

Sammlung
gemeinverständlicher
wissenschaftlicher Vorträge,

herausgegeben von

Rud. Virchow und Fr. v. Holzkendorff.

~~~~~  
II. Serie.

(Heft 25—48 umfassend.)  
~~~~~

Heft 39.

Berlin, 1867.

C. G. Lüdérig'sche Verlagsbuchhandlung.
A. Charisius.

Ueber

Empfindungen.



Ein Vortrag, gehalten in Elberfeld am 9. Januar 1867

von

W. Preyer,

Dr. med. et phil., Privatdocent in Bonn.

Berlin, 1867.

E. G. Lüderik'sche Verlagsbuchhandlung.

A. Charisius.

Sammlung
von
wissenschaftlicher Vorträge,

Das Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen wird vorbehalten.

H. v. Silesius, Hr. v. Silesius.

Verlag

von H. v. Silesius, Hr. v. Silesius

1881

Berlin, 1881

Verlag von H. v. Silesius, Hr. v. Silesius
H. v. Silesius

Man macht der Naturwissenschaft in unserer Zeit häufig den Vorwurf, sie bekümmere sich um Dinge, welche sie gar nicht angingen. Indem man von vielen Seiten zwar zögernd ihren gewaltigen Einfluß auf alle anderen Wissenschaften anerkennt, sucht man doch vielfach rechtmäßiges Eigenthum ihr zu entziehen oder zu verkümmern. Ein solches lange Jahre hindurch den Naturforschern von den Philosophen streitig gemachtes Gebiet ist die Lehre von den geistigen Thätigkeiten der Menschen, ist insbesondere die Frage: Was für Bedingungen müssen erfüllt sein, damit man wollen, denken, empfinden kann? was geschieht dabei? welchen Gesetzen sind die geistigen Vorgänge unterworfen? Diese Räthsel befinden sich nun glücklicherweise heutzutage in besseren Händen, als früher. Während man ehemals — das ehemals ist aber noch nicht lange her — vermeinte, am Schreibtisch durch ruhiges Nachdenken solche Fragen beantworten, solche Aufgaben endgültig lösen zu können, hat man jetzt eingesehen, daß dazu noch ganz etwas anderes nöthig ist, nämlich die Beobachtung und das Experiment. Die Beobachtung lehrt uns den Bau unseres Körpers kennen, sie muß aber auch auf jede, auch die unscheinbarste Erscheinung in

der Art und Weise wie die geistige Thätigkeit bei kranken und gesunden Menschen und Thieren sich zu erkennen gibt, gerichtet sein; das Experiment namentlich an gesunden Menschen und Thieren wenigstens zunächst, lehrt uns die Geseze kennen, nach denen unter genau bekannten Bedingungen, die künstlich hergestellt werden, die geistigen Prozesse vor sich gehen. Diese Anwendung der naturwissenschaftlichen Methoden auf Gebiete, die man früher als der experimentellen Forschung unzugänglich ansah, hat bereits manche Frucht getragen und ich möchte einige der vielfach interessanten Ergebnisse mittheilen. Sie sollen die Empfindungen betreffen, ich meine nicht das, was man im gewöhnlichen Leben häufig mit Empfindungen bezeichnet, z. B. Liebe und Haß, Lust und Abscheu u. dergl., sondern ich meine die Empfindungen, welcher wir durch die Sinne direkt theilhaftig werden, so z. B. Licht- und Farbenempfindung durch das Auge, Tonempfindung durch das Ohr, Kälte-, Wärme-, Druckempfindung durch die Haut. Es handelt sich also um die Uebermittlung einer Erscheinung der Außenwelt in unser Gehirn. Dahin gehören aber nicht bloß die einfachen Empfindungen, sondern eine sehr lange Reihe von noch complicirteren Erscheinungen, so z. B. kommt uns ein warmes Pfund leichter vor als ein kaltes, warum? Der Amputirte meint, man kitzele den Fuß, der nicht da ist, wenn man die Wundfläche reizt u. s. w.

Wir wollen uns nicht mit der Einzelbeschreibung derartiger Sinnesäuschungen beschäftigen, sondern zu ergründen suchen, wie die Empfindungen überhaupt zu Stande kommen; wir wollen sehen, was allen gemeinsam ist, mit welcher Geschwindigkeit die Menschen empfinden und endlich welche Grenzen der Thätigkeit unserer Sinne und damit der Empfindung gesetzt sind.

Der um die beschreibenden Naturwissenschaften hochver-

diente schwedische Naturforscher Linné unterschied die drei Reiche der Natur dadurch von einander, daß er sagte: „Die Steine wachsen, die Pflanzen wachsen und leben, die Thiere wachsen, leben und empfinden“. Wenn auch die Definition nicht genau ist, so kann man sie im Allgemeinen doch als zutreffend ansehen und wir wollen daran festhalten. Also die Thiere haben vor den Pflanzen das Empfinden voraus.

Jeder Naturforscher sucht sofort, wenn er findet, daß zwei Wesen durch ihre Leistungen, ihre Funktionen, sich von einander unterscheiden, nach einer Verschiedenheit ihres Baues. Denn in Zusammensetzung und Bau ganz gleichartige Naturkörper verhalten sich auch sonst unter denselben Bedingungen ganz gleich.

In der That besitzen die Thiere und Menschen eine Reihe von Organen, welche ihnen allein zukommen. Bei den Pflanzen findet sich nichts, was ihnen auch nur entfernt ähnlich sähe. Diese Organe sind die Nerven. Kaum glaublich erscheint es und ist doch wahr, daß selbst gesellschaftlich sehr hoch stehende Männer und Frauen im Zweifel sind, ob es eigentlich Nerven gibt, ob die Nerven etwas Greifbares sind. Redensarten wie die, welche an leicht erregbare Personen gerichtet werden: „Ach gewöhnen sie sich doch diese Nerven ab“, und wie die: „Er hat keine Nerven“, wenn es sich um Bezeichnung eines starken, jeder Anstrengung gewachsenen Mannes handelt, solche in vollem Ernste ausgesprochene Redensarten gehören leider keineswegs zu den Seltenheiten, so unberechtigt sie auch sind. Die Nerven sind allerdings etwas Greifbares, Wirkliches, und man kann sie sich nicht abgewöhnen, und wenn wir keine hätten, wären wir bewegungslos, stumm, blind, taub, gefühllos, kurz unfähig zu empfinden, unser Leben würde ähnlich sein einem

tiefen traumlosen Schlafe, würde ähnlich sein dem monotonen Dasein der Pflanze.

Betrachten wir den Bau der Nerven unseres Körpers. Es sind gelblich weiße oder ganz weiße Stränge, die durch alle weichen Theile des Leibes in mannichfaltigster Verzweigung sich hinziehen. Sie haben ihren Anfang entweder im Gehirn oder im Rückenmark und finden ihr Ende in den Muskeln und in den Sinneswerkzeugen, außerdem in Drüsen und anderen inneren Theilen, die wir unberücksichtigt lassen.

Die Beschaffenheit der Nerven ist, wenn man von ihren Endigungen absieht, vollkommen gleich durch den ganzen Körper hindurch. Ein aus seinem mittleren Verlaufe herausgeschnittenes Nervenstück zeigt sich immer zusammengesetzt aus einer großen Anzahl höchst feiner Röhrchen, die man Nervenprimitivröhren oder Nervenfasern nennt. Sie liegen in einem dicken Nerven zu tausenden parallel dicht nebeneinander gepackt, jede umschlossen von einer besonderen starken Haut, einer Röhre, welche man Nervenscheide nennt. In dieser Röhre findet sich zunächst ein weißer stark glänzender fett- oder wachsartig aussehender Stoff, das Nervenmark, und in der Mitte dieses Nervenmarks liegt der wichtigste Theil, der Axenfaden, welchen man aber auch mit den besten Vergrößerungsgläsern in dem Nerven eines lebendigen Thieres nicht leicht sehen kann. So sind ungefähr in flüchtigen Umrissen, ohne den feinern Bau zu berücksichtigen, die Nerven des Menschen und aller höheren Thiere beschaffen in ihrem mittleren Verlaufe, also zwischen dem Anfang im Gehirn und dem Ende in den Muskeln und den Sinneswerkzeugen. Betrachten wir nun einen Augenblick diese Endigungen selbst.

