

Ueber die Wahrnehmung zweier Punkte mittelst des Tastsinnes, mit Rücksicht auf die Frage der Uebung und die Entstehung der Vexirfehler.

Von

Guy A. Tawney.

Mit 5 Figuren im Text.

Trotz der zahlreichen eingehenden Abhandlungen im Gebiete des Tastsinnes, die seit den Weber'schen Versuchen erschienen sind, bleibt die Psychologie bis heute noch über die Erklärung mancher Thatsachen dieses Gebietes unentschieden. Die vorliegende Arbeit setzte sich zunächst die Aufgabe, den Einfluss der Uebung auf das Erkennen zweier Punkte durch den Tastsinn zu untersuchen. Eine andere Frage stellte sich aber bald in den Weg: dies war der oft bemerkte und bis jetzt kaum erklärte Vexirfehler. Während der Untersuchung dieser zwei Erscheinungen wurden einige neue Thatsachen gefunden, deren Bedeutung einerseits für die allgemeine Theorie der Sinneswahrnehmung, anderseits für die Methode aller Tastsinnversuche von Wichtigkeit zu sein scheint. Im Anschluss an diese Untersuchungen sollen daher schließlich einige kritische Bemerkungen über die Methode gegeben werden.

Als Versuchspersonen, denen hiermit zugleich mein bester Dank ausgesprochen sei, nahmen an diesen Untersuchungen Theil die Herren: G. M. Stratton, W. P. Ladd, M. Arrer, Dr. F. Kiesow, M. Chamdanjian, H. Eber, Dr. P. Mentz, Dr. Brahn, E. Mosch, A. C. Perry, E. M. Weyer und S. J. Franz, außerhalb des Instituts Herr Rev. S. G. Hefelbower. Es sei noch bemerkt, dass die Untersuchungen ursprünglich gemeinsam mit Herrn Dr. C. H. Judd begonnen wurden.

Als Hilfsapparat wurde mit wenigen Ausnahmen ein einfacher

aus Messing angefertigter Zirkel gebraucht, dessen Schenkel mit Gelenken versehen waren, damit die Spitzen rechtwinklig zur Oberfläche der Hautstelle aufgesetzt werden konnten. Steht nämlich eine Spitze schief auf der Haut, so wird die Empfindung einer Bewegung über die Haut hin erzeugt, die sehr leicht einen störenden Einfluss haben kann. Um dies zu vermeiden, wurden bei erheblicheren Distanzen die Schenkel des Zirkels immer entsprechend zusammengebogen. Die Spitzen selbst waren aus Knochen gefertigt und mit einer Breite des Berührungspunktes von annähernd $\frac{1}{2}$ mm abgerundet. Dies ist die beste Breite, weil sie einerseits allen Schmerz vermeidet, andererseits doch klein genug ist, um Maßbestimmungen von nur 2 mm zu ermöglichen. Dementsprechend wurden auch nur Hautstellen ausgewählt, bei denen kleinere Maßbestimmungen nicht erforderlich sind. Es darf nicht übersehen werden, dass die Form der Spitzen einen beträchtlichen Einfluss auf die Schwellenwerthe besitzt. Ohne Nadelspitzen hätte Goldscheider seine auffallend kleinen Schwellenwerthe nicht erhalten können. Bei unseren Versuchen wurde eine etwas größere Dicke genommen, theils weil die besonderen Erscheinungen, die untersucht werden sollten, von der Form der Spitzen ziemlich unabhängig sich erwiesen haben, theils weil größere Schwellenwerthe für die vorliegende Aufgabe im allgemeinen am günstigsten sind: wenn nämlich die Schwellenwerthe sehr klein sind, so bleiben die verschiedenen Abweichungen derselben unsicher, und dadurch können leicht bedeutende Täuschungen eintreten und dabei wichtige Erscheinungen übersehen werden.

Unsere erste Aufgabe war, wie bemerkt, den sogenannten Einfluss der Einübung auf das Erkennen minimaler Distanzen mittelst des Tastsinnes zu untersuchen. Die Forscher, die sich mit der Uebungsfrage beschäftigt haben, sind mit einander einverstanden, dass durch Uebung die Schwelle für die Wahrnehmung zweier Punkte verkleinert wird. Es erhebt sich dabei zugleich die Frage, ob, wenn eine Stelle eingeübt wird, dadurch andere Stellen miteingeübt werden. Darauf hat schon Volkmann geantwortet, dass, wenn eine von zwei symmetrischen Hautstellen eingeübt werde, die andere eine gleichmäßige Schwellenverkleinerung erfahre¹⁾.

1) »Ueber den Einfluss der Einübung auf das Erkennen räumlicher Distanzen«. Berichte d. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. Bd. X (1858) math.-phys. Abth. S. 38 ff.

Funke¹⁾, der die Volkmann'schen Versuche erörtert, bemerkt, dass vielleicht eine allgemeine Schwellenverkleinerung auf der ganzen Hautoberfläche stattfindet, wogegen Dresslar²⁾ dies aus theoretischen Gründen zurückwies. Keiner von den Autoren, welche die Frage nach dem Umfang der Einübung untersucht haben, ist jedoch bei seinen Versuchen darauf specieller eingegangen. Die meisten scheinen anzunehmen, dass die Einübung nur eine Einübung der physiologischen Bedingungen des Ortssinnes der Haut selbst sei. Volkmann z. B. fand, dass durch Einübung der Volarseite des Zeigefingers einer Hand eine gleichmäßige Verkleinerung der Schwelle auf fünf anderen Stellen derselben und zugleich der andern Hand auftrat. Daraus schließt er, dass die zwei entsprechenden Nervenbahnen der beiden Arme, von denen jede eine gemeinsame Leitung zu den sechs Stellen darstellt, ein gemeinsames Centrum besitzen müssen, und dass die Einübung ein Vorgang in diesem Centrum sei. Nur einmal, und dies in neuester Zeit, nämlich von Judd³⁾, ist vermuthet worden, dass die Schwellenverkleinerung auf einen noch centraleren Einübungsprocess zurückzuführen sei.

