

The Virtual Laboratory

Max-Planck-Institute for the History of Science, Berlin
<<http://vlp.mpiwg-berlin.mpg.de/>>

Kries, Johannes A. von und Felix Auerbach. 1877. Die Zeitdauer einfachster psychischer Vorgänge. Archiv für Physiologie: 297-378

Die Zeitdauer einfachster psychischer Vorgänge.

Von

Dr. med. Johannes v. Kries und Dr. phil. Felix Auerbach.

(Hierzu Tafel VIII u. IX.)

Einleitung.

Zweck der Versuche. — Es ist bekannt, dass die Entstehung unserer Sinneswahrnehmungen ein Vorgang von grosser Complicirtheit ist. Derjenige Theil unserer Vorstellungen, welcher zusammenfassend als Sinnlichkeit bezeichnet wird, erhält nur sein Material in den Sinnesempfindungen. Unser Bewusstsein aber findet, wenn es sich selbst beobachtet, dieses Material niemals im rohen Zustande, sondern in fertiger Bearbeitung vor. Ueber das Wesen und die Ausdehnung dieses Bearbeitungsprocesses gehen nun die Meinungen weit auseinander. Als classisches Beispiel desselben gilt der Vorgang der Localisation (von Gesichts- oder Tastempfindungen) allen denjenigen, welche ihn auf Grundlage einer empiristischen Theorie erklärt wissen wollen. Diese und alle ähnliche Fragen schienen uns eine experimentelle Beleuchtung zuzulassen von einer wenigstens aus diesem Gesichtspunkte noch wenig beachteten Seite. Diese besteht in der Bestimmung der Geschwindigkeit, mit welcher die verschiedenartigen Wahrnehmungen zu Stande kommen. Die Frage lautet also, um gleich ein Beispiel anzuführen, so: Wie lange Zeit nach dem Eintritt eines Gesichtsreizes vergeht, bis ich weiss, welche Farbe derselbe hat, wie lange bis ich weiss, an welcher Stelle des Gesichtsfeldes er sich befindet u. s. w.? Die Methode, eine solche Frage zu beantworten, kann eine mehrfache sein.

Methode von Baxt. — So liess Baxt (Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. IV) auf einen Gesichtseindruck sehr schnell einen andern, starken und vom ersten verschiedenen, den sog. auslöschenden Reiz, folgen. Wird das Intervall zwischen beiden über ein gewisses Maass verkleinert, so hört

die Möglichkeit auf, den ersten zu erkennen. Die Beziehung einer solchen Versuchsreihe auf unsere Frage ist indessen, wie man bald sieht, eine nur mittelbare. In dem Augenblicke nämlich, wo der „auslöschende Reiz“ anfängt als solcher wirksam zu werden, braucht der vorherige Gesichtseindruck noch gar nicht fertig erkannt zu sein; es muss nur der ganze sich ihm anschliessende psychophysische Vorgang in ein Stadium getreten sein, wo ihm der auslöschende Reiz nichts mehr anhaben kann. Welches aber dieses Stadium sei, das wissen wir natürlich nicht. Ueberdies ist das, was hier bestimmt wird, die Zeit, die zwischen dem Entstehen der beiden Reize vergehen darf. Präcisiren wir aber genauer, worauf es bei unserer Untersuchung ankommt, so finden wir, dass die Frage anders gestellt werden muss. Uns interessiren nämlich hier in keiner Weise die Vorgänge im peripherischen Nerven; wir wollen vielmehr wissen, wie lange, nachdem überhaupt Empfindung entstanden ist, ihre Beschaffenheit, ihr Ort u. s. w. erkannt wird. Nun sind wir nicht ohne Weiteres berechtigt anzunehmen, dass zwischen dem Entstehen des ersten Reizes und dem Beginn der Empfindung gerade ebenso viel Zeit liegt, als zwischen dem Augenblicke, wo der auslöschende Reiz gesetzt wird und dem Zeitpunkt, wo er, im Centralorgan, als solcher wirksam wird.

Grundzüge der benutzten Methode. — Eine correcte Antwort auf die gestellten Fragen glaubten wir dagegen von einer andern Methode erwarten zu dürfen, welche von Donders und de Jaager¹ bereits zu ähnlichen Untersuchungen benutzt worden ist. Das Wesentliche derselben lässt sich allgemein so darstellen: Wenn Jemand auf irgend eine Empfindung mit möglichster Geschwindigkeit durch eine Reaction irgend welcher Art zu antworten hat, so vergeht eine gewisse Zeit von dem Augenblicke, wo der jene Empfindung hervorrufende Reiz entsteht, bis zu dem Augenblicke, wo die Reaction erfolgt. Diese Zeit, die Reactionszeit, ist bekanntlich Gegenstand sehr vieler messender Versuche geworden. Es sei nun diese Zeit für einen bestimmten Reiz bei einem Individuum bekannt. Es kann sodann eine Einrichtung getroffen werden, welche nöthigt, auf den gleichen Reiz erst dann zu reagiren, nachdem irgend eine Eigenschaft desselben erkannt worden ist. Wir setzen z. B. fest, dass auf einen Reiz *a* durch eine Reaction α , auf *b* durch die Reaction β geantwortet werden soll (Donders *b*-Methode) und lassen nun auf den Reagirenden, in unregelmässiger und ihm nicht bekannter Folge wechselnd, *a* und *b* einwirken. Dann kann er nicht mehr reagiren, sobald er überhaupt einen Reiz empfindet, sondern erst nachdem er die

¹ de Jaager, *de physiologische tijd bij psychische processen*. Utrecht 1865. — Donders, *Schnelligkeit psychischer Prozesse*. *Dies Archiv* 1868.

Beschaffenheit desselben, als eines a bez. b , aufgefasst hat. Die Zeit zwischen Reiz und Reaction wird alsdann verlängert erscheinen und dieser Zuwachs wird uns, um mit Donders zu reden, „die zur Auflösung des Dilemma“ nöthige Zeit darstellen. In dieser Form indessen ist die Methode für unsern Zweck noch nicht einwurfsfrei. Man muss nämlich berücksichtigen (was auch Donders hervorhebt), dass diese Verzögerung vermuthlich nicht blos der Complication der Wahrnehmung zuzuschreiben ist, sondern auch der Complication des Reactionsverfahrens, welches ein doppeltes statt eines einfachen geworden ist. Nachdem man erfasst hat: der Reiz war a , muss man sich noch erinnern, dass zu a die Reaction α gehört, und von den beiden Reactionen α und β , auf welche man gleichmässig vorbereitet war, die richtige auswählen. Man bekommt demnach in die Verzögerung einen höchst wahrscheinlich von Null verschiedenen Theil hinein, welcher zu der Unterscheidungszeit für die Empfindung nicht gerechnet werden darf. Deswegen haben wir uns in allen Fällen nur einer Reaction bedient und bei den Versuchsreihen mit abwechselnden Reizen festgesetzt, dass nur auf den einen, auf den andern aber überhaupt gar nicht reagirt werden solle (Donders c -Methode).

Alle unsere Versuche zerfallen daher in zwei Klassen, die wir kurz als „einfache Versuche“ und „Versuche mit Unterscheidung“ bezeichnen wollen. Dieselben wurden stets (mit ganz wenigen, dann speciell bemerklich gemachten Ausnahmen) in der folgenden Weise combinirt:

1) Eine Reihe einfacher Versuche; es wirkt wiederholt, in annähernd gleichen Intervallen, ein und derselbe bekannte Reiz a auf den Reagirenden¹ ein. Dieser beantwortet möglichst schnell die Empfindung durch die stets gleiche Reaction.

2) Eine Reihe von Versuchen mit Unterscheidung; derselbe Reiz a wird mit einem andern b unregelmässig abwechselnd applicirt; es wird nur auf a , nicht auf b reagirt.

3) Die erste Reihe einfacher Versuche wird in ganz unveränderter Weise wiederholt. Die Häufung der Einzelversuche, sowie die Wiederholung der ersten Reihe ist nothwendig, damit der störende Einfluss möglichst eliminirt werde, welchen das nicht constante Verhalten des ganzen psychophysischen Mechanismus ausübt. Namentlich würde ohne eine solche Vorsicht die Ermüdung constante Fehlerquellen einführen. Hier nun wird aus dem bei 1) und dem bei 3) erhaltenen Resultate das Mittel genommen und dies abgezogen von dem bei 2) gefundenen Werthe.

¹ Wer unter dem Reagirenden zu verstehen sei, ist selbstverständlich; den andern, der unterdessen die Auslösung der Reize u. s. w. zu besorgen hatte, nennen wir mit Helmholtz den Beobachtenden.

Die Differenz nennen wir die für die Unterscheidung des a von b erforderliche Unterscheidungszeit. Diese kann natürlich im Allgemeinen eine andere sein, als die für die Unterscheidung des a von c , oder des b von a erforderliche. Durch diesen Umstand, auf den wir später werden zurückkommen müssen, rechtfertigt sich die etwas weitläufige Bezeichnung. Es würde nicht genügen, einfach von der Erkennungszeit des Reizes a zu sprechen.

Wir wollen nun genau präcisiren, welchem psychischen Vorgange der gefundene, als Unterscheidungszeit bezeichnete Werth entspricht. Wir dürfen annehmen, dass bei den einfachen Versuchen unmittelbar an das Entstehen der Empfindung eine Reihe von Vorgängen sich anschliesst, die zur Erregung gewisser motorischer Nerven zum Zwecke der Reaction führt. Die Ursache dieses Verhältnisses ist der ein für alle Male gefasste Entschluss: „ich reagire, sobald ich empfinde.“ Im andern Fall wird ganz die gleiche Reihe von Vorgängen beginnen in dem Augenblicke, wo der Reagirende erkannt hat: es ist a (und nicht b). Es ist gewiss zulässig anzunehmen, dass von diesem Augenblicke an ein Unterschied gegen den ersten Fall nicht mehr besteht. Ebenso ist die Reihe der centripetalen Vorgänge bis zu dem Augenblicke, wo die Empfindung beginnt, in beiden Fällen genau die gleiche. In dem Falle eines Versuchs mit Unterscheidung haben wir also genau dieselben Vorgänge, wie in dem einfachen; nur ist an einer bestimmten Stelle der ganzen Reihe ein Process eingeschoben. Die Differenz der Gesamtzeiten wird uns also die Dauer dieses Processes angeben. Wir definiren daher die Unterscheidungszeit als

diejenige Zeit, welche vergeht vom ersten Anfang der Empfindung a bis zu dem Momente, wo erkannt wird, dass es a (im Gegensatz zu b) sei.

Auch gegen diese Form der Methode hat Wundt eine Einwendung gemacht (*Physiologische Psychologie*, S. 744 u. 745). Wir können nicht umhin zu glauben, dass dieser Einwurf auf einem Missverständniss beruhe. Wundt bemerkt erstens, dass bei den c -Versuchen die „Wahlzeit“ nicht völlig fortfalle; hierin hat er vollkommen Recht, aber was er Wahlzeit nennt ist ja auch eben das, was wir bestimmen wollen und was, so viel wir sehen, auch Donders bestimmen wollte. „Zweitens“, fährt Wundt fort, „ist es zweifellos, dass in den Versuchen a^1 und c sich auch die Apperception unter verschiedenen Bedingungen befindet. Wenn wir nur auf einen bestimmten Eindruck aus einer grösseren Reihe reagiren wollen, so ist auf ihn von vorn herein unsere Aufmerksamkeit

¹ Donders a -Methode entspricht unseren einfachen Versuchen.

gespannt. Die Apperceptionsdauer ist also hier sehr wahrscheinlich kleiner, als wenn jeder Eindruck für uns gleichen Werth hat. Demnach ist wohl anzunehmen, dass jene Differenz $c-a$ in der Verkürzung sowohl der Apperceptions-, wie der Willenszeit ihren Grund hat, ohne dass aber jemals einer dieser Zeiträume, wie Donders annimmt, gleich Null würde.“ Uns ist dieser Einwurf nicht recht verständlich. Sowohl bei a als bei c ist die Aufmerksamkeit nur auf einen Reiz gespannt, und der Fall, dass mehrere Eindrücke für uns gleichen Werth haben, kommt hier gar nicht vor. Die Apperception wird sich also beide Male unter möglichst gleichen Verhältnissen befinden. Ebenso wenig wird angenommen, dass die Willenszeit verschwinde, sondern nur, dass sie in beiden Fällen gleich sei. Den Unterschied wird also nur die eingeschobene Unterscheidungszeit bilden.

Der besondere Umstand, unter dem bei unseren Versuchen diese Zeit gemessen wird, besteht darin, dass die Aufmerksamkeit völlig darauf concentrirt ist, zu erkennen, dass man a empfinde (im Gegensatz zu b). Der psychische Zustand, in dem man sich bei diesen Versuchen befindet, ist sehr eigenthümlich und verdient wohl eine kurze Schilderung. Bei Versuchen, in denen auf beide Reize reagirt werden soll, aber auf den einen anders als auf den andern, muss man von vorne herein seine Aufmerksamkeit theilen. Dies ist aber sehr schwierig oder eigentlich unmöglich. Man wird nämlich überall da, wo es möglich ist, die Aufmerksamkeit auf den einen oder den anderen Reiz zu richten, es unmöglich finden, sie auf beide zugleich zu wenden. So kann man sehr gut auf eine bestimmte Hautstelle achten, um den dort einwirkenden Reiz möglichst schnell zu bemerken. Versucht man aber in gleicher Weise, seine Aufmerksamkeit auf zwei verschiedene Hautstellen zu lenken, so wird man finden, dass sie stets abwechselnd der einen und der anderen zugewandt wird, aber niemals dauernd beiden gleichmässig. — Hat man nun aber blos auf den einen Reiz zu reagiren, so darf man seine ganze Aufmerksamkeit auf diesen concentriren, und sich um alles Andere gar nicht kümmern. Hierdurch ist der psychische Zustand dem bei einfachen Versuchen viel ähnlicher, der Vergleich also ein correcterer. Merkwürdig ist hierbei, dass unter verschiedenen Umständen diese Concentration der Aufmerksamkeit sehr verschieden gelingt. So ist es leicht, die Aufmerksamkeit zu richten auf eine bestimmte Stelle der Haut oder des Gesichtsfeldes; schwieriger schon auf einen Ton von bestimmter Höhe, noch schwieriger auf eine Lichterscheinung von bestimmter Farbe.

In manchen Fällen wird ferner die Annahme unabweisbar, dass die Vorstellung des andern Reizes, auf den nicht reagirt werden soll, doch

auch dem Sensorium irgendwie gegenwärtig ist; denn die Unterscheidungszeit findet sich von der Wahl desselben nicht unabhängig.

Nicht selten schliesslich wirkt bei diesen Versuchen die Phantasie störend, welche den Reagirenden veranlasst eine Erwartung zu bilden, welcher Reiz kommen werde. Hier macht es nun begreiflicher Weise einen Unterschied, ob diese Erwartung das Richtige traf oder nicht, und die Constanz der Resultate wird beeinträchtigt. Hiervon kann man sich zuweilen nur dadurch frei machen, dass man die Gedanken auf ganz fremdartige Gegenstände wandern lässt. Eine solche Ablenkung wirkt keineswegs so störend auf die Versuchsergebnisse, als man erwarten sollte. Im Gegentheil geben solche Reihen, wo die Versuche sozusagen instinctiv gemacht werden, ganz constante Resultate, welche sich auch dem Mittel der übrigen durchaus anschliessen. Indessen waren dies lediglich Ausnahmefälle; als Regel galt uns möglichstes Festhalten der Vorstellung desjenigen Reizes, auf den reagirt werden sollte.

Technik der Versuche.

Apparate. — Nach diesen einleitenden Bemerkungen wollen wir an die Beschreibung der benutzten Apparate gehen. Wiewohl wir die Versuche auf den Tast-, Gehörs- und Gesichtssinn erstreckt haben, ist doch der wesentlichste Theil des zur Anwendung kommenden Apparates allen diesen Versuchen gemeinsam. Wir schicken daher seine Beschreibung voraus, um bei den einzelnen Reihen nicht wieder darauf zurückzukommen.

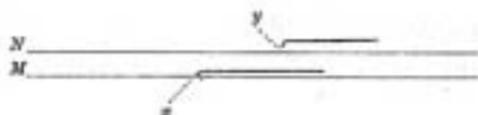
Als zeitmessende Vorrichtung diente uns stets die rotirende Trommel des Kymographion. Der um seine vertikale Axe rotirende Cylinder ist mit Papier überspannt und berusst. Indem er durch das Uhrwerk des Kymographion in Rotation versetzt wird, laufen die Punkte eines Horizontalschnittes an der Schreibvorrichtung vorüber. Der Cylinder kann ausserdem parallel seiner Axe verschoben (gesenkt oder gehoben) werden, so dass ein anderer Horizontalschnitt an die Schreibvorrichtung kommt. Wir benutzten dies in der Weise, dass wir eine Reihe gleichartiger Versuche auf dieselbe Abscisse schreiben liessen und beim Uebergang zu einer neuen Reihe den Cylinder verschoben. Die auf dem berussten Papier erhaltene Zeichnung wurde in der üblichen Weise durch alkoholische Schellacklösung fixirt. Die Schreibvorrichtung war eine doppelte, derart, dass zwei Nadeln, deren Spitzen senkrecht über einander lagen, auf das berusste Papier zwei parallele Horizontallinien schrieben.

In der schematischen Zeichnung (Fig. 1) ist *T* die Trommel des Kymographion, welche um die Axe *A* rotirt. Von den beiden schrei-

benden Nadeln steckt die obere, *N*, in einem Bälkchen, welches um *B* in der Ebene der Zeichnung gedreht werden kann. Dasselbe trägt die beiden Anker *C*. *E* sind die Pole eines kleinen, senkrecht zur Ebene der Zeichnung liegenden Elektromagnetes. Wird nun dieser von einem Strom durchflossen, so liegen die Anker *C* an den Polen *E* an und *N* schreibt bei rotirender Trommel eine Horizontallinie auf. In dem Augenblicke, wo der Strom unterbrochen wird, entfernt die Feder *F* die Anker vom Elektromagnet und erhebt zugleich die Nadel *N*. Die obere Nadel markirt demnach auf der Trommel den Augenblick, in welchem ein den Elektromagnet *E* durchfließender Strom unterbrochen wird.

Die untere Nadel *M* ist in dem Bälkchen *H* befestigt, welches mit dem Arm *J* in Art eines Winkelhebels verbunden, um eine durch *K* senkrecht zur Ebene der Zeichnung gehende Axe gedreht werden kann. Einen eben solchen Winkelhebel bildet das Plättchen *G* mit dem Arm *O*, drehbar um *L*. Wenn man *G* herabdrückt, so wird durch die Berührung von *O* und *J* diese Bewegung gleichzeitig auf *J* und somit auf *M* übertragen. Gleichzeitig also mit dem Herabdrücken von *G* wird die Nadel *M* erhoben. *G* trägt nun ein Stahlplättchen, welches in der Ruhestellung die Spitze *S* berührt; es wird an dieselbe, wie man sieht, durch die Feder *P* angedrückt. Dieser Contact dient nun wieder zur Schliessung eines Stroms. Wird *G* herabgedrückt, also von *S* entfernt, so wird der Strom unterbrochen, da im Uebrigen eine leitende Verbindung zwischen *G* und *S* nicht stattfindet. Auch die Erhebung der Nadel *M* markirt also den Moment einer Stromunterbrechung.

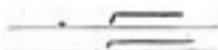
Die Anwendung des Apparates war nun stets so, dass die Unterbrechung bei *GS* den Reiz gab; durch die Reaction wurde sodann der durch *E* fließende Strom unterbrochen. Man erhält also bei jedem Versuch eine solche Figur:



x giebt die Zeit des Reizes, *y* die der Reaction an; die horizontale Komponente von *xy* giebt also die zwischen Reiz und Reaction verfllossene Zeit an.¹ Es ist dabei vorausgesetzt, dass weder zwischen der Unterbrechung bei *GS* und dem Entstehen des Reizes, noch zwischen der Reaction und der Bewegung der Anker *C* eine in Betracht kommende

¹ Hierbei ist natürlich eine einfache Correction anzubringen, wenn bei ruhender Trommel die Spitzen der Nadeln nicht genau senkrecht untereinander stehen.

Zeit vergehe. Was die Reize betrifft, so werden wir sehen, dass nur in einem Falle diese Voraussetzung nicht genau erfüllt war. Die Reaction und die Art ihrer Wirkung kann, da sie stets dieselbe war, gleich hier besprochen werden. Wir hatten Sorge getragen, sie möglichst einfach zu machen. Ein Finger der im Uebrigen unterstützten rechten Hand berührte ganz leicht, ohne Druck, mit dem Nagel, den Hebel *H* eines Relaisapparates. Fig. 2 giebt die schematische Zeichnung. Der Hebel *H* wurde durch eine schwache Feder *Q* gegen eine über ihm befindliche Spitze *S* gedrückt. Der Contact *HS* schloss den durch *E* gehenden Strom. Ein ganz leiser Fingerdruck genügte also, um den Strom zu unterbrechen; es verging hierbei, weil der Finger mit dem Nagel aufruhete, keine Zwischenzeit durch das Eindrücken weicher Theile. Von der Promptheit, mit der die Unterbrechung des Stromes wirkt, suchten wir uns auf folgende Weise ein Bild zu verschaffen. Den bei *GS* (Fig. 1) zu unterbrechenden Strom führten wir durch den Elektromagnet *D* des Relais, welches in seiner andern Stellung Fig. 3 darstellt. War nun dieser Strom geschlossen, so ruhte der Anker *C* auf *D*. Nun wurde die Spitze *U* so gestellt, dass sie eben *H* berührte. Der Contact *UH* schloss nun wieder den durch *E* (Fig. 1) gehenden Strom. Nun wurde bei *GS* (Fig. 1) unterbrochen; der Elektromagnet des Relais verliert seinen Magnetismus, die Feder *Q* (Fig. 3) zieht das hintere Ende von *H* herab und öffnet somit den Contact *UH*. Dadurch wieder wird der durch *E* (Fig. 1) gehende Strom unterbrochen und die Nadel *N* bewegt. Die ganze Reihe der Vorgänge ist also folgende: Unterbrechung bei *GS* und Bewegung der Nadel *M* (Fig. 1); Bewegung von *H* und Unterbrechung bei *HU* (Fig. 3); Bewegung von *N* (Fig. 1). Geschah nun dies bei rotirender Trommel, so hätte sich ein Intervall zwischen der Bewegung von *M* und derjenigen von *N* zeigen können, und dies würde sich vertheilt haben auf die beiden Zeiten, welche vergehen zwischen der Unterbrechung je eines der beiden Ströme und dem Abreissen der entsprechenden Anker. Ein solches Intervall zeigte sich aber nicht; wir erhielten vielmehr stets eine Zeichnung



Es darf also geschlossen werden, dass die Bewegung der Nadel *N* mit der Unterbrechung des durch *E* geleiteten Stromes, also der Reaction, merklich gleichzeitig erfolge, d. h. für unsere Verhältnisse weniger als 0.0015 Sec. später.

Bestimmung der Zeitwerthe. — Wir kommen nun zur Bestimmung der Zeitwerthe aus den auf der Trommel des Kymographion

gefundenen Längenwerthen. Das erste Erforderniss für die Correctheit der Methode ist natürlich die constante Rotationsgeschwindigkeit der Trommel. Diese zu sichern ist am Kymographion bekanntlich die Aufgabe des Foucault'schen Regulators. Es ist indessen leicht schon an dem Stande der Windflügel zu sehen, dass diese Constanz nicht vollkommen erreicht ist. Vielmehr nimmt die Umdrehungsgeschwindigkeit stetig ab von dem Augenblicke an, wo man das Uhrwerk eben aufgezogen hat. Markirt man sich aber einen bestimmten Stand der Flügel, so kann man ohne Schwierigkeit durch häufiges Aufziehen des Uhrwerks den Regulator dauernd auf sehr annähernd demselben Punkte erhalten. — Um sowohl den absoluten Werth als auch die Schwankungen der Rotationsgeschwindigkeit zu bestimmen, führten wir durch den Elektromagnet *E* einen Strom, der durch eine am Chronometer des Laboratoriums angebrachte Unterbrechungsvorrichtung in jeder Minute 40 Mal geöffnet und geschlossen wurde. Die Zeit zwischen zwei Oeffnungen betrug also genau 1·5 Sek. Dieser Zeit entsprach bei der benutzten Rotationsgeschwindigkeit ein Stück der Trommelperipherie von (im Mittel) 10^{mm}. Demnach bedeutet 1^{mm} auf der Trommel 0·015 Sek. Die Schwankungen betragen bei der oben erwähnten Vorsicht hinsichtlich des Aufziehens nach beiden Seiten 1·5 %/o. Eine Unsicherheit innerhalb dieser Grenzen war für unsere Versuche irrelevant, weil die einzelnen Versuchsergebnisse, aus denen Mittelwerthe zu nehmen waren, ohnehin viel erheblicher untereinander differirten.

Die Messung der Tafeln wurde mit Zirkel und Maassstab ausgeführt; man kann dabei bis auf Zehntel eines Millimeters schätzen, erhält also eine Bestimmung des Einzelwerthes, die um höchstens 0·0015 Sek. fehlerhaft sein kann.

Allgemeiner Gang der Versuche. — Ueber den Gang der Versuche sind noch einige allgemeine Bemerkungen nothwendig. Die Auslösung des Reizes, die Handhabung des Kymographion u. s. w. war stets Sache des Beobachtenden, der Reagirende hatte nichts weiter zu thun, als auf den Reiz zu achten und zu reagiren. Um brauchbare Mittelwerthe zu erhalten, genügt es, sowohl von den einfachen Versuchen, als von denen mit Unterscheidung 10—15 derselben Art schnell nach einander zu machen. Da, wie schon erwähnt, immer 3 solcher Reihen zu einer Gruppe zusammengehörten, so mussten immer etwa 40 Einzelversuche in unmittelbarer Folge ausgeführt werden. Gewöhnlich machten wir aber 2 solcher Gruppen (von 3 Reihen) gleich nacheinander, dann tauschten wir die Rollen. Da wir uns auf diese Weise stets gleichmässig abwechselten, so haben wir alle Resultate doppelt mitzuthellen und werden immer durch den hinzugefügten Anfangsbuchstaben andeuten, auf wen (als Reagirenden) sie sich beziehen.