Wir haben da vor Allem eine wichtige Unterscheidung der Nerven festzuhalten in Bewegungsnerve und Empfin-

dungsverven. Das sind die zwei Hauptgruppen, in welche die Nerven des Körpers zu theilen sind. In ihrem Baue im mittleren Verlaufe sind sie nicht von einander zu unterscheiden, auch in ihrer chemischen Zusammensetzung nicht, auch nicht in ihren sogenannten physikalischen Eigenschaften d. h. Farbe, Gewicht, Consistenz u. s. w. Aber sie sind an ihren Endigungen und an der Art ihrer Thätigkeit, an ihren Leistungen zu unterscheiden. Durchschneidet man, wie es bei den Augenoperationen manchmal erforderlich ist, einen der beiden Sehnerven, so wird ein Lichtschein, ein Blitz gesehen, aber dann bleibt es für immer dunkel; durchschneidet man einem Thiere einen Gefühlsnerven, so schreit das Thier, es empfindet Schmerz; kurz, wird ein Empfindungsnerve durchschnitten, so hat man stets die ihm entsprechende Empfindung; durchschneidet man dagegen einen Bewegungsnerven, so wird kein Schmerz empfunden, es geht aber die Fähigkeit verloren, das Bein oder den Körperteil, in welchen der Nerv führte, zu bewegen, während die Durchschneidung eines Empfindungsnerven diese Beweglichkeit nicht aufhebt. Der Unterschied ist allgemein und ausnahmslos. Ebenso der Unterschied in den Endigungen. Die eigentlichen Bewegungsnerven endigen in den Muskeln. Ihre Endigung besteht aus einer höchst zarten, feinen Platte, der Nervenendplatte, welche aber wesentlich eine Verbreiterung des Axenfadens darstellt, die sich in dem Inneren der Muskelfasern befindet. Ganz ähnlich den Nerven bestehen nämlich auch die Muskeln aus tausend und aber tausend feinen Röhrchen, Muskelprimitoröhren oder Muskelfasern genannt. Jede dieser Muskelfasern ist von einer starken Haut, der Muskelscheide, umschlossen und enthält in ihrem Innern die eigentliche Muskel- oder Fleischsubstanz, die contractile Masse. In dieser findet sich die

Nervenendplatte eingebettet. Tritt ein Bewegungsnerve an einen Muskel, so zertheilt er sich in beinahe unübersehbarer Mannichfaltigkeit in immer kleinere Bündel von Nervenfasern, und schließlich tritt immer wenigstens eine solche einzelne Nervenfaser an eine Muskelfaser, in der Art, daß der Arenfaden aus der Nervenfaser heraus- und in die Muskelfaser hineintritt, wobei die Muskelscheide durchbohrt wird; und an der Durchbohrungsstelle geht ganz unmerklich die Haut, welche die Nervenfaser umkleidet, über in die, welche die Muskelfaser umhüllt. Ist also der Arenfaden in den Inhalt des Muskelröhrchens gedrungen, so wird er breiter und dehnt sich zu einer Platte aus, die in der eigentlichen Muskelsubstanz liegt von anderen eigenthümlichen Gebilden umgeben, die wir unerwähnt lassen können. Das wäre ungefähr die Endigung der Bewegungsnerve. Fast noch schwerer aufzufinden ist ihr Anfang im Gehirn und im Rückenmark. Soviel steht jedoch fest, daß es auch da der innere Theil, der Arenfaden ist, der am weitesten verfolgt werden kann und zwar bis in jene wunderbaren Gebilde hinein, die man Ganglienzellen nennt, außerordentlich kleine mit Kernen und langen Ausläufern versehene Körperchen, welche zu Millionen im Gehirn sich befinden und als die eigentlichen Organe der geistigen Vorgänge angesehen werden.

Was die Endigungen der Empfindungsnerve betrifft, so ist bei diesen die Einrichtung viel verwickelter als bei den Bewegungsnerve. Wir haben bei den Empfindungsnerve fünf verschieden geartete Endigungen je nach dem Sinnesorgane, in dem der Nerv endigt: andere im Auge als im Ohr, andere in der Nase als der Zunge, ganz andere in der Haut. Sehen wir, um die Darstellung nicht allzusehr zu verbreitern, von den vier erstgenannten Sinnen ab, beschäftigen wir uns vor der Hand nur mit dem Gefühl. Gerade wie die anderen Sinne

jeder seinen besonderen Nerv hat, also das Ohr den Hörnerven, das Auge den Sehnerven, die Nase den Geruchsnerven, die Zunge den Geschmacksnerven, so hat auch das Organ des Gefühls, die Haut, ihre besonderen Nerven, ihre Gefühlsnerven. Und zwar endigen sie in kleinen Knoten oder kolbenförmigen Anschwellungen der feinen Nervenprimitivröhren. Man nennt diejenigen Endigungen der Gefühlsnerven, welche sich besonders reichlich in der Haut der Fingerspitzen finden, Tastkörperchen. Der Anfang der Gefühlsnerven ist noch nicht genau bekannt, wahrscheinlich aber dem der Bewegungsnerven ähnlich. So viel ist auch mit Sicherheit ermittelt, daß die Ganglienzellen, aus denen diese letzteren entspringen, in der Nähe der Ganglienzellen liegen, aus denen aller Wahrscheinlichkeit nach die Gefühlsnerven entspringen, so daß wir sagen dürfen, die einen können leicht auf die anderen einwirken, wenn auch eine direkte Verbindung bis jetzt nicht nachgewiesen worden ist.

So haben wir uns denn oberflächlich mit dem wichtigen Material bekannt gemacht, welches dem Menschen und den höheren Thieren das Empfinden ermöglicht, den Nerven. Was geschieht nun, wenn wir irgend etwas empfinden, z. B. einen Nadelstich in den kleinen Finger? Es geschieht folgendes: Durch den Stich wird eine gewisse Anzahl von Tastkörperchen getroffen, dadurch wird eine Veränderung der Endigungen der Gefühlsnerven und dieser selbst im kleinen Finger bewirkt. Diese Veränderung aber bleibt nicht ohne Folgen, sondern pflanzt sich fort durch die ganze Länge des Gefühlsnerven bis in das Gehirn. Hier angekommen wird der Nadelstich erst zum Bewußtsein gebracht und dieser Vorgang kann verschiedene Folgen haben: Entweder wird er die Veranlassung zu einer Veränderung in den Anfängen der Bewegungsnerven, die zu den Muskeln des kleinen Fingers gehen,

so daß diese sich zusammenziehen und den Finger von der Nadel entfernen, oder es werden die Muskeln der anderen Hand bewegt, um die Nadel zu entfernen, oder endlich es werden noch verwickeltere Muskelbewegungen ausgeführt, um sich gegen die Person zu sichern, welche die Nadel einstach. Alles dieses sind Vorgänge bedingt durch die Ankunft der Veränderung der Tastkörperchen im Gehirn. Es ist ein Telegraphiren. Man denke sich, es finde in einer entfernten Provinzialstadt eines großen Reiches plötzlich ein feindlicher Ueberfall statt, so wird diese Nachricht sofort in die Hauptstadt telegraphirt. Die angekommene Depesche kann verschiedene Folgen haben. Entweder wird durch den Draht geantwortet: „Zieht Euch zurück“, oder: „Haltet, so gut es geht, Stand“, oder es wird an andere Orte telegraphisch der Befehl geschickt, mit Truppen zu Hilfe zu kommen. Die Vorgänge sind sehr ähnlich. Gerade wie der Telegraphendraht während des Telegraphirens keine äußere Veränderung erkennen läßt, kein Zeichen uns gibt von der Depesche, deren Inhalt er fortleitet, so geben auch die Nerven durch keine Veränderung in ihrer äußeren Erscheinung zu erkennen, sondern nur mit den feinsten Hilfsmitteln kann man nachweisen, daß etwas in ihnen vorgeht während des Empfindens. Nur müssen sie wie der Eisendraht ganz sein, um ihre Dienste leisten zu können. Darin jedoch weichen sie von den metallenen Drähten erheblich ab, daß sie nach der Durchschneidung nicht eher wieder funktionsfähig werden, als bis sie zusammengeheilt sind, was sehr lange dauert, während man bekanntlich bei einem durchschnittenen Telegraphendraht nur die beiden Enden mit einander in Berührung zu bringen braucht, um sofort weiter telegraphiren zu können. Dieser Umstand, daß man mit verletzten Empfindungsnerven nicht mehr empfinden und mit verletzten Bewe-