Um diese Frage zu prüfen, wurden zunächst die Schwellen für zwölf bis zweiunddreißig Hautstellen bei jeder Versuchsperson ermittelt, sodann eine bestimmte bei verschiedenen Versuchspersonen verschiedene Stelle durch täglich vorgenommene Schwellenbestimmungen zwanzig oder dreißig Tage hindurch eingeübt. Zuletzt wurden die am Anfange auf verschiedenen Hautstellen festgestellten Schwellen wieder bestimmt und die Resultate mit den früheren Messungen verglichen, um zu sehen, ob sie größer, gleich oder kleiner geworden seien.

In allen diesen Versuchen wurde, wo es der Sache nach möglich war, die Methode der Minimaländerungen angewandt. Die Dauer des Aufsetzens der Spitzen wurde bei allen unseren Versuchen (abgesehen von einigen absichtlichen Veränderungen) möglichst constant gehalten, nämlich ungefähr 4 Secunden. Um dies zu erreichen, wurde in regelmäßigem langsamem Tact, für die Versuchspersonen unhörbar,

1) Hermann's Handbuch d. Physiologie, Bd. III, Abth. 2, S. 377—414.

2) American Journal of Psychology, Bd. VI (1894), S. 324—332.

3) Philos. Studien Bd. XI, S. 409 ff.

bis vier gezählt. Als Zwischenzeit für die einzelnen Versuche wurden in der Regel 10 oder 15 Secunden genommen. Zwischen den Reihen wurden häufige Pausen gemacht, um alle Ermüdung der Haut und der Aufmerksamkeit zu vermeiden. Von dieser Regel wurde eine Ausnahme gemacht, so oft die Versuchsperson um eine genauere Beschreibung ihres Verfahrens gebeten wurde. Alle Hautstellen (mit wenigen Ausnahmen) wurden mit Anilin markirt und die Lage des Körpertheils genau beschrieben, um dieselben Stellen bei denselben Lagen wieder zu finden; so wurde z. B. bei Schwellenbestimmungen auf der Hüfte zunächst ein Punkt markirt, von diesem aus wurden in zwei Richtungen die einzelnen Versuche gemacht, und sodann die weiteren Bedingungen der Versuche niedergeschrieben, ob z. B. die Versuchsperson stand oder auf einem Stuhl saß, ob im letzten Falle das Bein gleichfalls ausgestreckt auf einem Stuhl oder auf dem Boden ruhte u. s. w. Die Versuche wurden fast ausschließlich parallel der Längsachse des Körpers angestellt; eine Ausnahme wurde nur gemacht, um das Erkennen der Richtung oder die von Weber herrührende Behauptung, dass die transversalen Schwellen kürzer seien als die, welche der Längsachse des Körpers parallel sind, zu prüfen. Es wurden auch möglichst für jede Versuchsperson die allgemeineren Bedingungen der Versuche so constant wie möglich gehalten: nämlich die Temperatur des Zimmers¹⁾ und die Tageszeit. Ferner wurden die allgemeinen Körperzustände, wie Ermüdung, Kopfweh u. dergl. sorgfältig berücksichtigt. Uebrigens kam ich zu der Ueberzeugung, dass es im allgemeinen für die Zwecke dieser Versuche nutzlos sei, Essen, Schlafen und Arbeiten der Versuchsperson innerhalb gewisser sehr breiter Grenzen streng zu controliren. Es wurde nämlich bemerkt, dass die Gemüthslage der Versuchsperson eine sehr bedeutende Rolle spielt, während z. B. der Umstand, dass sie bis zwölf Uhr in der vorigen Nacht gearbeitet hatte, fast gar keine Rolle spielte. Der Einfluss solcher Bedingungen auf die Versuche hängt übrigens von der Individualität ab: es hat sich nur allgemein als die wichtigste Bedingung herausgestellt, dass die Aufmerksamkeit normal und ohne unwillkürliche Schwankungen sein muss.

1) Loewenton fand, dass die Temperatur des Zimmers einen erheblichen Einfluss auf die Schwelle ausübt. Versuche üb. d. Gedächtniss im Gebiete des Raumsinnes der Haut. Dorpat 1893. S. 18.

Es sei schon an dieser Stelle hervorgehoben, dass die Zeitdauer des Aufsetzens der Spitzen in der Regel auf das Urtheil keinen beträchtlichen Einfluss auszuüben scheint. Auf einige interessante Erscheinungen in dieser Hinsicht werden wir noch später zurückkommen. Nur dies sei bemerkt, dass, wenn die Versuchsperson wegen früherer Versuche oder Suggestion eine gewisse Dauer des Aufsetzens erwartete und die Spitzen nur für eine viel kürzere Zeit thatsächlich aufgesetzt wurden, sie entweder kein oder höchstens nur ein sehr unsicheres Urtheil abgeben kann. Im umgekehrten Falle gibt sie das Urtheil ab, bevor die Spitzen weggenommen werden; aber keine Veränderung aus Anlass der Fortdauer des Reizes wurde bei diesen Versuchen bemerkt. Wenn die Versuchsperson erwartet, dass die Spitzen nur für eine sehr kurze Zeit aufgesetzt werden, und ihre Erwartung thatsächlich erfüllt wird, so erhält man immer dieselben Resultate wie sonst. Die Länge der Zwischenzeit der Versuche kann aber zuweilen wegen starker Nachbilder, die bei einigen Versuchspersonen auftreten, und auch wegen der Spannung der Erwartung einen gewissen Einfluss haben. Um den Einfluss der Erwartung zu vermeiden, hat Camerer schon in ähnlichen Versuchen die Zwischenzeit sehr groß gewählt, fünf Minuten und in einer andern Reihe eine halbe Stunde. Die Erwartung bildet aber einen Theil der allgemeinen Frage nach dem Einfluss der Vorstellungen. Wenn die Versuchsperson schon vorher weiß, was für Versuche an ihr gemacht werden, kann eine längere Zwischenzeit den Einfluss der Erwartung gar nicht verändern: wenn dagegen die Versuchsperson von der Art der Versuche nichts vorher weiß, dann beruht die Erwartung auf einem vorhergehenden Urtheil, und die Beschaffenheit dieses Urtheils wird die Erwartung selbst verändern.