Ein für die Versuche wichtiger Umstand besteht darin, dass der Beobachtende immer kurze Zeit, ehe er den Reiz gab, „Jetzt!“ sagte. Dadurch wurde der Reagirende in den Stand gesetzt, seine Aufmerksamkeit in höherem Grade zu concentriren. Die Wahl dieser Methode, „des Avertissements“ ist keineswegs unwichtig; es sei daher gestattet, diesem Punkte einige Worte zu widmen. Die Zeit der Reaction ist, wie man sich sehr leicht überzeugt, von dem psychischen Zustande, in welchem der Reagirende vom Reiz getroffen wird, nicht unerheblich abhängig. Es würde also darauf ankommen, diesen Zustand im Momente aller Versuche möglichst denselben sein zu lassen. Am einfachsten scheint es nun, müsste das dadurch zu erreichen sein, dass der Reagirende sich andauernd bemühte, seine Aufmerksamkeit möglichst anzuspannen. Es zeigt sich aber, dass dies keineswegs zum Ziele führt. Wenn man ohne Avertissement die Reize in unregelmässigen Pausen auf einander folgen lässt, so wird stets der Reagirende bald gut, bald schlecht vorbereitet getroffen, und man erhält wenig übereinstimmende Zahlen. Es ist eben unmöglich, die Aufmerksamkeit fortwährend im nöthigen Maasse concentrirt zu halten; sie schwankt beständig. Man kommt daher mit Nothwendigkeit darauf, die Reize in annähernd regelmässiger Periode aufeinander folgen zu lassen. Durch die Auffassung der Periode ist der Reagirende in den Stand gesetzt, sobald er weiss „jetzt muss der Reiz sehr bald kommen“, die Aufmerksamkeit auf's Höchste anzustrengen. Die Versuche mit Avertissement stehen nun aber denjenigen mit periodischen Reizen principiell vollkommen gleich. In beiden Fällen weiss der Reagirende annähernd, aber nicht genau, vorher, wann er den Reiz zu erwarten hat. Für den Beobachtenden aber hat die Methode des Avertissements den grossen Vortheil, dass er nicht an die Periode gebunden ist, was die passende Anordnung der Einzelversuche auf der Peripherie der Trommel sehr erleichtert. Vor zwei Fehlerquellen aber hat man sich hierbei zu hüten; beide wirken in demselben Sinne, indem sie den Reagirenden veranlassen, zu früh, „voreilig“, zu reagiren. Die eine besteht darin, dass man die Pause zwischen Avertissement und Reiz zu kurz macht. Dadurch wird der Reagirende unruhig und reagirt zu früh. Die andere Fehlerquelle ist eine zu genaue Constanz der Zeit zwischen „Jetzt“ und Reiz. Wenn diese Zeit vollkommen constant ist, so nähern sich die Versuche gewissermaassen denjenigen, bei welchen man den Eintritt eines Ereignisses signalisirt, welches man, so zu sagen, herankommen sieht, so dass man den Zeitpunkt des Eintretens vorher ziemlich genau schätzen kann (wie z. B. den Durchgang eines Sterns durch das Fadenkreuz des Fernrohrs). In diesem Falle sind die Verhältnisse ganz andere; die Reactionszeit wird dann immer verkürzt, und

sogar = 0, wenn das Intervall gross genug ist.¹ Dies tritt nun nicht ein, wenn das Intervall einfach durch die ungefähre Schätzung des Beobachtenden bestimmt wird. In Bezug auf die Grösse des Intervalls trifft man nach einiger Uebung bald das Richtige. Wir bemühten uns, dasselbe annähernd gleichmässig etwa eine Sekunde lang zu machen. Dann war der Reagirende im Stande, sich einfach nach dem Avertissement auf die Wahrnehmung des Reizes vorzubereiten und gerieth nicht in Versuchung, voreilig zu reagiren. Hin und wieder allerdings sind voreilige Reactionen vorgekommen; diese sind dann aber sehr leicht als solche kenntlich und können eliminirt werden. Nur bei einer Klasse von Versuchen, denen mit Gehörsreizen, schien das „Jetzt“ zuweilen störend einzuwirken. Vielleicht ist dies dem Umstand zuzuschreiben, dass es selbst auch ein Gehörsreiz ist. Uebrigens sind wir bei diesen und andern Versuchsreihen durch Controlversuche ohne Avertissement zu der Ueberzeugung gelangt, dass nach erlangter Uebung die absoluten Werthe der erhaltenen Zahlen bei der einen und der andern Methode sich nicht wesentlich unterscheiden.

Berechnung. — Die Art der Berechnung der Versuche ist zwischen Hirsch² und Exner³ ein Gegenstand der Differenz gewesen. Exner hebt aber, wie uns scheint, mit Recht, hervor, dass die verschiedenen Endabsichten der beiderseitigen Untersuchungen die Verschiedenheit der Berechnung rechtfertigen, sogar mit Nothwendigkeit dazu führen. In der That, bestimmt man die Reactionszeiten, um in andern Fällen, wovon die Zeitpunkte der Reaction bekannt sind, die Zeiten der Reize mit möglicher Genauigkeit zu ermitteln, so ist klar, dass man bei der Bestimmung der Reactionszeit alle vorkommenden Fälle auch mitrechnen muss. Studirt man dagegen die Reactionszeit um ihrer selbst willen, so muss man sich offenbar an die möglichst einfachen Verhältnisse halten, und Einzelwerthe, die aus der Reihe fallen, streichen. Denn es lässt sich mit Sicherheit annehmen, dass bei der Entstehung dieser Werthe irgend eine zufällige Complication vorlag, mit der wir gar nichts zu thun haben wollen. So sind wir denn auch immer verfahren. Maassgebend war uns dabei das Intervall, durch welches der fragliche Werth von den übrigen getrennt war, wobei natürlich die Constanz dieser unter sich auch in Betracht gezogen werden musste. Im Ganzen übrigens ist die Frage für unsere Versuche keine sehr wesentliche, weil es sich für uns immer um Differenzen handelt. Hätten wir gar nicht gestrichen, so wären alle

¹ Wundt, *Physiologische Psychologie*. S. 736.

² *Bulletin de la société des sciences naturelles de Neuchâtel*. 1874.

³ *Pflüger's Archiv u. s. w.* Bd. XII.

Mittelwerthe länger geworden (weil Versuche, die eine abnorm lange Reactionszeit geben, häufiger sind, als die gegentheiligen), die Unterscheidungsversuche aber um etwa ebenso viel, wie die einfachen, so dass die resultirenden Unterscheidungszeiten nicht sehr wären geändert worden.

Analog den „voreiligen Reactionen“ bei einfachen Versuchen kommen bei Versuchen mit Unterscheidung zuweilen falsche Reactionen vor, Reactionen nach demjenigen Reiz, auf welchen keine hätte erfolgen sollen. Es kommt zuweilen vor, dass im Anfang bei mangelnder Uebung die falschen Reactionen häufig sind und in Folge dessen die Reactionszeiten mit Unterscheidung zu kurz erscheinen. Ist aber die ausreichende Uebung erlangt worden, so dass die „falsche Reaction“ ein sehr seltener Ausnahmefall ist, so sind wir nicht der Meinung von Donders, dass die Reihe, in der eine solche vorkommt, einfach verworfen werden müsse. Wir sehen darin den Ausdruck eines zuweilen vorkommenden Zusammentreffens besonderer Umstände, die eine Ablenkung der Aufmerksamkeit zur Folge haben. Diese, im Allgemeinen jeden Einzelversuch bedrohende Möglichkeit verwirklicht sich völlig regellos, beeinträchtigt aber in der Regel nur den Einzelversuch, nicht die ganze Reihe. Wenn daher heute eine falsche Reaction vorkommt, so sind darum die übrigen Versuche von heute noch nicht weniger zuverlässig als die eines andern Tages, an dem keine falsche Reaction vorkam. Nur wenn mehrfach wiederholte Störungen den Reagirenden einmal unruhig gemacht haben, bekommt man zuweilen schlechte Reihen, die sich durch die grossen Schwankungen der Einzelwerthe kennzeichnen.

Das „Streichen“ von einer Anzahl von Versuchen mag zuerst als willkürlich und für die Zuverlässigkeit der Resultate nachtheilig erscheinen. Wir sind aber der Meinung, dass Jeder bei Wiederholung unserer Versuche die Nothwendigkeit es zu thun ebenso wohl als die Möglichkeit, dabei durchaus objectiv zu verfahren, constatiren wird. Wenigstens wird dies dann der Fall sein, wenn er unter ähnlichen äusseren Verhältnissen arbeitet, als wir; in einem Zimmer nämlich, durch welches oft gegangen wird und welches das Geräusch einer sehr lebhaften Strasse aus unmittelbarer Nähe hören lässt. Bei völliger Ruhe mag es wohl gelingen, die Zahl der zu streichenden Versuche auf ein Minimum, vielleicht auf Null zu reduciren.

Versuche über den Tastsinn.

Bei den auf den Tastsinn bezüglichen Versuchen benutzten wir als Reiz den Inductionsschlag eines Schlittenapparates, Ind. in Fig. 4. Der primäre Strom ging durch *GS* (Fig. 4) und konnte dort unterbrochen

werden. Die Application des Reizes erfolgte daher nicht merklich nach der Bewegung der Nadel *M*. Als Elektroden benutzten wir schmale Streifen von Kupferblech. Von diesen nagelten wir je zwei parallel mit einander auf zwei Holzplättchen, so dass wir zwei einander durchaus ähnliche Elektrodenpaare hatten. An die Enden der Kupferstreifen waren Drähte gelöthet, welche in passender Weise mit zwei Commutatoren *C* verbunden waren. Die Enden der secundären Rolle waren ebenfalls in diese Commutatoren geleitet. Durch Umlegung der Commutatoren konnte der Oeffnungsinductionsschlag beliebig durch das eine oder das andere Elektrodenpaar geführt werden. Die Stellung war derartig, dass der Reagirende *R* die Commutatoren nicht sehen konnte. Damit auch das Geräusch des Umlegens ihm den zu erwartenden Reiz nicht vorher verriethe, wurden nach jedem Einzelversuch die Commutatoren geöffnet und geschlossen; der Reagirende wusste also nicht, ob sie wieder in dieselbe Stellung oder in die andere gebracht wurden.

Localisation von Tastempfindungen. — Die erste Classe dieser Versuche bezieht sich nun auf die Localisation von Tastempfindungen. Dem Reagirenden wurde, wie die Figur 4 zeigt, mittels eines dünnen Gummischlauches das eine Holzplättchen auf die Dorsalseite des linken Mittelfingers, etwa an der Basis der 3. Phalange, befestigt; hier lag also das eine Elektrodenpaar (1 in der Fig.) auf. Das andere (2) lag, in gleicher Weise fixirt, auf der Dorsalseite des linken Handgelenkes, etwa in der Mitte desselben. Die Haut wurde leicht angefeuchtet, die Kupferplättchen durch den elastischen Ring nicht gerade stark angedrückt, aber sicher festgehalten. Die Stärke der Inductionsschläge wählten wir so, dass sie kräftig empfunden wurden, ohne schmerzhaft zu sein. Es ist indessen zu bemerken, dass es grosse Schwierigkeiten hat, die Stärke der Schläge einige Zeit hindurch constant zu erhalten. Sie werden, wenn man den Schlittenapparat unverändert lässt, zuweilen eine Zeit lang immer stärker oder immer schwächer. Dies hat jedenfalls darin seinen Grund, dass die Art, wie die Elektroden der Haut anliegen, ausserdem auch der Feuchtigkeitsgrad der Haut für die Stärke der Reize sehr in Betracht kommen, aber nicht constant erhalten werden konnten. Da man die Stärke der Schläge durch Verschieben des Eisenkernes sehr bequem ändern kann, so wäre dieser Mangel nicht so gross, wenn es sich um Reizung nur einer Hautstelle handelte. Aber die Reize an zwei verschiedenen Hautstellen gleich zu machen, ist in der That nicht leicht. Auch nachdem wir einige Uebung darin hatten, den Reiz durch Anfeuchten der Haut oder geringe Verschiebungen der Elektroden zu variiren, ist es uns nicht immer gelungen, die Reize beider Hautstellen für die Empfindung ganz gleich zu machen. Wir können indessen zeigen,

dass dieser Uebelstand von keiner wesentlichen Bedeutung ist. Man könnte nämlich glauben (und hierin allein könnte der Nachtheil bestehen), dass die Localisation dadurch erleichtert wird, dass der eine der beiden Reize von dem andern ausser durch den Ort, auch noch durch seine Beschaffenheit unterschieden ist. Dies wird aber dadurch sehr unwahrscheinlich, dass, wie wir später sehen werden, der Ort mit viel grösserer Sicherheit und Schnelligkeit aufgefasst wird, als selbst grosse Unterschiede der Intensität. Hiernach ist nicht anzunehmen, dass ein geringer Intensitätsunterschied die Localisation erleichtert, eben weil diese schon fertig ausgeführt ist, ehe das Urtheil über die Intensität hat gefällt werden können. — Dass der Reiz auch an derselben Stelle nicht völlig constant blieb, stellt allerdings einen variablen Versuchsfehler dar. Jedenfalls machte es unmöglich, die Abhängigkeit zu bestimmen, welche vielleicht die Geschwindigkeit der Localisation von der Reizstärke zeigen könnte. Wir theilen nun im Folgenden die sämtlichen Mittelwerthe mit, die bei einer täglichen Wiederholung der Versuche durch im Ganzen 3 Wochen erhalten wurden. Unterdrückt sind aber die ersten 5 Tage, während welcher wir uns noch einer doppelten Reaction (auf einen Reiz mit dem Zeigefinger, auf den andern mit dem Mittelfinger) bedient hatten.

In der folgenden Zusammenstellung bedeutet I einfache Reactionszeit bei Reizung am Mittelfinger,

II einfache Reactionszeit bei Reizung am Handrücken,

III und IV Reactionszeit mit Unterscheidung dieser beiden Reize: bei III wird nur auf den Reiz am Mittelfinger, bei IV nur auf den Reiz am Handrücken reagirt.

Jede der angeführten Zahlen stellt das Mittel aus 10—20 Einzelversuchen dar. Die regelmässige Folge der Versuche war I III I und II IV II. Da wir aber bald bemerkten, dass zwischen I und II kein Unterschied bestand, so kürzten wir häufig das Verfahren ab, indem wir z. B. eine Reihenfolge II IV II III I wählten. In diesem Falle musste die mittelste II zugleich für I gelten. In den folgenden Tabellen nun bezieht sich jede Horizontalreihe auf einen Versuchstag und die Zahlen folgen von links nach rechts so aufeinander, wie die Versuche angestellt wurden. In den letzten beiden Spalten befinden sich die auf die oben erwähnte Weise bestimmten Unterscheidungszeiten für III und IV, sie enthalten also das für uns Wesentlichste. In den Zahlen sämtlicher Tabellen ist die Einheit 0.01 Sek.

Tabelle 1. Reag.: A.

Localisation am Mittelfinger (III) und Handgelenk (IV).

Datum des Versuchstages.	Mittelwerthe der einzelnen Reihen.						Unterscheidungszeit für III.	Unterscheidungszeit für IV.
	I	III	I	II	IV	II		
6. 11.	15.9	21.9	15.1	16.7	27.4	14.7	6.4	11.7
7. 11.	14.1	19.1	14.5	13.9	16.9	13.9	3.0	4.8
8. 11.	Ia ¹ 12.7	III 17.4	(13.3 ergänzt)		IV 18.0	Ia ¹ 13.9	4.4	4.4
9. 11.	I 14.4	III 16.5	I 13.9		IV 19.0	I 15.8	2.4	4.1
11. 11.	II 13.8	IV 16.5	I 14.4		III 15.6	I 13.2	1.8	2.4
13. 11.	I 16.3	IV 17.1	II 14.2		III 16.6	I 14.5	2.2	1.8
14. 11.	I 13.6	III 15.9	14.3		IV 17.1	I 15.0	2.0	2.4

Mittel der letzten Unterscheidungszeiten:

2.1

¹ Mit Ia sind Versuche bezeichnet, bei welchen die beiden Reize unregelmässig und ohne Kenntniss des Reagirenden von der Reihenfolge abwechselten, dieser aber auf beide reagiren musste. Eine Unterscheidung war also hier nicht auszuführen, aber man wusste nicht, welcher Reiz zu erwarten war. Die Werthe schliessen sich, wie man sieht, den kürzesten einfachen Reactionszeiten durchaus an.

Tabelle 2. Reag.: K.

Localisation am Mittelfinger (III) und Handgelenk (IV).

Datum des Versuchstages.	Mittelwerthe der einzelnen Reihen.						Unterscheidungszeit für III.	Unterscheidungszeit für IV.
6. 11.	I 12.1	III 27.7	I 12.7	II 13.3	IV 24.7	II 14.2	15.3	10.9
7. 11.	I 12.1	III 19.5	I 12.7	II 12.3	IV 20.2	II 13.0	7.1	7.6
8. 11.	Ia 11.4	III 19.0	(11.6 ergänzt)		IV 21.6	Ia 11.7	7.5	10.0
9. 11.	I 11.4	III 18.0	I 11.4		IV 19.6	II 13.5	6.6	7.2
11. 11.	II 11.1	IV 15.9	I 10.3		III 15.9	I 10.8	5.3	5.2
13. 11.	I 12.3	IV 16.9	II 13.0		III 15.7	I 12.4	3.0	4.3
13. 11.	I 11.9	III 15.6	I 12.3				3.5	
14. 11.	I 11.4	III 14.4	II 11.5		IV 16.6	I 12.3	3.0	4.7
14. 11.				II 11.8	IV 15.3	II 12.1		3.3
Mittel der letzten Unterscheidungszeiten:							3.6	

Was zeigen nun diese Tabellen? Zunächst die Hauptsache, dass die gestellte Frage auf dem von uns eingeschlagenen Wege beantwortet werden kann. Wir erhalten Zahlen, die eine ganz unverkennbare Gesetzmässigkeit zeigen. Die Unterscheidungszeiten sind bei uns beiden in den ersten Versuchstagen am längsten; darauf werden sie constant kleiner und schwanken zuletzt um einen gewissen Werth herum, ohne sich weiter zu vermindern. Dies kann uns nicht überraschen; es ist der Einfluss der Uebung. Wir haben nun die letzten Zahlen der beiden Tabellen, welche sich auf Unterscheidungszeiten beziehen, zusammengefasst und zwar von dem Punkte an, wo ein weiter Einfluss der Uebung nicht merklich ist (dies ist in den Tabellen durch die Klammern angedeutet) und daraus die Mittelwerthe genommen. Wir erhalten für A 2.1, für K 3.6. Die mehrfach erörterte Zeit, die wir hier kurz als die Dauer der Localisation eines Tastreizes bezeichnen, beträgt also

für den einen von uns A 0.021 Sek.,
für den andern K 0.036 Sek.

Dass diese bedeutende individuelle Differenz wirklich besteht und nicht etwa bloß durch variable Versuchsfehler vorgetäuscht ist, dafür bürgt schon ein einfacher Blick auf die je 6 Zahlen, aus welchen diese Mittelwerthe genommen sind.

Es verdient hervorgehoben zu werden, dass die Localisationszeiten sich in dieser Hinsicht entgegengesetzt verhalten wie die einfachen Reactionszeiten. Letztere nämlich sind bei K kürzer als bei A .

Um eine Vorstellung von der Constanz der Einzelversuche zu geben, theilen wir im Anhange zwei Tabellen der Einzelwerthe in extenso mit; es sind dazu nicht die am besten übereinstimmenden ausgesucht, wenn sie allerdings auch zu den besseren gehören.

Die einfache Reactionszeit beträgt für A im Mittel aus allen I-Versuchen 0.146, aus den II-Versuchen 0.147 Sek. Ebenso für K bei I 0.117, bei II 0.119.¹ Es kann auffallen, dass die einfachen Reactionszeiten für den Reiz am Finger nicht länger sind als für den Reiz an dem Handgelenk. Entsprechend der etwa 15^{cm} längeren peripheren Leitungsbahn sollte man, wenn wir eine Geschwindigkeit der Erregung im Nerven von 60^m in der Sekunde annehmen, eine Differenz von 0.0025 Sek. erwarten. Eine solche Differenz liegt nun allerdings kaum mehr ausserhalb der Fehlergrenzen selbst für Mittelwerthe aus vielen Reihen. Wir sehen aber bei K sogar die Reactionszeit vom Finger aus kürzer als die vom Handgelenk aus. Die Ursache hiefür liegt vermuthlich darin, dass die feinere und empfindlichere Haut des Fingers in der Regel den Inductionsschlag stärker empfand, als die Haut des Handgelenks. Hiermit mag es auch zusammenhängen, dass die Unterscheidungszeit für die Versuche III im Allgemeinen etwas kleiner erscheint, als die für die Versuche IV. Jedenfalls aber ist die Differenz zu unbedeutend, als dass man etwas aus ihr schliessen könnte.

Nachdem wir somit für zwei Hautstellen die gesuchten Werthe ermittelt hatten, gingen wir zunächst dazu über, andere Hautstellen zu wählen. Es zeigte sich hierbei, dass die einmal erworbene Uebung auch den andern Hautstellen zu Gute kam, so dass man von diesen gleich Anfangs fast dieselben Werthe erhielt, welche die früher benutzten Stellen erst zuletzt ergeben hatten.

¹ Für die II sind die Versuche vom 6. 11., 7. 11. und 9. 11. hier nicht mitgerechnet; da stehen nämlich die II am Ende, die I am Anfang des Versuchstages. Die Ermüdung erscheint also gerade an den II-Versuchen. An den folgenden Tagen stehen sich hierbei I und II im Durchschnitt etwa gleich.

So erhielten wir für die Unterscheidung von Radial- und Ulnarseite des Handrückens

A 2.0 und 3.1

K 4.8 und 3.7;

ferner für 2 Stellen des Unterarms

A 2.0 und 2.5

K 5.1 und 3.9.

Diese Resultate sind also gewonnen ohne vorherige Uebung für die betreffenden Hautstellen. Sie sind, wie man sieht, nur wenig höher, als die an den erstbenutzten Stellen nach längerer Uebung erhaltenen. Etwas länger sind sie allerdings, und man merkt auch recht wohl bei den Versuchen, dass man bei Benutzung neuer Hautstellen zuerst unsicher ist. Es kommen auch falsche Reactionen etwas häufiger vor. Doch aber ist kein Vergleich zu ziehen mit den ersten überhaupt angestellten Versuchen, es ist also zweifellos, dass die erworbene Uebung zum grossen Theil eine allgemeine ist, d. h. auch Versuchen an andern Hautstellen zu Gute kommt.

Wir hatten bisher immer zwei Stellen gewählt, welche nicht sehr weit von einander auf derselben (linken) Körperhälfte gelegen waren. Es schien nicht ohne Interesse zu fragen, ob die Unterscheidung zweier symmetrisch gelegener Stellen der linken und rechten Seite mit derselben oder mit einer verschiedenen Geschwindigkeit vollzogen würde. Wir befestigten also das eine Elektrodenpaar am linken Handrücken, das andere genau an der entsprechenden Stelle des rechten Handrückens und verfahren im Uebrigen wie früher. Hierbei erhielten wir an zwei aufeinander folgenden Versuchstagen folgende Unterscheidungszeiten:

A 2.7. 1.5. 2.5. 1.7. Mittel = 2.1.

K 4.3. 3.2. 3.0. 3.6. Mittel = 3.5.

Diese Zahlen stimmen, wie man sieht, mit den früheren durchaus überein. Wir können daher resumierend sagen:

Die für die Unterscheidung zweier, an verschiedenen Hautstellen applicirten, sonst möglichst gleichen Reize erforderliche Zeit beträgt nach erworbener Uebung im Mittel:

für *A* 0.021 Sek.,

für *K* 0.036 Sek.

Eine Abhängigkeit von der Lage der beiden Hautstellen hat sich bei unseren Versuchen nicht herausgestellt. Es ist wohl möglich, dass eine solche überhaupt nicht besteht, so lange nur die Stellen in solcher Entfernung von einander liegen, dass sie mit Leichtigkeit unterschieden werden können.

Wir haben demnächst noch eine Aenderung an diesen Versuchen vorgenommen, nämlich Elektrodenpaare an 3 verschiedenen Hautstellen angelegt; bei den Versuchen mit Unterscheidung wechselten also nun 3 verschiedene Reize unregelmässig ab; reagirt wurde immer nur auf einen. Die Aufgabe ist hierbei eigentlich dieselbe wie bei 2 Stellen; man hält die Vorstellung des Reizes, auf den man reagiren soll, möglichst fest und ignorirt möglichst alles Uebrige. Das Urtheil „er ist an der bestimmten Stelle“ müsste eigentlich (so könnte man erwarten) ebenso schnell fertig werden, ob nun vorher andere Reize von mehrerer oder bloß von einer Art gefühlt worden sind. Es zeigt sich indessen, dass dem, wenigstens Anfangs nicht so ist. Wir theilen auch von diesen Versuchen nur kurz die gewonnenen Unterscheidungszeiten mit. Die 3 Stellen waren das Nagelglied des Mittelfingers, Handgelenk und Mitte des Unterarms, alle 3 auf der Extensorenseite, links. (Plättchen 3 in Fig. 4). Die zuerst erhaltenen Unterscheidungszeiten für diese 3 Stellen sind:

<i>A</i>	3.0.	2.2.	3.4.	2.3.	3.0.	2.7.		= Mittel 2.8.
<i>K</i>	6.4.	5.5.	5.3.	3.6.	6.4.	3.9.	4.3.	4.8. = Mittel 5.0.

Sie sind also deutlich länger als die bei 2 Stellen erhaltenen. Nach noch einiger Uebung indessen kommen sie ziemlich genau auf dieselben Werthe, wie diese. Wir stellten noch eine Zeit lang abwechselnd Versuche an, bei denen es sich um die Unterscheidung von 2 und von 3 Stellen handelte, und erhielten dabei folgende Zahlen:

	2 Stellen.	3 Stellen.
<i>A</i>	2.8	2.4
	1.2	1.7
	2.1	2.0
	2 Stellen.	3 Stellen.
<i>K</i>	3.9	5.8
	3.6	4.0
	3.9	3.4
	3.1	3.3.

Hier ist erstens aufmerksam zu machen, dass für die Unterscheidung zweier Stellen wieder Werthe gefunden werden, welche sich mit den früheren in vollkommener Uebereinstimmung befinden. Ausserdem zeigt sich, dass auch die Unterscheidung einer Stelle von 2 andern nach ausreichender Uebung keine merklich längere Zeit erfordert. Nur sind die störenden Einflüsse bedeutender und es ist daher eine grössere Uebung erforderlich, bis man diese schwierigeren Versuche gut machen kann.

Unterscheidung starker und schwacher Tastempfindungen. — Hiermit sind die Versuche, welche sich auf die Localisation von Tastempfindungen beziehen, beendet; wir kommen zu der zweiten Classe, welche sich bezieht auf die Beurtheilung der Intensität einer Tastempfindung. An einer und derselben Stelle, und zwar stes an der Dorsalseite des Nagelgliedes am linken Mittelfinger, wurde ein Elektrodenpaar eingelegt. Durch Verschieben des Eisenkernes *E* in der primären Rolle konnte die Stärke des Inductionsschlages beliebig geändert werden. Die Verschiebung geschah natürlich bei den Versuchen mit Unterscheidung so, dass der Reagirende von der Stellung des Eisenkerns nicht unterrichtet war. Die Versuche folgten nun so:

1) Einfache Reaction mit schwachem Reiz. *E. St.* in der Tabelle.

2) Versuche mit Unterscheidung; es wird nur auf den schwachen Reiz reagirt. *U. St.*

3) Einfache Versuche mit schwachem Reiz. *E. -St.*

Und die andere Gruppe war folgende:

1) Einfache Versuche mit starkem Reiz. *E. St.*

2) Versuche mit Unterscheidung; es wird nur auf den starken Reiz reagirt. *U. St.*

3) *E. St.*

Hieraus werden dann die Unterscheidungszeiten wieder in der früheren Weise berechnet. Die Reize hatten wir so gewählt, dass der schwächere noch vollkommen deutlich war, der stärkere eben ein wenig schmerzhaft zu werden anfing.

Die Versuche zeichnen sich zunächst dadurch aus, dass sie ungemün schwierig sind. Die Unterscheidung, ob ein Reiz stark oder schwach sei, wird, wenn sie möglichst schnell ausgeführt werden soll, entschieden unsicher. Schwer ist es namentlich auf den schwachen Reiz zu reagiren und auf den starken nicht. Auch haben wir hierbei trotz vieler Uebung viel häufiger falsche Reactionen gehabt, als bei den Localisationsversuchen. Während bei diesen letzteren sehr ausnahmsweise einmal eine in einer Reihe auftrat, hatten wir hier nur selten eine Reihe ohne eine falsche Reaction.

Die folgenden Tabellen stellen die erhaltenen Werthe zusammen.

Tabelle 3. Reag.: A.

Starke und schwache Tastreize.