gungsnerven nicht mehr sich bewegen kann, lehrt uns, daß bei der Empfindung und Bewegung irgend etwas durch den Nerven hindurchgeht, was nicht Elektrizität ist, denn diese würde die Hindernisse überspringen. Dieses Etwas nennt man das Nervenprinzip, den Nervenreiz. In allen Fällen ist ein Reiz das erste Erforderniß zum Zustandekommen einer Empfindung. Es muß eine Veränderung durch irgend etwas, es muß eine Einwirkung auf die Empfindungsnerven stattfinden oder vor kürzerer oder längerer Zeit stattgefunden haben, um eine Empfindung zu ermöglichen. Und es muß ebenso nothwendigerweise eine Veränderung, eine Einwirkung auf die Anfänge der Bewegungsnerven im Gehirn stattfinden, wenn eine beabsichtigte Bewegung vor sich gehen soll. Es ist dies auch ein Reiz. Dieser Reiz hat aber den besonderen Namen: der Wille. Er ist es, der die Depeschen, lauter kategorische Befehle, durch die Bewegungsnerven in die Muskeln expedirt. Er ist für die Bewegungsnerven da, er ist außer Stande direkt auf die Empfindungsnerven zu wirken, und umgekehrt kann etwas, was ein Reiz für die Empfindungsnerven ist, wenn es auf Bewegungsnerven wirkt, niemals eine Empfindung, sondern höchstens eine Bewegung bewirken. Aehnlich wie der Empfindungsreiz durch die Empfindungsnerven, so wird der Reiz, den der Wille bedingt, der Bewegungsreiz durch die Bewegungsnerven fortgepflanzt. Die Erregung, die er hervorgerufen, geht vom Gehirn oder Rückenmark aus durch die ganze Länge des gereizten Nerven in die Muskeln hinein und vertheilt sich mit dem immer feiner sich verzweigenden Nerven, bis sie schließlich von den Endplatten im Innern der einzelnen Muskelfasern in Empfang genommen wird. Sowie die Erregung in den Endplatten angekommen ist, zieht sich der Muskel zusammen und dadurch wird die

Hand zur Faust geballt, oder das Bein gehoben, oder auch nur das Augenlid gesenkt, oder das Wort gesprochen. So großes und erhabenes auch der menschliche Wille geleistet, wie unsere eigene Geschichte lehrt, so ist seine von außen erkennbare Herrschaft doch einzig und allein auf die Muskeln beschränkt, und nicht einmal alle beherrscht er, das Herz z. B. entzieht sich der Macht des Willens. — Man hat nun schon seit langer Zeit vermuthet, daß sowohl bei der Empfindung wie bei der Bewegung irgend eines Körperteils eine gewisse Zeit vergeht, bis einerseits die Nachricht von der gereizten Stelle, also dem Nadelstich, das Gehirn erreicht, und bis andererseits der Befehl des Willens, sich zu bewegen, von dem Gehirn in irgend welche Muskeln gelangt. Zwar kommt man auf eine solche Vermuthung im gewöhnlichen Leben nur selten, da scheint es vielmehr, wie wenn man den Nadelstich sofort empfinde, einerlei ob er den Fuß oder die Stirn traf. Es ist aber nicht in Wahrheit der Fall. Vom Fuß ist der Weg zum Gehirn viel weiter als von der Stirn, und die Nachricht von einem Schmerz im Fuß kommt später zu unserer Kenntniß, als die Kunde von einem Stich in das Gesicht. Die Zeit, welche der Reiz braucht um durch den Nerven zu wandern, ist nicht so sehr kurz, wie man glauben möchte. Diese Zeit ist genau gemessen worden. Sie besagt nichts geringeres, als die Geschwindigkeit, mit der wir empfinden. Durch Untersuchungen, welche zu den genialsten der gesammten Naturlehre gehören und mit denen Helmholtz die Wissenschaft beschenkte, sind wir in den Besitz der Methoden gelangt zur Messung der Empfindungsgeschwindigkeit und der Zeit, welche der Wille braucht, um vom Hirn in die Muskeln zu telegraphiren. Das Verfahren beruht darauf, daß ein vollkommen glatter, mit Kohlenruß geschwärzter, ursprünglich

weißer Cylinder mit vollkommen gleichmäßiger Geschwindigkeit sich um sich selbst dreht. Dicht an diesem Cylinder hängt ein frischer Muskel mit einem langen Nerven. Der Muskel trägt durch angehängte Hebel einen kleinen Schreibstift, welcher den Ruß berührt. Läßt man nun einen schwachen elektrischen Schlag den Nerven treffen, gerade da, wo er in den Muskel eintritt, so zieht sich der Muskel nach einer sehr kleinen Zeit zusammen und der Stift macht auf der schwarzen Trommel einen weißen Strich. Nun wird alles wieder genau so gestellt wie am Anfang. Nur läßt man den elektrischen Schlag nicht die dicht am Muskel gelegene Stelle des Nerven treffen, sondern das äußerste Ende. Der Muskel zieht sich jetzt wieder zusammen, aber etwas später, und der Stift macht wiederum einen Strich, aber nicht an derselben Stelle wie eben, sondern in einer kleinen Entfernung vom ersten. Da man nun den Abstand der beiden gereizten Stellen am Nerven und den Abstand der beiden Striche leicht messen kann und die Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel genau kennt, die durch ein Uhrwerk getrieben wird, so kann man auch berechnen, wie viel Zeit der Reiz brauchte, um von der äußersten Stelle des Nerven bis zu der dem Muskel näher gelegenen Stelle zu wandern. Helmholtz ermittelte jene Zeit auch auf andere Weise, nämlich mittelst eines Verfahrens, das dem ähnlich ist, welches Pouillet, der große Pariser Physiker, anwendete, um zu messen, wie viel Zeit eine Flintenkugel beim Abschießen braucht, um von der Ladestelle bis zur Mündung des Gewehrlaufs zu gelangen. Die Zeit beträgt ungefähr $\frac{1}{150}$ Sekunde. Man sieht allein schon daraus, daß die Methode empfindlich genug ist. Bei ihr dient die Elektrizität als Zeitmesser. Ein elektrischer Strom läuft sehr kurze Zeit um eine Magnetnadel und bewirkt eine Abweichung derselben von ihrer Ruhelage; man kann dann

auf das genaueste aus der Größe dieser Abweichung berechnen, wie lange der elektrische Strom dauerte. Beide Versuchsreihen von Helmholtz ergaben, daß 24 bis 38½ Meter in der Sekunde vom Nervenreiz zurückgelegt werden. Sie beziehen sich auf ein kaltblütiges Thier, nämlich das Hausthier der Physiologen, den Frosch. Für den Menschen fand Helmholtz ungefähr das doppelte, nämlich einige sechzig Meter in der Sekunde. Nachdem Helmholtz derartigen staunenerregenden Untersuchungen Bahn gebrochen hatte, stellten auch andere Forscher vielfach ähnliche Versuche nach denselben und anderen Methoden an. Man ist im Besitze von Uhren, welche den tausendsten Theil einer Sekunde anzeigen, man nennt sie Chronoskope. Mit solchen Instrumenten fand man für den Menschen in vielen späteren Versuchen wieder 34 Meter in der Sekunde.