Eine weitere wichtige Bedingung dieser Versuche ist die Druckstärke der Spitzen. Um die inneren Bedingungen der Wahrnehmung zu constatiren, ist vor allem nothwendig, dass die zwei Spitzen mit gleicher Stärke in dem einzelnen Versuch und mit constanter Stärke in allen Versuchen, die nachher zur Vergleichung kommen, aufgesetzt werden. Um dieser Forderung nachzukommen wurde versucht, ein besonderes Aesthesiometer herzustellen, das die Stärke des Druckes bei jeder Lage des Körpertheils, auf dem die Versuche gemacht werden, genau misst. Außer den bekannten sehr beträchtlichen

mechanischen Schwierigkeiten gibt es jedoch auch andere Gründe, die dies nicht lohnend machen. Verschiedene Hautstellen besitzen nämlich für Druckempfindungen ganz verschiedene Empfindlichkeit, so dass dieselbe Druckstärke auf verschiedenen Hautstellen ganz verschiedene Empfindungsintensitäten erzeugt. So groß sind diese Abweichungen in der Sensibilität der Hautstellen, dass sehr oft in einem einzelnen Versuch die zwei Spitzen zwei Empfindungen von deutlich erkennbar verschiedenen Intensitäten erzeugten. Auf den Schulterblättern z. B. wurde versucht, gleiche Intensitäten von zwei in einer horizontalen Linie liegenden Empfindungen durch tiefes Drücken der inneren Spitze herzustellen. Bei diesem Versuch stellte sich folgendes heraus: Während die äußere Spitze ganz leise die Haut berührte und die innere so tief aufgedrückt wurde, dass sie die Haut fast zu verwunden schien, empfand die Versuchsperson die äußere Spitze bedeutend intensiver als die innere. Es ist von Külpe hervorgehoben, dass »eine reinliche Untersuchung der Raumschwelle die gleiche subjective Intensität überall herstellen muss«¹⁾. Doch werden die Empfindungen auf dem Rücken z. B. schmerzhaft, ehe sie dieselbe gleiche subjective Intensität erreicht haben wie die aus mittelstarken Berührungen entstehenden Empfindungen auf den Fingerspitzen oder auf der Zunge. Es wäre eine lohnende Aufgabe, die verschiedenen Empfindlichkeiten verschiedener Hautstellen für einfache Druckreize zu untersuchen. Bei der vorliegenden Arbeit aber glauben wir, dass die subjectiv scheinbare Intensität der Empfindungen eine viel geringere Rolle spielt als die Klarheit und Deutlichkeit derselben. Diese sind der Intensität der Empfindungen nicht durchaus proportional. Zwischen einem Reiz, der bloß empfunden wird, und einem Reiz, der schmerzhaft ist, gibt es auf jeder Hautstelle einen mittleren Reiz, der für die Wahrnehmung zweier Punkte am günstigsten ist, und dieser Reiz entspricht entschieden nicht bei jeder Hautstelle derselben äußeren Druckstärke. Wie wird nun dieser mittlere Reiz festgestellt? Er ist ebenso verschieden bei verschiedenen Hautstellen derselben Versuchsperson wie bei derselben Hautstelle verschiedener Versuchspersonen; und er ist bei derselben Hautstelle derselben Versuchsperson verschieden bei verschiedenen

1) Grundriss der Psychologie. Leipzig 1893. S. 352.

Anwendungen der Spitzen. Diese Thatsache lässt sich durch Aufmerksamkeitsschwankungen und körperliche Disposition der Versuchsperson leicht erklären. Es bleibt aber in Folge dessen nichts übrig, als den günstigsten Reiz während des Verlaufs der Versuche selbst rein empirisch festzustellen. Man darf wohl annehmen, dass im allgemeinen die auf diese Weise gewonnenen Schwellenwerthe viel werthbarer sind, als die durch einen complicirteren Apparat hergestellten. Damit es aber nicht nöthig würde, die Druckstärke jedesmal auszusuchen, wurde immer, wenn die Spitzen senkrecht aufgesetzt wurden, eine Stelle ausgesucht, wo die Haut ziemlich gleichmäßig empfindlich ist und wo das Gewicht des Zirkels, das 27,15 g betrug, bei jedem Versuch auf der Haut stehen gelassen werden konnte. Dies war das Verfahren in allen Versuchen auf dem Vorderarm, wo das Gewicht des Zirkels, also ungefähr 13,57 g auf jeder Spitze, für die Schwellenbestimmungen sich überall als sehr günstig erwies. Wo aber nur eine einzelne Spitze gebraucht wurde, wurde die günstigste Druckstärke erst durch einige Probeversuche festgestellt und dann möglichst constant gehalten. Bei einigen Versuchspersonen war es uns unmöglich, eine Stelle zu finden, wo die Strecke der annähernd gleichmäßigen Empfindlichkeit groß genug war, um dieses Verfahren reinlich durchzuführen. In solchen Fällen blieb nichts übrig, als die eine Spitze etwas stärker als die andere aufzusetzen: es wurde dabei immer darauf gesehen, dass der Versuchsperson die zwei Empfindungen immer von gleicher Intensität erschienen.