Datum.	E. Sw.	U. Sw.	E. Sw.	E. St.	U. St.	E. St.	Unter- scheidungszeit	
							Sw.	St.
27. 11.	16.9	23.7	19.9	15.0	18.7	15.6	5.3	3.4
28. 11.	16.5	21.1	16.5	15.3	16.3	14.2	4.6	1.6
28. 11.	13.2	20.1	14.3	13.9	16.3	13.8	6.3	2.4
29. 11.	13.3	20.5	13.9	13.5	15.0	13.3	6.9	1.6
30. 11.	13.6	20.2	14.2	13.8	16.2	13.3	6.3	2.8
1. 12.	15.1	18.6	15.0	14.1	15.7	13.9	3.5	1.7
1. 12.		19.6	15.3	13.6	15.9	13.4	4.3	2.4
2. 12.	14.5	19.9	14.2	13.6	14.7	12.0	5.5	1.9

Tabelle 4. Reag.: A.

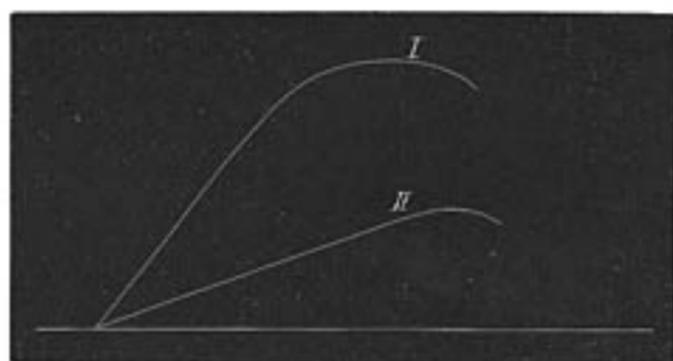
Starke und schwache Tastreize.

Datum.	E. Sw.	U. Sw.	E. Sw.	E. St.	U. St.	E. St.	Unter- scheidungszeit	
							Sw.	St.
25. 11.	14.4	25.8	15.0	13.8	20.1	14.8	11.1	5.8
28. 11.	12.9	22.7	14.8	12.9	18.4	13.9	8.9	5.0
28. 11.	12.7	23.4	13.0	13.2	20.4	13.5	10.5	7.0
29. 11.	11.7	22.2	13.2	11.8	18.2	12.6	9.7	6.0
30. 11.	11.4	22.8	11.4	11.5	18.5	11.7	11.4	6.9
1. 12.	12.4	23.5	12.4	12.7	18.6	12.1	11.1	5.7

In diesen Tabellen ist Vielerlei beachtenswerth. Erstlich sind durchweg die Unterscheidungszeiten kleiner für die starken, als für die schwachen Reize. Man erkennt schneller, dass der starke Reiz stark, als dass der schwache schwach ist. Ueberdies ist es, wie wir gleich hinzufügen wollen, viel leichter, auf den starken zu reagiren und auf den schwachen nicht, als umgekehrt. Von diesem Verhalten können wir uns ohne Schwierigkeit bis zu einem gewissen Grade Rechenschaft geben. Man muss sich nämlich erinnern, dass die Empfindung, wenn auch sehr schnell, doch innerhalb einer gewissen Zeit, von 0 auf ihr Maximum

anwächst. Hat man nun die Vorstellung dieser stärksten Empfindung, welche nur der stärkere Reiz hervorbringt, fest in Gedanken, so ist es leicht, nicht eher zu reagiren, als bis sie eingetreten ist, sobald dies aber geschehen, unverzüglich zu reagiren. Anders, wenn wir auf den schwachen Reiz reagiren sollen. Wir können dann nicht reagiren, sobald wir die schwache Empfindung haben; denn diese kommt ja als vorübergehendes Stadium auch bei dem starken Reize vor. Wir müssen vielmehr abwarten, ob die Empfindung die grössere Stärke erreicht oder nicht und auf das Ausbleiben derselben reagiren. Hierin liegt nun augenscheinlich die Schwierigkeit. Man weiss nämlich nicht so genau, wie lange man warten soll, ob die Empfindung noch wächst. Wir kommen hierdurch auf einen fundamentalen Unterschied, welcher stattfindet zwischen der Beurtheilung einer Intensität und einer Qualität. Man könnte dies so ausdrücken: die Schwierigkeit der Beurtheilung einer Intensität rührt daher, dass die Intensität der Empfindung nicht constant ist, sondern eine Function der Zeit; die Intensität des Reizes (oder der Gesamttempfindung) daher erst nach Beobachtung des zeitlichen Verlaufs der Empfindung beurtheilt werden kann. Im Gegensatze hierzu ist die Qualität in der Regel vom ersten Beginn der Empfindung an gegeben und erkennbar. Dass sich in dieser Hinsicht die Schätzung des Verhältnisses zweier Intensitäten wesentlich gleich verhält, wie die Auffassung einer Qualität, darauf werden wir weiter unten einzugehen haben (gelegentlich der Versuche über Localisation durch das Gehör).

Wir finden also hierin eine mögliche Erklärung für die relativ längere Zeit, welche das Erkennen des schwachen Reizes erfordert im Vergleich mit dem des starken. Eine genauere Analyse des betreffenden psychischen Vorganges lehrt übrigens, dass hier noch eine Voraussetzung gemacht ist, die zwar wahrscheinlich ist, doch aber nicht als selbstverständlich angesehen werden darf und daher erwähnt werden muss. Denken wir uns in graphischer Darstellung die Zeit als Abscisse, die Empfindungsintensitäten als Ordinaten aufgetragen, und es entspräche *I* dem starken, *II* dem schwachen Reize. Es ist dann von vorn herein ganz denkbar, dass die überhaupt zu erreichende Intensität, nach häufig gemachter Erfahrung, schon aus der Steilheit beurtheilt werde, in welcher das erste Stück der Curve ansteigt. Danach könnten starker und schwacher Reiz gleich schnell erkannt werden. Wir müssen also voraussetzen, dass diese nicht zur Beurtheilung verwendet wird, sondern dass lediglich die überhaupt erreichte Intensität massgebend ist. Wenn es nun gestattet wäre anzunehmen, dass dieses Maximum bei schwachem Reize später erreicht würde als bei starkem, so könnte schon hierin eine Erklärung



der mehrerwähnten Thatsache gefunden werden. Wie dem aber auch sei, mag das langsamere Erreichen des Maximums bei schwachem Reize allein die Ursache sein oder die oben angedeutete Meinung, dass man gewissermaassen noch auf ein weiteres Ansteigen warte, das Richtige treffen: immer bedürfen wir der Voraussetzung, dass wir für die Form des Ansteigens eine Beurtheilung nicht haben, weil man sonst starken und schwachen Reiz gleich schnell erkennen müsste.

Stellen wir die Unterscheidungszeiten zusammen, welche der Localisation und der Beurtheilung der Intensität entsprechen, so finden wir die Mittelwerthe:

	Localisation.	Erkennen des	
		starken	schwachen
		Reizes.	
<i>A</i>	0.021 Sek.	0.022 Sek.	0.053 Sek.
<i>K</i>	0.036 „	0.061 „	0.105 „

Es geht also die Beurtheilung der Intensität eines Tastreizes langsamer vor sich als die Localisation, so zwar, dass nur bei dem einen von uns (*A*) und nur in dem günstigeren Falle (Erkennen des starken Reizes) annähernd dieselbe Geschwindigkeit wie für die Localisation erreicht wurde.

Wir erwähnten schon oben, dass bei diesen Versuchen falsche Reactionen nicht ganz selten vorkamen. Wir theilen im Anhange zwei Tabellen mit, die als Beispiel für die Versuche dienen können. Es fällt auf, dass bei den Versuchen mit Unterscheidung die Schwankung eine sehr erhebliche ist, viel erheblicher als bei den Localisationsversuchen. Wir sehen hier bei *K* die Zahlen bei *U. Sec.* ziemlich gleichmässig vertheilt von 10.6 bis 19.8 (Millimeter auf der Trommelperipherie) bei *U. St.* von 10.0 bis 15.8; entsprechend für *A* von 11.0 bis 15.6 bei *U. Sec.* und von 9.0 bis 11.7 bei *U. St.*

Diese Schwankungen sind sehr gross, wenn man sie vergleicht mit

den Localisationsversuchen. Die Grenzen betragen dort z. B. in der mitgetheilten Reihe für *K* (IV) 8.9 und 11.0; für *A* (III) 9.7 und 11.8. Ein genaueres Studium der Abweichungen vom Mittelwerthe, des Schwankens gleicher Versuche, wäre gewiss von grossem Interesse. Wir verzichten indessen auf eine eingehende Verwerthung unserer Versuche nach dieser Richtung hin und zwar aus dem Grunde, weil wir unter zu wechselnden äusseren Verhältnissen arbeiteten. Wir merkten leicht, dass die Resultate schwankender wurden, wenn durch unsere Zimmer viel gegangen wurde, oder die Zimmertemperatur sehr niedrig war, oder es auf der Strasse besonders laut zuging. Unter solchen Umständen ist ein specielles Studium der Schwankungswerthe natürlich nicht wohl auszuführen. Soviel indessen lässt sich mit Sicherheit sagen und geht auch aus den mitgetheilten Tabellen zur Genüge hervor, dass die Schwankungen *ceteris paribus* bei den Localisationsversuchen viel kleiner waren als bei den Intensitätsversuchen.

Hierbei ist es nothwendig darauf aufmerksam zu machen, dass wir zu der Annahme berechtigt sind, eine weitere Uebung würde dieses Verhalten nicht wesentlich beeinflusst haben. Wir sehen nämlich, dass die Unterscheidungszeiten sich überhaupt gar nicht verringert haben, sondern von Anfang an (mit Ausnahme der ersten 3.4 unter *A*, Unterscheidungszeit für den starken Reiz) um denselben Mittelwerth sich gruppieren. Hieraus entnahmen wir die Berechtigung die Versuche abzubrechen. Vielleicht übrigens ist es keine zu kühne Annahme, dass für die grossen Schwankungen bei den Unterscheidungsversuchen eine nicht psychische Ursache vorhanden sei. Diese könnte darin gefunden werden, dass wir oben sahen, es hinge die Beurtheilung der Intensität von der Erreichung des Maximums ab. Es könnte nun wohl sein, dass die unvermeidlichen kleinen Schwankungen in der Intensität der Reizungsschläge die Empfindung einmal etwas früher, das andere Mal etwas später dies Maximum erreichen liesse. Die Schwankungen der Einzelversuche fielen hiermit unter dieselbe Erklärung, welche wir auch für den Unterschied in der Erkennungszeit der starken und schwachen Reize als möglich hinstellten. Das Hauptresultat der am Tastsinn angestellten Versuche fassen wir zusammen in dem Satze:

Die Beurtheilung der Intensität eines Tastreizes geschieht unsicherer und erfordert längere Zeit als die Localisation desselben.

Wir behalten die sich hier anschliessenden theoretischen Erörterungen dem Schlusse der Arbeit vor, wo wir die sämtlichen Versuchsergebnisse übersehen können, und wenden uns zu den

Akustischen Versuchen.

Versuche mit Glocken. — Als Gehörsreize benutzten wir zunächst Glockenschläge; die dabei gestellte Aufgabe bestand zuerst in der Unterscheidung zweier Glocken, von denen die eine etwa die obere Quinte der anderen angab. Dies bezieht sich natürlich nur auf die für das Ohr am stärksten hervortretenden Partialtöne.

Die Hervorbringung des Reizes bei Unterbrechung des Stromes in *GS* (Fig. 1) geschah hier auf folgende Weise. Der bei *GS* zu unterbrechende Strom wurde durch den Elektromagnet eines Relaisapparates geleitet, welcher dem zur Reaction benutzten ganz ähnlich war und durch Fig. 3 erläutert werden mag. Wenn der Strom geschlossen war, war die Stellung die in der Zeichnung dargestellte. Der in *P* unterstützte, also zweiarmlige Hebel *H* trug nahe der Feder *Q* einen Querarm *A* aus leicht federndem Rohr; an jedem Ende dieses Querarms war ein kleines Messingkügelchen *K* befestigt. Im Momente der Stromunterbrechung fährt dann das den Querarm tragende Ende des Hebels nach unten, weil das andere nach oben fährt. Letzteres schlug gegen eine Arretirung, die so mit Gummi umwickelt war, dass das Anschlagen nicht gehört werden konnte. Die Messingkügelchen aber federten ein wenig über ihre Gleichgewichtslage hinaus. Die Glocken waren nun so gestellt, dass die Kügelchen sie vermöge des Federns gerade erreichten, aber nicht an ihnen liegen blieben. Diese Einrichtung ist nothwendig, weil man keinen guten Ton bekommt, wenn der Klöppel an der Glocke liegen bleibt. — Auf diese Weise wurden nun in Folge der Stromunterbrechung beide Glocken angeschlagen; es war nun Sache des Beobachtenden, da immer nur eine Glocke klingen sollte, die andere anzufassen und so am Klingen zu verhindern. Dass diese Methode keine ideale ist, versteht sich von selbst; wir werden auch ihre Mängel sogleich beleuchten. Wir theilen die damit gewonnenen Resultate doch mit, weil ihr Unterschied gegen die nach besserer Methode erhaltenen von Interesse ist.

Erstlich muss berücksichtigt werden, dass hierbei die Entstehung des Schalles nicht gleichzeitig mit der Stromunterbrechung stattfindet, sondern um eine bestimmte constante Zeit später. Diese Zeit nämlich vergeht, bis der Hebel sich so weit gedreht hat, dass er an die Arretirung stößt und die Messingkügelchen noch so weit über ihre Gleichgewichtslage hinausgedefert haben, dass sie die Glocken erreichen. Diese Zeit hängt von der Stärke der Feder *Q* ab; dass sie aber jedenfalls für unsere Verhältnisse beträchtlich ist, ergab sich aus Versuchen, bei denen wir den die obere Nadel bewegenden Strom, statt durch den Reactions-

apparat, direct durch die Glocken und die Klöppel schlossen. Da es sich für uns indessen immer nur um Differenzen handelt, so ist dies gleichgiltig; es bedurfte für die Unterscheidungszeiten nicht einmal der Bestimmung dieser Zeit. Die für die einfachen Reactionszeiten erhaltenen Zahlen sind allerdings mit den andern nicht vergleichbar.

Auf weitere Uebelstände, die der Schallerzeugung durch einen Glockenschlag überhaupt nothwendig anhaften, kommen wir weiter unten.

In den folgenden Tabellen bedeutet *g* die höhere, *G* die tiefere Glocke; demnach *Eg* einfache Reactionszeit beim Erklängen der höheren; *Ug* Reactionszeit mit Unterscheidung, wenn auf die höhere reagirt wurde; *EG* und *UG* entsprechend für die tiefere Glocke.

Tabelle 5. Reag.: A.

Glockenversuche. $\left. \begin{array}{l} G \text{ tiefere} \\ g \text{ höhere} \end{array} \right\} \text{ Glocke.}$

Datum	<i>Eg</i>	<i>Ug</i>	<i>Eg</i>	<i>EG</i>	<i>UG</i>	<i>EG</i>	Unter- scheidungszeit	
							<i>g</i>	<i>G</i>
6. 12.	13.2	27.3	13.3	15.1	33.3	14.0	13.9	18.7
7. 12.	12.4	27.6	13.2	13.8	36.6	14.4	14.8	22.5
8. 12.	15.3	26.5	15.3	14.5	29.5	15.4	11.2	14.6
9. 12.	14.2	24.3	16.8	15.9	32.5	16.0	8.8	16.5

Tabelle 6. Reag.: K.

Glockenversuche. $\left. \begin{array}{l} G \text{ tiefere} \\ g \text{ höhere} \end{array} \right\} \text{ Glocke.}$

Datum	<i>Eg</i>	<i>Ug</i>	<i>Eg</i>	<i>EG</i>	<i>UG</i>	<i>EG</i>	Unter- scheidungszeit	
							<i>g</i>	<i>G</i>
6. 12.	13.1	33.1	12.1	12.8	32.1	14.5	20.5	18.5
	13.6	32.6	13.6				19.5	
7. 12.	15.4	34.5	16.5	17.2	45.7	17.4	18.5	28.4
8. 12.	16.0	33.1	16.0	15.7	37.9	15.1	17.1	22.5
9. 12.	13.5	31.2	15.0	15.1	36.7	15.1	17.0	21.6

Die Tabellen zeigen bei uns beiden sehr lange Unterscheidungszeiten. Hervorzuheben wäre nur, dass das Erkennen des tieferen Tones länger dauert als das des höheren.

Wir müssen nun in Erwägung ziehen, dass diese Glockenversuche an einem Hauptfehler leiden. Dieser besteht offenbar darin, dass der Reiz nicht von Anfang an die Beschaffenheit hat, die er haben und die an ihm erkannt werden soll. Immer nämlich wird das Aufschlagen des Messingkügelchens auf die Glocke zuerst ein Geräusch hervorbringen, ein Klappen, welches bei den einfachen Versuchen schon hinreicht, um die Reaction zu veranlassen. Bis dagegen die Tonempfindung wirklich entsteht, wird eine kleine Zeit vergehen müssen. Es ist sehr möglich, dass diese von der Tonhöhe abhängig ist; denn man kann sich denken, dass eine gewisse Zahl von Schwingungen ausgeführt sein muss, bis die mitschwingenden Theile des Ohres stark genug bewegt sind, um die betreffende Faser des Nervus acusticus zu erregen. Je langsamer also die Schwingungen, je tiefer der Ton, um so länger würde es dauern, bis die Tonempfindung auf die Geräuschempfindung folgte. Es mag indessen dahingestellt bleiben, ob die Länge der hier gefundenen Zeiten auf diesem Umstande beruht oder auf einem andern, nämlich der sehr zusammengesetzten Natur der Glockenklänge. Diese hatte zur Folge, dass beide Klänge eine grosse Zahl von Partialtönen gemeinsam hatten, nur in verschiedener relativer Intensität, was gewiss die Unterscheidung erschwerte.

Unterscheidung einfacher Töne. — Wir mussten daher bestrebt sein eine Methode zu finden, welche von diesen beiden Uebelständen frei war. Wir verlangten somit 1) möglichst einfache Töne (wenige und schwache Obertöne). 2) Töne, deren Beginn von keinem Geräusch begleitet wäre. 3) Töne, welche durch die Unterbrechung eines elektrischen Stromes ausgelöst werden könnten. Diesen Anforderungen entsprach in ausreichender Weise das folgende Verfahren, welches Fig. 5 andeutet. In einem eisernen Schraubstocke S_1 wurden zwei gleich breite und dicke Stahlplättchen, P_1 und P_2 , neben einander fest eingeklemmt; die freien Enden wurden nicht gleich lang gemacht, so dass sie, in Schwingungen versetzt, verschiedene Töne gaben. Ein Elektromagnet M wurde nun so unter die Plättchen gestellt, dass je ein Pol sich unter der Spitze jedes Plättchens, einige Millimeter tiefer, als deren Gleichgewichtslage, befand. Die Entfernung wählten wir so, dass, wenn der Elektromagnet vom Strome durchflossen war, er die Plättchen nicht von selbst an die Pole heranzuziehen vermochte, wohl aber sie festhielt, wenn man sie anlegte. Wenn man daher ein Plättchen angedrückt hatte, so riss es im Augenblicke der Stromunterbrechung los und man hörte

seinen Ton. Der Beobachtende konnte, indem er vor jedem Versuche das eine oder das andere Plättchen andrückte, nach Belieben und ohne Vorauswissen des Reagirenden den einen oder den anderen Ton durch die Stromunterbrechung hervorbringen. Diese Methode leistet das Verlangte. Die Schwingungsform eines an dem Ende fixirten Stahlplättchens ist jedenfalls derjenigen der Stimmgabel sehr ähnlich, also nahezu rein. Ein Geräusch entsteht gar nicht, sondern die Schwingungen sind von Anfang an regelmässig. Wir wollen indessen nicht verschweigen, dass ein Uebelstand auch hier nicht ganz zu beseitigen war. Es ist nämlich hierbei sehr schwer, die Intensität der Töne zu beherrschen und in gewünschter Weise zu reguliren. Die Intensität hängt natürlich davon ab, wie weit der Pol des Elektromagnetes von der Gleichgewichtslage des Plättchens absteht; denn dieser Abstand misst die Amplitude mit der die Schwingungen beginnen. Sehr starke Töne erhält man überhaupt nicht, wenn man nicht zu sehr starken magnetisirenden Strömen greifen will. Die geringste Verschiebung des Elektromagnetes aber (und er verschiebt sich sehr leicht durch den Zug der Plättchen nach oben und den Rückstoss beim Abreissen) ändert die Intensität. Es ist uns daher nicht gelungen beide Töne stets in ganz constanter und gleicher Stärke zu erhalten. Wir glauben aber nicht, dass die Giltigkeit der Resultate hierdurch irgendwie beeinträchtigt wird. In der That könnte man nur erwarten, in Folge eines solchen variablen Fehlers inconstante, nicht zu deutende Resultate zu erhalten. Zeigen sich dieselben nun aber doch constant und brauchbar, so werden wir vielmehr rückwärts schliessen dürfen, dass die Intensität nicht von so maassgebendem Einflusse ist, dass ihre Schwankung innerhalb mässiger Grenzen sehr zu fürchten wäre.

Das Intervall der beiden benutzten Töne betrug etwa eine kleine Sexte. Die folgenden Tabellen geben die erhaltenen Mittelwerthe in bekannter Weise; t ist der höhere, T der tiefere Ton; E die einfache Reactionszeit, U die mit Unterscheidung.

Tabelle 7. Reag.: K.

$$\left. \begin{array}{l} t \text{ höher} \\ T \text{ tiefer} \end{array} \right\} \text{Ton.}$$

Datum.	<i>Et</i>	<i>Ut</i>	<i>Et</i>	<i>ET</i>	<i>UT</i>	<i>ET</i>	Unter- scheidungszeit	
							<i>t</i>	<i>T</i>
11. 12.	13.9	24.9	13.8	16.0	24.4	14.7	11.0	9.1
12. 12.	13.3	21.9	13.5	16.2	25.5	16.4	8.5	9.2
13. 12.	14.6	23.7	15.1	16.1	22.6	15.7	8.8	6.7
13. 12.				13.8	21.7	15.6		7.0
14. 12.	12.6	19.0	12.3	15.4	22.0	15.6	6.6	6.5
10. 1.	13.2	21.0	14.7	16.9	22.0	16.3	7.0	5.4
11. 1.	13.5	19.3	14.1	16.0	21.0	17.0	5.5	4.5
12. 1.	17.0	20.2	14.8	14.8	22.0	16.0	4.3	6.6
12. 1.	12.6	17.1	12.5	14.5	20.5	16.9	4.5	4.8
13. 1.	12.9	19.2	15.1	16.5	21.9	16.2	5.2	5.5

Mittel der letzten 4 Zahlen: 4.9 5.4

Tabelle 8. Reag.: A.

$$\left. \begin{array}{l} t \text{ höher} \\ T \text{ tiefer} \end{array} \right\} \text{Ton.}$$

Datum.	<i>Et</i>	<i>Ut</i>	<i>Et</i>	<i>ET</i>	<i>UT</i>	<i>ET</i>	Unter- scheidungszeit	
							<i>t</i>	<i>T</i>
11. 12.	15.0	19.3	14.8	16.3	21.6	15.1	4.4	5.9
12. 12.	13.7	16.3	13.5	15.5	21.1	16.6	2.7	5.1
13. 12.	13.8	18.3	15.2	13.6	19.8	14.7	3.7	5.6
14. 12.	12.8	16.1	14.4	15.9	21.0	17.7	2.5	4.2
10. 1.	16.6	20.8	17.8	21.1	24.1	19.9	3.6	3.6
10. 1.	16.6	19.5	17.2				2.6	
11. 1.	14.5	16.8	14.5	15.4	18.3	15.0	2.3	3.1
12. 1.	13.9	15.7	14.5	14.5	17.8	15.1	1.5	3.0
12. 1.	14.6	16.4	14.6	16.2	20.8	17.2	1.8	4.1
13. 1.	13.9	15.3	13.8	15.9	19.8	16.5	1.5	3.6

Mittel der letzten Zahlen: 1.9 3.4

Die Tabellen zeigen von Anfang an kürzere Unterscheidungszeiten als die Glockenversuche, dieselben verkürzen sich dann in Folge der Uebung, bis sie in den letzten Versuchstagen constant erscheinen. Die Unterscheidungszeit für den höheren Ton beträgt im Mittel aus den letzten 4 Zahlen für K 0.049 Sek., für A aus den letzten 5 Zahlen 0.019 Sek.; die für den tieferen für K 0.054, für A 0.034.

Hier ist zunächst interessant, dass die individuelle Differenz sich in der gleichen Weise geltend macht, [wie bei den Versuchen am Tastsinn. Zwischen den einfachen Reactionszeiten zwar besteht hier kein Unterschied, der ausserhalb der Fehlergrenzen läge. Die Unterscheidungszeiten aber sind wiederum bei A viel kürzer als bei K . Ferner zeigt sich bei uns beiden die Zeit für das Erkennen des hohen Tones kürzer als die für Erkennen des tiefen Tones erforderliche. Wenn dieses Verhalten sicher constatirt wäre, so würde es eine sehr interessante Schlussfolgerung ergeben. Man darf nämlich hier nicht etwa an die Zeit denken, welche vergeht, bis die genügende Anzahl Schwingungen erfolgt ist, um überhaupt den Acusticus zu erregen. Es handelt sich ja hier um eine Differenz in den Unterscheidungszeiten, welche erst vom Beginn der Empfindung an gerechnet sind. Finden sich nun diese für verschiedene Töne verschieden, so kommt man naturgemäss zu der Vorstellung, dass die Tonempfindung nicht vom ersten Augenblicke an ihren ausgeprägten Charakter besitze, sondern im ersten Momente die verschiedenen Töne nicht unterscheidbar seien, nach einer gewissen Anzahl von Schwingungen aber die Empfindung die charakteristische Färbung erlangt. Die Zahl dieser Schwingungen lässt sich leicht berechnen. Es sei x die Anzahl von Schwingungen, welche zur Charakterisirung der Tonhöhe nach dem ersten Beginne der Empfindung noch erforderlich ist; y sei die beiden Tönen gemeinsame, eigentlich psychische Zeit, welche also, nachdem die Empfindung ihre Beschaffenheit erlangt hat, noch bis zur Auslösung der Reaction vergeht.¹ Sind n_t und n_r die Schwingungszahlen pro Sekunde der beiden Töne, so wäre dann

$$\frac{x}{n_t} + y = U_t$$

$$\frac{x}{n_r} + y = U_r$$

$$\text{also } \frac{x}{n_r} - \frac{x}{n_t} = U_r - U_t.$$

¹ Hätte die Tonempfindung vom ersten Beginnen an die charakteristische Beschaffenheit, so würde sich die Unterscheidungszeit für beide Töne auf y reduciren.

Nehmen wir, wie es bei unseren Versuchen etwa der Fall war, $n_T = 400$, $n_t = 640$ an und setzen wir für $U_T - U_t$ das Mittel aus den für uns beide gefundenen Werthen, so erhalten wir

$$\frac{x}{400} - \frac{x}{640} = 0.01$$

$$3x = 32.0$$

$$x = 10.7.$$

10 bis 11 Schwingungen wären also nach dem Beginn der Empfindung noch erforderlich, um den Ton seiner Höhe oder Tiefe nach zu charakterisiren. Wir kommen auf diesen Punkt sogleich noch einmal zurück. Für jetzt wollen wir nur noch bemerken, dass wir diese Vorstellung nur als Hypothese hinstellen, zu deren Erwägung die mitgetheilten Ergebnisse entschieden auffordern, ohne sie aber schon zu dem Range einer „wohlbegründeten Hypothese“ erheben zu können. Erstens ist die fragliche Differenz bei uns beiden sehr verschieden (0.005 bei K , 0.015 bei A); zweitens muss auch erwähnt werden, dass in der Regel der tiefere Ton etwas leiser war als der höhere. Auch hierin könnte die Quelle des Unterschiedes liegen. Dieser würde daher erst durch eine diesem Punkte eigens gewidmete und mit vollkommeneren Methoden ausgeführte Versuchsreihe zu constatiren sein. Namentlich müssten die Tonhöhen weit mehr variirt werden, als wir es konnten. (Die Stahlplättchen gaben nur innerhalb sehr enger Grenzen brauchbare Töne).

