzes“. ¹ Übrigens wurden sie mit bewegtem Auge angestellt, wobei also die Distanz zwischen den Endpunkten einer Strecke mit dem Blicke durchgemessen wurde.

Dagegen gelang es den genannten Forschern nicht, durch Versuche über Distanz- oder Grössenwahrnehmung mittelst der Haut, wobei Doppelspitzen auf die Haut aufgesetzt wurden, den Weber'schen Satz zu bestätigen. Die Versuche wurden ebenfalls nach der Methode der mittleren Fehler angestellt, und das übereinstimmende Resultat derselben war, „dass keine auch nur approximative Proportionalität der reinen Fehler mit den Distanzen stattfindet, sondern im Allgemeinen die ersteren viel langsamer und über gewisse Grenzen hinaus oder in grösseren Intervallen gar nicht mit den Distanzen zunehmen.“ ²

Betreffs der zeitlichen Extensität der Empfindungen sind, allerdings erst nach dem Erscheinen des Fechner'schen Werkes, Untersuchungen von Mach ³ und von Vierordt ⁴ angestellt worden, welche ergeben haben, dass die ebenmerklichen Differenzen von Zeitgrössen nicht proportional mit diesen Grössen wachsen.

Viel wichtiger als diese Untersuchungen über ebenmerkliche Extensitätsunterschiede sind für die Fechner'sche Psychophysik die nun folgenden über ebenmerkliche Intensitätsunterschiede. Hier glaubte Fechner den Weber'schen Satz von den ebenmerklichen Unterschieden besonders für die Helligkeits-Empfindungen bestätigt zu finden.

Betreffs der Licht-Empfindungen stützte er sich sowohl auf ältere Beobachtungen, als auf neuere, speciell mit Beziehung auf den Weber'schen Satz angestellte Versuche von Volkmann und von Fechner selbst, welche sämmtlich den Satz zu bestäti-

¹ Fechner, l. c. I, S. 212. Volkmann, Physiol. Untersuchungen im Gebiete der Optik. I. Heft, Leipzig 1863.

² L. c. I. S. 235

³ Diese Sitzungsberichte. LI. Bd. II. Abth. p. 133.

⁴ Der Zeitsinn. Tübingen 1868.

gen schienen. Allein schon Helmholtz¹ zeigte, dass der Satz für die Licht-Empfindungen nicht in der Ausdehnung gilt, wie dies Fechner annehmen zu dürfen glaubte. Aubert² bestätigte durch grössere Versuchsreihen die Triftigkeit der Einwendungen von Helmholtz, und kam zu dem Ergebniss, „dass das Fechner'sche Gesetz im Gebiete der Licht-Empfindung keine Giltigkeit hat.“ Hatte Helmholtz noch versucht, seine Versuchsergebnisse mit dem Fechner'schen Gesetze durch eine Correctur der Fechner'schen Formel in Einklang zu bringen, so erklärt Aubert geradezu und durchaus mit Recht, dass die Feststellung einer solchen Formel für die Abhängigkeit der Helligkeits-Empfindungen von der Lichtintensität ohne Berücksichtigung der Adaptation der Netzhaut von vornherein unmöglich erscheine.

Über die ebenmerklichen Unterschiede von Gewichten lagen Fechner ausser den Versuchen Weber's noch eigene nach der Methode der richtigen und falschen Fälle angestellte Versuche vor. Diese mit einem bewunderungswerthen Aufwand von Ausdauer und Genauigkeit angestellten Versuche konnten aber gleichwohl Fechner keinen genügenden Überblick über die wesentlichen Thatsachen verschaffen, weil sich die Versuche bei dieser Methode nicht genügend variiren lassen, wenn man nicht Jahre dazu verwenden will.

Auf meine Veranlassung haben die Herren Stud. med. Biedermann und Löwit drei grosse Versuchsreihen nach der Methode der ebenmerklichen Unterschiede mit ausgedehnter und zum Theil fein abgestufter Variirung der Gewichtgrössen angestellt. Ich will aus diesen Versuchsreihen einige Ergebnisse herausgreifen, um ein angefähres Bild davon zu geben, wie sehr das Verhältniss zweier ebenmerklich verschiedener Gewichte sich mit der Grösse derselben ändert. Die erste Versuchsreihe wurde absichtlich in analoger Weise angestellt, wie Weber es vorschreibt. Ein Handtuch wurde an den beiden zusammengelegten Enden gefasst, während in der so gebildeten Schlinge ein an drei Schnüren befestigter Holzteller hing, welcher die Gewichte trug. Handtuch, Schnüre und Teller wogen zusammen 250^{grm}.

¹ Physiol. Optik. S. 314.

² Physiologie der Netzhaut. S. 49.