Andere Schwierigkeiten waren für diese Versuche die Schmerz- und Temperaturempfindungen. Solche Empfindungen waren immer als störende Factoren vorhanden, und ihr Einfluss konnte nur dadurch vermieden werden, dass die Versuchsperson beim Auftauchen dieser Empfindungen sofort Auskunft darüber gab. Es wurde zuerst versucht, die Temperatur- und Schmerzpunkte innerhalb jeder untersuchten Stelle auszusuchen und zu markiren, um ihre Berührung zu vermeiden. Es stellte sich aber heraus, dass die so gewonnenen Resultate in keinem Falle regelmäßiger waren als die Resultate derjenigen Versuche, in denen die Versuchsperson einfach über das Vorhandensein von Temperatur- und Schmerzempfindungen Auskunft gab. Uebrigens wirkte das Herausfinden solcher Punkte als eine Art

Einübung, welche die ersten Schwellenwerthe sehr klein machte. Um das Berühren von Haarpapillen zu vermeiden, wurde, wo solche Papillen vorhanden waren, ein Stück Haut rasirt.

Von den Resultaten der Untersuchungen sei hier einiges im allgemeinen vorausgeschickt. Es wurde von Weber behauptet, dass die Schwellenbestimmungen, die der Längsachse des Körpers parallel genommen werden, größer seien als die Bestimmungen, die rechtwinklig zur Längsachse gemacht werden. Für die Arme und Beine wurde diese Behauptung als ganz richtig befunden: für den übrigen Körper ergab sich aber aus den Versuchen, dass die Schwellenwerthe in den zwei Richtungen ziemlich dieselben für dieselbe Stelle waren. Wo Abweichungen von dieser Regel sich gezeigt haben, ist die transversale Schwelle eben so oft größer wie kleiner als die longitudinale. Auf dem Bauch z. B., der Brust, den Schulterblättern und dem Rücken fand sich in dieser Beziehung fast gar kein Unterschied. Auch die Angabe von Valentin¹⁾, dass die relativen Werthe der Schwellen für verschiedene Hautstellen annähernd gleich seien, können wir nur als eine sehr ungefähre Regel ansehen. Aus fünf Schwellenbestimmungen z. B., auf der rechten Hüfte, dem linken Vorderarm, dem rechten Oberarm, der linken Brust, dem rechten Daumen waren drei bei einer Versuchsperson größer als bei einer andern, während die andern zwei bei jener kleiner waren als bei dieser. Wenn man aber z. B. die relativen Werthe der Längs-Querschwellen auf dem Ober- und Unterarm bestimmt, so bleiben diese annähernd dieselben bei fast allen Versuchspersonen. Dasselbe gilt für die Beine. Für den Rumpf aber hat diese Regel fast gar keine sichere Geltung. Auch auf dem Kniegelenk konnten wir einen Unterschied zwischen der longitudinalen und der transversalen Schwelle nicht bemerken. Von Vierordt wurde das Folgende angegeben²⁾: »Die relative Feinheit des Ortssinnes eines bestimmten Hauptpunktes eines Körpertheils ist im Verhältniss zum Ortssinn der übrigen Punkte desselben Theils eine Function seiner Beweglichkeit, hängt ab von der relativen Größe der Excursionen, welche er bei den Bewegungen des betreffenden

1) Valentin, Lehrbuch der Physiologie des Menschen, Braunschweig 1844. Band II.

2) Pflüger's Archiv II, S. 297 und Vierordt's Grundriss der Physiologie 5. Aufl. S. 342.

Theils um die zugehörige Drehachse ausführt, wächst also proportional mit seinem Abstand von der Drehachse¹⁾. Wenn man die Extremitäten allein ins Auge fasst, so scheint sich diese Angabe zu bestätigen: die Fingerspitzen und die Zehen sind wohl am empfindlichsten. Im allgemeinen kann man aber annehmen, dass, je weiter man vom Fuß nach der Hüfte, oder von der Hand nach der Schulter geht, die Schwellenwerthe um so größer werden. Dabei erfährt die Schwelle eine bedeutende Zunahme in der Nähe jedes Gelenkes, und wenn man den Rumpf und den Kopf untersucht, bestätigt sich diese Regel überhaupt nicht mehr. Nach der Kritik, der Funke diese Angabe Vierordt's unterworfen hat, stellt sich heraus, dass man nicht nur die Größe der Excursion des Gliedes, sondern auch die Geschwindigkeit und Häufigkeit der Bewegungen des Körpertheils in Betracht ziehen muss. So führt er das Vierordt'sche Gesetz auf das allgemeine Uebungsgesetz zurück²⁾. Die Empfindlichkeit eines Körpertheils sei proportional dem Gebrauch des Theils beim Individuum und der durch Vererbung herübergenommenen Empfindlichkeitsanlage. Die Angabe Vierordt's könnte jedenfalls nur als ein rein empirisches Gesetz gelten: wenn es sich auch bestätigen ließe, so könnte es doch keineswegs die Erscheinungen erklären, die es zum Ausdruck bringt. In der That entspricht aber die Angabe nicht den Thatsachen.

Die Schwellenwerthe für die Wahrnehmung zweier Punkte haben sich in unsern Versuchen im allgemeinen viel inconstanter erwiesen, als nach den Angaben früherer Beobachter zu erwarten war. Dies führte uns zu der Ueberzeugung, dass jene Zahlenangaben zum Theil auf falschen Voraussetzungen beruhen müssten. Gerade die wohlbekannteste Tabelle der Schwellenwerthe, die Weber festgestellt hat, darf nicht als allgemein gültig angesehen werden. Man darf wohl annehmen, dass es nirgends in der Welt einen Menschen gibt, bei dem alle in dieser Tabelle angegebenen Schwellenwerthe bestätigt werden können. Wo man einige Schwellenwerthe von derselben Größe wie die von Weber angegebenen findet, werden andere ganz beträchtlich davon abweichen. Uebrigens glauben wir nach

1) Diese Formulirung ist aus Funke-Hermann's Handbuch a. a. O.