Unterscheidung von Ton und Geräusch. — Wir wenden uns nunmehr zu einer neuen Classe von Versuchen, welche die Unterscheidung eines Tones von einem Geräusche betrafen. Als Geräusch wollten wir einen überspringenden elektrischen Funken benutzen; es war zu dem Zwecke nothwendig, bei GS (Fig. 5) nach Belieben den einen oder den anderen von zwei Strömen unterbrechen zu können. Dies gestattete eine einfache Commutationsvorrichtung C , deren Beschreibung überflüssig ist. Von diesen beiden Strömen ging nun der eine wie früher durch den Elektromagnet und diente zur Tonerzeugung durch das Stahlplättchen. Der andere war durch die primäre Rolle eines Ruhmkorff'schen Inductionsapparates (Rkf) geleitet. (Der Interruptor war natürlich ausgeschaltet.) Die Enden der secundären Rolle waren in Verbindung mit Elektroden, welche dicht neben dem Stahlplättchen sich gegenüberstanden. Bei Unterbrechung des primären Stromes sprang hier der Funke F über; er konnte vom Reagirenden nur gehört, nicht aber gesehen werden. Der Beobachter konnte somit durch Handhaben der Commutationsvorrichtung nach Belieben einen Ton oder ein Geräusch durch die Unterbrechung bei GS hervorbringen.

Die folgenden Tabellen geben die erhaltenen Resultate; ihre Anordnung ist nach dem Früheren ohne Weiteres verständlich. *T* ist der Ton, *G* das Geräusch.

Tabelle 9. Reag.: *A*.Unterscheidung von Ton (*T*) und Geräusch (*G*).

Datum.	<i>ET</i>	<i>UT</i>	<i>ET</i>	<i>EG</i>	<i>UG</i>	<i>EG</i>	Unterscheidungszeit.	
							Ton.	Geräusch.
20. 1.	14.8	15.8	13.8	12.9	15.1	13.5	1.5	1.9
22. 1.	14.2	17.2	15.0	12.0	14.4	13.5	2.5	1.7
22. 1.	16.1	19.5	17.1	12.6	15.1	13.2	2.9	2.2
23. 1.	14.4	17.2	15.4	13.3	16.2	14.1	2.3	2.5

Tabelle 10. Reag.: *K*.Unterscheidung von Ton (*T*) und Geräusch (*G*).

Datum.	<i>ET</i>	<i>UT</i>	<i>ET</i>	<i>EG</i>	<i>UG</i>	<i>EG</i>	Unterscheidungszeit.	
							Ton.	Geräusch.
20. 1.	15.7	20.4	15.4	12.2	17.4	13.2	4.8	4.7
22. 1.	16.2	19.9	16.4	12.8	17.5	13.2	3.6	4.5
23. 1.	15.3	20.8	15.3	13.6	17.7	12.8	5.5	4.5

Die Unterscheidungszeiten sind hier etwa ebenso lang, wie die für den höheren Ton bei Unterscheidung von 2 Tönen gefundenen, nämlich im Mittel

0.023 Sek. bei *A*,0.046 Sek. bei *K*.

Und zwar wird der Ton ebenso schnell erkannt, als das Geräusch.

Die einfachen Reactionszeiten aber sind sehr deutlich verschieden; die für den Ton ist erheblich länger, als die für den Funken. Der hier gebrauchte Ton lag seiner Höhe nach zwischen dem hohen und dem tiefen der vorigen Reihen. Stellen wir die einfachen Reactionszeiten zusammen, indem wir die Mittel aus allen Versuchen¹ nehmen, so erhalten wir

¹ Es sind nur die Versuche von *A* vom 10. Jan. fortgelassen, welche ganz ausnahmsweise hohe Werthe gaben, vielleicht als die ersten nach längerer Unterbrechung der Versuche.

	Funke	höchster	mittlerer Ton	tiefster
<i>A</i>	13.2	14.2	15.1	15.7
<i>K</i>	12.9	13.9	15.7	15.8

Hier ist deutlich zu sehen, wie die Reactionszeit mit wachsender Höhe des Tones abnimmt und beim elektrischen Funken am kleinsten ist. Dies ist ohne Weiteres verständlich; es ist eben bei den Tönen eine gewisse Anzahl von Schwingungen nothwendig, bis die betreffenden Fasern des Corti'schen Organs die zur Erregung des Nerven nothwendige Excursion erreicht haben; beim Funken dagegen ist die erste und einzige Erschütterung hierzu ausreichend: es wird also diese Zeit erspart. Wollen wir uns auch hier auf die Bestimmung der Zahl dieser Schwingungen einlassen (wenn auch das Material dazu sehr dürftig ist), so können wir dies sehr leicht ausführen. Wir müssen nur die für jeden Ton gefundene Verzögerung im Vergleich mit dem elektrischen Funken mit seiner Schwingungszahl multipliciren. Wir erhalten so 6 Zahlen

6.4	9.5	10.0	(<i>A</i>)
6.4	14.0	11.6	(<i>K</i>),

die nicht allzugenuau übereinstimmen. Im Mittel vergingen hiernach 9 bis 10 Schwingungen, bis überhaupt eine Empfindung entsteht.

Stellen wir diese Annahme mit der oben entwickelten zusammen, so gelangen wir zu der folgenden Vorstellung: Es müssen erstens 9 bis 10 Schwingungen stattfinden, bis die Bewegung in den Endapparaten des Acusticus ausreichend geworden ist, um eine Erregung auszulösen (diese Zahl übrigens jedenfalls werden wir uns von der Intensität der Erregung abhängig zu denken haben). Die nunmehr entstehende Empfindung ist aber für's Erste noch unbestimmten Charakters, so dass die Unterscheidung der Tonhöhe noch unmöglich ist. Nachdem wieder noch ca. 10 Schwingungen vergangen sind, ist die Tonhöhe in der Empfindung ausgeprägt und es ist nun für die Unterscheidung die Basis gegeben. Die Durchführung dieser ganzen sehr hypothetischen Betrachtung wird eine Entschuldigung finden in einer nicht uninteressanten Uebereinstimmung, zu der wir hiermit gelangt sind. Aus unseren Annahmen würde folgen, dass ca. 20 Schwingungen dem Ohre zugeführt werden müssen, wenn es im Stande sein soll, die Höhe desselben zu erkennen. Exner¹ fand auf directem Wege hierfür die Zahl 18, unabhängig von der Tonhöhe.

Localisation des Schalls. — Wir kommen jetzt zu Versuchen, die sich nicht auf Erkennen von Schallqualitäten, sondern auf die Localisation des Schalls beziehen; hierunter verstehen wir hier, wie im

¹ Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XIII.

Folgenden immer, nur das Erkennen, in welcher Richtung vom Hörenden aus sich die Schallquelle befindet, nicht aber die Beurtheilung der Entfernung. Wir müssen hierbei einige Worte über das Wesen dieses Processes vorausschicken. Soviel ist klar, dass die Localisation eines Schalls ein völlig anderer Vorgang ist, als die Localisation einer Gesichts- oder Tastempfindung. Bei diesen werden die Empfindungen verschiedener Orte in verschiedene Nervenfasern geleitet; es ist also für die Unterscheidung eine ganz andere Basis gegeben als beim Gehör. Je nach dem Orte des Reizes ist der sich anschliessende physiologische Process, soweit wir ihn kennen, ein verschiedener. Woraus erkennen wir denn nun aber die Richtung, aus der ein Schall uns trifft, oder besser die Richtung, in welcher wir die Quelle eines uns treffenden Schalles zu suchen haben? Der, wie wir glauben, ziemlich allgemein angenommenen Ansicht zufolge aus der relativen Stärke der Schallempfindung in beiden Ohren. Als Stütze dieser Anschauung wird die pathologische Erfahrung angeführt, dass Menschen, die auf einem Ohre taub sind, die Richtung des Schalls nicht mehr erkennen. Hauptsächlich aber gründet sich jene Meinung wohl darauf, dass wir gar nicht im Stande sind uns eine andere irgend plausible Erklärung des den Ohren gegebenen Vermögens zu machen. In der That, die Schwingungen im inneren Ohre geben nur die am äusseren Gehörgange (oder unter besonderen Verhältnissen in den Kopfknochen) auftretenden Verdichtungen und Verdünnungen wieder; aber jede Spur vom Ursprung des Schalles ist in ihnen völlig ausgelöscht. In dem physiologischen Process vom Corti'schen Organ bis zum Gehirn kennen wir, gleiche Qualität und Intensität des Schalls vorausgesetzt, nicht den mindesten Unterschied, woher der Schall auch komme. Oder soll man an den Phasenunterschied denken, mit dem der Schall das linke und das rechte Ohr trifft? Diese schon an sich sehr unwahrscheinliche Hypothese würde bei genauerem Eingehen, wozu hier nicht der Ort wäre, in sehr grosse Schwierigkeiten verwickelt werden. Jedenfalls ist die Annahme, dass die relative Schallstärke in beiden Ohren maassgebend sei, vorläufig entschieden die wahrscheinlichste. Dass auch diese einer experimentellen Prüfung sehr bedürftig ist, wollen wir nicht verkennen. Sie führt nämlich zu manchen überraschenden Consequenzen, so. z. B. dass alle Punkte der Medianebene unter einander nicht unterscheidbar wären, (sofern man über die Intensität des Schalls nicht vorher unterrichtet ist). Ueberhaupt müsste es unendlich viele Flächen geben von der Eigenschaft, dass eine Schallquelle in jedem ihrer Punkte mit gleichem Verhältniss der Intensitäten auf beide Ohren einwirkte. — Um indessen bei dieser Abschweifung nicht zu lange zu verweilen, wollen wir nur noch anticipiren, dass die

mitzutheilenden Versuche eine, wenn wir nicht irren, überraschende Sicherheit und Genauigkeit der Gehörslocalisation beweisen. Man beschränkte sich bisher meistens ohne directe Versuche auf die Behauptung, dass die Localisation eines Schalles sehr unvollkommen sei.¹

Wir sehen aus diesen Bemerkungen, dass es sich bei der Localisation eines Schalles um einen Process viel complicirter Natur handelt, als bei dem Erkennen einer Qualität. Während nämlich diese von Anfang (oder von einem bestimmten Zeitpunkte) an fertig in der Empfindung da ist und man nur sozusagen zuzusehen braucht, um sie zu erkennen, handelt es sich hier um einen Vorgang, der, nach dem üblichen Schema des unbewussten Schlusses aufgelöst, sich so darstellen würde: Schätzung der Schallintensität auf dem einen und dem anderen Ohr, Beurtheilung des Verhältnisses dieser beiden Intensitäten, Schluss aus diesem Verhältniss auf die Lage der Schallquelle.

Sehen wir nun, was die Versuche ergeben. Die Einrichtung derselben war sehr einfach. Die Leitung von der secundären Rolle des Ruhmkorff'schen Apparates wurde getheilt und konnte vom Beobachter durch Umlegen eines Commutators nach Belieben zu dem einen oder dem anderen von zwei Elektrodenpaaren geführt werden. Diese befanden sich ein wenig vor der Frontalebene des Reagirenden, symmetrisch zu seiner Medianebene gestellt. Für die Natur des Versuches maassgebend ist dann der Winkel, welcher an der Nasenwurzel des Reagirenden von den nach den Orten beider Schallquellen gezogenen geraden Linien eingeschlossen wird. Wir wollen ihn den Divergenzwinkel nennen. Er war bei unseren Versuchen stets nach vorn offen. Wenn man ihn genau bestimmen und festhalten wollte, so müsste man den Kopf fixiren. Eine solche Situation ist aber keineswegs bequem, und da jede Unbequemlichkeit die Reactionsversuche entschieden beeinträchtigt, so glaubten wir uns von dieser Vorsicht dispensiren zu sollen. Wir haben daher hin und wieder die Grösse des Winkels durch Messung controlirt, hauptsächlich aber uns an das Augenmaass gehalten. Die im Folgenden über die Grösse des Winkels gemachten Angaben sind daher nur als ungefähre zu betrachten. Da es auch nur in unserer Absicht lag, zu constatiren, ob die Unterscheidungszeit von der Grösse des Divergenzwinkels abhängig sei und in welchem Sinne, nicht aber das Functionalverhältniss genau quantitativ zu bestimmen, so konnte diese Annäherung als ausreichend betrachtet werden. Die Entfernung der Elektroden vom

¹ Ausser den älteren Versuchen von Ed. Weber (*Ber. d. k. Sächs. Ges. d. Wissensch. z. Leipzig* 1851) sind in neuester Zeit von Lord Rayleigh (*Referat in Nature*, Vol. XIV) dergleichen angestellt worden, welcher namentlich auf den hierbei stattfindenden Unterschied zwischen Tönen und Geräuschen aufmerksam gemacht hat.

Kopfe des Beobachters betrug immer etwa 60^{cm}. Selbstverständlich hielt der Reagirende die Augen geschlossen, so dass er die Funken nicht sehen konnte.

Die erhaltenen Mittelwerthe sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt. Es bedeutet *L* den linken, *R* den rechten Funken; sonst ist die Bezeichnung wie früher.

Tabelle 11. Reag.: *A*.

Localisation eines elektrischen Funkens. Divergenzwinkel = 120°.

Datum.	<i>EL</i>	<i>UL</i>	<i>EL</i>	<i>ER</i>	<i>UR</i>	<i>ER</i>	Unter- scheidungszeit	
							links	rechts
24. 1.	13.0	15.0	13.2	13.1	15.6	13.9	1.9	2.1
24. 1.	12.1	14.8	12.9				2.3	
26. 1.	12.6	14.1	12.2	12.8	15.3	12.6	1.7	2.6
25. 1.	12.6	15.0	12.9	12.6	14.4	11.8	2.3	2.2
29. 1.	11.7	13.6	12.6	13.3	14.8	12.9	1.5	1.7
30. 1.	12.3	13.8	12.5		14.1	12.3	1.4	1.7
31. 1.	12.0	13.3	11.8				1.4	
1. 2.	12.0	14.2	12.6				1.9	
2. 2.	11.9	13.2	12.3				1.1	

Tabelle 12. Reag.: *A*.

Divergenzwinkel = 35°.

Datum.	<i>EL</i>	<i>UL</i>	<i>EL</i>	<i>ER</i>	<i>UR</i>	<i>ER</i>	Unter- scheidungszeit	
							links	rechts
27. 1.	12.3	14.4	11.9	11.7	15.3	11.5	2.3	3.7
	13.0	15.3	12.3				2.6	
29. 1.	12.6	15.4	12.6	12.0	15.9	12.4	2.8	3.7
30. 1.	12.1	15.6	12.0	11.4	15.9	12.2	3.6	4.1
31. 1.	11.1	14.8	12.1				3.2	
1. 2.	12.4	15.0	12.0				2.8	
3. 2.	13.1	15.3	14.2 ¹ (?)				1.7 ¹ (?)	

¹ Die Zahl 14.2 ist für die einfachen Versuche ungewöhnlich hoch und vermuthlich als durch irgend einen Umstand beeinträchtigt anzusehen. Auch die Unterscheidungszeit 1.7 ist demnach unsicher.

Tabelle 13. Reag.: *A*.

Divergenzwinkel = 26°.

Datum.	<i>EL</i>	<i>UL</i>	<i>EL</i>	Unterscheidungszeit links
31. 1.	12.0	16.2	12.4	4.0
1. 2.	12.1	15.7	12.5	3.4
1. 2.	12.3	16.8	13.1	4.1
3. 2.	12.5	15.0	12.7	2.4

Tabelle 14. Reag.: *A*.

Divergenzwinkel = 11°.

Datum.	<i>EL</i>	<i>UL</i>	<i>EL</i>	Unterscheidungszeit links
2. 2.	12.6	20.7	12.6	8.1
2. 2.	11.7	17.1	11.9	5.3
3. 2.	12.7	18.0	12.7	5.3

Tabelle 15. Reag.: *K*.

Divergenzwinkel = 120°.

Datum.	<i>EL</i>	<i>UL</i>	<i>EL</i>	<i>ER</i>	<i>UR</i>	<i>ER</i>	Unterscheidungszeit	
							links	rechts
24. 1.	13.4	18.7	12.6	12.7	17.1	13.3	5.7	4.1
24. 1.	12.6	13.3	12.4				3.8	
26. 1.	11.7	15.6	11.7	12.0	16.2	12.8	3.9	3.8
26. 1.	11.7	15.7	12.0	11.8	15.6	12.6	3.9	3.4
29. 1.	12.3	13.5	11.4	11.9	14.7	12.3	1.7	2.6
30. 1.	11.5	13.8		11.8	14.4	12.0	2.2	2.5
31. 1.	11.4	15.4	12.2				3.6	
31. 1.	12.9	15.4	12.6				2.7	
2. 2.	11.5	15.9	12.5				3.9	
2. 2.	12.6	15.8	13.8				3.1	

Tabelle 16. Reag.: *K*.

Divergenzwinkel = 35°.

Datum.	<i>EL</i>	<i>UL</i>	<i>EL</i>	<i>ER</i>	<i>UR</i>	<i>ER</i>	Unter- scheidungszeit	
							links	rechts
27. 1.	11.1	16.6	11.2	12.6	16.8	12.6	5.4	4.2
27. 1.	11.7	15.6	11.5				4.0	
29. 1.	11.5	15.1	10.9	11.8	16.3	12.4	3.9	4.2
29. 1.	11.7	16.3	12.1	11.8	17.2	11.8	4.4	5.4
30. 1.	11.1	15.0	10.9	12.1	16.5	11.7	4.0	4.6
31. 1.	12.1	16.5	12.9				4.0	
1. 2.	13.2	16.5	12.9				3.5	

Tabelle 17. Reag.: *K*.

Divergenzwinkel = 26°.

Datum.	<i>EL</i>	<i>UL</i>	<i>EL</i>	Unterscheidungszeit links
1. 2.	12.3	18.0	13.2	5.2
1. 1.	12.3	17.7	11.7	5.7
3. 2.	12.1	17.5	12.6	5.2

Tabelle 18. Reag.: *K*.

Divergenzwinkel = 11°.

Datum.	<i>EL</i>	<i>UL</i>	<i>EL</i>	Unterscheidungszeit links
2. 2.	11.8	19.5	11.8	7.7
2. 2.	11.8	19.2	12.2	7.2
3. 2.	11.8	20.1	12.2	8.1

Wie aus den beigefügten Daten der Versuchstage ersichtlich ist, haben wir mit dem grössten Divergenzwinkel begonnen, später aber an denselben Tagen Versuche mit verschiedenen Divergenzwinkeln gemacht.

Dies hatte den Zweck, die Abhängigkeit der Unterscheidungszeit vom Divergenzwinkel möglichst sicher zu constatiren.¹

Stellen wir die Mittelwerthe zusammen, so erhalten wir

	Divergenzwinkel:			
	120°	35°	26°	11°
<i>A</i>	1.5	3.2	3.5	5.3
<i>K</i>	3.2	4.3	5.4	7.7.

Es sind hierbei aus Tab. 11 und 15 die über dem Doppelstrich befindlichen Zahlen nicht mitgerechnet, weil sie die ersten und in Folge mangelnder Uebung noch wesentlich grösser als die späteren sind. Es ist hiernach klar, dass die Unterscheidungszeit grösser wird, wenn der Divergenzwinkel abnimmt. Bei noch weiterer Verkleinerung des Winkels wird die Unterscheidung unsicher und man erhält keine übereinstimmenden Zahlen mehr.

Während also die einfachen Reactionszeiten vom Divergenzwinkel unabhängig und sehr constant sind, wie die folgende Zusammenstellung zeigt:

	Winkel:			
	120°	35°	26°	11°
<i>A</i>	12.5	12.1	12.4	12.4
<i>K</i>	12.2	11.9	12.4	11.9

nimmt die Unterscheidungszeit mit wachsendem Winkel zu. Ueber die Art dieser Zunahme lässt sich wenigstens im Allgemeinen aussagen, dass sie um so schneller erfolgt, je kleiner der Divergenzwinkel schon ist. Die Zunahme nämlich würde für einen Grad Verminderung des Winkels im Mittel betragen

	zwischen 120° und 35°	35° und 26°	26° und 11°
bei <i>A</i>	0.020	0.033	0.120
bei <i>K</i>	0.013	0.122	0.153.

Hierdurch ist der behauptete Gang der Erscheinung genügend bewiesen. Eine strenge Gesetzmässigkeit kann der Natur der Sache nach übrigens nicht erwartet werden. Wenn nämlich, wie wir oben annahmen,

¹ In diesem Falle sind zuweilen die einfachen Versuche einer Reihe zugleich für eine andere gerechnet worden, zweimal auch eine Reihe *EL* für *ER* supplirt worden; dies ist bei der völligen Uebereinstimmung der einfachen Versuche bei verschiedenen Divergenzwinkeln ohne Frage zulässig und kürzte die Versuchsdauer ab. In der Folge z. B. *EL* (120°) *UL* (120°) *EL* (120°) *UL* (35°) *EL* (35°) würde das unterstrichene Glied zugleich als *EL* (35°) gerechnet werden dürfen.

für die Wahrnehmung des Orts der Schallquelle das Verhältniss der Intensitäten in beiden Ohren wesentlich ist, so werden wir uns zugleich erinnern müssen, wodurch dieses bestimmt wird. Wir finden nun dies von zwei Factoren abhängig. Eine rechts gelegene Schallquelle wird das rechte Ohr stärker afficiren als das linke, erstens weil sie jenem näher liegt als diesem; ausserdem aber noch aus dem Grunde, weil die Schallwellen das rechte Ohr direct treffen, das linke aber nicht in gleicher Weise, sondern mit Einschaltung der Masse des Kopfes als fort-pflanzenden Mediums. Man könnte sagen, dass das linke Ohr einer rechts-liegenden Schallquelle gegenüber sich so verhielte wie ein Auge, das durch ein verdunkelndes Glas bedeckt ist. Genau bestimmbar ist uns nur der Einfluss der verschiedenen Entfernung. Soviel aber können wir mit Sicherheit sagen, dass für beide Momente der Divergenzwinkel nicht allein maassgebend ist. Die Flächen, für welche das Intensitätsverhältniss ein constantes ist, sind jedenfalls keine von der Körperaxe symmetrisch zur Medianebene divergirenden Ebenen. Die eigentliche Aufgabe wäre daher, die Unterscheidungszeiten zu bestimmen bei verschiedenen Differenzen der Intensitätsverhältnisse, nicht für verschiedene Divergenzwinkel. Für eine solche Darstellung der Abhängigkeit fehlt aber bis jetzt die Möglichkeit.

Stellen wir die Resultate der akustischen Versuche zusammen, so finden wir Folgendes:

Das Erkennen von möglichst einfachen Tönen dauert
 bei *A* 0.019 bis 0.034 Sek.
 bei *K* 0.049 bis 0.053 Sek.

Die Unterschiede hängen vielleicht von der Tonhöhe ab.
 Die Unterscheidung eines Tons von einem Geräusch
 bei *A* 0.023 Sek.
 bei *K* 0.046 Sek.

Ton und Geräusch werden gleich schnell als solche erkannt.

Die Localisation eines Geräusches erfordert unter den günstigsten Verhältnissen
 bei *A* 0.015 Sek.
 bei *K* 0.032 Sek.

Bei schwierigerer Unterscheidung aber steigt sie
 bei *A* auf 0.053 Sek.
 bei *K* auf 0.077 Sek.

Wir kommen zu der letzten Classe, den

Optischen Versuchen.

Als optischer Reiz diente immer der überspringende elektrische Funke. Die Versuchseinrichtung war daher ganz ähnlich, wie bei den zuletzt mitgetheilten akustischen. Der primäre Strom eines Ruhmkorff'schen Apparates (*Rkf.*) wurde bei *GS* (Fig. 6) unterbrochen. Der dabei zwischen den Enden der secundären Rolle überspringende Inductionsfunke diente als Gesichtszeichen. Wir haben am Auge drei verschiedene Unterscheidungen untersucht. Bei der ersten handelte es sich darum, zu erkennen, an welcher Stelle des Gesichtsfeldes die Lichterscheinung sich befände. Wir wollen dies als Richtungslocalisation bezeichnen, da es hierbei darauf ankommt, in welcher Richtung vom Sehenden aus der Funke erscheint. Die zweite hat das Erkennen der Farbe eines Lichteindrucks zur Aufgabe; die dritte die Beurtheilung der Entfernung, in welcher der Funke überspringt, Entfernungslocalisation. Die ersten beiden Versuchsklassen machten wir monocular, jeder, wie es ihm bequemer war, *K* mit dem linken, *A* mit dem rechten Auge.

Die Einrichtung der Versuche über Richtungslocalisation war folgende. Um ein dunkles Gesichtsfeld zu haben, kitteten wir eine Kiste *K* (Fig. 6) auf dem Versuchstische fest; in der vorderen Wand derselben befand sich ein Loch *L*, durch welches der Reagirende in den dunkeln Raum hineinblickte. Durch die beiden Seitenwände führten je zwei Drähte, *D*₁, *D*₂, *D*₃ und *D*₄ in das Innere der Kiste, zwischen denen die Funken überspringen sollten. Der Deckel war abzuheben, so dass man nach Belieben die Stellung der Drähte ändern konnte; er war mit einem überfallenden Papierrande beklebt, damit beim Auflegen der Innenraum der Kiste ganz verdunkelt werde. Es kam uns hierbei selbstverständlich auf absolute Dunkelheit gar nicht an; wir wollten nur, dass die Drähte nicht sichtbar wären; und dies war auf die genannte Weise sehr einfach erreicht.

Optische Richtungslocalisation. — Bei den Versuchen über Richtungslocalisation stellten wir die Drähte so, dass das eine Elektrodenpaar etwa 5^{mm} von dem andern entfernt horizontal neben ihm stand. In der Figur 6 ist nicht diese, sondern eine später gebrauchte Anordnung dargestellt. Als Fixationszeichen wurde in der hintern Wand der Kiste ein kleines Loch gebohrt, durch welches ein wenig Licht hindurchschien (*Fx.*). Das eine Elektrodenpaar befand sich nahezu zwischen dem Auge und diesem Fixationsobject, so dass der dort überspringende Funke dem fixirten Punkte unmittelbar benachbart erschien. Das andere

Elektrodenpaar stand links daneben; war dieses mit der secundären Rolle verbunden, so wurde demnach der überspringende Funke indirect gesehen. Der Gesichtswinkel, unter welchem die Entfernung der beiden Funkenstellen erschien, betrug etwa 10° .

Die optischen Versuche, bei welchen der überspringende Inductionsfunke als Gesichtszreiz dient, bedürfen stets noch einer besonderen Vorsicht. Es muss nämlich gesorgt sein, dass man den Funken nicht hört. Wenn man den Funken sowohl hört als sieht, so ist es allerdings schwer, ein Urtheil abzugeben, welche von beiden Empfindungen eher eintritt. Der Versuch lehrt sehr bald, dass man ihn früher hört als sieht; zum Mindesten reagirt man schneller, so lange man ihn hören kann. Es ist merkwürdig, dass auch, wenn man sich bemüht nur auf den Gesichtseindruck zu achten, man doch, wenn man den Funken hören kann, auf den akustischen Reiz reagirt. In den ersten optischen Versuchen, die wir machten, hörten wir den Funken und bekamen dadurch für die einfachen Reactionszeiten zu kleine Werthe. Dass aber dies sich so verhielt, konnten wir nicht schon während dieser Versuche mit Sicherheit constatiren (durch unmittelbare Beobachtung des psychischen Vorganges), sondern erst die Gegenversuche mit Ausschluss des Gehörs belehrten uns hierüber. Offenbar ist hier die Kenntniss, dass Lichtblitz und Knall in Wahrheit gleichzeitig sind, dem Urtheil hinderlich. Unter andern Verhältnissen wenigstens konnte Exner deutlich constatiren, dass von zwei gleichzeitig gegebenen Reizen, einem optischen und einem akustischen, der akustische früher empfunden wird. Exner fand, dass sie etwa gleichzeitig erschienen, wenn in Wirklichkeit der optische 0.024 bis 0.028 Sek. früher war als der akustische. Diese Zahl stimmt mit derjenigen, welche er in seiner ersten Arbeit als Unterschied der Reactionszeiten fand, nicht überein; diese betrug nur 0.0146 Sek. (Schallempfindung 0.1360; Funke, gesehen, 0.1506.) Dies darf indessen nicht befremden, wenn man bedenkt, wie sehr die Reactionszeiten von der Natur der optischen sowohl als der akustischen Reize abhängen, wie dies namentlich v. Wittich für optische, Wundt für akustische Reize festgestellt hat. Jedenfalls ist es von vorne herein sehr wahrscheinlich, dass die Ursache der ungleichen Reactionszeiten identisch ist mit derjenigen, welche gleichzeitige Reize ungleichzeitig empfunden werden lässt, wonach man eine Uebereinstimmung beider Zahlen erwarten müsste.