Man denke sich einen Mann auf einer Bank liegend. Er wird am Fuß durch einen kleinen elektrischen Schlag getroffen und soll nun so schnell er nur irgend kann durch ein Zeichen, z. B. einen Fingerdruck, zu erkennen geben, daß er den Schlag gefühlt hat. Es zeigt sich nun, daß, wenn man den Schlag zuerst auf den Fuß und dann auf eine dem Gehirn näher gelegene Stelle z. B. die Hüfte wirken läßt, in letzterem Falle weniger Zeit nöthig ist um durch den Fingerdruck zu erkennen zu geben, daß der Schlag empfunden wurde, als in ersterem. Der Unterschied beider Zeiten gibt die Zeit, welche der Reiz, die Nachricht von dem Schlage brauchte, um von dem Fuße in die Hüfte zu wandern. Denn alles übrige ist ja gleich. Solcher Versuche sind sehr viele ausgeführt worden und man hat nicht immer dieselben Werthe erhalten, sondern für verschiedene Individuen und unter wechselnden äußeren Bedingungen verschiedene Werthe. Man hat als Geschwindigkeit neuerdings sogar 94 Meter in der Sekunde,

dann wieder 25 bis 33 Meter gefunden. Einerlei, ob nun wirklich verschiedene Menschen verschiedene Geschwindigkeit der Nervenreizfortpflanzung haben, oder ob störende Einwirkungen bei den Versuchen vorhanden waren, die Geschwindigkeit mit welcher eine beliebige Nachricht von außen durch die Empfindungsnerven hindurch in das Gehirn gelangt, ist höchstwahrscheinlich nach den bisherigen Versuchen nahezu oder ganz dieselbe wie die, mit der eine Depesche vom Willen aus dem Gehirn die Bewegungsnerven hindurch in die Muskeln geschickt wird. Es ist von Interesse diese Geschwindigkeit mit anderen Geschwindigkeiten zu vergleichen. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Reizes oder vielmehr der Erregung im Nerven liegt also zwischen 24 und 94 Meter in der Sekunde, beträgt aber nach den meisten Versuchen ungefähr 30 Meter in der Sekunde. Die Elektrizität dagegen legt (nach Wheatstone) in einer Sekunde über 464 Millionen Meter zurück, das Licht (nach Fizeau) über 313 Millionen Meter, der Schall in der Luft 332 Meter (nach Wertheim). Die Erde in ihrem Laufe um die Sonne durchreist mit einer Geschwindigkeit von 30,793 Meter in der Sekunde den Weltraum, während die schnellste Lokomotive Englands, diejenige, welche die amerikanische Post von Liverpool nach London bringt, nur 37 Meter in der Sekunde zurücklegt. Der Adler fliegt (nach Simmler) ungefähr ebenso schnell.

Man sieht also, mit der Schnelligkeit des Empfindens hat es soviel nicht auf sich. Obwohl man, wie ich schon sagte, im gewöhnlichen Leben kaum Gelegenheit hat zu bemerken, daß man zum Empfinden überhaupt Zeit braucht, so kann man doch unter einzelnen Umständen auch ohne künstliche Apparate und Experimente sich davon überzeugen. Wenn einem sehr großen Wallfisch eine Harpune in den Schwanz geschleudert worden, so

verläuft eine volle Sekunde, bis die Nachricht davon im Gehirn des Riesenthieres angelangt ist. Wenn wir nun annehmen, daß der Vorgang, den diese Nachricht im Hirn hervorruft, gar keine Zeit braucht, so daß der Wille sofort seinen Befehl in den Schwanz schickt, damit dessen Muskeln sich zusammenziehen und das Boot umwerfen, so haben wir abermals eine ganze Sekunde, also vom ersten Augenblick der Verletzung durch die Harpune bis zum Augenblick der Antwort des Thieres auf dieselbe 2 ganze Sekunden. In Wahrheit ist aber die Zeit noch viel länger, denn wir haben für die Zeit, welche das Gehirn braucht, um den angekommenen Reiz in Willen umzusetzen, nichts gerechnet. Dies bringt uns zum zweiten Erforderniß einer jeden Empfindung, der Aufmerksamkeit. Kein Reiz wird vollständig empfunden, wenn man ihm nicht volle Aufmerksamkeit zu Theil werden läßt. Ist der Reiz stark, so lenkt er ohne Weiteres die Aufmerksamkeit auf sich. Ist er schwach, so kommt er nicht ohne eine Anstrengung, nicht ohne Willensthätigkeit zur Empfindung. Jedes der Worte, welche Jemand zu einem Anderen spricht, dringt in das Ohr, und erregt in dem Ohr Trommelfellschwingungen, ja, es erregt auch die Endigungen des Hörnerven und diesen selbst; in jedem gesunden Ohre wird es sogar bis in das Centralorgan im Gehirn fortgeleitet, empfunden aber wird es erst, wenn es dort eine angemessene Aufnahme findet, d. h. wenn die Aufmerksamkeit auf das zu hörende Wort gerichtet war. War sie anders beschäftigt, so werden die Töne der Worte nicht empfunden. Es findet dann nur eine **Nervenerregung** statt.

Der Unterschied der Nervenerregung von der Empfindung besteht also darin, daß bei letzterer die Aufmerksamkeit thätig ist, bei ersterer nicht. Im Uebrigen ist der Vorgang bei beiden gleich. In dem einen Fall ist gleichsam der Beamte im Tele-

graphenbureau nicht an seinem Platze, um das angekommene Telegramm in Empfang zu nehmen. Das hindert natürlich die Ankunft der Nachricht selbst in keiner Weise. Erregung eines Empfindungsnerven ist vollkommen gleich Empfindung minus Aufmerksamkeit. Läßt man nachträglich einer Nervenenerregung Aufmerksamkeit zu Theil werden, so kann sie oft nachträglich zum Bewußtsein gelangen, d. h. zur Empfindung werden. Wir wollen dies durch einige Beispiele erläutern.

Angenommen, man liest ein sehr interessantes Buch, welches die ganze Aufmerksamkeit in Anspruch nimmt, und Jemand fragt etwas, z. B.: „Was lesen Sie?“ so antwortet man häufig entweder gar nicht, oder mit einem zerstreuten Wie? Ehe aber noch die Frage „Was lesen Sie?“ wiederholt wurde, antwortet man richtig: „Das und das Buch“. Man kann dies sehr häufig beobachten. Die Frage: „Was lesen Sie?“ gelangte durch das Ohr und den Hörnerven ebenso richtig in das Centralorgan, wie die gelesene Schrift, da aber letztere die Aufmerksamkeit gewissermaßen gefangen hielt, so wurden, die Worte nicht gehört, erst als die Aufmerksamkeit von der Schrift ab sich den gehörten Worten zuwandte, kamen sie zum Bewußtsein, wurden sie empfunden. Ein anderes Beispiel: Ein Soldat vertheidigt sich mit verzweifelter Tapferkeit gegen zwei Feinde zugleich. Ein dritter naht sich und bringt ihm einen leichten Bajonettschlag in das Bein bei. Als wenn nichts geschehen wäre, fährt der Kämpfende fort sich gegen seine ersten Gegner zu vertheidigen. Da wird er befreit, und man trägt den Verwundeten fort. Auf einmal empfindet er einen heftigen Schmerz im Bein. Es ist der Bajonettschlag, von dem er bis dahin nichts bemerkt hatte, weil seine Aufmerksamkeit zu sehr durch den Kampf in Anspruch genommen war. Solche Beispiele, deren Zahl man selbst ohne Mühe aus eigener

Erfahrung vergrößern kann, lehren uns noch eine Thatsache von Wichtigkeit, nämlich die, daß man außer Stande ist, zwei oder mehr gesonderte Empfindungen zu gleicher Zeit zu haben. Man kann immer nur eine einzige Empfindung auf einmal haben, weil man die Aufmerksamkeit nicht theilen kann. Selbst in den scheinbar schlagendsten Beispielen des Gegentheils lehrt eine genauere Prüfung doch die Richtigkeit der Behauptung. Wenn man eine Pistole abschießt, so könnte man glauben, vier Empfindungen gleichzeitig zu haben, weil vier Sinnesnerven gleichzeitig oder fast gleichzeitig erregt werden; man könnte glauben, das Auge sehe den Lichtschein, das Ohr höre den Knall, die Nase rieche den Pulverdampf und die Hand spüre die Erschütterung, alles in demselben Augenblick. Es ist das aber nicht der Fall. Vielmehr wird man erst durch nachträgliches Ueberlegen herausfinden, was man für Nerven-erregungen gehabt hat. Dieses Ueberlegen geht freilich, wenn man mehrmals eine Pistole abgeschossen hat, ungemein schnell vor sich.