2) Seit Funke hat auch Klingenberg dasselbe gethan: Der Raumsinn der Haut und seine Modification durch äußere Tastreize. Bonn, 1883. S. 20.

unserer Erfahrung nicht, dass die Schwellenwerthe für dieselben Hautstellen bei derselben Versuchsperson z. B. innerhalb 0,5 mm in je zwei successiven Bestimmungen genau dieselben bleiben. Manchmal erreichen die Variationen des Schwellenwerthes für dieselbe Hautstelle z. B. am Rumpf, Oberarm oder Oberschenkel eine Größe von 5 bis 10 mm. Wir haben es versucht, durch eine große Anzahl von Schwellenbestimmungen, deren Durchschnitt als die Schwelle angenommen wurde, die Weber'schen Schwellenwerthe herzustellen. Aus diesem Versuch ergab sich, dass die Schwelle in einzelnen Bestimmungen verschieden ist je nach der Form der angewandten Spitzen, und je nachdem man als Schwelle die erste Distanz, die bei dem aufsteigenden Verfahren erkannt wird, annimmt, oder diejenige, wo das Urtheil nicht mehr schwankend ist, oder endlich das Mittel zwischen jener und dieser. Bei jeder einzelnen Bestimmung konnten wir die Weber'sche Zahl annähernd, d. h. innerhalb 3 mm herstellen, wenn wir uns offen hielten, irgend eine von den drei Bestimmungsweisen zu wählen. Wenn wir aber eine von den drei Arten von vornherein auswählten und als die Schwelle in allen einzelnen Bestimmungen constant festhielten, um den Durchschnitt zu ziehen, so erhielten wir fast niemals den Weber'schen Schwellenwerth. Die von Weber angegebenen Schwellenwerthe können wir daher nur als ungefähre ansehen, was sich wohl daraus erklärt, dass bei der von Weber angewandten Methode der »eben bemerklichen Unterschiede« die Schwellenbestimmung nicht mit der gleichen Regelmäßigkeit geschieht wie bei der von uns angewandten Methode der Minimaländerungen.

I.

Wie oben angegeben, wurden die vorliegenden Untersuchungen ursprünglich von zwei Experimentatoren begonnen, denen natürlich das Programm derselben durchweg bewusst war. In den Vorversuchen, die wir zusammen ausführten, wurde die Methode der Minimaländerungen unmodificirt gebraucht. Bei jedem Versuch wurde mit dem Aufsetzen bloß eines Punktes angefangen, dann mit zwei Punkten, von minimalen Distanzen ausgehend, in Abstufungen fortgeföhren, bis die Distanz deutlich über der Schwelle war; dann wurde die Distanz ebenso regelmäßig wieder vermindert, bis die Spitzen nicht mehr als zwei erkannt werden konnten. Bei dem aufsteigenden Ver-

fahren wurde die Distanz gewonnen, bei welcher die Spitzen zuerst als zwei sicher erkannt wurden, bei dem absteigenden diejenige, bei welcher sie als zwei zum letzten Male erkannt wurden. Von diesen zwei Zahlen wurde das arithmetische Mittel als die Schwelle genommen. Jeder Schwellenwerth wurde in dieser Weise zweimal bestimmt und demnach das arithmetische Mittel aus vier Bestimmungen, zwei aufsteigend, zwei absteigend, schließlich als die Schwelle angenommen. In der Regel blieben die Spitzen auf der Haut, bis die Versuchsperson antwortete. Die Zwischenzeit der einzelnen Versuche war stets 20 Secunden. Die Druckstärke war bei den Versuchen nicht durchweg gleichmäßig. Die Tageszeit war immer dieselbe, nämlich 8 Uhr Vormittags. Nachdem wir die Schwellen auf 10 Hautstellen bei uns beiden bestimmt hatten, wählten wir eine Stelle für die tägliche Uebung aus. Es wird von Verschiedenen, z. B. von Funke, angegeben, dass die Schwellenverkleinerung schließlich auf einen minimalen Werth führe, bei welchem die Schwelle constant bleibe. Um diesen Grenzwert zu erreichen, wurden die täglichen Bestimmungen 30 Tage lang fortgesetzt. Jene Erwartung wurde aber nicht erfüllt. Von Anfang an waren die Schwellenwerthe fast immer verschieden, indem die absteigend bestimmten gewöhnlich kleiner waren als die aufsteigend bestimmten — eine Erscheinung, die schon seit lange bekannt ist¹⁾. Von Tag zu Tag wurde aber der Unterschied der zwei Werthe ein größerer, bis am Ende der Reihen bei den Bestimmungen von oben nach unten keine sichere Schwelle mehr bestimmt werden konnte: die Versuchsperson antwortete nämlich in diesen Fällen »zwei Spitzen«, nachdem die frühere aufsteigend bestimmte Schwelle längst vorbei war. Auch antwortete die Versuchsperson ziemlich oft »zwei Spitzen«, wenn nur eine aufgesetzt war — eine Erfahrung, die im Anfange gar nicht vorkam. Schließlich wurden diese Vexirfehler (wie sie Fechner genannt hat) so häufig, dass bei der Wiederholung der sechs Schwellenbestimmungen auf verschiedenen Hautstellen in der Regel keine sicheren Schwellen mehr ermittelt werden konnten. Vor dem Aufhören der täglichen Uebungen war die Schwelle auf der linken Kniescheibe der einen Versuchsperson von 11 mm bis auf 3 mm hinuntergegangen, und die Schwelle auf dem

1) Wundt, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung. Leipzig und Heidelberg 1852. S. 43.