Um indessen zur Sache zurückzukehren, erwähnen wir, dass wir aus den genannten Gründen die Ohren während der Versuche mit Wachs verstopften. Dies genügte, um schwache Geräusche, wie die Funken, unhörbar zu machen. Das Avertissement „Jetzt“ des Beobachters konnte trotzdem ganz gut gehört werden.

Die folgenden Tabellen geben die für die Richtungslocalisation gefundenen Resultate. Es bedeutet *D* den direct, *I* den indirect gesehenen Funken; *E* wieder die einfachen Reactionszeiten, *U* die Reactionszeiten mit Unterscheidung.

Tabelle 19. Reag.: *A*.
Optische Richtungslocalisation.

Datum.	<i>ED</i>	<i>UD</i>	<i>ED</i>	<i>EI</i>	<i>UI</i>	<i>EI</i>	Unter- scheidungszeit	
							<i>D</i>	<i>I</i>
7. 2.	19.5	20.9	17.3	18.6	21.0	19.2	2.5	2.1
8. 2.	19.3	20.1	18.0	17.8	20.8	19.6	1.4	2.1
8. 2.	17.5	19.5	18.4	19.0	21.0	18.8	1.5	2.1
9. 2.	17.1	19.1	18.5	18.4	20.8	18.7	1.4	2.1
9. 2.	18.6	20.8	19.2	17.8	19.9	18.1	1.9	1.9
10. 2.	18.6	20.8	18.3	20.2	22.8	19.8	2.4	2.8
12. 2.	19.2	20.7	19.3	20.4	21.7	19.0	1.4	2.0
12. 2.	19.8	20.9	19.8	19.8	21.0	19.0	1.1	1.6
15. 2.	21.3	21.8	21.0	20.3	21.8	21.8	0.6	0.8
16. 2.	19.5	19.8	19.2	21.1	22.0	20.7	0.5	1.1
23. 2.	17.2	18.7	17.8	19.0	20.1	19.0	1.2	1.1
24. 2.	17.8	19.2	18.0	18.9	20.7	20.1	1.3	1.2
25. 2.	19.3	20.2	19.1	19.5	21.3	19.8	1.0	1.6

Tabelle 20. Reag.: *K*.
Optische Richtungslocalisation.

Datum.	<i>ED</i>	<i>UD</i>	<i>ED</i>	<i>EI</i>	<i>UI</i>	<i>EI</i>	Unter- scheidungszeit	
							<i>D</i>	<i>I</i>
7. 2.		19.3	17.7	18.4	19.2	18.6	1.6	0.7
8. 2.	18.6	20.7	19.0	20.4	21.3	19.5	1.9	1.4
8. 2.	19.3	20.7	19.7	16.9	19.2	19.6	1.2	0.9
9. 2.	18.0	19.9	18.4	18.3	20.8	20.1	1.7	1.6
9. 2.	18.6	19.8	19.3	19.2	20.6	18.8	0.8	1.6
10. 2.	18.3	21.3	19.1	20.7	21.9	19.3	2.6	1.9
12. 2.	18.9	21.3	19.7	18.4	19.3	18.2	2.0	1.0
12. 2.	17.9	21.0	19.5	18.6	20.5	18.9	2.3	1.8

Datum.	ED	UD	ED	EI	UI	EI	Unter- scheidungszeit	
							D	I
14. 2.	21·1	23·8	21·1	22·3	23·2	22·3	2·7	0·9
15. 2.	20·8	23·1	22·2	20·1	22·0	20·4	1·6	1·8
16. 2.	20·1	20·7	20·2	20·1	23·1	20·9	0·6	2·6
16. 2.	18·6	21·7	19·0	20·1	21·9	20·4	2·9	1·6
17. 2.	21·0	23·7	20·5	20·4	22·2	21·9	2·9	1·1
19. 2.	20·7	22·5	20·3	21·6	23·0	22·4	2·0	1·0
23. 2.	16·1	19·4	17·5	17·4	20·1	17·2	2·6	2·8
23. 2.	17·2	19·5	17·4	18·1	20·2	18·3	2·3	2·0
24. 2.	17·6	19·7	17·4	20·3	20·6	19·5	2·2	0·7

Gegen die früheren Versuche fällt zunächst der erheblich grössere Betrag der einfachen Reactionszeiten auf. Dagegen sind die Unterscheidungszeiten sehr klein. Nehmen wir bei *A* das Mittel aus den unter dem Doppelstrich befindlichen Zahlen, bei welchen eine Verminderung durch Uebung nicht mehr zu constatiren ist, bei *K* das Mittel aus allen Zahlen, weil hier überhaupt keine Uebung merklich ist, so erhalten wir die Werthe

1·7 bei *K*

1·1 bei *A*,

also bis jetzt von allen gefundenen die kürzesten.

Sodann finden wir die Schwankungen ungewöhnlich gross; die Extreme sind bei *K* 0·6 und 2·9; bei *A* 0·5 und 2·8. Bedenkt man, dass diese Zahlen aus Mittelwerthen von nicht sehr vielen (11—20) Einzelversuchen gewonnen sind, so wird man diese Schwankungen nicht beträchtlicher finden dürfen, als der bekannten Inconstanz solcher Versuche entspricht. Immerhin ist es erwähnenswerth, dass die Inconstanz hier bedeutender ist als bei den Tast- und akustischen Versuchen. Man muss hier daran erinnern, dass bei den schwer zu vermeidenden kleinen Schwankungen des Auges der Reiz nicht immer genau dieselbe Netzhautstelle traf, somit selbst in seiner wesentlichen Eigenschaft ein wenig variirte. Es liegt nahe anzunehmen, dass hierdurch die Resultate einigermaassen beeinträchtigt werden konnten. In diesem Falle würde der wahre Werth der Unterscheidungszeit, wie ihn eine ideale Methode ergeben würde, nicht durch den Mittelwerth unserer Zahlen, sondern durch eine kleinere Zahl repräsentirt werden. Dadurch würden um so mehr die hier erforderlichen Unterscheidungszeiten kürzer sein als alle früheren.

Bemerkenswerth ist ferner, dass sich bei diesen Versuchen fast keine

Spur von Uebung geltend macht. Während diese bei Tast- und akustischen Versuchen sich auf's deutlichste an den Unterscheidungszeiten nachweisen liess, ist sie hier bei dem einen von uns, *K*, einfach nicht vorhanden, bei *A* auch nur in sehr geringem Maasse. Ebenso wenig ist die Uebung an den einfachen Reactionszeiten wahrnehmbar. Es ist noch ausdrücklich hinzuzufügen, dass auch nicht etwa in den zwei ersten Versuchstagen (deren Resultate in den Tabellen nicht mitgetheilt sind, weil die Funken noch gehört wurden) eine Wirkung der Uebung sich zeigte. Denn die Reactionszeiten mit Unterscheidung waren hier schon ganz dieselben wie später.

Der Vollständigkeit halber wäre noch zu erwähnen, dass diese Versuche nicht alle an aufeinanderfolgenden Tagen angestellt sind, sondern unterbrochen wurden durch Farbenunterscheidungsversuche und dann mit solchen abwechselten. Aus den beigegeführten Versuchstagen ist dies leicht zu ersehen.

Farbenunterscheidung. — Die Versuche über Farbenunterscheidung wurden in folgender Weise angestellt. Als optischer Reiz diente wieder, wie schon gesagt, der Inductionsfunke des Ruhmkorff'schen Apparates, der aber diesmal immer zwischen denselben Elektroden *D*₁ und *D*₄ Fig. 6 übersprang. Seine Stelle ist mit *F*_h bezeichnet. Die Beobachtungsweise war ganz dieselbe, wie bei den vorigen Versuchen; nur befand sich immer ein farbiges Glas zwischen dem Auge und dem Funken. Um die Farbe beliebig wechseln zu können, hatten wir zwei farbige Glasstückchen, ein rothes und ein blaues, auf ein hölzernes Rähmchen befestigt; dieses selbst sass an einem Stabe *St*, der durch die Seitenwand der Kiste hindurchging und dort in einer kleinen Messingröhre, der Axe nach verschiebbar, ruhte. Der Beobachter konnte also von aussen her die im Innern der Kiste befindlichen Gläser verschieben und nach Belieben das blaue oder das rothe zwischen die Elektroden und das Auge des Reagirenden bringen. Das Fixationszeichen musste hierbei natürlich verdunkelt werden, weil man sonst aus der Farbe desselben die Stellung der Gläser immer im Voraus würde gewusst haben. Leider war es uns wegen Zeitmangels unmöglich die Versuche auf mehr Farben auszudehnen. Die im Folgenden mitgetheilten Resultate beziehen sich also nur auf Blau und Roth. Wir benutzten nicht Gläser, welche prismatisch möglichst reines Licht liefern, sondern etwas hellere, weil es uns weniger auf den äussersten Sättigungsgrad der Farbe anzukommen schien, als darauf, dass die Funken in ausreichender Helligkeit erschienen.

In den folgenden Tabellen bedeutet *B* den blauen, *R* den rothen Funken. *E* und *U* wie früher.

Tabelle 21. Reag.: *A*.
Farbenunterscheidung.

Datum.	<i>EB</i>	<i>UB</i>	<i>EB</i>	<i>ER</i>	<i>UR</i>	<i>ER</i>	Unter- scheidungszeit	
							<i>B</i>	<i>R</i>
19. 2.	21·1	22·2	21·5	22·3	23·4	22·2	0·9	1·2
20. 2.	21·0	22·2	21·0	20·4	22·4	22·4	1·2	1·0
21. 2.	18·7	20·6	19·2	21·1	22·5	21·4	1·6	1·2
21. 2.	20·8	21·9	20·0	19·9	22·5	22·5	1·5	1·3
22. 2.	19·2	20·4	19·9	20·7	22·2	21·6	0·8	1·1
23. 2.	18·9	21·1	20·7	20·4	22·2	21·3	1·3	1·4

Tabelle 22. Reag.: *K*.
Farbenunterscheidung.

Datum.	<i>EB</i>	<i>UB</i>	<i>EB</i>	<i>ER</i>	<i>UR</i>	<i>ER</i>	Unter- scheidungszeit	
							<i>B</i>	<i>R</i>
19. 2.	22·1	25·2	23·5	23·7	27·6	23·1	2·4	4·2
20. 2.	19·9	23·2	20·1	20·8	24·6	20·8	3·2	3·8
20. 2.	19·5	23·2	20·5	20·0	24·2	20·4	3·2	4·0
21. 2.	19·8	23·9	20·7	21·3	24·4	22·3	3·6	2·6
21. 2.	19·3	23·2	19·6	20·4	22·9	19·5	3·8	3·0
22. 2.	20·1	22·5	18·0	18·6	22·2	19·5	3·4	3·2
22. 2.	18·3	21·9	18·0				3·8	
24. 2.	19·3	22·0	17·8	19·0	22·0	18·8	3·4	3·1

Die Tabellen zeigen die einfachen Reactionszeiten etwas länger, als bei den Localisationsversuchen; dies ist wohl der Schwächung des Lichtes durch die Gläser zuzuschreiben. Auch hier ist eine Uebung nicht bemerkbar. Die Unterscheidungszeiten schwanken von Anfang an um denselben Mittelwerth. Dieser beträgt 1·2 für *A*, 3·4 für *K*.

Optische Entfernungslocalisation. — Die letzten Versuche, welche wir angestellt haben, beziehen sich auf die Wahrnehmung der Entfernung, und zwar soweit sie bei Ausschluss aller anderen Hilfsmittel nur durch den binocularen Sehaect zu Stande kommt. Bekanntlich ist eine Zeit lang die Frage discutirt worden, ob bei momentaner Beleuch-

tung durch den elektrischen Funken überhaupt eine stereoskopische Wahrnehmung möglich sei, und namentlich, ob das Relief immer richtig, oder auch zuweilen verkehrt gesehen würde. Die Meinung, es sei eine sichere stereoskopische Wahrnehmung bei momentaner Beleuchtung unmöglich, beruhte auf der Voraussetzung, dass die Entfernung eines Gegenstandes, der nicht im Horopter liegt, beurtheilt werde aus dem scheinbaren Abstände seiner Halbbilder von einander; da aber ein dem rechten und ein dem linken Auge angehöriges Halbbild keine Unterschiede zeigten, welche gestatteten jedes auf das richtige Auge zu beziehen, so sei es unmöglich sofort zu wissen, in welchem Sinne man die Entfernung des doppelt gesehenen Objectes zu deuten habe. Dieses zu erkennen werde vielmehr, wo nicht in der Natur der Objecte ein Anhaltspunkt für das Urtheil läge, erst durch Bewegungen des Kopfes oder der Augen möglich. Diese Ansicht wurde namentlich von Donders, wie er selbst erzählte, eine Zeit lang a priori für höchst wahrscheinlich gehalten. Wenn es sich nun so verhielte, so ist klar, dass unsere Versuche uns bei der Anwendung auf diesen Punkt zu keinem Resultate führen könnten. Denn die Bewegung der Augen würde bald früher, bald später und nicht immer in derselben Weise erfolgen. Wir müssten also für die Dauer der Urtheilsbildung hinsichtlich der Entfernung sehr unconstante Werthe erhalten. Es ist nun aber bereits durch eine ganze Reihe von Versuchen festgestellt, dass binoculare Wahrnehmung der Tiefendimension auch bei Ausschluss aller Augenbewegungen richtig und prompt zu Stande kommt. Den Versuchen dieser Art können wir einen neuen hinzufügen, der natürlich im Grunde nur dasselbe beweist, was auch die von Dove, Helmholtz, Hering und Donders gemachten Beobachtungen zeigten, doch aber wegen der besondern Form, die unseres Zweckes halber gewählt werden musste, nicht ohne Interesse sein dürfte. Wir hatten bei der Richtungslocalisation die denkbar einfachste Aufgabe gestellt, nämlich zu erkennen, ob die Lichterscheinung am Fixationspunkte oder an einer bestimmten peripherischen Stelle des Gesichtsfeldes erschiene. Die bisher über Stereoskopie bei momentaner Beleuchtung angestellten Versuche waren in der Regel darauf gerichtet gewesen, zwei stereoskopische Bilder binocular zu vereinigen, die Neigung einer in der Medianebene gelegenen geraden Linie zu erkennen u. dgl. m. Eine solche Aufgabe wäre in unserem Falle nun schon zu complicirt gewesen; wir mussten uns auch hier an den einfachsten Fall halten und dieser besteht natürlich darin, die Entfernung nur eines Punktes zu beurtheilen. Damit hierbei die Richtungslocalisation keine Hilfe gewähre, verfahren wir folgendermaassen. In der vorderen Wand der Kiste brachten wir in passender Entfernung neben dem ersten noch

ein Loch an, um mit beiden Augen hineinsehen zu können (L_1 und L_2 Fig. 6.) In der Mitte des Raumes wurde als Fixationszeichen ein Stückchen Phosphor Ph befestigt. Die beiden Elektrodenpaare wurden in annähernd gleicher Entfernung gerade vor und gerade hinter dem Phosphor angebracht (F_v und F_h). Phosphor, vordere und hintere Funkenstelle lagen also alle drei in der Medianebene des Reagirenden, die beiden Funkenstellen genau gleich hoch, der Phosphor zuweilen etwas niedriger. Fixirt man unter diesen Umständen den Phosphor und lässt einen Funken überspringen, so sieht man, mag es der hintere oder der vordere sein, ihn in Doppelbildern, in gleicher Entfernung links und rechts vom Fixationspunkt. Damit die scheinbare Distanz der Doppelbilder einander gleich sei, muss, wie leicht ersichtlich, der Phosphor nicht genau in der Mitte zwischen v und h , sondern dem vorderen Funken etwas näher als dem hinteren stehen. Eine stereoskopische Vereinigung findet hier, wenn man die Entfernungen ph und pv nicht sehr klein nimmt, gar nicht statt; man sieht deutlich zwei Funken, wenn nur einer überspringt; darüber aber, ob sie vor oder hinter dem Phosphor erscheinen, ist man nie im Zweifel. In dieser Form schien uns der Versuch geeignet zu bestimmen, wie schnell binoculare Tiefenwahrnehmung im einfachsten Falle zu Stande kommen kann. In der That ist erstens die zu lösende Frage die möglichst einfache, zweitens jedes aus der besonderen Natur der Objecte etwa zu entlehrende Hilfsmittel ausgeschlossen. Eine etwaige Verschiedenheit des vorderen und hinteren Funkens konnte schon deswegen nichts nützen, weil sich dieselbe leicht sehr gering machen liess und dann die Intensität des einzelnen Funkens zu sehr variirt, als dass aus ihr auf den Ort geschlossen werden konnte. Sonst wäre hinsichtlich der Versuchseinrichtung Nichts zu erwähnen. Der Beobachter hatte in derselben Weise, wie früher, durch Umlegung des Commutators den Funken vorn oder hinten springen zu lassen.

Die erhaltenen Resultate sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt; es bedeutet V den vordern, H den hintern Funken, E die einfachen Versuche, U die mit Unterscheidung.

Tabelle 23. Reag.: *A*.
Entfernungslocalisation.

Datum.	<i>EV</i>	<i>UV</i>	<i>EV</i>	<i>EH</i>	<i>UH</i>	<i>EH</i>	Unter- scheidungszeit	
							<i>V</i>	<i>H</i>
26. 2.	17·2	20·2	19·2	18·7	21·0	19·2	2·0	2·0
27. 2.	17·6	20·0	18·6	18·4	21·3	19·1	1·9	2·6
27. 2.	19·3	21·9	19·8	20·1	22·5	20·5	2·3	2·9
28. 2.	17·2	20·4	18·2	17·4	19·8	18·4	2·7	1·9
28. 2.	17·1	20·2	18·9	18·6	21·4	19·6	2·2	2·3
1. 3.	17·5	19·8	17·3				2·4	
2. 3.	18·6	20·8	19·2	19·9	22·3	20·2	1·9	2·2

Tabelle 24. Reag.: *K*.
Entfernungslocalisation.

Datum.	<i>EV</i>	<i>UV</i>	<i>EV</i>	<i>EH</i>	<i>UH</i>	<i>EH</i>	Unter- scheidungszeit	
							<i>V</i>	<i>H</i>
26. 2.	16·5	20·1	16·6	16·5	19·2	16·0	3·5	2·9
27. 2.	16·0	18·7	?	15·6	18·3	14·7	2·7	3·1
27. 2.	16·3	19·9	17·7	17·7	19·8	17·7	2·9	2·1
28. 2.	16·8	20·0	16·4	15·7	19·6	17·3	3·4	3·1
1. 3.	15·7	18·9	16·3	16·0	19·8	16·4	2·9	3·6
2. 3.	16·8	20·4	17·7	18·7	21·7	19·1	3·1	2·8

Eine Verminderung der Unterscheidungszeiten durch Uebung ist nicht zu constatiren; der vordere und hintere Funke werden gleich schnell localisirt; die Unterscheidungszeit beträgt im Mittel 2·2 für *A*, 3·0 für *K*. Auffallend ist, dass die einfachen Reactionszeiten, namentlich bei *K*, kürzer sind als bei den früheren optischen Versuchen, worauf wir weiter unten noch zurückkommen.

Die Resultate der optischen Versuche resumiren wir in folgenden Sätzen:

Die Unterscheidungszeit im einfachsten Falle der Richtungslocalisation beträgt bei

A 0·011 Sek., bei

K 0·017 Sek.

Vielleicht aber sind diese Werthe schon mit einer anomalen Verlängerung behaftet und liegen die wahren noch niedriger.

Die Unterscheidungszeit für zwei Farben (blau und roth) beträgt bei

A 0·012 Sek., bei

K 0·034 Sek.

Die Unterscheidungszeit im einfachsten Falle der Entfernungslocalisation beträgt für

A 0·022 Sek., für

K 0·030 Sek.

Nach dieser Uebersicht der Versuchsergebnisse wenden wir uns einer Besprechung einzelner Punkte zu, um zu sehen, welche Erklärungen für gefundene Thatsachen gegeben und welche Schlüsse aus ihnen gezogen werden dürfen. Wir beginnen mit den

Unterscheidungszeiten,

welche ja den eigentlichen Gegenstand unserer Untersuchung ausmachen. Stellen wir die für jeden von uns gefundenen mittleren Unterscheidungszeiten zusammen, von den kleinsten anfangend, so können wir zunächst hervorheben, dass wir lauter Zeitwerthe gleicher Ordnung gefunden haben.

Bei *A*:

Optische Richtungslocalisation	0·011 Sek.
Farbenunterscheidung	0·012 "
Gehörslocalisation (kleinster Werth)	0·015 "
Unterscheidung einfacher Töne (höherer Ton)	0·019 "
Localisation der Tastempfindungen	0·021 "
Optische Entfernungslocalisation	0·022 "
Unterscheidung von Ton und Geräusch	0·022 "
Beurtheilung der Intensität von Tastreizen (bei starkem Reiz)	0·023 "
Unterscheidung einfacher Töne (tieferer Ton)	0·034 "
Erkennen der schwachen Tastreize	0·053 "
Gehörslocalisation (grösster Werth)	0·062 "

Bei *K*:

Optische Richtungslocalisation . . .	0·017 Sek.
Optische Entfernungslocalisation . . .	0·030 „
Gehörslocalisation (kleinster Werth)	0·032 „
Farbenunterscheidung	0·034 „
Tastlocalisation	0·036 „
Unterscheidung von Ton und Geräusch	0·046 „
Unterscheidung einfacher Töne . . .	0·049 „
	— 0·054 „
Erkennen der starken Tastreize . . .	0·061 „
Gehörslocalisation (grösster Werth) .	0·077 „
Erkennen der schwachen Tastreize . .	0·105 „

Die kleinste Zahl verhält sich zur grössten

bei *A* wie 1:5·2; bei *K* wie 1:6·2.

Es mag gleich hier die Aufmerksamkeit auf die individuelle Differenz gelenkt werden; alle Unterscheidungszeiten sind bei *A* kürzer als die entsprechenden bei *K*, wenn auch nicht immer im gleichen Verhältniss.

Es kann ferner keinem Zweifel unterliegen, dass die einzelnen Unterscheidungszeiten unter einander verschieden sind; die eine Unterscheidung geschieht schneller, die andere langsamer. Dieses Verhältniss ist, wie aus dem kurz vorher Gesagten schon folgt, bei uns beiden zwar annähernd, aber nicht genau dasselbe. So ist bei uns beiden die optische Richtungslocalisation die schnellste von allen Unterscheidungen; am entgegengesetzten Ende der Scala steht die Gehörslocalisation bei kleinstem Divergenzwinkel und das Erkennen der schwachen Inductionsschläge.

Wie können wir uns von den Verschiedenheiten Rechenschaft geben? Nehmen wir zunächst den einfachsten Fall, die Perception einer Qualität, wie z. B. der Farbe oder der Tonhöhe. Machen wir zuerst die Annahme, dass die Empfindung schon im ersten Beginne die Qualität der Farbe oder der Tonhöhe erkennbar zeigte, so wäre, wie man sieht, die Aufgabe des Verstandes stets einfach die, sobald die Empfindung beginnt, sie mit dem in der Vorstellung festgehaltenen Bilde zu vergleichen und im Falle der Uebereinstimmung zu reagiren. Diese Aufgabe erscheint so sehr als in allen Fällen ganz dieselbe, dass man erwarten könnte in diesen Fällen (wo es sich einfach um die Perception einer Qualität handelt) dieselbe Unterscheidungszeit zu finden. Eine Erwägung dieser Art veranlasste Donders, die Differenz, welche er zwischen den Unterscheidungszeiten für Klänge und für Farben fand,

dadurch zu erklären, „dass das auf den Klang zu gebende Signal“ (der gehörte Klang wurde nachgerufen) „durch Uebung natürlich geworden sei.“ Bei unseren Versuchen ist, wie wir später ausführlich zeigen werden, ein solcher Einfluss der Uebung absichtlich und mit Sicherheit ausgeschlossen. Es lässt sich daher wohl nicht läugnen, dass die Verschiedenheit der Unterscheidungszeiten, wo es sich um einfache Qualitäten handelt, eine auffallende Erscheinung ist. Die Erklärung, auf die man naturgemäss zuerst verfällt, ist ohne Zweifel die, welche wir schon oben gelegentlich der Tonhöhe-Unterscheidung andeuteten, dass nämlich die fragliche Qualität in der Empfindung sich erst herausstelle, nachdem diese schon eine Zeit lang bestanden hat. Da die einfache Reaction schon bei dem ersten Beginne der Empfindung überhaupt eintritt, so wird die Zeit, während welcher die Qualität noch nicht kenntlich ist, die Unterscheidungszeit scheinbar und mit Unrecht verlängern. Denn der psychische Act, um den es uns zu thun ist, das Urtheilen, kann erst beginnen, wenn die Qualität bereits ausgeprägt ist. Bei minimalen Lichtempfindungen findet bekanntlich eine Unterscheidung der Farbe überhaupt nicht statt. Wir sind daher auch berechtigt anzunehmen, dass die ersten Momente der entstehenden Lichtempfindung für das Erkennen der Farbe noch nicht verwerthbar sind. Dies ist vielleicht in noch stärkerem Maasse bei den Tonempfindungen der Fall. Auch hier ist vielleicht der Beginn der Empfindung unbestimmt, mehr geräuschartig und die Unterscheidungszeit wird dadurch verlängert. Unsere Versuche würden hiernach darauf hindeuten, dass dieses unbestimmte Stadium bei der Tonempfindung länger ist, als bei der Farbenempfindung, vielleicht beim tiefen Ton länger als beim hohen. Doch haben wir schon oben gesagt, dass diese Meinung sehr hypothetischer Natur ist. Auch die allgemeine Vorstellung, dass von dem Augenblicke an, wo die Qualität einer Empfindung gegeben ist, ihre Uebereinstimmung mit einem Erinnerungsbilde in allen Fällen gleich schnell erkannt werde, kann nur als Meinung, nicht als Postulat anerkannt werden.

Eine andere Erklärung könnte in dem verschiedenen Grade der Uebung gesucht werden, welche jeder im Gebrauche der verschiedenen Sinnesorgane erlangt hat. Es ist dies nicht mit der Donders'schen Erklärung zu verwechseln; bei dieser handelte es sich um die im Reagiren erlangte Fertigkeit. Ein Unterschied in dieser Hinsicht war bei uns ausgeschlossen; wohl aber ist auch bei uns die Uebung im Unterscheiden selbst in Betracht zu ziehen. Bei weitem der grösste Bruchtheil unserer sinnlichen Aufmerksamkeit ist der Unterscheidung der Gesichtseindrücke gewidmet, ein geringerer den Gehörseindrücken. Hierin könnte die Ursache der Verschiedenheit für Farben- und für Tonunterscheidungszeit gesucht werden.

Es wird bei Besprechung der Uebung auf diese Anschauung noch zurückzukommen sein.