Eine ausführliche Darstellung der ganzen Untersuchung soll später gegeben werden. Ich kann vorläufig versichern, dass dieselbe mit den nöthigen Cautelen und grösster Gewissenhaftigkeit geführt wurde.

In der folgenden Tabelle enthält die erste Verticalreihe das jeweilige Hauptgewicht in Grammen, die zweite das kleinste mit Sicherheit an der fühlbaren Gewichtszunahme erkannte Zusatzgewicht in Grammen, die dritte das annähernde Verhältniss zwischen Haupt- und Zusatzgewicht.

250	12	$\frac{1}{21}$
500	13	$\frac{1}{38}$
750	13	$\frac{1}{58}$
1000	15	$\frac{1}{67}$
1250	16	$\frac{1}{78}$
1500	17	$\frac{1}{88}$
1750	19	$\frac{1}{92}$
2000	20	$\frac{1}{100}$
2250	22	$\frac{1}{102}$
2500	22	$\frac{1}{114}$
2750	28	$\frac{1}{98}$

Wie man sieht, wächst die Unterschieds-Empfindlichkeit sehr bedeutend bis zu einer Grösse des Anfangsgewichtes von 2500^{grm}, um nachher wieder abzunehmen. Der Einfluss der Übung während der langdauernden Versuchsreihe war nicht sehr bedeutend. Denn als zum Schlusse nochmals 250^{grm} als Anfangsgewicht benutzt wurden, betrug das kleinste erkennbare Zusatzgewicht 11^{grm}. Dass 500 und 750^{grm} dasselbe Zusatzgewicht von 13^{grm}, 2250 und 2500^{grm} dasselbe Zusatzgewicht von 22^{grm} forderten, erklärt sich daraus, dass die Zusatzgewichte nur nach ganzen Grammen verändert wurden. Jedenfalls waren 13^{grm} Zusatzgewicht für 500^{grm} Hauptgewicht etwas zu viel, eben so 22^{grm} für 2250^{grm}.

Von 250 bis 2500 wächst das Zusatzgewicht gerade um 10^{grm}, und zwar derart, dass ziemlich genau auf jede 250^{grm} Zuwachs des Hauptgewichtes 1^{grm} Zuwachs des Zusatzgewichtes kommt. Fechner würde desshalb die ganze Versuchsreihe, so wenig sie mit den Weber'schen Versuchen in Einklang ist, doch nicht mit seiner eigenen Auffassung in Widerspruch finden. Er

würde nämlich darauf hinweisen, dass man zum Hauptgewichte immer ein bestimmtes Gewicht hinzurechnen müsse, welches durch den hebenden Arm selbst repräsentirt sei, denn dieser biete den beim Heben thätigen Muskeln ebenfalls einen gewissen Widerstand.

Setzen wir diesen Widerstand z. B. gleich 1750^{grm} , so kommt die Versuchsreihe in ziemlich guten Einklang mit der Forderung, dass Hauptgewicht und Zusatzgewicht immer dasselbe Verhältniss haben sollen.¹ Ob eine solche Auffassung berechtigt wäre, soll hier nicht erörtert werden. Ganz besonders aber will ich betonen, dass die Versuchsreihe im Allgemeinen in schöner Übereinstimmung ist mit dem Ergebnisse der Fechner'schen Versuche nach der Methode der richtigen und falschen Fälle; die Abweichungen vom Weber'schen Satze sind hier und dort ganz analog.

Eine zweite grössere Versuchsreihe bei welcher die Zusatzgewichte nach Zehntelgrammen variierten, wurde derart angestellt, dass ein kleiner Holzgriff, an welchem eine kleine Pappscheibe aufgehängt war, zwischen Daumen und Zeigefinger gefasst, und so die auf der Pappscheibe liegenden Gewichte gehoben wurden, wobei der Arm ebenfalls nicht unterstützt war, sondern frei gehalten wurde. Ich theile auch aus dieser Reihe einige Ergebnisse mit. Die Zahlen haben die gleiche Bedeutung wie oben; die Gewichtseinheit ist wieder das Gramm.

10	0.7	$\frac{1}{14}$
50	1.7	$\frac{1}{29}$
100	2.4	$\frac{1}{42}$
200	3.6	$\frac{1}{56}$
300	4.6	$\frac{1}{65}$
400	5.2	$\frac{1}{77}$
450	6.5	$\frac{1}{69}$
500	25.5	$\frac{1}{20}$

Auch hier wird bis zu einer gewissen Grösse des Anfangsgewichtes das Zusatzgewicht relativ kleiner, um nachher wieder rasch relativ zu wachsen.

¹ In Hinblick hierauf habe ich oben (S. 3) das durch den Arm repräsentirte Gewicht zu 3 Pfund angenommen.