linken Handgelenk der andern Versuchsperson von 19 mm bis auf 7. Diesen kleinen Werthen entsprechend schien es, als ob die andern sechs Werthe auf den nicht eingeübten Stellen eine ebenso beträchtliche Verminderung gezeigt hätten. Doch machten die Vexirfehler, die schließlich bei beiden Verfahrensweisen erschienen, diese Bestimmungen ganz unzuverlässig. Es war daher aus diesen Versuchen nur zu schließen, dass das Resultat der Einübung wahrscheinlich ein allgemeines ist. Die scheinbare Verkleinerung der Schwellen und die Vexirfehler selbst konnten möglicher Weise durch irgend eine Unregelmäßigkeit in den Versuchsbedingungen vorgekommen sein. Es blieb daher nichts übrig als die Versuche noch einmal unter constanteren Bedingungen zu beginnen. Immerhin ergaben sich aus diesen Versuchen neue Fragen. Die scheinbare Schwellenverkleinerung schien nicht überall gleichmäßig zu sein. Die Vexirfehler ferner kamen auf verschiedenen Hautstellen in sehr ungleichem Maße zum Vorschein. Ungefähr gleichzeitig mit dem Vexirfehler schienen schließlich in eigenthümlicher Weise zwei Schwellen vorhanden zu sein, eine kleinere und eine größere mit einer Zwischenstrecke, wo nur ein Punkt wahrgenommen wurde. Weil wegen der häufigen Vexirfehler sehr oft keine Bestimmung der Schwelle in absteigender Richtung möglich war, wurde im Folgenden lediglich das aufsteigende Verfahren angewandt. Anstatt die Schwelle zweimal von unten nach oben und zweimal von oben nach unten zu bestimmen, wurden nun jedes Mal vier Bestimmungen von unten nach oben gemacht und das arithmetische Mittel aus ihnen genommen. In allen folgenden Versuchen wurde auch die Zeitdauer des Reizes auf 4 Secunden, wie schon beschrieben, beschränkt. Die Stellen wurden markirt und anstatt den Zirkel mit unregelmäßiger Druckstärke auf die eingeübte Stelle aufzusetzen, wurde auch noch dieser Factor völlig constant gehalten. Die eingeübte Stelle war, außer bei Herrn Arrer, bei jeder Versuchsperson auf dem Vorderarm, wo der Zirkel senkrecht aufgesetzt werden konnte. Es wurde eine Stelle ausgesucht, wo gerade das Gewicht des Zirkels für die Bestimmungen günstig erschien. Bei Herrn Arrer war die eingeübte Stelle in der Mitte des rechten Oberarmes, und auf dieser Stelle musste man sich begnügen, die Spitzen so regelmäßig wie möglich aufzusetzen: dabei waren nur solche empirische Maßstäbe möglich, wie das beim Aufsetzen der Spitzen statt-

findende Einsinken der Haut, die Widerstandsempfindung des ausgeübten Druckes u. s. w., wonach die Druckstärke der Spitzen gemessen werden konnte. Es sei aber hervorgehoben, dass wir uns fortwährend durch die Aussagen der Versuchsperson in allen Versuchsreihen versichert haben, dass die Druckstärke angemessen sei. Dazu kommt noch, dass die günstigen Bedingungen viel leichter herzustellen sind, als man beim ersten Blick anzunehmen geneigt ist: man gewinnt nämlich sehr leicht eine große Fertigkeit in diesem Verfahren, wovon jeder sich überzeugen kann, wenn er einige Versuchsreihen ausführt. Um die Bedingungen der Volkmann'schen und Dresslar'schen Versuche völlig herzustellen, wurden der Versuchsperson im Anfange der Zweck der Versuche sowie die bis dahin gewonnenen Resultate mitgetheilt. Allen Versuchspersonen, außer Herrn Perry, wurde auch ausdrücklich gesagt, dass die Resultate gar nicht verwertbar sein würden, im Falle Vexirfehler vorkämen; ferner wurde die Versuchsperson gebeten, niemals zwei zu antworten, bis sie völlig sicher sei. Versuchspersonen waren die Herren Hefelbower (Hef.), Arrer (A. und Perry (P.). —

Unter diesen Versuchen sind die des Herrn Hef. außerordentlich frei von Vexirfehlern. Wir können sagen, dass diese bis gegen das Ende der Reihe fast gar nicht zum Vorschein kamen. Die Reihe wurde nur 20 Tage weiter geführt, nicht 30, wie bei den Vorversuchen. Die Tageszeit war immer dieselbe, $\frac{1}{2}7$ Uhr morgens. Die Tabellen I und II zeigen die zwei Reihen von Schwellenbestimmungen auf mehreren Hautstellen, die vor und nach der Einübungsreihe gemacht wurden. Da Herr Hef. sehr gesund und eine gute Versuchsperson ist, so suchte ich die Zahl der Hautstellen zu vermehren, um zu sehen, ob dieselbe Verkleinerung der Schwellen auf der linken wie auf der rechten Seite des Körpers stattfindet. Es wurden diese Stellen auch nach der Unterlage der Hautstelle, ihrer Lage am Körper und ihrer Entfernung von der Drehachse des Gliedes ausgewählt. Es war nämlich möglich, dass es einen Unterschied machte, ob die Unterlage Knochen oder Fleisch, ob die Haut selbst dick oder dünn, rauh oder glatt war, und ob die Stelle nahe oder fern von der Drehachse des Gliedes lag. Aber kein solcher Einfluss der Unterlage oder des Zustandes der Hautstelle oder ihrer Entfernung von der Drehachse ist in den Tabellen zu sehen.

Tabelle I.
Beob.: Hef. 16 Schwellen auf der linken Seite.