Wir wenden uns demnächst zum Prozesse der Localisation, und wollen diesen zuerst am Tastsinn betrachten. Die Versuche sind, wie wir glauben, geeignet, einiges Licht auf eine vielfach anerkannte Theorie, nämlich die Lotze'sche Localzeichentheorie zu werfen. Auf Grund von Erwägungen, welche nicht hierher gehören, und welche anfechten zu wollen wir weit entfernt sind, war Lotze, wie bekannt, zu der Ueberzeugung gelangt, es müsse die Erregung einer gewissen Stelle der äussern Haut oder der Netzhaut jederzeit durch irgend ein Merkmal ausgezeichnet sein, welches uns gestatte zu erkennen, welche Stelle der Haut gereizt sei, oder wo im Raume der gesehene Gegenstand sich befinde. Das Localzeichen eines bestimmten Punktes war also anzusehen als eine charakteristische Eigenthümlichkeit, welche jede durch Reizung gerade dieses Punktes hervorgebrachte Empfindung an sich tragen müsste, im Gegensatze zu anderen Empfindungen. Da sich diese Eigenthümlichkeit stets vorfinden soll, wie beschaffen auch sonst Reiz und Empfindung sein mögen, so ist leicht ersichtlich, wie durch eine solche Einrichtung die Möglichkeit gewährt ist, die Empfindungen, welche an verschiedenen Körperstellen hervorgebracht sind, zu unterscheiden. Die Annahme der Localzeichen ist die nothwendige Basis für jede empiristische Theorie der Localisation. Es ist nun nicht unsere Aufgabe, diese Theorie überhaupt einer Prüfung zu unterziehen, sondern nur diejenige besondere Form, welche ihr von ihrem Begründer in Bezug auf den Tastsinn gegeben worden ist. Lotze ist nämlich der Meinung, dass die Localzeichen der Haut auf den Besonderheiten der Empfindung beruhen, welche die vorhandene Spannung des Gewebes, die Verschiebbarkeit, die Unterlage von harten oder weichen Theilen u. s. w. der Empfindung auftrage. „Nach dem Nervenreichthum der Haut, nach ihrer Dicke und Spannung wird derselbe Reiz hier energischer, dort schwächer empfunden, breitet sich hier durch Irradiation entweder seiner physischen Wirkungen auf die Gewebe oder der erzeugten Nervenerregung weiter, dort minder weit aus, und, wie er selbst schon schärfer oder stumpfer war, associirt er sich bald einen grossen Kreis verwaschener, bald einen kleinen gut begrenzter Mitempfindungen. So wie wir durch Vertheilung von Licht und Schatten, Schwarz und Weiss im Stande sind, die feinsten Eigenthümlichkeiten eines Gegenstandes zeichnend nachzubilden, so könnte diese verschiedene Combination an sich nur graduell verschiedener Empfindungselemente allerdings für jede Hautstelle ein ihr ausschliesslich zukommendes Erregungscolorit zusammensetzen.“ (Lotze, *Medicinische Psychologie*. S. 398.) In der That bemerken wir auch ohne

Schwierigkeit, dass die Tastempfindung, welche die Berührung eines bestimmten Gegenstandes hervorbringt, sich ändert, wenn wir willkürlich die Haut stark spannen oder in Falten zusammenschieben. In den Besonderheiten dieser Art will also Lotze die Localzeichen finden. Das, freilich nicht anzustellende, Experimentum crucis seiner Ansicht wäre also folgendes: Man verpflanze einen Nerven, ohne seine Continuität zu trennen, mit seinem peripherischen Stücke so, dass sein Ende in *b*, statt ursprünglich in *a* liegt; dabei soll die Beschaffenheit der Haut in *b* völlig unverändert bleiben. Dann muss nach Lotze eine in *b* applicirte Tastempfindung sofort richtig nach *b* localisirt werden, eben weil es für die Localisation nur auf die Art der Bedeckung des Endapparates ankommt, welche in diesem Falle nicht beeinträchtigt worden ist. Die dieser Meinung entgegengesetzte Auffassung würde dagegen zu behaupten haben, dass das Localzeichen in einer dem nach *a* laufenden Nerven (an sich oder durch seine centrale Verbindung) zugehörigen Eigenthümlichkeit bestände. In dem erwähnten fingirten Experiment würde sie demnach erwarten, dass eine Reizung des verpflanzten Nerven zunächst¹ nach seiner ursprünglichen Stelle *a* localisirt würde. Die die Localzeichen bildenden Eigenthümlichkeiten haben also ihre Ursache nach Lotze ausserhalb der nervösen Elemente, nach der entgegengesetzten Meinung in denselben. Die Lotze'sche Ansicht führt daher zu dem Satze: eine völlig gleiche Reizung zweier verschiedener Tastnerven würde eine völlig identische Empfindung hervorrufen; dieselbe ist nur unter gewöhnlichen Verhältnissen deshalb nicht herzustellen, weil die Verschiedenheit der Bedeckung stets gewisse Eigenthümlichkeiten in die Reizungsweise einführt. Hier ist nun der Punkt, von dem aus wir der Sache näher kommen. „Worin“, fragen wir, „können diese Eigenthümlichkeiten bestehen?“ Hier bieten sich zwei Antworten dar. Die erste würde sich mit der Lehre von den specifischen Energien in Widerspruch setzen und behaupten, eine verschiedene Art der Reizung bringe, aus nicht weiter angebbaren Gründen, einen verschiedenen Erregungsvorgang im Nerven und somit eine verschiedene Empfindung hervor. Die andere aber würde an den specifischen Energien festhalten und demnach sagen, dass die Reizung eines bestimmten Nerven durch Tastreize irgend welcher Art (abgesehen ist hier natürlich immer von Temperatur- und Schmerzempfindungen) stets qualitativ gleiche Empfindungen hervorrufe. Dieser Anschauung nach könnten also die Localzeichen in nichts Anderem bestehen, als in Eigenthümlichkeiten der Intensität und des zeitlichen Verlaufs. Was Lotze betrifft, so hat er die Trennung dieser

¹ Es könnte später durch Erfahrung geändert werden.

beiden Auffassungen nicht ausdrücklich präcisirt, und, wie uns scheint, auch keine Entscheidung dazwischen treffen wollen.

Im Ganzen hätten wir also für die Localzeichen drei Möglichkeiten: 1) Sie sind qualitative Verschiedenheiten, welche den verschiedenen Nervenfasern an sich eigenthümlich sind, spezifische Energien.

2) Sie sind qualitative Verschiedenheiten, welche bedingt werden durch die Modification der Reize, welche die besondere Natur der bedeckenden Gewebe mit sich bringt.

3) Sie sind gar nicht qualitative Verschiedenheiten, sondern Verschiedenheiten in der Intensität und dem zeitlichen Verlauf, also theils quantitative, theils formale. Der zeitliche Verlauf aber würde sich hierbei nur auf die Intensität beziehen, auf das Ansteigen und Abnehmen der Empfindung. — Dagegen müssen wir darauf aufmerksam machen, dass kein Merkmal in der Art der Ausbreitung auf die Umgebung, „in der Association bald eines kleinen Kreises gut begrenzter, bald eines grossen verwaschener Mitempfindungen“ gesucht werden darf. Denn hierbei ist immer die Unterscheidung örtlich differenter Reize schon vorausgesetzt, die doch erst erklärt werden soll. Mehr als die genannten drei Fälle sind in der That nicht möglich. Den letzten, mit 3) bezeichneten, können wir an unseren Versuchen prüfen, und, wie wir meinen, als unhaltbar nachweisen. Es ist nämlich ganz undenkbar, dass so geringfügige Differenzen, als die Localzeichen hiernach darstellen würden, viel schneller und sicherer erkannt werden sollten, als die einfachste und leichteste Aufgabe, die Unterscheidung eines starken und eines schwachen Reizes, gelöst werden kann. Ist der Vorgang so, dass von a auf α , von b auf β geschlossen wird, so ist es unmöglich, dass α und β schneller und sicherer unterschieden werden als a und b . Nun fanden wir, dass die Localisation von Tastempfindungen schneller und sicherer erfolgt als (im einfachsten Falle und nach langer Uebung) die Beurtheilung der Intensität. Dies berechtigt zu dem Schlusse, dass die Localisation nicht geschieht auf Grund von Eigenthümlichkeiten der Intensität, des Ansteigens und Absinkens der Empfindung. Denn Niemand wird behaupten wollen, dass das Erkennen irgend welcher hierher gehöriger complicirter Formen schneller geschehen könne, als die einfache Beurtheilung einer Intensität, weil jenes sich gewissermaassen aus einer ganzen Anzahl solcher Einzelurtheile zusammensetzt.

Wir gelangen also zu dem Schlusse, dass die Localzeichen in qualitativen Verschiedenheiten der durch die verschiedenen Nerven erregten Empfindungen bestehe. Dies ist der gemeinsame Ausdruck für die sub 1) und 2) aufgeführten Möglichkeiten. Lässt sich nun zwischen dieser beiden eine Wahl treffen?

Wir glauben, ohne Schwierigkeit. In welcher Weise können wir uns denken, dass die Eigenthümlichkeiten der Gewebe einen Tastreiz modificiren? Es ist zunächst denkbar für mechanische Reize, dass die Straffheit der Haut, die Härte der Unterlage wesentlich sei. Aber diese Momente können doch kaum eine Wirkung hervorbringen, die nicht auch bei einer Hautstelle entgegengesetzter Beschaffenheit durch Verstärkung des Drucks könnte hervorgebracht werden. Und betrachten wir einmal die Reizung durch Inductionsschläge! Das bessere oder schlechtere Leitungsvermögen der umgebenden Theile wird hier (bei Anlegung derselben Elektroden) einen stärkeren oder schwächeren Reiz auf den Nerven wirken lassen. Die Eigenthümlichkeit des Blutstroms könnte ein schnelleres oder langsames Abklingen der Erregung zur Folge haben. Aber Unterschiede, die nicht unter die Kategorie der Intensität fallen, sind hier nicht zu finden. Erwägen wir ferner, dass, wenn wir Reize ganz neuer Art, die man nie früher gefühlt hat, z. B. Inductionsschläge, auf eine Körperstelle wirken lassen, man doch niemals in Verlegenheit hinsichtlich der Localisation kommt, dass also auch ein Reiz von ganz neuer Qualität doch sofort sicher localisirt wird, so tritt vollkommen deutlich hervor, dass die Localzeichen auch nicht in der Modification der Reize und dadurch bedingten qualitativen Verschiedenheiten der Empfindung gesucht werden dürfen.

Wir gelangen somit per exclusionem zu der einzig übrig bleibenden Form der Localzeichen. Diese könnten wir folgendermaassen angeben: Die Localzeichen sind qualitative Verschiedenheiten der Empfindung, welche den Erregungen der verschiedenen Tastnerven unabhängig von der Art ihrer Reizung eigenthümlich sind. Hiernach könnte man sie als specifische Energien der einzelnen Tastnervenfasern bezeichnen. Auf diese Ansicht einzugehen wäre hier nicht der Ort; es kam uns nur darauf an, nachzuweisen, dass dies die einzig mögliche Form der Localzeichen-Theorie ist. Was gegen diese Form eingewendet werden kann, wird als gegen die Localzeichen-Theorie überhaupt sprechend angenommen werden müssen.

Wir kommen zur Besprechung der optischen Localisationen. Was zunächst die Frage angeht, wie die binoculare Entfernungslocalisation bei momentaner Beleuchtung überhaupt möglich sei, so werden die Meisten einfach sagen, dass die Netzhautbilder des entfernteren Gegenstandes auf die inneren, die des näheren auf die äusseren Netzhauthälften fallen; und aus den verschiedenen Localzeichen sich die Verschiedenheit der Localisation erkläre. Diese Meinung trifft vielleicht das Richtige. Jedenfalls ist merkwürdig, dass dies ein Unterschied ist, der sich in

unserer bewussten Empfindung gar nicht geltend macht. Was wir sehen, scheint zunächst in beiden Fällen, bei dem vorderen und dem hinteren Funken, ganz dasselbe zu sein; woher wir aber wissen, es sei der vordere oder der hintere, vermögen wir nicht ohne Weiteres anzugeben. Dass die inneren Ränder von Halbbildern anders gefärbt erscheinen, als die äusseren, ist eine Erklärungsmöglichkeit, die neuerdings von Schön geltend gemacht worden ist; sie wird aber höchstens auf das Vereinigen stereoskopischer Bilder angewandt werden dürfen, wo das Netzhautbild eine etwas grössere Stelle bedeckt, so dass solche Unterschiede merklich werden können. In unserem Falle kann davon schwerlich die Rede sein. Es war auch davon durchaus nichts zu bemerken. Wer die Entfernungslocalisation auf ein dem Bewusstsein zugängliches Merkmal zurückführen will, der kann in unserem Falle, wie uns scheint, nur an ein Moment noch denken. Wenn ein in der Medianebene liegender Gegenstand (der Phosphor) fixirt wird, so werden vor und hinter ihm liegende Objecte doppelt und in Zerstreungskreisen gesehen werden. Die Distanz der Doppelbilder und die Grösse der Zerstreungskreise werden sich im Allgemeinen nicht derart ändern, dass demselben Abstände der Doppelbilder dieselbe Grösse der Zerstreungskreise entspricht, wenn der Gegenstand vorn oder hinten liegt. Bei gleichem scheinbaren Abstände der Doppelbilder wird also der vordere und der hintere Funke in etwas verschiedenen Zerstreungskreisen erscheinen. Hierin liegt der einzige, dem Bewusstsein zugängliche Unterschied in dem unmittelbaren Empfindungsinhalt bei vorderem und hinterem Funken. Dass indessen dieses Moment keineswegs maassgebend ist, haben die einschlägigen Versuche von Donders bewiesen, bei welchen die Zerstreungskreise durch Convexgläser willkürlich vermehrt wurden. Wie dem aber auch sei, jedenfalls zeigen die Versuche, dass die Entfernungslocalisation längere Zeit erfordert, als die Richtungslocalisation. Zur empiristischen Theorie passt dies gut, ohne ihr indessen zum stricten Beweise dienen zu können. Wenn die Richtung im unmittelbaren Anschlusse an das Localzeichen, die Entfernung dagegen aus dem Vergleich der beiden Netzhautstellen, auf welche (in unserem Falle) die Halbbilder des doppelt gesehenen Funkens fallen, oder gar aus dem Vergleiche der Grösse der Zerstreungskreise mit dem Abstand der Doppelbilder, so werden wir immer berechtigt sein, für den letzteren complicirteren Vorgang eine längere Dauer zu erwarten. Für die nativistische Theorie, im Sinne Hering's oder Stumpf's, ist der Vorgang ein anderer. Die Entfernungslocalisation muss man sich nach ihr zu Stande kommend denken durch die Verschmelzung der Tiefengefühle, welche im Falle gleichseitiger Doppelbilder negativ, im Falle gekreuzter positiv sind und daher den

doppelt gesehenen Punkt in grösserer oder kleinerer Entfernung als den Fixationspunkt erscheinen lassen. Da wir nun wissen, dass Qualitäten im Allgemeinen mit verschiedenen Geschwindigkeiten erkannt werden, so erscheint es auch verständlich, dass die Unterscheidung des positiven vom negativen Tiefengefühl längere Zeit erfordert, als die Unterscheidung von verschiedenen Breiten- und Höhegefühlen. Wir hätten demnach nur, wenn die Entfernung ebenso schnell oder schneller als die Richtung erkannt worden wäre, hieraus gegen die empiristische Theorie in ihrer gewöhnlichen Form schliessen dürfen. Das in Wirklichkeit gefundene Resultat aber muss als mit beiden Theorien vereinbar angesehen werden.

In Bezug auf die Richtungslocalisation durch das Gehör haben wir schon oben darauf hingewiesen, dass die Unterscheidungszeiten kurz sind, wenn auch nicht so kurz, wie die bei der optischen Richtungslocalisation. Auch unter der Voraussetzung, dass die Localisation lediglich beruhe auf der Vergleichung der Schallintensität in beiden Ohren, wird hierin kein Widerspruch gefunden werden dürfen gegen das, was wir früher über die Unvollkommenheit sagten, mit der Intensitäten beurtheilt werden. Diese nämlich schien darin ihren Grund zu haben, dass nicht aus der Art des Ansteigens in den ersten Momenten ein Urtheil über die zu erreichende Intensität gewonnen werden konnte, sondern erst, nachdem die Empfindung ihre maximale Intensität erreicht hat. Dadurch wurde die Länge der Zeit erklärlich. Hier dagegen handelt es sich um die Vergleichung zweier Intensitäten, welche wahrscheinlich vom ersten Moment des Entstehens verschieden sind. Denn wenn wir uns die Empfindung des linken und die des rechten Ohres bei einem von rechts



kommenden Schalle graphisch darstellen, (*l* und *r* nebenstehender Figur) so sehen wir, dass das für die Beurtheilung nothwendige Material schon vorhanden ist, ehe die maximale Empfindung erreicht ist. Einer besonderen Erörterung bedarf aber die Erscheinung, dass die Unterscheidungszeit abhängig ist von dem Betrage des Unterschiedes in der Lage der beiden Schallquellen. Stellt man sich vor, es würde vom Reagiren-

den ein möglichst scharfes Bild derjenigen Empfindung festgehalten, auf welche er zu reagiren hat, und die Reaction erfolge nun, sobald die Uebereinstimmung constatirt ist, so ist kaum einzusehen, welche Rolle hierbei der andere Reiz spielt und wie die für die Recognoscirung nöthige Zeit von der Beschaffenheit dieses, bez. dem Unterschiede beider abhängen soll. Es ist indessen leicht ersichtlich, dass sich die Sache etwas anders verhalten muss. Je nach der Art nämlich desjenigen Reizes, auf den nicht reagirt wird, genügt es zuweilen schon die Uebereinstimmung des empfundenen mit irgend einer Kategorie, gar nicht mit dem vollen Erinnerungsbilde des zu beantwortenden constatirt zu haben. Nehmen wir z. B. einen Gesichtsreiz als zu beantwortenden. Ist der andere Reiz ein Gehörsreiz, so genügt es sich klar zu werden, dass man gesehen habe; ist der andere dagegen ebenfalls ein optischer Reiz, nur von anderer Farbe, so muss man die Uebereinstimmung der Farbe constatiren. Kommen Reize aller möglichen Art vor, welche sich in verschiedenster Weise von dem einen zu beantwortenden unterscheiden und theilweise mit ihm übereinstimmen, so wird der Vergleich mit dem vollen Erinnerungsbilde dieses nothwendig. So verhält sich die Sache nun auch hier. Es ist hier nicht nothwendig die Vorstellung eines ganz bestimmten Intensitätsverhältnisses im linken und rechten Ohr festzuhalten. Dies wäre nur erforderlich, wenn der linke Reiz nicht nur vom rechten, sondern auch von einem noch weiter links gelegenen unterschieden werden müsste. In unserem Falle kommt es immer nur darauf an, zu bemerken, in welchem Ohre die Empfindung stärker war. Dies wird begreiflicher Weise um so schneller geschehen können, je mehr das Verhältniss beider Intensitäten von 1 verschieden ist, je schneller die beiden Curven l und r in obiger Figur sich von einander entfernen.

Als besonders merkwürdig möchten wir hervorheben, dass die beiden Unterscheidungen, welche mit höchster Wahrscheinlichkeit auf einem unbewussten Schlusse beruhen, im Allgemeinen so wenig Zeit erfordern, die optische Entfernungslocalisation nämlich und die Gehörslocalisation. Wir finden sie in den oben gegebenen Zusammenstellungen keineswegs zuletzt, sondern mitten unter denjenigen, welche wir als einfache Unterscheidungen bezeichnen könnten. Da der unbewusste Schluss das Erkennen der Qualitäten, aus welchen geschlossen wird, auch noch voraussetzt, so können wir hieraus abnehmen, mit welcher enormen Schnelligkeit diese psychischen Acte (wenn sie überhaupt als solche bezeichnet werden dürfen) ablaufen.

Was endlich die Beurtheilung von Intensitäten anlangt, so haben wir darüber nur am Tastsinn Versuche angestellt. Es ergab sich, wie erwähnt, 1) dass die Unterscheidungszeiten sehr lang sind, auch bei

bedeutendem Intensitätsunterschiede. 2) Dass der stärkere Reiz schneller erkannt wird, als der schwächere.

Wir verlassen hiermit die Unterscheidungszeiten und wenden uns zu der Betrachtung der

Einfachen Reactionszeiten.

Hierbei ist zunächst darauf aufmerksam zu machen, dass unsere Versuche, entsprechend ihrem Hauptzwecke, so angeordnet sind, dass für die einfachen Reactionszeiten die Ermüdung als Fehlerquelle vorhanden ist. Dies beeinträchtigt z. B. den Vergleich der einfachen Reactionszeiten für hohe und tiefe Töne. Da wir an manchen Versuchstagen mit dem einen, an anderen mit dem anderen anfangen und so ziemlich regelmässig abwechselten, so ist dieser Fehler bis zu einem gewissen Grade ausgeglichen, wenn wir über mehrere Versuchstage das Mittel nehmen.

Die Reactionszeiten finden sich nach der Art der Reize verschieden und es zeigt sich, dass wir im Allgemeinen Uebereinstimmendes mit den Resultaten früherer Beobachter gefunden haben. Die bei den Versuchen über Tastlocalisation gefundenen Werthe, welche sich auf mittelstarke Reize beziehen, ergeben folgende Mittelwerthe aus den einzelnen in den Tabellen aufgeführten Zahlen.

1) Reiz am Mittelfinger

K 0.117¹ Sek. A 0.146 Sek.

2) Reiz am Handgelenk

K 0.119¹ Sek. A 0.147 Sek.

Hier ist auffallend, dass sich zwischen Handgelenk und Mittelfinger kein Unterschied herausstellt. Die Entfernung beider Stellen von einander beträgt ca. 16^{cm}; annähernd so hoch darf also auch der Unterschied in der Länge der peripheren Leitung veranschlagt werden. Dies entspräche bei einer Leitungsgeschwindigkeit von 60^m in der Sekunde immer noch einer Differenz von 0.004 Sek., ein Betrag, der bei Mittelwerthen aus sehr vielen Einzelversuchen nicht mehr innerhalb der Fehlergrenzen liegen dürfte. Da nun diese Differenz in den einfachen Reactionszeiten sich nicht zeigt, so muss sie auf irgend eine Weise compensirt sein. Es ist möglich, dass dies besonders durch die nicht ganz gleiche Intensität der Reize geschehen ist. Es ist aber auch möglich, dass, unabhängig hiervon, und nach Abrechnung der Zeit für die peri-

¹ Für die Berechnung dieser Zahl sind die ersten Werthe von *I* und *II* fortgelassen, weil hier immer mit *I* angefangen worden war. Benutzt sind nur die Werthe vom 11., 13. und 14. Novbr., wo die Ermüdung auf *I* und *II* etwa gleichmässig vertheilt ist, wie ein Blick auf Tabelle 2 lehrt.

phere Nervenleitung, auf Reizung verschiedener Stellen verschieden schnell reagirt wird. Es kann hieraus, wie wir glauben, nur die Lehre gezogen werden, wie sehr unsicher die Reactionsmethode zur Bestimmung der Leitungsgeschwindigkeit im peripheren Nerven ist. So fand auch in neuerer Zeit Bloch¹ und vor ihm Exner, dass die Reactionszeit bei Reizung der Nase (Stirnhaut bei Exner) länger ist als bei Reizung der Hand, trotz des so viel kürzeren Leitungsweges. Die Versuche mit starken und schwachen Inductionsschlägen zeigen bei *A* deutlich, dass die Reactionszeiten abnehmen mit wachsender Intensität des Reizes, wie dies auch schon wiederholt constatirt worden ist. Wir finden als Mittelwerthe:

bei <i>A</i>	starker Reiz	schwacher Reiz
	0.140	0.151.

Bei *K* dagegen liegt der Unterschied in den Fehlergrenzen; er ist aber dadurch verdeckt, dass häufiger mit dem schwachen Reiz begonnen wurde, die Versuche mit diesem also ohne Ermüdung, die Versuche mit starkem Reiz aber bei schon eingetretener Ermüdung angestellt wurden.

An einem Tage stellten wir Versuche eigens zu dem Zwecke an, um die Abhängigkeit der Reactionszeit von der Reizintensität zu ermitteln, und zwar in dieser Reihenfolge:

Starke, mittlere, schwache, mittlere, starke.

Hier erhielten wir bei *K* folgende Werthe:

<i>St.</i>	<i>M.</i>	<i>Sw.</i>	<i>M.</i>	<i>St.</i> ³
0.134	0.141	0.145	0.141	0.139.

Der Gang der Abhängigkeit ist also hier deutlich. Es ist jedoch wesentlich zu erwähnen, dass man, um diese Abhängigkeit zu constatiren, sehr starke und sehr schwache Inductionsschläge anwenden muss (eben noch merkliche einerseits und schon etwas schmerzhaft andererseits). Innerhalb eines weiten Gebietes ist also die Reactionszeit von der Reizstärke nahezu unabhängig. Es ist die Vermuthung ausgesprochen worden, dass die Reactionszeit bei sehr starken Reizen wieder länger werde; so weit wir in der Erhöhung der Intensität gingen (bis zu mässiger Schmerzhaftigkeit der Inductionsschläge) haben wir dies nicht beobachtet.

Wenn wir fortschreiten zur Vergleichung der einfachen Reactions-

¹ *Archives de physiologie normale et pathologique*. 1875.

² Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. VII.

³ Alle diese Zahlen sind sehr hoch; dies erklärt sich theils daraus, dass sie am Ende eines Versuchstages erhalten wurden, theils daraus, dass es gerade im Zimmer sehr kalt war, wodurch die Reactionszeiten stets deutlich verlängert wurden.

zeiten bei Reizung verschiedener Sinnesorgane, so müssen wir für das Ohr offenbar die Versuche als Maassstab gelten lassen, bei welchen der überspringende elektrische Funke das Signal giebt. Denn wir haben schon früher erwähnt, dass offenbar die Verzögerung bei Tönen daraus erklärt werden darf, dass erst eine Anzahl von Schwingungen ausgeführt sein muss, bis die mitschwingenden Theile des inneren Ohres genügende Excursionen machen, um den Nerven zu erregen. Wir müssen ferner noch die Zeit berücksichtigen, welche die Fortpflanzung des Schalles von der Funkenstelle bis zum Ohre erfordert. Bei den Versuchen über Unterscheidung von Ton und Geräusch befand sich das Ohr den Elektroden so nahe, dass sie vernachlässigt werden durfte. Bei den Versuchen über Schalllocalisation betrug die Entfernung etwa 60 cm; es wären also 0.002 Sek. abzurechnen. Nach Anbringung dieser Correction erhalten wir als Mittel aller Zahlen

bei *K* 0.120 Sek.,

bei *A* 0.122 „

Für die Bestimmung der Reactionszeit auf optische Reize benutzen wir zunächst die monocular angestellten Versuche mit ungefärbtem Funken, also die Versuche über Richtungslocalisation. Wir erhalten hier im Mittel

bei *K* 0.193 Sek.,

bei *A* 0.191 „

Bei uns beiden übrigens ist die Reactionszeit bei indirect gesehenem Funken ein wenig länger als bei direct gesehenem.

Bei den Versuchen über Entfernungslocalisation dagegen erhalten wir folgende Mittel für die einfachen Reactionszeiten

bei *K* 0.167,

bei *A* 0.187,

also erheblich geringere Werthe. Ob dieser Unterschied zufällig ist oder auf der Binocularität der letzteren Versuche beruht, wagen wir nicht mit Sicherheit zu entscheiden. Möglich wäre es ja, dass auf den mit beiden Augen und doppelt gesehenen Funken *ceteris paribus* schneller reagirt würde, als auf den nur mit einem Auge wahrgenommenen. Für eine Entscheidung dieser Frage aber ist das vorliegende Material zu gering und nicht in der geeigneten Form.