Den Astronomen ist es eine längst bekannte Thatsache, daß kein Mensch zugleich hören und sehen kann. Wenn durch ein Fernrohr ein sich bewegender Stern beobachtet wird, und der Beobachter soll, während er die Pendelschläge einer Uhr zählt, angeben, beim wievielten Pendelschlage der Stern sich an einem bestimmten Orte befindet, so irrt er jedesmal. Er gibt gewöhnlich einen Pendelschlag zu viel an. Er sieht erst und hört dann. Man hat den Fehler gefunden dadurch, daß man leuchtende Punkte, sozusagen künstliche Sterne an feinen Fäden, selbst durch Anhalten eines Uhrwerks angeben ließ, wann sie an einem bestimmten Orte sich befanden. Kein Mensch trifft auch bei den künstlichen Sternen den richtigen Zeitpunkt. Es ist ferner unrichtig, zu behaupten, geistig be-

gabte Menschen, wie Julius Cäsar und Napoleon I., hätten es verstanden, gleichzeitig zu diktiren und zu lesen. Es geschieht immer eins nach dem anderen. Das Diktiren kann nicht ohne Pausen vor sich gehen, welche nöthig sind, damit der Schreibende Zeit zum Schreiben habe. Diese Pausen kann der Diktirende mit Lesen einer beliebigen Schrift ausfüllen. Natürlich wird ein beschränkter Mensch trotzdem eine solche Operation nicht ausführen können, weil sein Gehirn weniger entwickelt, weniger geübt, oder von vorn herein mangelhaft angelegt war, so daß es langsamer arbeitet.

Daß man nicht zwei Nervenerregungen zu genau derselben Zeit zum Bewußtsein bringen kann, wird indessen Vielen vielleicht deshalb unglaublich vorkommen, weil man doch zu gleicher Zeit sich bewegen und eine davon unabhängige Empfindung haben kann. Man kann z. B. essen und lesen zugleich, man kann zugleich gehen und hören. Wenn man solche Fälle aber genau prüft, so findet man, daß eine von den beiden Thätigkeiten durch die andere beeinträchtigt wird. Beim Lesen während des Essens begegnet es einem oft, daß man denselben Satz nochmals lesen muß, oder daß man plötzlich beim Kauen innehält. Ähnlich beim Hören während des Gehens. Es kommt eben meistens in derartigen Fällen entweder nicht zu einer Empfindung, sondern nur zu einer Nervenerregung, oder es ist die Bewegung keine vollständige, sie wird unterbrochen oder mangelhaft ausgeführt. In den Fällen, wo wirklich eine Bewegung ausgeführt wird und vollkommen gleichzeitig eine Nervenerregung zum Bewußtsein gelangt, ist stets die Bewegung eine solche, die schon sehr häufig wiederholt worden ist, in der man, wie z. B. beim Kauen und Gehen, eine große Übung besitzt, und welche die Aufmerksamkeit nicht mehr in Anspruch nimmt. Man spricht daher wol

von mechanischen Bewegungen, bei denen der sich Bewegende an andere Dinge, als die Bewegung denkt. Eine ganz neue Bewegung kann kein Mensch gleich das erste Mal richtig ausführen, wenn seine Aufmerksamkeit anders in Anspruch genommen ist. Die Behauptung, daß man nicht zwei verschiedene Nervenerregungen vollkommen gleichzeitig zum Bewußtsein gelangen lassen kann, wird daher durch solche Thatfachen viel mehr befestigt als erschüttert.

Es wurde vorhin angegeben, daß zu einer jeden Empfindung ein Reiz nöthig ist, indem er es ist, welcher die einer Empfindung vorausgehende Nervenerregung hervorruft; daß dann Aufmerksamkeit nöthig ist, welche die Erregung zum Bewußtsein bringt.

Wir wollen hierbei einen Augenblick stehen bleiben.

Daß man, um eine Empfindung zu haben, vorher einen Reiz gehabt haben müsse, kann zwar im Allgemeinen nicht bestritten werden, aber eine Menge von krankhaften Erscheinungen, Hallucinationen, Visionen u. dgl. könnte doch zu der Ansicht Veranlassung geben, daß man auch ohne Reize Empfindungen haben könne. Es ist dies aber deshalb unrichtig, weil solche scheinbar „von selbst“ zu Stande gekommene Empfindungen nur stattfinden, wenn früher Reize auf den Körper von außen eingewirkt haben, und dann, weil in der That bei vielen solcher Hallucinationen sich doch ein äußerer oder innerer krankhafter Reiz nachweisen läßt. Uebrigens kommen auch im gesunden Zustande sehr häufig Empfindungen vor, welche scheinbar ohne Reize zu Stande kommen, nämlich im Traume. Die Empfindungen, welche während des Träumens auftreten, sind zurückzuführen auf früher erlebte Reize und Combinationen früherer Reize und Empfindungen. Wobei

indessen die Wirkung gleichzeitiger Reize nicht ganz ausgeschlossen ist.

Doch ist die Fähigkeit während des Schlafes zu empfinden, abhängig von der Tiefe des Schlafes. Während eines sehr tiefen traumlosen Schlafes werden auch ziemlich starke Reize nicht empfunden, z. B. wird das Schlagen einer Uhr nicht gehört. Unzweifelhaft findet dabei eine Erregung des Hörnerven statt, es kommen die vom Ohr aus telegraphirten Signale auch richtig an im Centralorgan, aber dort werden sie nicht in Empfang genommen, die Depesche wird nicht abgeliefert. Das Organ der Aufmerksamkeit, wenn ich mir den Ausdruck gestatten darf, ist unthätig während des tiefen Schlafes. Wenn aber, nach langer Nachtruhe, gegen Morgen der Schlaf leichter wird, und die Uhr schlägt wieder, dann geschieht es, daß die abermals vom Ohr aus in das Gehirn gelangten Signale das Organ der Aufmerksamkeit erregen, weil es jetzt nicht mehr so müde, nicht mehr so schwer erregbar, sondern durch die lange Ruhe, den Wiederersatz verbrauchter Stoffe, empfänglicher geworden. In diesem Augenblick wird der Schlafende wach. Was geschieht nun, wenn der Reiz eine wahre Empfindung, wenn also z. B. das Schlagen der Uhr eine Schallempfindung bewirkt hat, oder wenn, um bei unserem früheren Beispiele zu bleiben, der Nadelstich zum Bewußtsein gekommen ist, die Empfindung des Schmerzes hervorgerufen hat?

Die Folgen, welche eine Empfindung mit sich bringt, sind verschiedener Art. Bei weitem die meisten Empfindungen benutzen wir, um aus ihnen uns Vorstellungen zu bilden von den Gegenständen und Vorgängen der Außenwelt, welche den Reiz abgaben. Solche Vorstellungen heißen Wahrnehmungen, und zwar scheidet man die Wahrnehmungen je nach dem Sinne, der die ihr vorausgehende Empfindung vermittelte, in verschie-

dene, scharf getrennte Gruppen. So werden die Vorstellungen über das Vorhandensein, die Form, die Lage, die Farbe der äußeren Objecte, d. h. die Gesichtswahrnehmungen ganz ausschließlich durch das Licht und das Auge erzeugt, weder das Auge ohne Licht, noch das Licht ohne Auge kann sie uns geben, andererseits ist das Auge mit seinem Sehnerven zur Erzeugung anderer Vorstellungen außer denen des Sehens untauglich. Wenn man den Sehnerven drückt oder durchschneidet, so empfindet man keinen Schmerz, sondern man sieht einen Lichtschein. Die Vorstellungen, welche der Schall, indem er auf das Ohr wirkt, in uns erzeugt, sind einzig und allein durch den Schall und das Ohr möglich. Der Hörnerv ist unfähig, von irgend etwas anderem außer dem Schalle uns Nachricht zu geben, und der Schall kann von uns auf keine andere Weise, als nur durch den Hörnerv empfunden werden als Schall. Und so die anderen Sinne. Ganz gleichgiltig nun, durch welches Sinnesorgan eine Empfindung, und durch sie eine Vorstellung zu Stande kommt, die Empfindung erzeugt jedenfalls im Gehirn eine Veränderung, einen Zustand, welcher sich in einer offenkundigen Abhängigkeit von dem äußeren Reize befindet. Und zwar ist diese Abhängigkeit unserer Vorstellungen von der Außenwelt eine vollkommene, d. h. wir sind nicht im Stande uns einen Gegenstand vorzustellen, der nicht entweder als solcher existirt, oder aus Theilen existirender Gegenstände zusammengesetzt ist, ja wir müssen sogar selbst durch unsere Sinne vorher von der Existenz jener Gegenstände oder Theile von Gegenständen unterrichtet worden sein. Um sich z. B. einen Centauren vorzustellen, muß man ein Pferd und einen Mann gesehen haben, oder wenigstens die Theile eines Pferdes und eines Mannes. Die Menschen sind vollkommen außer Stande sich körperliche Dinge vorzustellen, welche nicht aus Theilen bekannter körper-