Datum	Eingebü- te Stelle	Vorderarm dorsal	Handrücken	Brust	Kniescheibe	Hüfte	Schlüsselsbein	Oberarm	Vorderarm volar	Äußerer Knöchel	Dammen	Innerer Knöchel	Bauch	Oberschenkel	Backen	Ferse	Oberer Theil des Fusses
Juni 28.—30.	50		25	37	30	70	48	70	48	36	13	38	41	60	13	17	33
Juli 20.—23.	5		4	6	8	20	14	24	20	13	5	16	18	23	12	11	20
Relativer Werth der Einübung	$\frac{50:5}{10}$	$\frac{25:4}{6\frac{1}{4}}$	$\frac{37:6}{6\frac{1}{6}}$	$\frac{30:8}{3\frac{3}{4}}$	$\frac{70:20}{3\frac{1}{2}}$	$\frac{48:14}{3\frac{3}{7}}$	$\frac{70:24}{2\frac{11}{12}}$	$\frac{48:20}{2\frac{4}{5}}$	$\frac{36:13}{2\frac{10}{13}}$	$\frac{13:5}{2\frac{3}{5}}$	$\frac{38:16}{2\frac{3}{8}}$	$\frac{41:18}{2\frac{5}{18}}$	$\frac{60:23}{2\frac{14}{23}}$	$\frac{13:12}{1\frac{1}{12}}$	$\frac{17:11}{1\frac{6}{11}}$	$\frac{33:20}{1\frac{13}{20}}$	

Drei Schwellen in der Mittellinie des Körpers.

Datum	Rücken zwischen den Schultern	Rücken zwischen den Hüften.	Stirn
Juni 28.—30.	55	57	22
Juli 20.—23.	30	28	13
Relativer Werth der Einübung	$\frac{55:30}{1\frac{5}{6}}$	$\frac{57:28}{2\frac{1}{28}}$	$\frac{22:13}{1\frac{9}{13}}$

Tabelle II.
Beob.: Hef. 16 Schwellen auf der rechten Seite.

Datum	Symmetrische Stelle	Handrücken	Brust	Kniescheibe	Hüte	Schlüsselbein	Oberarm	Vorderarm	Außenknöchel	Dauen	Innere Knöchel	Bauch	Oberschenkel	Backen	Ferse	Oberer Theil des Fußes
Juni 28.—30.	50	25	50	18	88	25	70	58	55	12	48	27	70	13	15	30
Juli 20.—23.	5	11	5	10	19	10	33	24	15	6	14	13	12	10	8	15
Relative Werth	$\frac{50:5}{10}$	$\frac{25:11}{2^3/11}$	$\frac{50:5}{10}$	$\frac{18:10}{1^4/5}$	$\frac{88:19}{4^{12}/10}$	$\frac{25:10}{2^{1/2}}$	$\frac{70:33}{2^4/33}$	$\frac{58:24}{2^5/12}$	$\frac{55:15}{3^2/3}$	$\frac{12:6}{2}$	$\frac{48:14}{3^3/7}$	$\frac{27:13}{2^{1/13}}$	$\frac{70:12}{5^5/6}$	$\frac{13:10}{1^3/10}$	$\frac{15:8}{1^7/8}$	$\frac{30:15}{2}$

Aus diesen Tabellen könnte man, nach dem Vorgang Volkmann's, schließen, dass die Einübung kein peripherer, sondern ein centraler Vorgang irgend welcher Art sei. Volkmann hat nämlich gefunden, dass bei der Einübung der Volarseite des Endgliedes des Zeigefingers fünf andere Stellen auf der Hand mit eingeübt werden. Daraus schließt er, dass diese sechs Stellen eine gemeinsame Nervenbahn besitzen. Da die andere Hand eine gleichmäßige Miteinübung erfuhr, so schließt er, dass die zwei Bahnen von den zwei Händen ein gemeinsames Centrum haben. Hätte er nun noch mehr Hautstellen geprüft, so hätte er schließen müssen, dass das ganze Centrum eingeübt würde. Auf diese Frage werden wir später noch genauer eingehen. Die Schwellenverkleinerungen auf der eingeübten und der ihr symmetrischen Stelle sind hier verschieden; auch sind die andern Verkleinerungen ungleichmäßig, und insofern werden die weniger sicheren Resultate der Vorversuche bestätigt.

Tabelle III, nebst der Curve Fig. 1, zeigen die Verkleinerung auf der eingeübten Stelle. Die Regelmäßigkeit der Abnahme ist dadurch zu erklären, dass bei jedem Experiment die Schwelle viermal bestimmt und der Durchschnitt als die Schwelle für den Tag angenommen wurde. Dasselbe Verfahren wurde auch bei den Herren A. und P. gebraucht, aber nicht mit so regelmäßigen Resultaten. Man könnte vermuthen, dass Herr Hef. die einzelnen Abstufungen gezählt oder durch irgend ein anderes Hilfsmittel sein Urtheil gewonnen habe. Es wurde jedoch alles versucht, Vermehrung oder Verminderung der Zahl der Abstufungen, Einschlebung von Vexirversuchen u. s. w., um seine Urtheile zu prüfen. Es wurden z. B., wenn die Schwelle nur 5 mm zu sein schien, bald 5 bald 10 Abstufungen angewandt, ehe die Entfernung der Spitzen 5 mm wurde; und dabei wurden Reihen von z. B. 10 Vexirversuchen, wo nur eine Spitze aufgesetzt war, eingeschoben. Dennoch hat Herr Hef. die in den Tabellen als Schwellen angegebenen Entfernungen, einige Vexirfehler ausgenommen, außerordentlich regelmäßig angegeben.

Tabelle III.

Beob.: Hef. Abnahme der Schwelle auf dem linken Vorderarm durch tägliche Uebung vom 1. bis 20. Juli.