Soviel aber können wir mit Sicherheit sagen, dass auch für uns die Reactionszeiten auf optische Reize weit länger sind, als auf akustische und Tastreize. Diese letzteren sind einander fast genau gleich. Wollte man aber von beiden noch die Zeiten abrechnen, welche auf die Leitung in den peripheren Nerven kommen, so würde sich die „reducirtø Reactionszeit“ für die Tastreize weitaus am kürzesten herausstellen.

Wir stellen im Folgenden die von früheren Beobachtern gefundenen Reactionszeiten zusammen:

Beobachter.	Optischer Reiz.	Akust. Reiz.	Tastreiz.
Hirsch.	0.200	0.149	0.182 (Hand)
Hankel.	0.225	0.151	0.155
Donders.	0.188	0.180	0.154 (Nacken)
v. Wittich.	0.194	0.182	0.130 (Stirn)
Wundt.	0.175	0.128	0.188
Exner.	0.1506	0.1360	0.1276 (l. Hand)

Wir schliessen die unsrigen an:

<i>A</i>	0.191	0.122	0.146
<i>K</i>	0.193	0.120	0.117

(Es sind hier die monocularen optischen und die Tastsinn-Versuche mit Reiz am Mittelfinger genommen.) Mit Ausnahme von Wundt ist die Reactionszeit auf optische Reize stets am längsten gefunden worden. Bedenkt man, dass die Reactionszeit für Lichtempfindung erheblich vermindert werden kann, wenn man statt des Lichtes einen Inductionsschlag auf die Netzhaut wirken lässt, so erscheint es nahe liegend, die Ursache dieser Verschiedenheit in der besonderen Art, wie die Netzhaut durch Licht erregt wird, zu suchen. Haben wir uns, wie es durch die in neuester Zeit gemachten Entdeckungen mehr als wahrscheinlich geworden ist, die Wirkung des Lichtes als eine chemische vorzustellen, so wird es gestattet sein, hier entweder an eine Art von Induction zu denken, wie wir sie bei der Einwirkung von Licht auf Gasmische kennen, oder anzunehmen, dass die eingeleitete Umsetzung erst nach Erreichung eines gewissen Grades die Nervenendigungen zu erregen vermag. v. Wittich¹ sucht die Ursache in einer geringeren Leitungsgeschwindigkeit des Opticus. Es darf nicht unerwähnt bleiben, dass die Untersuchungen über das Ansteigen der Erregung in den ersten Momenten der Lichteinwirkung nicht zu der Annahme eines Zeitverlustes in der Netzhaut geführt haben.² Die Hauptschwierigkeit dieser ganzen Frage dürfte darin bestehen, dass ein Theil der hier in Betracht kommenden Vorgänge in hohem Grade von der Art und namentlich der der Intensität der angewandten Reize abhängig ist. Analysiren wir die Reihe der ablaufenden Vorgänge folgendermaassen:

¹ *Zeitschrift für rationelle Medicin.* 1868.

² So z. B. Exner: Ueber die zu einer Gesichtswahrnehmung nöthige Zeit. *Wiener Sitzungsberichte* 1868. Bd. LVIII.

- 1) Latenzzeit im Endapparat des Sinnesnerven.
- 2) Fortleitung der Erregung im peripheren Sinnesnerven.
- 3) Leitung im Rückenmark.
- 4) Centraler Umsatz im Bewegungsreiz.
- 5) Rückführende Rückenmarksleitung.
- 6) Leitung im motorischen Nerven.
- 7) Latenzzeit im Muskel:

so werden wir uns bei Reizung desselben Nerven namentlich 1) und 4) von der Beschaffenheit des Reizes abhängig denken müssen. Fragt man nun nach dem Verhältniss der Reactionszeiten bei Reizung verschiedener Nerven, so hat diese Frage eine Unbestimmtheit, insofern über die Art der Reize nichts festgesetzt ist. Es lässt sich auch hierin keine aus der Natur der Sache fließende Bestimmung treffen, weil es willkürlich ist, welchen optischen Reiz man z. B. einem bestimmten akustischen als äquivalent betrachten will. Aus diesem Grunde hat die Vergleichung einzelner Zahlen, die für die Reactionszeiten bei Reizung verschiedener Sinnesorgane gefunden sind, nicht sehr grossen Werth. Ein erhöhtes Interesse würden erst Beobachtungen gewähren, welche bei jedem Sinnesorgane den Reiz in ausgiebigster Weise variirt hätten und so einen Vergleich der ganzen von jedem umfassten Gebiete ermöglichten.

Bevor wir uns zu einer Besprechung der beiden Ursachen regulärer Veränderung in den Reactionszeiten, Uebung und Ermüdung, wenden, wollen wir noch einen Blick auf die unregelmässigen Schwankungen derselben werfen. Es ist bereits gesagt, dass diese ihre Ursache in dem etwas wechselnden psychischen Zustande haben, in welchem der Reiz den Reagirenden trifft. Wir hatten das Avertissement „Jetzt“ eingeführt, um dem Reagirenden seine Aufgabe zu erleichtern und constanten Werthe zu erhalten. In einem späteren Stadium der Versuche schien es uns zwar nicht mehr zulässig, die Methode zu wechseln, wohl aber ganz wünschenswerth, eine Anzahl von Versuchen ohne „Jetzt“ zum Vergleich anzustellen. Dies geschah in den Tagen vom 13. bis 20. Februar 1877. Wir machten in diesen Tagen Versuche über optische Richtungslocalisation, abwechselnd mit und ohne Avertissement. Bei dem einen von uns, *K*, erhielten wir hier erheblich längere Unterscheidungszeiten, nämlich

3.3 3.9 2.2 2.7 und 3.6,

im Mittel 3.1, also 0.031 Sek., während das Mittel aus den Versuchen mit Avertissement 0.017 Sek. betrug. Indessen fand *K* die Versuche ohne Avertissement sehr unangenehm und kehrte deshalb sehr bald zu der anderen Methode zurück; die Uebung, welche durch die mitgetheilten 5 Gruppen erworben war, reichte offenbar nicht aus. *A* setzte die

Versuche ohne „Jetzt“ länger fort und erhielt Werthe, welche sich den bei der anderen Methode gefundenen sehr schnell annäherten. Die Einzelversuche ergaben sich sogar constanter als bei dieser. Die für *A* ohne „Jetzt“ erhaltenen Unterscheidungszeiten sind:

1.5 1.8 1.5 1.5 1.8 1.2 1.3 1.5 1.8 0.8 1.0.

Das Mittel aus den Versuchen mit „Jetzt“ betrug 1.2. Hier zeigt sich also, dass der Unterschied der Methoden nicht wesentlich ist.

Auf den eigenthümlichen Einfluss der Übung

haben wir schon mehrfach aufmerksam gemacht. Es ist indessen nothwendig auf diesen Punkt ausführlicher zurückzukommen. Die Übung kann im Allgemeinen eine doppelte sein, indem sie sich einestheils auf die einfachen Reactionszeiten, andererseits auf die Unterscheidungszeiten erstreckt. Fragen wir nun zunächst, was eigentlich bei solchen Versuchen die Übung vorstelle und welche Bedeutung ihr beizulegen sei. Soviel steht fest, dass, um überhaupt Reactionsversuche zu machen (als Reagirender) eine gewisse Übung nothwendig ist. Die ruhige Concentration der Aufmerksamkeit ist eine Sache, die sich zwar schnell lernen lässt, die aber doch gelernt sein will. Ehe diese Übung vorhanden ist, können Reactionsversuche überhaupt keinen Werth haben. Die sehr schwankenden Werthe, welche man ganz zu Anfang erhält, haben naturgemäss nur individuelles Interesse, hängen überdies von tausend Zufälligkeiten ab. Das Constantwerden der Resultate giebt eine ausreichende Garantie für das Vorhandensein dieser Übung. Suchen wir in unsern Tabellen nach einem weiteren Einfluss der Übung auf die einfachen Reactionszeiten, so vermissen wir ihn fast vollständig. Der einzige Fall, in dem er sich zeigt, ist die Reactionszeit auf den gehörten elektrischen Funken, wo bei den ersten Versuchen (Unterscheidung von Ton und Geräusch) die einfachen Reactionszeiten länger sind als bei den späteren über Gehörslocalisation. Sehen wir von diesem Falle ab, so ist eine Übung in Bezug auf einfache Reactionsversuche nicht nachweisbar. Sie war vorhanden, wie schon erwähnt, nur in den ersten 5 Versuchstagen der Tastsinnversuche; diese waren aber die ersten, die wir überhaupt anstellten, und sehr unconstant. Man kann sagen, dass man Anfangs die Versuche so macht, wie es später wohl hin und wieder vorkommt, wenn man irgendwie schlecht disponirt ist oder viel gestört wird. Sobald man die Versuche zu machen versteht, ist ein Einfluss der Übung auf die einfachen Reactionszeiten nicht mehr mit Sicherheit zu constatiren. Hiermit wird man es in Uebereinstimmung finden, dass diese Übung gar nichts Specificisches an sich hat und daher, nachdem sie für

den Tastsinn erworben ist, für die anderen Sinnesorgane nicht mehr erworben zu werden braucht.

Wesentlich anders verhält sich der Einfluss der Uebung auf die Unterscheidungszeiten. Diese verkürzen sich erstens im Laufe der Versuche relativ viel bedeutender als die einfachen Reactionszeiten, und ferner macht sich der Einfluss der Uebung bei ihnen noch geltend, wo er an den einfachen nicht mehr bemerkbar ist. Bei den Versuchen über Localisation von Tastreizen sehen wir die Unterscheidungszeiten Anfangs bei A 6.4 und 11.7, während sie später im Mittel 2.1 betragen; bei K im Anfang 15.3 und 10.9, wo der Mittelwerth der späteren Versuche nur 3.6 erreicht. Wir erwähnten bereits oben, dass diese Uebung, für zwei Hautstellen erworben, auch den übrigen zu Gute kommt. Wir bekommen überhaupt beim Tastsinn von jetzt ab keinen weiteren Einfluss der Uebung; bei den Versuchen mit starken und schwachen Reizen ist sie nicht wahrnehmbar. Nun folgten die akustischen Versuche und es zeigte sich eine neue Uebung. Sie zeigt sich bereits bei den wenigen Glockenversuchen, bei welchen ein Constantwerden nicht abgewartet wurde; sodann sehr deutlich bei den Versuchen über Unterscheidung von einfachen Tönen, wo bei A die Unterscheidungszeiten von 10.4 und 9.2 bis auf die späteren Mittelwerthe 4.9 und 5.4 sinken, bei A von 4.5 und 5.9 auf die späteren 1.9 und 3.4. Nun aber hört die Uebung wieder auf; wir finden keine mehr bei der Unterscheidung von Ton und Geräusch, ebenso wenig bei der Localisation von Geräuschen. Bis hierher schien uns das Verhalten ganz verständlich; wir meinten nämlich, neue Uebung sei erforderlich, wenn man mit dem Reize auf ein neues Sinnesorgan überginge: für dieses aber bezöge sich eine irgendwie erworbene Uebung gleichmässig auf alle möglichen Arten der Unterscheidung. Demnach erwarteten wir bei den ersten optischen Versuchen die Uebung wieder deutlich hervortreten zu sehen. Das war aber nicht der Fall. Bei den Versuchen am Auge zeigte sich, wie wir sahen, bei A eine ganz geringe, bei K gar keine Verminderung der Unterscheidungszeiten. Wir müssen demnach noch an ein anderes Moment, als die Besonderheit der Uebung für jedes Sinnesorgan denken. Eine Erklärung des Verhaltens könnte anknüpfen an die oben entwickelte Vorstellung, dass in Folge des gewöhnlichen Gebrauchs unserer Sinnesorgane wir eine sehr verschiedene Uebung in der Auffassung der verschiedenen Sinnesempfindungen haben. Haben wir nun in der Unterscheidung optischer Eindrücke schon durch den gewöhnlichen Gebrauch der Augen nahezu die möglichst grosse Schnelligkeit erreicht, so wird es begreiflich erscheinen, dass sich eine Uebung bei unseren Versuchen nicht mehr herausstellt. Es könnte also der von uns bemerkte geringe Einfluss auf

die optischen, der grössere auf die akustischen, und bedeutendste auf die Tastsinnversuche ganz wohl aus dem verschiedenen Maasse der schon zu den Versuchen von vorn herein mitgebrachten Uebung erklärt werden.

Versuchen wir, uns das Wesen der Uebung klar zu machen, so finden wir, wie uns scheint zunächst eine Ursache, weshalb wir im Gegensatz zu früheren Beobachtern einen so geringen Einfluss auf die einfachen Reactionszeiten fanden. Wenn wir uns gewöhnen, an einen gewissen Reiz stets dieselbe Reaction zu knüpfen, so wird dieser Vorgang alsbald nahezu reflectorisch; man führt die Reaction auch unwillkürlich aus, wenn die Aufmerksamkeit abgelenkt war. Dieser Satz liesse sich durch manche Erfahrung des täglichen Lebens illustriren. Er dient als Basis für die fundamentale Annahme, dass nervöse Bahnen innerhalb der Centralorgane die Erregung um so leichter fortleiten, je häufiger sie von ihr durchflossen werden. Die Uebung nun in diesem Sinne ist bei unseren Versuchen absichtlich ausgeschlossen, dadurch nämlich, dass auf jeden Reiz nur zuweilen, zuweilen aber nicht reagirt wird. Hierdurch verhindern wir, und wir legen darauf grossen Werth, diejenige Erscheinung, welche man als Ausbildung von Reflexbahnen bezeichnen könnte. Wir halten es für sehr wahrscheinlich, dass, wenn bei langer Fortsetzung immer derselben einfachen Versuche eine continuirliche Verkürzung der Reactionszeiten eintritt, diese in der That einem solchen „Reflectorischwerden“ zuzuschreiben ist und durch Einschalten einiger Tage mit Unterscheidungsversuchen wieder würde aufgehoben werden.

Worin besteht nun aber die Uebung in Betreff der Unterscheidungszeiten? Es ist sehr schwer hierauf eine Antwort zu geben. Aber worin besteht die Uebung, welche uns gestattet unsere Unterschiedsempfindlichkeit für Tonhöhen oder Lichtintensitäten, oder die Unterscheidungsfähigkeit benachbarter Hautstellen, oder die peripherische Sehschärfe allmählich zu erhöhen? Wir haben hier ebensowenig eine befriedigende Antwort. Wir können eben nur sagen, dass man dieselbe Unterscheidung allmählich schneller auszuführen lerne. Die Erscheinung tritt damit zum Wenigsten in Analogie mit einer Reihe bekannter Thatsachen, die uns alle lehren, dass psychische Vorgänge, nachdem sie oft wiederholt worden sind, geschwinder als Anfangs ausgeführt werden können. So gut der Geübte schneller addirt als der Ungeübte, so gut wird er auch unter gleichen Verhältnissen schneller urtheilen.

Zwei Punkte bedürfen noch besonderer Hervorhebung. Erstlich ist klar, dass, wenn wir aus den Zeitverhältnissen dieser psychischen Vorgänge irgend etwas schliessen wollen, wir sie alle unter gleichen Umständen betrachten müssen, also alle nach erreichter maximaler Uebung. Wollte man sie nämlich vollständig ohne Uebung vergleichen, so würde

man zunächst finden, dass die am Ungeübten gewonnenen Resultate von so vielen Zufälligkeiten abhängen, dass sie gar keine Bedeutung haben können. Ausserdem aber würde der Vergleich doch niemals correct, weil, wie schon oben gesagt, die schon von vorn herein existirende Uebung für verschiedene Sinnesorgane eine verschiedene sein wird, wobei überdies grosse individuelle Differenzen bestehen mögen. Eine correcte Vergleichung ist daher nur möglich, wenn bei erreichter maximaler Uebung alle Sinnesorgane sich unter gleichen Verhältnissen befinden. Maximale Uebung also im Unterscheiden oder Beurtheilen ist das erste Erforderniss. — Auf der anderen Seite aber, und hiermit kommen wir auf den zweiten Punkt, darf keine Uebung präexistiren oder erworben werden, welche das Anknüpfen einer bestimmten Reaction an einen bestimmten Reiz betrifft. Was hiermit gemeint sei, soll sogleich erläutert werden. Donders liess auf eine Anzahl von Vokalklängen, welche als Gehörsreize dienten, durch das Ausrufen des gleichen Vokalklanges reagiren. Wir haben hier, je nachdem nur ein Vokalklang wiederholt gerufen wurde, oder mehrere unregelmässig wechselten, einfache Versuche oder solche mit Unterscheidung. Die Kürze der Unterscheidungszeiten erklärt Donders dadurch (l. c. S. 669), „dass das auf den Klang zu gebende Signal, die einfache Nachahmung, durch Uebung natürlich geworden sei.“ Die gleiche Ansicht spricht Wundt in Betreff derjenigen Donders'schen Versuche aus, wobei auf einen an der rechten Körperhälfte applicirten Reiz mit der rechten Hand, auf einen links applicirten mit der linken Hand reagirt werden sollte. Die Bevorzugung dieser Versuchsanordnungen würde also in der Specialübung bestehen, welche man schon in früherer Zeit erworben hätte, auf gewisse Reize so, und auf andere anders zu reagiren. Es ist selbstverständlich, dass eine solche Uebung völlig ausgeschlossen sein muss, wo es sich um eine Bestimmung der Unterscheidungszeiten handelt. Wir müssen die grösste Uebung haben im Unterscheiden; aber der Process, welcher an das gefällte Urtheil die Reaction schliesst, soll in allen Fällen derselbe, also rein conventionell sein. Dies letztere haben wir, wie wir glauben, erreicht, indem wir erstens für Reize aller Art dieselbe Reaction beibehielten, welche mit keinem in irgend einer besonderen Beziehung steht, einen einfachen Fingerdruck; zweitens auf jeden Reiz abwechselnd reagirt und nicht reagirt wurde. Was die maximale Uebung betrifft, so lässt sich vielleicht darüber noch streiten, ob sie in unseren Versuchen erreicht war. Es könnte dafür geltend gemacht werden, dass wir immer die Versuche so lange fortsetzten, bis die Unterscheidungszeiten keine Verkleinerung mehr zeigten. Traf aber die oben mitgetheilte Annahme das Richtige, dass überhaupt das Maass der Uebung, die wir im Gebrauch

eines Sinnesorganes erworben haben, für die Unterscheidungszeiten wesentlich sei, und dass gerade hieraus die kürzeren optischen, längeren akustischen und längsten Tastsinn-Unterscheidungszeiten zu erklären seien: so könnten wir natürlich von einer maximalen Uebung höchstens bei der ersten dieser Classen, der optischen, reden. Eine genauere Untersuchung dieses Verhältnisses wäre nicht ohne Interesse, würde aber, wie man leicht sieht, mehr Zeit erfordern als uns zu Gebote stand.

Von den Zahlen, welche Donders gewonnen hat, ist mit den unserigen nur eine direct vergleichbar, nämlich die nach der *c*-Methode (nur auf einen Reiz wird reagirt, auf den anderen nicht) für Unterscheidung von Vokalklängen erhaltene. Diese beträgt bei Donders 0.039 Sek.; dieser Werth liegt zwischen den für *K* und für *A* bei Unterscheidung einfacher Töne gewonnenen. Das Erkennen von gesehenen Vokalzeichen gab nach der *c*-Methode „sehr kurze Werthe, kaum länger als bei Vokalklängen.“ Die übrigen von Donders erhaltenen Werthe sind, entsprechend der *b*-Methode viel länger als die unserigen, nämlich

Localisation auf der Haut . . .	0.066
Unterscheidung zweier Farben bei fünf verschiedenen Personen	0.184
	0.122
	0.159
	0.134
	0.172
2 Vokalzeichen, gesehen	0.166
5 Vokalzeichen, gesehen	0.170
2 Vokalklänge, gehört	0.056
5 Vokalklänge, gehört	0.088

Ermüdung.

Es erübrigt noch, einen Blick auf die Einwirkung der Ermüdung zu werfen. Wenn auch unsere Versuche so angestellt wurden, dass der Einfluss der Ermüdung aus den Resultaten möglichst eliminirt wurde, so ist derselbe doch bei geeigneter Zusammenfassung deutlich wahrnehmbar. Wollte man sehr viele Versuche ohne Ruhepause hintereinander machen, so würde man ihn natürlich noch viel ausgeprägter erhalten. Wir machten, wie oben erwähnt, immer (mit ganz wenigen Ausnahmen) eine Reihe einfacher, dann eine Reihe Unterscheidungsversuche, dann wieder dieselben einfachen. Hier können wir nun sehen, dass die letzte Reihe im Allgemeinen etwas längere Werthe giebt, als die erstere. Der Unterschied ist aber so gering, dass der bei den Mittelwerthen von zwei

Reihen noch innerhalb der Grenze der zufälligen Schwankungen liegt. Nehmen wir aber die Mittelwerthe über die ganzen Vertikalspalten unserer Tabellen, so ist er fast ausnahmslos vorhanden. Die regelmässige Anordnung von je 3 Reihen zu einer Gruppe gestattet uns also den Einfluss der Ermüdung auf die einfachen Reactionszeiten zu erkennen. Dagegen war die Anordnung der Gruppen untereinander keine so regelmässige, dass wir über die Abhängigkeit der Unterscheidungszeiten von der Ermüdung etwas zu sagen vermöchten.

Wenn wir die Mittelwerthe von je 2 zu einer Gruppe gehörigen Vertikalreihen einfacher Reactionszeiten zusammenstellen, so finden wir Folgendes:

Tabelle 25.

Einfluss der Ermüdung bei *A.*

Art der Versuche.	Vor Nach		Differenz.
	den Unterscheidungs- versuchen.		
Tastlocalisation	14·5	14·4	— 0·1
	14·4	14·5	+ 0·1
Schwache Inductionsschläge	14·7	15·4	+ 0·7
Starke Inductionsschläge . .	14·2	14·0	— 0·2
Glockenversuche <i>g.</i>	13·8	14·7	+ 0·9
	<i>G.</i> 14·8	15·0	+ 0·2
Unterscheidung einfach. Töne <i>t.</i>	14·0	14·4	+ 0·4
	<i>T.</i> 15·4	16·0	+ 0·4
Unterscheidung von Ton und Geräusch <i>T.</i>	14·9	15·3	+ 0·5
	<i>G.</i> 12·7	13·6	+ 0·9
Gehörslocalisation <i>L.</i>	12·38	12·45	+ 0·1
	<i>R.</i> 12·4	12·5	+ 0·1
Optische Richtungslocalisa- tion <i>D.</i>	18·8	18·8	0·0
	<i>I.</i> 19·5	19·7	+ 0·2
Farbenunterscheidung <i>B.</i>	19·9	20·4	+ 0·5
	<i>R.</i> 20·8	21·9	+ 1·1
Entfernungslocalisation . . . <i>V.</i>	17·8	18·7	+ 0·9
	<i>H.</i> 18·8	19·5	+ 0·7

Die Differenzen der letzten Columnen sind mit zwei Ausnahmen positiv, d. h. nach den Unterscheidungsversuchen erhält man längere einfache Reactionszeiten als vor ihnen. Subjectiv am anstrengendsten waren für *A* die Versuche über Entfernungslocalisation; diese geben auch höhere Ermüdungswerthe als die meisten übrigen Versuche. Ganz ähnlich fällt die gleiche Zusammenstellung für *K* aus.

Tabelle 26.

Einfluss der Ermüdung bei *K*.

Art der Versuche.	Einfache Reactionszeiten		Differenz.
	vor	nach	
Tastlocalisation	11·8	12·0	+ 0·2
	12·0	12·6	+ 0·5
Schwache Inductionsschläge	12·6	13·3	+ 0·7
Starke Inductionsschläge ..	12·6	13·3	+ 0·7
Glockenversuche	<i>g.</i> 14·1	14·6	+ 0·5
	<i>G.</i> 15·2	15·5	+ 0·3
Unterscheidung einfach. Töne	<i>t.</i> 13·8	14·0	+ 0·2
	<i>T.</i> 15·6	16·0	+ 0·4
Unterscheidung von Ton und Geräusch	<i>T.</i> 15·7	15·7	0·0
	<i>G.</i> 12·9	13·1	+ 0·2
Geräuschlocalisation	<i>L.</i> 12·0	12·1	+ 0·1
	<i>R.</i> 12·1	12·4	+ 0·3
Optische Richtungslocalisa- tion	<i>D.</i> 18·8	19·3	+ 0·5
	<i>I.</i> 19·3	19·5	+ 0·2
Farbenunterscheidung	<i>B.</i> 19·8	19·8	0·0
	<i>R.</i> 20·5	20·6	+ 0·1
Entfernungslocalisation	<i>V.</i> 16·6	16·9	+ 0·3
	<i>H.</i> 16·7	16·9	+ 0·2

Auch hier finden sich meist positive und von Null verschiedene Werthe. Die höchsten Werthe geben die Versuche über Unterscheidung starker und schwacher Inductionsschläge, welche für *K* auch subjectiv

am anstrengendsten waren. Indessen können wir auf die absoluten Werthe der hier gefundenen Zahlen und ihr gegenseitiges Verhalten kein grosses Gewicht legen. Dazu sind sie noch zu unsicher. Mit Sicherheit können wir aber sagen, dass bei der Anstellung von ca. 45 Einzelversuchen unmittelbar hintereinander, wovon die mittleren 15 Versuche mit Unterscheidung sind, die Ermüdung sich schon in einer Verlängerung der einfachen Reactionszeiten geltend macht. Allerdings wird dieser Einfluss noch durch die zufälligen Schwankungen sehr überwogen und zeigt sich daher erst bei den Mittelwerthen aus einer grösseren Zahl solcher Reihen.

Zum Schlusse sei es gestattet, einen Rückblick auf die gewonnenen Ergebnisse zu halten. Für das Studium der Unterscheidungszeiten ist in den mitgetheilten Versuchen ein erster Anfang enthalten. Denn auf den meisten Gebieten haben wir nur Specialfälle untersucht. Verallgemeinern konnten wir, wie es schien, die Resultate der Tastlocalisation. Wir fanden keine wesentliche Abhängigkeit der Unterscheidungszeit von der Wahl der Hautstellen. Eine deutliche Abhängigkeit von der Wahl der Orte fanden wir bei der Gehörslocalisation; es ist aber auf die exceptionelle Stellung dieser Art von Beurtheilung schon mehrfach hingewiesen worden. Bei den Tönen schien uns die Unterscheidungszeit von der Tonhöhe abhängig zu sein; doch konnten wir dies Resultat nicht als völlig sicher betrachten. Hier würde sich noch ein reiches Feld der Untersuchung bieten; die Erkennungszeit könnte von dem Intervall, von der Tonhöhe und der Intensität der zu unterscheidenden Töne in mannichfacher Weise abhängen. Die oben hypothetisch vorgelegten Anschauungen werden zum Mindesten zeigen, dass aus einer Eruirung dieser Verhältnisse über die Natur unserer Tonempfindungen, über das Verhältniss von Geräusch- und Klangempfindungen sich nicht wenig ergeben könnte. Dasselbe gilt von der Unterscheidung der Farben, diese wird von Intensität, Sättigung, Grösse der Lichterscheinung, ohne Zweifel abhängen. Dagegen möchten wir es kaum für wahrscheinlich erachten, dass sich für die optische Richtungs- und Tiefenlocalisation bei Wahl anderer Stellen wesentlich andere Werthe ergeben würden, sofern man wenigstens die allgemeine Form der Versuche festhält, nämlich Unterscheidung des fixirten von einem indirect gesehenen Punkte und Localisation eines gerade vor oder gerade hinter dem Fixationspunkte gelegenen Gegenstandes. Wir halten daher unsere wesentlichsten Resultate, das über die Localzeichen der Haut und das über optische Richtungs- und Entfernungslocalisation Gesagte, für ausreichend gesichert. In Bezug auf die Erkennung von Qualitäten erkennen wir gern die Unvollständigkeit des Gegebenen an.