Von einer Einrechnung des Gewichtes des hebenden Armes könnte hier nicht die Rede sein, schon desshalb nicht, weil dasselbe beiläufig nur mit 100^{grm} angenommen werden dürfte, sofern man die Versuchsreihe auch nur einigermaßen mit der Fechner'schen Auffassung in Einklang bringen wollte. Überdies bemerkt Jeder, der Versuche nach der letzterwähnten Methode anstellt, dass man bei der Vergleichung der verschiedenen Gewichte seine Aufmerksamkeit lediglich auf die an den Fingerspitzen entstehenden Empfindungen richtet, daher der sogenannte Muskelsinn hier nicht wesentlich in Betracht kommen kann. Einrechnung des Armgewichtes aber hätte nur dann einen Sinn, wenn die Vergleichung auf Grund der Empfindung dieses angeblichen Muskelsinnes ausgeführt würde.

Eine dritte lange Versuchsreihe, bei welcher die Gewichte auf die zweckmässig unterstützte Fingerspitze aus stets gleicher, jedoch nur minimaler Höhe herabfielen, ergab ebenfalls keine Übereinstimmung mit dem Weber'schen Gesetze. Nach alledem zweifle ich nicht, dass bei den verhältnissmässig wenigen von Weber angestellten Versuchen lediglich durch einen Zufall das Verhältniss der beiden ebenmerklich verschiedenen Gewichte ungefähr dasselbe war.

Betreffs der Giltigkeit des Weber'schen Gesetzes für die Temperatur-Empfindungen hat Fechner Versuche angestellt, deren Resultat er aber ausdrücklich „nur als ein vorläufiges“ bezeichnet, und durch welche er das Weber'sche Gesetz innerhalb der Grenzen dieser Versuche zwar „für ziemlich wahrscheinlich gemacht, aber keineswegs für erwiesen“ hält.

Es bleiben jetzt, so weit es sich um die Intensität der Empfindungen handelt, nur noch die Versuche zu berücksichtigen, welche über die ebenmerklichen Unterschiede von Schallintensitäten theils von Fechner und Volkmann, theils von Letzterem allein angestellt wurden.² Insbesondere Volkmann's Versuche ergaben nach der Mittheilung Fechner's eine innerhalb weiter Grenzen nachgewiesene volle Giltigkeit des Weber'schen Satzes: „Bei diesen Versuchen wurden sowohl Fallhöhe,

¹ L. c. I. S. 208.

² L. c. I. S. 177.

als Schwere der (den Schall erzeugenden) fallenden Kugeln als Abstand des Beobachters in weiten Grenzen abgeändert; die Fallhöhen und deren Unterschiede aber an einer verticalen Scala, längs deren der Fall erfolgte, genau bestimmt.“ Bei den verschiedensten absoluten Schallstärken „erschien das Verhältniss der Fallhöhen 3 : 4 (welchem nach Fechner ein gleiches Verhältniss der Schallstärken entspricht) eben hinreichend, eine sichere Unterscheidung für zwei Beobachter mit guter Unterscheidungsgabe zu bewirken.“

Die vollständige Richtigkeit dieser Ergebnisse vorausgesetzt, sind die Schallintensitäten bis jetzt überhaupt die einzigen Reizintensitäten, für welche erwiesen ist, dass die ebenmerklichen Unterschiede derselben den Intensitäten selbst proportional sind. Da nun Fechner's gesammte psychophysische Untersuchungen sich gerade darauf zuspitzen, ein Mass für die Intensität der Empfindung zu finden, so käme es doch vor Allem darauf an, dass der Weber'sche Satz von den ebenmerklichen Unterschieden für die Intensität der Empfindungen eine umfassende Giltigkeit hätte. Statt dessen ist erwiesen, dass der Satz für die Lichtintensitäten und die mittelst des Tastsinnes empfundenen Gewichte nicht gilt, dass er für die mittelst des sogenannten Muskelsinnes empfundenen Gewichte und für die Wärmeintensitäten noch zweifelhaft ist, und dass er bis jetzt überhaupt nur für die Schallintensitäten gültig gefunden wurde.

Es wäre endlich noch zu fragen, inwieweit der Weber'sche Satz für die Tonhöhen gilt, welche man nach der üblichen Auffassung weder als intensive, noch als extensive Empfindungsgrössen bezeichnen kann. Wir wissen zwar, dass gleichen subjectiven Intervallen der Töne gleiche Verhältnisse der Schwingungszahlen entsprechen, aber über die kleinsten ebenmerklichen Unterschiede der Schwingungszahlen liegen nur ganz vereinzelte Versuche, jedoch keine Versuchsreihen vor. Es würde hier für möglichst viele Stufen der Tonscala die kleinste Differenz der Schwingungszahlen zu suchen sein, bei welcher die Höhenverschiedenheit der beiden zugehörigen Töne eben noch mit Sicherheit bemerkbar ist. Selbstverständlich müssten die beiden Töne nach einander gehört werden. Von vornherein ist nicht wahr-

scheinlich, dass diese Differenzen genau proportional mit den Schwingungszahlen wachsen und also zwei ebenmerklich verschieden hoch erscheinende Töne in allen Theilen der Scala dasselbe Intervall oder dasselbe Verhältniss der Schwingungszahlen haben.