licher Dinge beständen. Trotz dieser schweren Fessel, trotz dieser sklavischen Abhängigkeit von der Außenwelt ist der menschliche Geist im Stande Neues zu schaffen, die großartigsten Entdeckungen und Erfindungen zu machen. Er will und denkt. Aber nur durch die Empfindungen kommt er dazu, und nur dadurch, daß er aus seinen Empfindungen sich Vorstellungen bildet. Das neugeborene Kind denkt nicht und will nichts; erst wenn seine Sinne ihre Thätigkeit beginnen, erst wenn es Empfindungen gehabt hat, fängt es ganz allmählich, aus ihnen sich Vorstellungen erzeugend, an zu wollen und zu denken. Anfangs sind alle seine Bewegungen gedankenlos, willenlos. Das Vermögen oder die Fähigkeit, zu denken (zu schließen) und zu wollen, ist angeboren, aber das einzige Material unseres Denkens sind unsere Wahrnehmungen, diese allerdings in unendlich wechselnder Mannichfaltigkeit.

Wir dürfen jedoch nicht vergessen, daß alles Neue, was überhaupt gedacht werden kann, nichts anderes als entweder eine Combination von Einzelheiten ist, welche vorher getrennt waren, oder eine Trennung von Einzelheiten, welche vorher vereinigt waren. — Aehnlich wie das Denken nicht ohne Empfindungen und Wahrnehmungen vor sich gehen kann, so auch das Wollen.

Wir sehen im gewöhnlichen Leben tagtäglich, wie eine aus einer Empfindung hervorgegangene Vorstellung ein Reiz wird für die centralen Endigungen der Bewegungsnerven im Gehirn, d. h. der Wille wird geweckt und telegraphirt durch die Bewegungsnerven in die Muskeln, damit die und die Bewegung ausgeführt werde, wie wir es vorhin bei dem Nadelstich hatten.

Man nennt das die Antwort auf den Reiz. Wenn aber kein Reiz da ist, oder da war, so kann auch keine Willensäußerung stattfinden. Der Wille seinerseits kann nicht anders

als durch Muskelbewegungen auf die Reize der Außenwelt antworten, wie schon hervorgehoben wurde. Oft aber bewirkt eine Wahrnehmung unabhängig vom Willen, mit Umgehung des Willens, eine Aenderung in irgend einem Körpertheil: eine freudige Nachricht erhöht die Herzthätigkeit, eine traurige bewirkt Thränenabsonderung, ein Schreck bewirkt Ohnmacht, eine komische Bemerkung Lachen u. s. f. Derartige, ohne Willen gegebene Antworten auf Reize nennt man Reflexbewegungen. Das Schreien des Neugeborenen ist eine solche. Natürlich ist die Grenze zwischen Reflexbewegung und willkürlicher, beabsichtigter Bewegung sehr schwer zu finden. Sehr starke Reize veranlassen leicht Reflexbewegungen. In allen Fällen, in denen die Empfindung und mit ihr die Wahrnehmung nicht gar zu unbedeutend war, einen Eindruck machte, geschieht, abgesehen von solchen Consequenzen, noch etwas; es wird nämlich die Vorstellung gewissermaßen ad acta gelegt d. h. sie wird aufbewahrt, bis irgend eine, oft erst nach Jahren auftretende Gelegenheit, eine ähnliche Vorstellung, sie wieder wachruft. Das Repositorium, in dem die Wahrnehmungen aufbewahrt bleiben, das Photographenalbum unserer Empfindungen, nennt man das Gedächtniß.

Doch ich entferne mich von dem Gebiete der experimentellen Forschung, welche bis jetzt kaum die einfachsten geistigen Vorgänge erobert hat. Bleiben wir bei ihnen. Ein gesunder ruhender Mensch soll durch einen Fingerdruck angeben, so schnell er nur irgend kann, wann er einen beliebigen Reiz empfunden hat. Es wird dabei, wie wir sahen, zuerst eine Veränderung der Endigungen des Empfindungsnerven bewirkt, eine Erregung; die Erregung pflanzt sich durch die Empfindungsnerven bis in das Gehirn fort. Im Gehirn wird sie dadurch zur Empfindung, daß Aufmerksamkeit ihr zu Theil wird. Aus der Empfin-

ding wird nun die Wahrnehmung des äußeren Reizes und die Vorstellung, ich bin verletzt, oder ich sehe das und das, oder was es denn gerade war. Die Vorstellung ihrerseits dient dann als Reiz für die centralen Enden der Bewegungsnerven: der Wille läßt durch die Bewegungsnerven einen Befehl wandern in die Fingermuskeln, damit diese sich zusammenziehen und anzeigen, daß der Reiz empfunden wurde. Wieviel Zeit braucht man nun um aus der Empfindung eine Vorstellung zu erzeugen?

Die Zeit ist kurz, aber sie ist eben so genau gemessen worden wie die, welche der Reiz braucht um im Nerven sich fortzupflanzen. Wenn wir dem Manne in jede Hand einen Drücker geben und an jedem Fuß einen elektrischen Apparat anbringen, und wir lassen ihn dann, so schnell er nur irgend kann, mit dem Drücker angeben, wann er den elektrischen Schlag am Fuß empfunden hat, mit der linken Hand den Schlag links, mit der rechten den rechts, so zeigt es sich, daß, wenn er vorher weiß, an welchem Fuß er gereizt werden soll, er viel weniger Zeit braucht dies anzuzeigen, als wenn er nicht weiß, ob er rechts oder links gereizt werden soll. Der Unterschied rührt nur daher, daß man Zeit braucht, um eine Empfindung zur Vorstellung werden zu lassen. Die Zeit beträgt 6 bis 7 Hunderttheile einer Sekunde. Wenn aber ausgemacht wird, daß man angeben soll, wann rothes oder gelbes Licht gesehen wird, ohne daß man vorher weiß, welche Farbe auftreten wird, dann dauert es 15 Hunderttheile einer Sekunde länger, als wenn man vorher die Farbe, die erscheinen soll, kennt.

Wenn eine Person eine Silbe sagt, z. B. ka, ke, ki, und eine andere soll sie so schnell wie möglich wiederholen, so zeigt es sich, daß viel mehr Zeit dazu nöthig ist, wenn der Wiederholende die Silbe nicht vorher kennt, als wenn er sie kennt;

der Unterschied für die Vorgänge im Gehirn beträgt 8 bis 9 Hundertel Sekunde. Diese Zeit ist also nöthig, um eine Vorstellung zu erregen. Man sieht, mit der Schnelligkeit des Gedankens ist es, ebenso wie mit der der Empfindung, so weit nicht her. Der elektrische Strom legt in derselben Zeit, die wir nöthig haben um eine einzige einfache Vorstellung uns zu bilden, in $\frac{1}{100}$ Sekunde über 40 Millionen Meter zurück.

Auch in anderer Hinsicht dürfen wir uns nicht allzusehr überheben. Helmholtz hat gefunden, daß der schwache Ton, welchen ein stark zusammengezogener Muskel hören läßt, höchstens 36 Schwingungen in der Sekunde hat. Man mag noch so energisch mit der höchsten Anstrengung des Willens den Muskel zusammenziehen, mehr als 36 Schwingungen in der Sekunde führt er nicht aus und es entsteht kein höherer Ton. Wenn man dagegen einen elektrischen Strom, der 120 mal in einer Sekunde unterbrochen und wieder geschlossen wird, auf den Nerven, der zum Muskel geht, wirken läßt, so zieht sich der Muskel 120 mal in der Sekunde zusammen, und man hört den höheren Ton mit 120 Schwingungen. Am Muskel und am Nerven liegt es also nicht, sondern am Gehirn, am Willen, daß wir nur 36 mal in der Sekunde den Muskel sich zusammenziehen lassen können. Unser Wille ist nicht im Stande, mehr als 36 Depeschen in der Sekunde abzusenden. Es ist natürlich hinreichend, aber wir sehen, wie weit er hinter den Apparaten, die wir anwenden, zurückbleibt.