Es sei gestattet, noch eine Frage aufzuwerfen, welche für die Beurtheilung des Wesens der Aufmerksamkeit von grossem Interesse zu sein scheint. Man könnte fragen, wie gross die Zeit ist, welche erfordert wird für die Unterscheidung einer Gesichts- von einer Gehörs-empfindung, überhaupt der Empfindungen zweier verschiedener Sinnesorgane von einander. Kann man (was nicht ganz unmöglich erscheint), die Aufmerksamkeit auf ein bestimmtes Sinnesorgan so concentriren, dass alle übrigen Empfindungen kaum bemerkt werden, so hätte man zu erwarten, dass diese Unterscheidungszeit = 0 ausfiele. In der That, wenn ich nur akustische Reize beantworte, und auch nur solche erwarte (einfache Versuche), so ist es fraglich, ob ich auf einen, mich so zu sagen unrechtmässiger Weise treffenden optischen Reiz auch reagire. Ist dies nicht der Fall, dann werden die Versuche mit Unterscheidung von den einfachen gar nicht verschieden sein, also die Erkennungszeit sich = 0 herausstellen. Ist es aber der Fall, so wird bei den Versuchen mit Unterscheidung eine Erkennungszeit sich zeigen müssen. Bei den Versuchen an einem Sinnesorgan können wir nun die erwähnte Erscheinung auch ausnahmslos constatiren: wenn man bei einfachen Versuchen mit dem tiefen Ton einmal unvermuthet den hohen statt des tiefen erklingen lässt, so wird die Reaction niemals ausbleiben. Donders ist der Meinung, und wir schliessen uns ihm an (wenn auch nicht auf bestimmte Versuche gestützt), dass das gleiche Verhältniss auch für die Empfindung in verschiedenen Sinnesorganen bestehe. „Wer die Versuche gemacht hat“, sagt Donders, „weiss, dass das Signal da, wo es nur um Reaction im Allgemeinen zu thun ist (einfache Reaction), bei Allem, was geschieht, losbricht. Wartet man mit Spannung auf eine Lichterscheinung, so reagirt man unwillkürlich auch auf einen Stoss, einen elektrischen Schlag, kurz auf jeden kräftigen Eindruck. Man wartet nicht bis man hört, sondern nur bis man gewahr wird.“ Hiernach hätte man von Null verschiedene Erkennungszeiten auch für die Unterscheidung der Empfindungen verschiedener Sinnesorgane zu erwarten. Versuche über diesen Punkt würden eine nothwendige Ergänzung unserer Versuche bilden; es war auch lediglich Mangel an Zeit, was uns verhinderte, sie den besprochenen unmittelbar anzuschliessen.

Die mitgetheilten Versuche sind im Laboratorium des Hrn. Geheimrath Helmholtz ausgeführt worden, welchem wir für die uns zu Theil gewordene Unterstützung unseren aufrichtigen Dank sagen.

Beilage.

Wir theilen anhangsweise eine Anzahl Tabellen mit, welche Einzelversuche enthalten. Die Einheit ist hier 1^{mm} der Peripherie der Kymographion-Trommel, entsprechend 0·015 Sek.

1. Reag.: A. Tastlocalisation.

Den 13. 11. 1876.

II	III	I
9·5	12·8	10·2
8·9	9·7	9·3
9·3	10·6	9·9
9·2	1·2	9·4
9·2	9·7	9·0
9·2	11·4	9·2
10·2	10·6	10·5
10·0	11·0	10·4
9·6	11·0	9·4
9·2	11·0	9·9
9·5	11·8	9·3
9·6	11·7	8·8
113·4	132·5	115·3
M. 9·4	11·0	9·6

Hier war eine Differenz im Nadelstande von 0·1 vorhanden; man erhält also die corrigirten Zahlen

9·5 11·1 9·7 Unterscheidungszeit = 11·1 — 9·6 = 1·5;
 oder in Sekunden
 0·142 0·166 0·145 Unterscheidungszeit = 0·166 — 0·144 = 0·022.

2. Reag.: K. Tastlocalisation.

Den 14. 11. 1876.

II	IV	II
7·8	9·7	7·4
7·7	9·7	7·7
8·3	9·5	7·7
7·6	11·0	8·7
7·9	9·8	8·6
7·7	10·8	9·1
7·6	8·9	7·7
7·0	10·3	9·0
7·9	12·3	8·7
8·6	10·0	8·3
8·6	9·9	7·2
8·3		7·9
7·4	111·9	8·2
8·4	M. 10·2	8·6
8·0		8·1
8·4		8·1
		8·2
<hr/>		<hr/>
127·2		138·2
M. 7·9		M. 8·1

Unterscheidungszeit = 10·2 — 8·0 = 2·2. In Sekunden

II	IV	II
0·118	0·153	0·121

 Unterscheidungszeit = 0·153 — 0·120 = 0·033.

Hier ist unter IV eine Zahl von über 14 gestrichen; unter II eine 10·2.

Tabelle 3. Reag.: A.

Unterscheidung starker und schwacher Inductionsschläge.

Den 2. 12. 1876.

	<i>E. Sec.</i>	<i>U. Sec.</i>	<i>E. Sec.</i>	<i>E. St.</i>	<i>U. St.</i>	<i>E. St.</i>
	9·8	13·6	9·8	8·7	9·0	8·3
	10·1	15·6	10·5	9·6	10·4	8·3
	9·3	14·8	8·2	9·1	11·2	8·1
	10·0	14·9	9·8	9·1	11·2	8·8
	10·0	13·3	9·3	8·7	9·8	7·7
	10·6	14·2	9·9	9·3	9·2	8·7
	10·1	15·6	9·3	8·6	9·2	8·9
	9·7	12·2	10·8	9·2	9·2	8·1
	10·1	14·2	9·5	10·2	9·9	7·1
	10·4	12·3	9·3	9·2	11·7	7·1
	9·5	14·5	9·2	9·6	9·5	8·0
	9·8	13·4	10·5	10·0	9·4	8·0
	9·7	14·3	9·4	9·3		9·0
	9·4	13·5	9·6	9·2		
	10·0	12·0	10·7			
		13·6				
		14·1				
		11·0				
		12·0				
		12·3				
		13·0				
		13·5				
Sa.	148·4	297·9	145·8	129·8	119·7	106·1
Mittel	9·9	13·5	9·7	9·3	10·0	8·2
Corrig.	9·7	13·3	9·5	9·1	9·8	8·0
		9·6			8·6	
Unter- scheidungszeit		= 3·7			= 1·2	

In Sek.							Unter- scheidungszeit	
	<i>E. Sec.</i>	<i>U. Sec.</i>	<i>E. Sec.</i>	<i>E. St.</i>	<i>U. St.</i>	<i>E. St.</i>	<i>Sec.</i>	<i>St.</i>
	0·145	0·199	0·142	0·136	0·147	0·120	0·055	0·019

Tabelle 4. Reag.: K.

Unterscheidung starker und schwacher Inductionsschläge.

Den 2. 12. 1876.

	<i>E. Sec.</i>	<i>U. Sec.</i>	<i>E. Sec.</i>	<i>E. St.</i>	<i>U. St.</i>	<i>E. St.</i>		
	9·0	13·4	8·1	8·5	13·1	8·9		
	8·7	16·6	8·3	9·0	15·6	9·8		
	9·1	10·6	7·7	9·0	13·0	9·4		
	8·1	17·3	9·7	8·9	11·3	9·9		
	6·8	19·8	9·0	9·3	10·8	9·6		
	7·9	11·8	7·8	8·1	15·8	8·9		
	8·9	18·8	7·8	8·6	15·8	8·3		
	9·4	19·3	8·8	9·9	11·4	9·3		
	8·2	17·3	9·4	8·8	12·1	8·9		
	9·6	14·3	9·3	8·1	11·1	8·9		
	9·0	18·2		8·2	12·4	9·4		
	8·2	15·8		9·2	10·9	7·8		
		17·0			10·0	8·3		
		13·7			14·6			
		15·4						
	103·6	239·3	85·9	105·6	177·9	117·4		
Mittel,	M. 8·6	M. 16·0	M. 8·6	M. 8·8	M. 12·7	M. 9·0		
corrigirt	8·3	15·7	8·3	8·5	12·4	8·7		
		8·3			8·6			
Unter-		= 7·4			= 3·8			
scheidungszeit								
							Unter-	
							scheidungszeit	
							<i>Sec.</i>	<i>St.</i>
In Sek.	0·124	0·235	0·124	0·127	0·186	0·131	0·111	0·057

Tabelle 5. Reag.: A.
 Unterscheidung einfacher Töne.
 Den 13. 12. 1876.

	<i>E. t.</i>	<i>U. t.</i>	<i>E. t.</i>	<i>E. T.</i>	<i>U. T.</i>	<i>E. T.</i>	Unterscheidungszeit	
							<i>t.</i>	<i>T.</i>
	9.5	12.8	10.1	8.7	13.4	9.6		
	9.1	10.8	10.5	9.8	13.5	9.4		
	10.7	12.9	10.4	9.4	12.8	10.7		
	9.5	11.3	10.9	7.9	12.2	10.6		
	10.8	11.6	10.8	10.0	13.0	9.0		
	8.1	12.9	10.0	9.8	13.0	0.4		
	9.7	11.9	10.9	9.5	13.5	10.7		
	9.0	12.3	10.0	8.7	13.5	9.8		
	9.3	12.3	10.0	7.2	13.5	8.5		
	8.9	13.6	8.1	9.1		9.1		
	9.1	11.5	10.2	10.3		10.7		
	8.7		9.6			10.1		
	8.0		9.1					
	7.6		10.3					
	10.2							
Sa.	138.2	133.9	141.0	100.4	118.4	117.7		
Mittel	9.2	12.2	10.1	9.1	13.2	9.8		
In Sekund.	0.138	0.183	0.152	0.136	0.198	0.147	0.037	0.056

Tabelle 6. Reag.: K.
 Unterscheidung einfacher Töne.
 Den 11. 1. 1877.

	<i>E. t.</i>	<i>U. t.</i>	<i>E. t.</i>	<i>E. T.</i>	<i>U. T.</i>	<i>E. T.</i>	Unterscheidungszeit	
							<i>t.</i>	<i>T.</i>
	8.8	12.5	8.8	10.2	14.0	10.6		
	8.4	13.4	8.7	11.1	14.7	11.2		
	9.6	10.9	8.8	11.0	14.3	11.7		
	8.4	12.6	8.4	10.4	13.5	12.6		
	7.4	13.1	9.5	10.6	15.0	10.4		
	9.2	14.0	9.1	11.4	13.6	12.3		
	9.2	13.4	10.2	10.9	13.6	10.9		
	9.1	13.4	9.5	11.2	14.4	11.3		
	9.9	14.0	10.3	11.1	14.0	10.7		
	10.1	12.2	10.6	10.0	13.1	11.6		
		12.2	9.6	10.7	13.5	10.8		
			9.5	9.8	14.9			
			0.6		13.3			
Sa.	90.1	141.7	122.6	128.4	181.9	124.1		
Mittel	9.0	12.9	9.4	10.7	14.0	11.3	3.7	3.0
In Sekund.	0.135	0.193	0.141	0.160	0.210	0.170	3.055	0.045

Tabelle 7. Reag.: A.

Schall-Localisation. Divergenzwinkel 120°.

Den 29. 1. 1877.

	E. L.	U. L.	E. L.	E. R.	U. R.	E. R.	Unterscheidungszeit	
							L.	R.
	7·4	8·9	7·4	8·8	10·4	8·1		
	7·8	9·4	9·1	8·1	9·4	9·0		
	7·4	9·7	9·1	9·1	10·8	8·3		
	7·9	8·8	8·0	9·0	10·8	8·4		
	8·5	8·9	9·5	8·8	10·1	7·9		
	8·5	8·5	8·0	8·8	10·2	7·8		
	7·4	9·6	9·3	8·7	8·9	8·7		
	7·7	9·3	8·7	8·9	8·9	9·1		
	7·2	9·2	7·7	9·4	9·6	9·3		
				9·1	9·4	9·1		
						7·9		
						9·1		
Sa.	69·8	82·3	75·8	78·7	98·5	102·7		
Mittel	7·8	9·1	8·4	8·9	9·9	8·6	1·0	1·2
In Sekund.	0·117	0·136	0·126	0·133	0·148	0·129	0·015	0·017

Tabelle 8. Reag.: K.

Schall-Localisation. Divergenzwinkel 35°.

Den 30. 1. 1877.

	E. L.	U. L.	E. L.	E. R.	U. R.	E. R.	Unterscheidungszeit	
							L.	R.
	7·4	9·4	7·2	7·9	9·1	8·8		
	7·4	10·8	6·9	7·9	10·2	8·8		
	7·1	10·3	6·9	8·7	12·6	8·1		
	7·2	9·9	7·5	7·4	12·6	8·2		
	7·1	9·8	7·3	7·9	12·5	7·5		
	7·2	10·8	7·2	8·8	9·9	7·9		
	7·2	9·8	7·3	8·1	12·3	7·3		
	8·3	10·2	7·3	8·3	11·4	6·5		
	6·9	10·2	7·7		11·0	7·0		
	8·3	8·8			8·8	7·5		
Sa.	74·1	100·0	65·3	65·0	110·4	77·6		
Mittel	7·4	10·0	7·3	8·1	11·0	7·8	2·7	3·1
In Sekund.	0·111	0·150	0·109	0·121	0·165	0·117	0·040	0·046

Tabelle 9. Reag.: A.
Optische Richtungslocalisation.
Den 23. 2. 1877.

	E. D.	U. D.	E. D.	E. I.	U. I.	E. I.	Unterscheidungszeit	
							D.	I.
	11·4	11·8	11·1	12·2	12·0	10·1		
	11·4	11·8	11·1	11·1	12·6	11·4		
	8·8	11·4	10·0	12·4	12·7	12·4		
	10·7	10·8	11·1	11·8	13·1	12·4		
	11·0	12·1	11·0	12·2	12·1	11·4		
	10·9	11·4	10·1	12·8	12·4	11·7		
	9·7	11·2	11·4	11·1	13·4	11·3		
	11·4	12·0	11·1	11·7	12·3	13·4		
	10·0	11·9	10·4	12·0		12·2		
	9·0	12·8	11·8			13·1		
	11·8	11·6	10·8			10·9		
	10·3	11·2	12·3			12·3		
	11·1	11·8	10·3			12·2		
	10·4	12·0	11·5					
	9·7	12·3	11·5					
	12·2	10·4	11·6					
	11·4	12·4						
Sa. Mittel	181·2	198·9	177·1	107·3	100·6	154·8		
Corrigirt	10·7	11·7	11·1	11·9	12·6	11·9	0·8	0·7
In Sekund.	0·172	0·187	0·178	0·190	0·201	0·190	0·012	0·011

Tabelle 10. Reag.: K.
Optische Richtungslocalisation.
Den 23. 2. 1877.

	E. D.	U. D.	E. D.	E. I.	U. I.	E. I.	Unterscheidungszeit	
							D.	I.
	10·0	13·1	11·7	10·2	11·7	11·7		
	10·0	12·6	11·3	10·1	12·0	12·0		
	10·0	13·2	10·6	10·8	11·4	12·1		
	9·6	11·7	11·3	12·8	13·0	10·4		
	9·7	12·8	10·4	12·3	13·3	9·4		
	8·9	12·9	10·1	12·1	12·0	9·3		
	9·6	11·2	11·1	11·8	12·5	11·4		
	10·0	12·8	11·1	11·4	11·5	11·4		
	9·2	12·4	12·4	9·6	13·2	12·2		
	10·2	11·4	10·0	10·8	13·2	13·1		
	10·3	11·8	11·7	12·3	13·6	11·4		
	10·4	11·4	9·4	11·8	14·0	11·9		
	10·2	10·9	10·0		13·4	12·6		
		10·9	11·0		12·3	10·9		
		13·0	10·8			10·9		
		12·4	11·9					
		11·7						
Sa. Mittel	128·1	206·2	174·8	136·0	177·1	170·7		
Corrigirt	9·9	12·1	10·9	11·3	12·7	11·4		
In Sekund.	0·161	0·194	0·175	0·181	0·202	0·188	1·7	1·3
							0·026	0·020

Tabelle 11. Reag.: A.

Farbenunterscheidung.

Den 23. 10. 1877.

	E. B.	U. B.	E. B.	E. R.	U. R.	E. R.	Unterscheidungszeit	
							B.	R.
	12·3	13·5	13·6	11·4	13·7	13·1		
	11·1	13·8	12·5	12·2	13·7	14·2		
	10·8	13·7	13·3	13·6	14·0	12·7		
	11·8	13·4	13·3	13·7	14·7	13·0		
	11·6	12·3	12·1	12·0	13·0	13·0		
	12·2	13·8	13·1	13·7	14·1	13·0		
	11·5	13·6	13·8	13·4	14·1	13·0		
	12·4	13·1	12·5	13·2	14·4	13·4		
	13·2	13·5	13·8	13·9	14·7	14·3		
	11·6	12·8	12·6	12·5		14·0		
	12·1	13·0	12·6	13·0		13·4		
	12·8		13·6	13·0		13·0		
	11·0		12·1	11·8		13·5		
	11·1		13·0	11·8				
Sa.	165·5	164·5	181·9	179·2	126·4	173·6		
Mittel	11·8	13·3	13·0	12·8	14·0	13·4		
Corrigirt	12·6	14·1	13·8	13·6	14·8	14·2	0·9	0·9
In Sekund.	0·189	0·211	0·207	0·204	0·222	0·213	0·013	0·014

Tabelle 12. Reag.: K.

Farbenunterscheidung.

Den 21. 2. 1877.

	E. B.	U. B.	E. B.	E. R.	U. R.	E. R.	Unterscheidungszeit	
							B.	R.
	11·8	14·3	12·2	13·2	14·6	13·7		
	11·8	15·1	11·7	12·4	15·4	14·2		
	13·9	14·3	12·7	13·8	15·7	14·2		
	12·9	15·8	13·2	13·8	14·4	14·1		
	12·4	15·4	13·4	14·2	16·7	12·9		
	13·7	16·0	13·4	13·2	16·0	14·9		
	12·8	15·0	13·4	13·8	15·4	14·1		
	12·0	14·4	11·5	13·4	15·2	15·1		
	12·0	15·4	14·0	13·1	16·1	12·8		
	12·0	14·5	13·3	13·3	15·3	14·4		
	11·7	15·3	12·8		16·5	14·2		
	13·2	15·6			14·8			
	11·2				16·1			
	13·3				14·6			
	12·1							
	11·5							
Sa.	198·3	181·1	142·6	134·2	216·8	154·6		
Mittel	12·4	15·1	13·0	13·4	15·5	14·1		
Corrigirt	13·2	15·9	13·8	14·2	16·3	14·9	2·4	1·8
In Sekund.	0·198	0·259	0·207	0·213	0·244	0·223	0·036	0·026

Tabelle 13. Reg.: A.

Entfernungslocalisation.

Den 28. 2. 1877.

	E. V.	U. V.	E. V.	E. H.	U. H.	E. H.	Unterscheidungszeit	
							V.	H.
	11-0	13-8	12-2	11-8	13-3	12-8		
	10-6	12-8	13-0	11-4	13-9	12-3		
	11-4	13-4	11-4	11-4	13-0	12-9		
	11-9	14-4	11-8	11-6	13-8	12-9		
	10-1	14-4	12-3	11-9	12-8	12-7		
	11-6	14-0	12-9	12-1	13-8	10-7		
	11-3	14-9	11-2	11-5	12-3	12-1		
	11-0	12-8	11-2	11-5	12-6	12-5		
	12-0	12-7	12-8	10-8	13-2	11-3		
	12-8	12-8	11-8	12-3		12-4		
	12-8	12-8	12-5					
	11-0	14-6	13-1					
	11-6	13-8	13-1					
		13-0	11-1					
			11-3					
			11-5					
Sa. Mittel	149-1	190-2	193-1	116-1	118-7	122-6		
In Sekund.	0-172	0-204	0-182	0-174	0-198	0-184	1-8	1-3
							0-027	0-019

Tabelle 14. Reg.: K.

Entfernungslocalisation.

Den 26. 2. 1877.

	E. V.	U. V.	E. V.	E. H.	U. H.	E. H.	Unterscheidungszeit	
							V.	H.
	9-8	13-4	10-8	11-0	11-9	10-3		
	10-5	14-8	9-8	10-7	14-5	10-3		
	9-9	13-0	11-8	11-2	13-3	10-3		
	9-8	11-1	10-8	10-1	10-8	9-2		
	11-8	10-6	10-8	10-0	10-8	10-1		
	12-6	12-8	10-8	10-3	10-8	11-0		
	10-6	14-2	10-5	10-8	12-8	11-0		
	9-3	12-0	11-0	11-1	13-0	10-0		
	9-4	13-4	10-2	10-8	11-5	10-0		
	12-2	12-7	10-2	10-1	13-0	10-9		
	10-9	14-5	11-9	10-1	13-3	10-9		
	12-8	13-3		10-7	13-4			
	12-6	13-3		10-7	12-4			
	9-9	14-0		11-9	12-8			
	9-7				12-9			
	9-1							
Sa. Mittel	170-9	183-1	118-6	149-5	187-2	114-1		
Corrigirt	10-7	13-1	10-8	10-7	12-5	10-4		
In Sekund.	0-165	0-201	0-166	0-165	0-192	0-160	2-3	1-9
							0-035	0-029

Fig. 5.

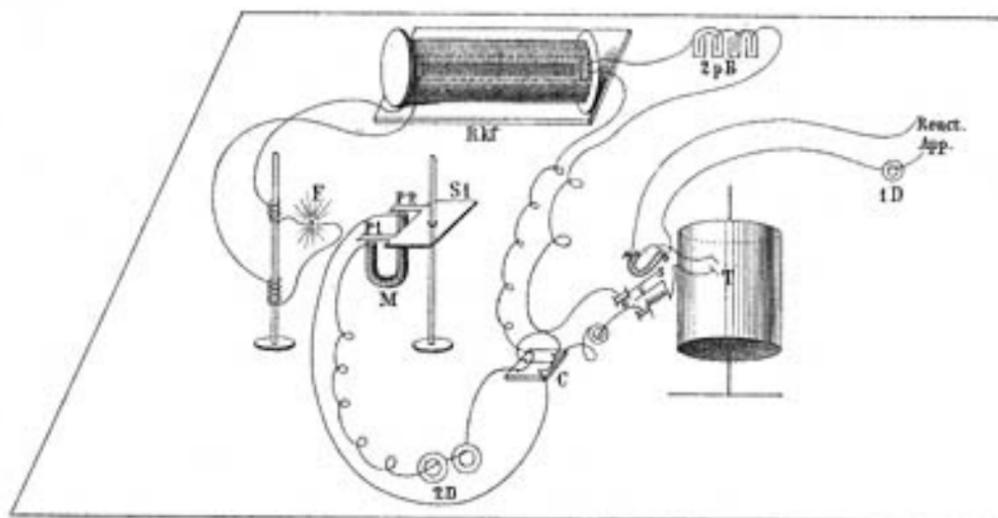
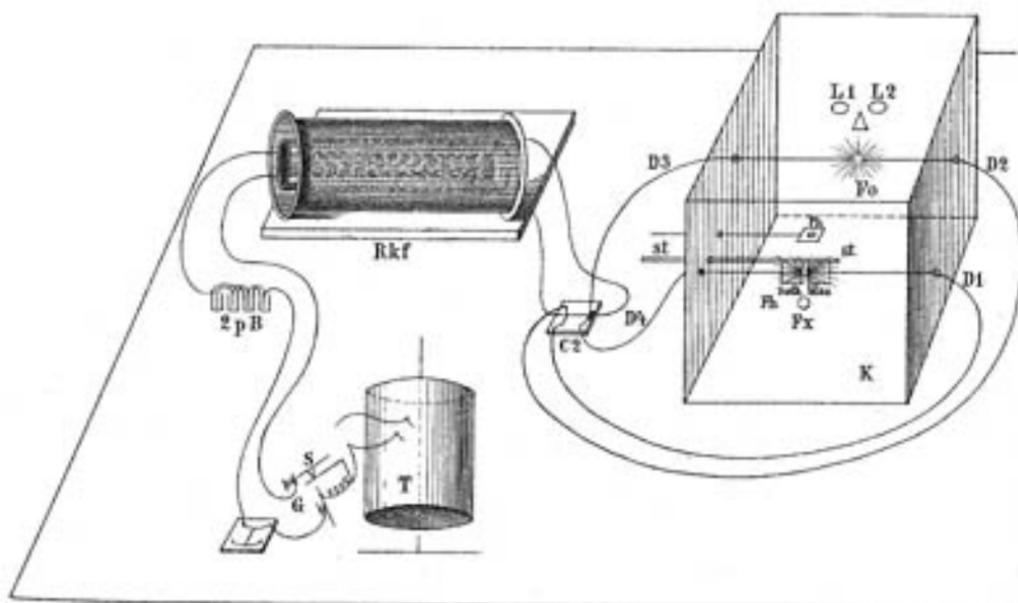


Fig. 6.



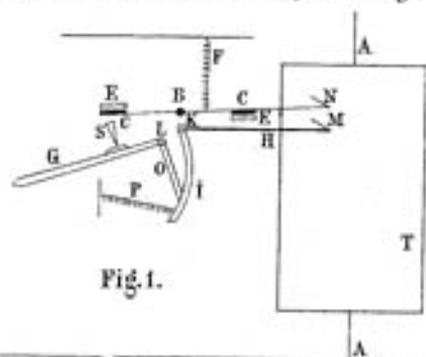


Fig. 1.

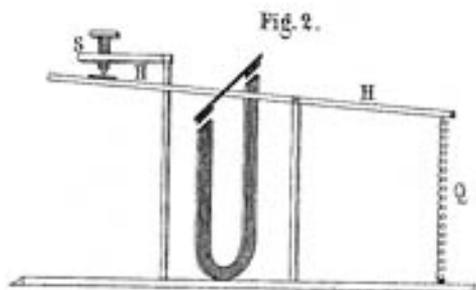


Fig. 2.

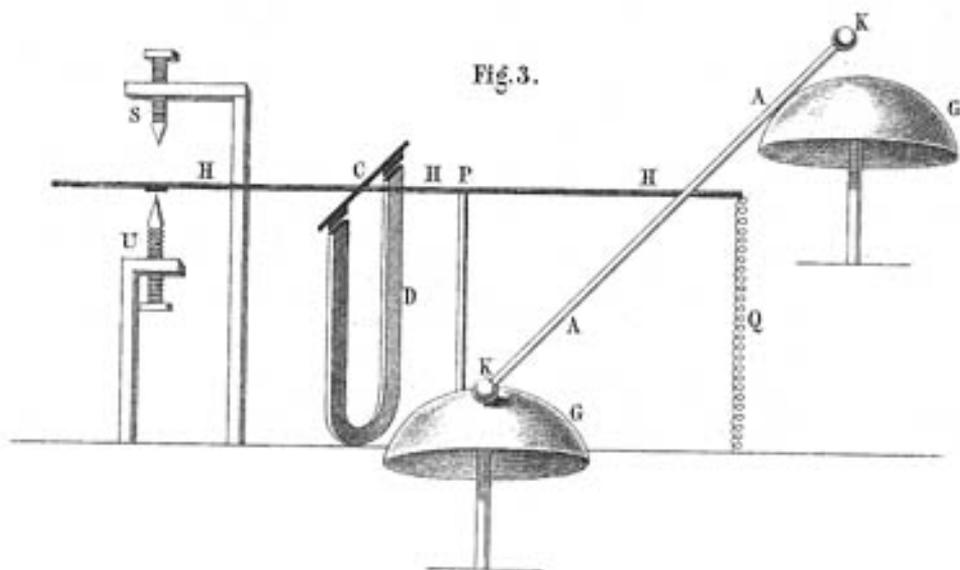


Fig. 3.

Fig. 4.