Die gegebene kurze Übersicht der Thatsachen, auf welche der Satz von den ebenmerklichen Unterschieden basirt ist, zeigt zur Genüge, dass seine thatsächlichen Stützen sehr spärliche sind. Allerdings ergibt sich aus allem Angeführten, dass die wirklichen Unterschiede zweier Reizgrössen, denen ebenmerklich verschiedene Empfindungen entsprechen, mit der absoluten Grösse der Reize wachsen. Aber sie wachsen, ausser bei optischen Raumgrössen und bei Schallintensitäten, nirgends proportional mit den Reizgrössen, wie es der Weber'sche Satz fordert. Man kann allerdings auf den Gedanken kommen, dass die Abweichungen von der Proportionalität, welche freilich auf den meisten Gebieten sehr gross sind, nur durch besondere Einrichtungen der einzelnen Sinnesorgane bedingte Ausnahmen eines gleichwohl allgemein gültigen Gesetzes sind. Aber so lange nicht entweder die Ursachen dieser Ausnahmen klar dargelegt sind, oder die Nothwendigkeit des Gesetzes auf theoretischem Wege dargethan ist; so lange vielmehr die Ausnahmen viel zahlreicher sind, als die Bestätigung der angeblichen Regel: so lange kann auch der Weber'sche Satz nur als eine noch höchst unsichere Hypothese angesehen werden.

Auch ist zu bedenken, dass die oben angeführten auf verschiedenen Sinnesgebieten angestellten Versuche unter einander nicht recht vergleichbar sind. Die verglichenen Empfindungen waren bald räumlich unmittelbar benachbart, bald lagen sie räumlich oder zeitlich mehr oder weniger weit auseinander. Die angeblichen Intensitätsverschiedenheiten der Empfindungen erweisen sich bei genauer Untersuchung zugleich als qualitative Unterschiede und dergleichen mehr. Je tiefer man in die Sache eindringt, desto bedenklicher erscheint es Einem, so Verschiedenes über einen Leisten geschlagen zu sehen, und wenn man auch zugeben möchte, dass aus der bunten Mannigfaltigkeit der angeführten Thatsachen vielleicht doch einmal ein allgemeines Gesetz

abstrahirt werden kann, so wird man doch den Weber'schen Satz vorerst gewiss nicht als einen wirklich begründeten ansehen dürfen.

Hätte sich aber auch dieser Satz ganz allgemein bestätigt, so stände es darum doch mit den Fechner'schen Sätzen vom logarithmischen Wachstum der Empfindung nicht besser. Denn der Satz, dass gleichen relativen Reizzuwüchsen gleiche Empfindungszuwüchse entsprechen, bliebe dennoch falsch, weil er weder aus dem Weber'schen Satze folgt, noch mit den Thatsachen in Einklang ist. Damit fällt aber zugleich das psychophysische Grundgesetz, nach welchem die Empfindung logarithmisch mit der Intensität des psychophysischen Processes wachsen soll.

Über die verschiedene Erregbarkeit functionell verschiedener Nervenmuskelapparate.

Von dem w. M. Alexander Rollett.

III. Abtheilung.

(Mit 3 Tafeln.)

Mit Rücksicht auf die Thatsachen, welche ich über das Verhalten der Antagonisten an dem in aufrechter Lage fixirten Unterschenkel des Frosches bei allmählig gesteigerter Reizung des Hüftnerven ermittelte¹, habe ich am Ende des VIII. Abschnittes dieser Abhandlung zwei Fragen gestellt, deren Lösung für die Erklärung der beobachteten Erscheinungen von grosser Wichtigkeit ist.

1. Ob schwächere Reize anfänglich die Beuger allein erregen und die Strecker unerregt lassen?

2. Ob anwachsende Reize vorerst bei den Beugern eine grössere Summe der Kraft, welche eine bestimmte Muskelmasse zu entwickeln im Stande ist, auslösen als bei den Streckern?

Auf die Lösung dieser Fragen sind die Untersuchungen gerichtet, welche ich in den folgenden Abschnitten mittheilen werde.

IX. Myographische Studien an den Antagonisten des Unterschenkels.

Ich suchte die Motoren des Fusses nach vor- und aufwärts von den Motoren des Fusses nach rück- und abwärts² so zu

¹ I. u. II. Abtheilung dieser Abhandlung. Sitzb. Bd. LXX. 3. Abth. pag. 7 und Bd. LXXI, 3 Abth. pag. 33.

² Vergl. I. Abhandl. l. c. p. 21