Diese Betrachtungen führen uns zu der Frage: welches wol die Grenzen unseres Wahrnehmungsvermögens sein möchten, oder was dasselbe heißt, wie schwach darf der Reiz sein, damit wir ihn noch gerade empfinden? Diese Frage ist vielfach in Angriff genommen worden. Um die Resultate der zahlreichen Versuche, soweit sie ein allgemeineres Interesse

haben, zu verstehen, ist es jedoch nöthig, einige der Bedingungen zu kennen, unter denen solche die Empfindung messende Versuche angestellt werden müssen. Wir beschränken uns dabei auf das Auge, das Ohr und die Haut, und zwar auf die Messungen der Lichtempfindung, der Tonempfindung, der Druckempfindung und der Wärme- und Kälte-Empfindung. Es versteht sich von selbst, daß man zu solchen Experimenten nur Menschen mit sehr feinen Sinnesorganen brauchen kann. Man findet das leicht heraus. Wer ein gutes Ohr besitzt, hört das Tiktak einer Taschenuhr, auch wenn sie mehr als 25 Fuß vom Ohr entfernt ist. Ein schlechtes Ohr hört es oft in 3 Fuß Entfernung nicht. Ferner muß der Experimentirende, wenn er an sich die äußersten Grenzen der Unterscheidungsfähigkeit kennen lernen will, seine ganze Aufmerksamkeit auf den Versuch concentriren, was nicht jedermanns Sache ist. Er muß ferner eine große Übung im Schätzen, im Unterscheiden besitzen und endlich vorsichtig zwischen jedem Versuche pausiren, damit das zu prüfende Organ, sei es nun das Ohr, sei es das Auge, sei es die Haut, nicht ermüde und dadurch an Empfindlichkeit einbüße. Wenn man solche Vorsichtsmaßregeln beobachtet, kann man die Stärke der Empfindung ganz gut messen, indem man die Empfindungsunterschiede mißt, indem man die Stärke des Reizzuwachses mißt, welcher gerade noch mit Sicherheit empfunden wird. Stellen wir zunächst Versuche über die Druckempfindung an. Ein vollkommen gesunder Mensch wird mit verbundenen Augen an einen Tisch gesetzt und legt seine Hand auf den Tisch. Ein Anderer legt nun auf die Hand ein Gewicht, z. B. 29 Loth. Dann fügt er ein kleines Gewicht, z. B. $\frac{1}{4}$ Loth, hinzu und fragt den Sitzenden, ob er fühle, daß etwas hinzugekommen sei. Er wird „nein“ sagen. Man fährt dann fort lauter kleine Ge-

wichte hinzuzufügen, bis endlich der mit den verbundenen Augen deutlich einen Unterschied bemerkt. Es geschieht, wenn ein ganzes Loth zugefügt worden. Stellt man nun mit verschiedenen Gewichten und Menschen hunderte solcher Versuche an, so ergibt sich ein höchst merkwürdiges, von E. H. Weber entdecktes Gesetz. Es zeigt sich nämlich, daß das zugefügte Gewicht, welches gerade empfunden wurde, immer in demselben Verhältnisse zu dem Anfangsgewicht steht, einerlei, was dieses für ein Gewicht war. Es darf nur gewisse Grenzen nach oben und unten nicht überschreiten. Also wenn das anfängliche Gewicht 29 Loth betrug, so merkt man einen Unterschied erst, wenn 1 Loth hinzugekommen ist. War das Anfangsgewicht aber 29 Unzen, so wird ein Unterschied erst bemerkt, wenn das Zusatzgewicht eine Unze beträgt. Man kann also das Gesetz von den Unterschieden in der Druckempfindung durch eine einzige Zahl ausdrücken, durch die Zahl $\frac{1}{30}$. Wir sind nicht im Stande, bei Gewichten, welche auf der Haut ruhen, einen Druckunterschied zu empfinden, wenn er nicht wenigstens $\frac{1}{30}$ des ursprünglichen Gewichtes beträgt. Es begreift sich daher, daß bei hohen Gewichten die Unterschiede sehr viel größer sein müssen, als bei kleinen. Zu 10 Loth muß $\frac{1}{3}$ Loth kommen, zu 5 Loth braucht nur etwa $\frac{1}{6}$ Loth zu kommen, um empfunden zu werden. Wir sind also weniger empfindlich, als eine Wage. Eine gute Wage zeigt $\frac{1}{3}$ Loth an, wenn sie auf beiden Wagschalen mit 100 Loth belastet ist, und wenn sie mit 5 Loth beiderseits belastet wurde, zeigt sie viel weniger als $\frac{1}{3}$, zeigt sie $\frac{1}{1000}$ Loth sofort an. Der Unterschied ist aber kein principieller, denn auch bei den allerempfindlichsten Wagen läßt sich eine Grenze finden. Keine Wage zeigt, wenn sie beiderseits mit einem Centner belastet ist, einen Ausschlag, wenn man ein Quentchen auf der einen Seite hinzufügt.

Ähnlich verhalten wir uns den Thermometern gegenüber. Während die wärmemessenden Instrumente mit Bequemlichkeit $\frac{1}{1000}$ Grad abzulesen gestatten, können wir selbst unter den allergünstigsten Bedingungen nur $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{10}$ Grad R. unterscheiden. Man taucht einen Finger jeder Hand in je ein Gefäß, welches mit Wasser von verschiedener Temperatur angefüllt ist. Es zeigt sich dabei im Allgemeinen, daß, wenn der Temperaturunterschied weniger als $\frac{1}{10}$ Grad beträgt, man keinen Unterschied mehr empfindet. Nur von wenigen, besonders geübten Beobachtern sind geringere Unterschiede empfunden worden. Aber nur, wenn die Temperatur des Wassers zwischen etwa 30 und 40 Grad R. betrug. Ist das Wasser sehr viel kälter oder wärmer, so ist der eben merkbare Unterschied ein sehr viel größerer, größerer. Bei solchen Versuchen über Wärme- und Kälteempfindung sind übrigens sehr viele Vorsichtsmaßregeln zu beobachten, um sich vor Täuschungen zu schützen. Eine solche wurde schon zu Anfang dieses Vortrages beispielsweise erwähnt, die nämlich, daß warme Gewichte uns leichter scheinen als kalte. Eine andere ist die, daß eine und dieselbe Flüssigkeit uns je nachdem bald warm, bald kalt erscheint, wenn wir die ganze Hand, oder nur die Fingerspitze eintauchen. Leicht zu verstehen als diese Eigenthümlichkeiten unserer Nerven ist der Umstand, daß Körper, welche die Wärme gut leiten, uns kälter erscheinen als solche, die sie schlecht leiten, denn wir empfinden Kälte immer dann, wenn unsere Haut mit Gegenständen in Berührung kommt, welche eine niedrigere Temperatur als die Haut haben, welche ihr also Wärme entziehen, Wärme aber empfinden wir stets, wenn ein Körper die Haut berührt, dessen Temperatur höher als die der Haut ist, welcher der Haut also Wärme mittheilt. Metalle fühlen sich kälter an als Holz, da erstere uns Wärme entzie-

hen. Leinwand scheint kälter als Wolle, als ein Pelz, daher letztere zur Winterkleidung benützt werden.

Weiter. Auch die Lichtempfindung ist gemessen worden, d. h. man hat untersucht, welches der kleinste Unterschied zwischen der Stärke zweier Lichtquellen ist, den man gerade noch wahrnimmt. Um dies zu erfahren, hat man sehr zahlreiche und mannichfaltige Versuche angestellt. Und es hat sich dabei gezeigt, daß die gerade merkbare Abnahme oder Zunahme der Stärke eines Lichtes für verschiedene Augen etwas verschieden ist. Wird ein Licht sehr wenig heller, so merkt man keinen Unterschied. Erst wenn es um $\frac{1}{100}$ seiner eigenen Größe heller oder dunkler wird, merkt man einen Unterschied. Einige besonders geübte Augen merken jedoch schon bei $\frac{1}{13}$, ja bei $\frac{1}{17}$ einen Unterschied. Weniger empfindliche Augen erst bei $\frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{4}$. Jedenfalls ist das Auge also ein viel feineres Sinnesorgan für Licht, als die Haut für Druck. Wie steht es nun mit dem Ohr? Um zu bestimmen, welche Unterschiede ein gutes Ohr gerade noch empfindet, untersucht man, um wieviel ein Schall durch seine Stärke von einem zweiten, sonst vollkommen gleichartigen Schalle abweichen muß, damit man den einen Schall vom andern unterscheiden kann.

Die Grenze der sicheren Unterscheidung liegt bei einem Verhältniß der Schallgrößen wie 72 bis 75 zu 100. Wir dürfen indessen nicht hieraus auf eine Unempfindlichkeit des Ohres schließen, denn es gibt andere Thatsachen, welche das Gegentheil beweisen, welche beweisen, daß das Ohr eines der allerempfindlichsten Apparate ist. Wenn z. B. zwei Pendel nebeneinander schlagen, so kann man durch das Ohr unterscheiden bis auf ungefähr $\frac{1}{100}$ Sekunde, ob ihre Schläge zusammenreffen oder nicht. Das Auge würde schon bei $\frac{1}{4}$ Sekunde vergeblich suchen zu entscheiden, ob zwei Lichtblitze zeitlich zusammen-

treffen oder nicht (Helmholtz). Geübte Musiker sind (nach Seebeck) im Stande, zwei Töne von einander zu unterscheiden, deren Schwingungszahlen sich verhalten wie 1200 zu 1201. Der höchste Ton, welchen das Ohr wahrnehmen kann, macht (nach Desprez) 38000 Schwingungen in der Sekunde, er ist aber sehr schmerzhaft, der tiefste 8 bis 16. Die Grenzen liegen also sehr weit auseinander. Doch das sind Thatsachen, welche nicht jenen anderen Versuchen gleichgestellt werden dürfen. Es handelt sich da um ein Geräusch, hier handelt es sich um einen Ton. Plausibeler wird der große Unterschied, wenn man bedenkt, daß man, wenn irgendwo ein starker Lärm sich geltend macht, sein eigenes Wort nicht hört, daß man, wenn man Schießen hört, das Tiktak der Uhr nicht wahrnimmt. Kleine Reize zu großen addirt werden nicht empfunden, wenn sie nicht eine gewisse Größe erreichen. Gerade wie beim Druck ein halbes Loth zu einem Pfunde gebracht nicht gefühlt wird, es muß mehr dazu gebracht werden.

Es versteht sich hierbei ebenso wie bei den vorhin beschriebenen Versuchen von selbst, daß nicht in jedem einzelnen Fall genau derselbe Grenzwertb gefunden wird, z. B. Druck $\frac{1}{30}$. Wenn man aber sehr viele Versuche anstellt und die Zahl aufsucht, von der sämtliche Versuchsergebnisse am wenigsten abweichen, so erhält man $\frac{1}{30}$. Die Fehler werden kleiner. Doch solche Betrachtungen führen zu weit.

Für diesmal wollen wir uns damit begnügen, festgestellt zu haben, daß zum Empfinden Nerven nöthig sind, daß man empfindet, nur wenn ein Reiz auf die Nerven einwirkt, und selbst dann nur in dem Falle, daß die Aufmerksamkeit wach ist, wobei entweder der Reiz so stark ist, daß er sie ohne weiteres auf sich lenkt, oder so schwach, daß es einer Willensthätigkeit bedarf, die Aufmerksamkeit zu spannen. Wird die Aufmerk-

samkeit dem Reiz nicht zu Theil, so kommt es zu keiner Empfindung, sondern nur zu einer Nervenerregung. Wir sahen ferner, daß sowohl zur Fortpflanzung der Erregung durch den Nerven, wie zu der Verarbeitung desselben im Gehirn eine gewisse Zeit nöthig ist, daß man niemals zwei gesonderte Empfindungen zu genau derselben Zeit haben kann, also niemals zwei Sinnesindrücke vollkommen gleichzeitig gesondert zum Bewußtsein gelangen können.

Ferner sahen wir, daß, so wunderbar auch unsere Sinnesorgane eingerichtet sind, sie doch nicht zu den empfindlichsten Apparaten gehören. Es ist das auch gut, denn sonst würden wir keinen Augenblick im Leben zur Besinnung kommen können, wir würden fortwährend durch telegraphische Depeschen von den Sinnesorganen in unserer Ruhe gestört werden. Daher ist es gut, daß wir nicht zu viel zu sehen, zu hören, zu fühlen bekommen. Schlaf wäre unmöglich.

Endlich ergab sich, daß unsere ganze geistige Thätigkeit abhängt von unserer Fähigkeit zu empfinden.

Die Empfindungen sind es, welche uns erst ermöglichen, den Willen zu gebrauchen mit seiner weltgestaltenden Energie, welche uns erst in den Stand setzen, Gedanken zu fassen, und sie schenken uns die Phantasie. Wir verdanken unseren Empfindungen die erhabensten Eigenschaften, deren sich die Menschheit erfreut, vor allem die Fähigkeit, uns selbst zu erkennen, den Körper wie den Geist. Es ist deshalb eine unserer obersten Pflichten, das Thor unserer Sinne weit zu öffnen, aber auch alles zu thun was nur in unserer Macht steht, um sie gesund zu erhalten.

Die genauen Beschreibungen der in diesem Vortrage erwähnten physiologischen und psychophysischen Experimente und neueren histologischen Beobachtungen finden sich in folgenden Werken:

- E. du Bois-Reymond: On the time required for the transmission of volition and sensation through the nerves. Royal Institution 1866.
- E. du Bois-Reymond: Untersuchungen über thierische Electricität. Berlin 1848—1860.
- A. Bain: The emotions and the will. London 1859.
- A. Bain: The senses and the intellect. Second edition. London 1864.
- D. Deiters: Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark des Menschen und der Säugethiere, herausgegeben von W. Schulze. Braunschweig 1865.
- G. Th. Fechner: Elemente der Psychophysik. Leipzig 1860.
- H. Helmholtz: Messungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven. In Joh. Müller's Archiv der Anatomie und Physiologie und wissenschaftlichen Medicin. 1850 und 1852. Berlin.
- H. Helmholtz: Versuche über das Muskelgeräusch. In den Monatsberichten der Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1864.
- H. Helmholtz: Die Lehre von den Tonempfindungen. Braunschweig 1863.
- H. Helmholtz: Handbuch der physiologischen Optik. Leipzig 1867.
- H. Hirsch: Chronoskopische Versuche über die Geschwindigkeit der verschiedenen Sinnesindrücke und der Nervenleitung. Ueber persönliche Gleichung u. In J. Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre. 9. Bd. 1864.
- J. J. de Jaager (unter Donders' Leitung): De physiologische tijd bij psychische Processen. Inaug.-Diss. Utrecht 1865.
- F. Rohrkrausch: Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Reizes in den menschlichen Nerven. In Henle und Pfeufer's Zeitschrift für rationelle Medicin. 28. Bd. 1866.
- H. Schelske: Neue Messungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Reizes in den menschlichen Nerven. In Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv. 1864.
- C. Rohlfshütter: Messungen der Festigkeit des Schlafes. In der Zeitschrift für rationelle Medicin von Henle und Pfeufer. (3) XVII. 1863.
- W. Kühne: Ueber die peripherischen Endorgane der motorischen Nerven. Leipzig 1862, und in Virchow's Archiv. Bd. 27. 29. 30. 34.

- E. Pflüger: Untersuchungen über die Physiologie des Electrotonus. Berlin 1859.
- E. G. Weber: Ueber Tastsinn und Gemeingefühl in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Braunschweig.
- R. Wagner: Ueber Tastkörperchen, Corpuscula Tactus. In Joh. Müller's Archiv. 1852.

Nachträglich.

- W. Camerer: Versuche über den zeitlichen Verlauf der Willensbewegung. 1866. Tübingen. (Unter Vierordt's Leitung.) Inaug.-Diss.
- H. Helmholtz: Versuche über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den motorischen Nerven des Menschen. In den Monatsberichten der Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1867.