Datum	VII. 1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
Schwelle	50	35	29	24	23	18	18	14	14	12	12	12	11	11	7	7	5	7	4	5

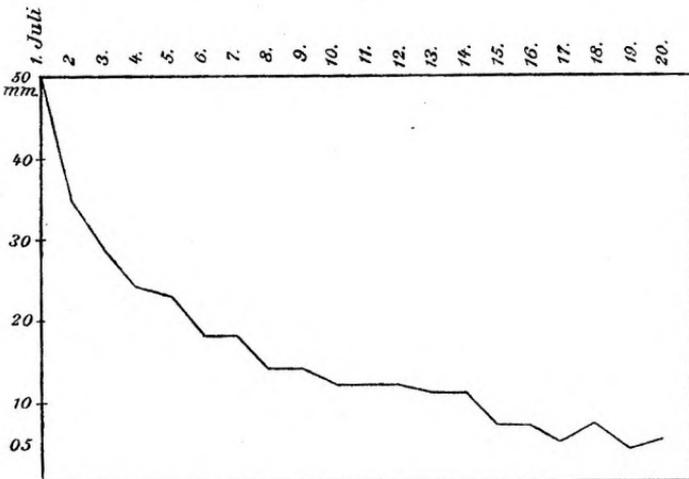


Fig. 1.

Aus dieser Tabelle ist zu sehen, dass in den ersten 7 Tagen die Schwelle schon um 32 mm, innerhalb der ganzen 20 Tage aber nur um 45 mm abgenommen hat. Im Anfange der Versuche schien Herr Hef. ganz unfähig, Vexirfehler zu machen; eine Spitze nahm er immer richtig wahr. Am Ende der Versuche erschienen im Gegentheil Vexirfehler mit größerer oder geringerer Häufigkeit überall auf allen Hautstellen; an einem Tage waren sie sehr häufig. Am 10. Juli erschienen Vexirfehler zum ersten Male, und an demselben Tage kamen auch die früher bemerkten zwei Schwellen zum Vorschein. Von Tag zu Tag aber verschwand die obere Schwelle allmählich, und nur die untere, die immer kleiner wurde, blieb. Der Vexirfehler verschwand aber nicht mit der oberen Schwelle.

Bei Herrn Arrer waren Vexirfehler am Anfang sehr selten, obwohl nicht ganz ausgeschlossen. Seine Schwellen waren immer deutlich und relativ groß. Da Herr A. ein geübter und sehr guter Beobachter ist, dürfen wir dieser Reihe einen hohen Werth zuschreiben. Tabelle IV zeigt die Schwellen, welche vor und nach der Einübungsreihe gefunden wurden. Die eingeübte Stelle war auf der Dorsalseite des rechten Oberarms.

In dieser Tabelle sehen wir, wie in Tabelle I und II, die Verkleinerung auf der geübten und der ihr symmetrischen Stelle im allgemeinen größer als die Verkleinerungen auf andern Stellen. Im allgemeinen ist die Abnahme der Schwellen entschieden geringer als in Tabelle I und II, vielleicht weil Herr A. von Anfang an kleinere Schwellen hatte. Die vor der Einübung gewonnenen Schwellenwerthe bei Hef. und A. waren von einem Viertel bis zur Hälfte verschieden — Variationen, die Valentin schon bemerkt hat. Das Vierordt'sche »Gesetz« wird in den vorliegenden Tabellen nur in den entferntesten Umrissen bestätigt und es finden sich viele Ausnahmen. Auch die Verhältnisse der Schwellenverkleinerungen bei Hef. und A. sind keineswegs übereinstimmend. Tabelle V und die Curven Fig. 2 zeigen die Abnahme der Schwellen auf der geübten Stelle, dem rechten Oberarm, bei A. Man sieht in der Curve große Unregelmäßigkeiten. Sie sind theilweise dadurch zu erklären, dass die Versuche oft für einen oder zwei Tage unterbrochen wurden, theilweise durch Schwankungen der Aufmerksamkeit wegen Ermüdung, und theilweise wahrscheinlich durch Einflüsse, die noch nicht nachgewiesen sind.

Tabelle IV.
Beob.: A. 19 Schwellen.

Datum	Eingübte Stelle Oberarm dorsal rechts	Symmetrische Stelle links	rechts Vorderarm	links Schenkel	links Hüfte	rechts Stirn	links Handrücken	links Bauch	links Fuß	links Knie	rechts Schulterblatt	links Schlüsselbein	links Handvolar	links Knochel außen	links Knochel innen	rechts Brust	links Ferse	Mitte des Rückens	links Wangen
Juli 1.—7.	55	66	30	50	25	25	20	60	37	22	55	54	8	41	22	45	18	40	13
August 1.—6.	5	7	10	20	10	10	8	26	16	10	25	25	4	22	12	25	13	25	12
Relativer Werth der Einübung	55 : 5 11	66 : 7 $\frac{9^3}{4}$	30 : 10 $\frac{3}{3}$	50 : 20 $\frac{2^1}{2}$	25 : 10 $\frac{2^1}{2}$	25 : 10 $\frac{2^1}{2}$	20 : 8 $\frac{2^1}{2}$	60 : 26 $\frac{2^4}{13}$	37 : 16 $\frac{2^5}{16}$	22 : 10 $\frac{2^1}{5}$	55 : 25 $\frac{2^1}{5}$	54 : 25 $\frac{2^4}{25}$	8 : 4 2	41 : 22 $\frac{1^{19}}{22}$	22 : 12 $\frac{1^5}{6}$	45 : 25 $\frac{1^4}{5}$	18 : 13 $\frac{1^5}{13}$	40 : 25 $\frac{1^3}{5}$	13 : 12 $\frac{1^1}{12}$

Tabelle V.

Beob.: A. Abnahme der Schwelle auf dem rechten Oberarm, zuletzt (vom 25. an) zwei Schwellen.

Datum	VII.										VIII.										
	8.	10.	11.	13.	15.	16.	17.	19.	20.	22.	23.	24.	25.	26.	29.	30.	31.	1.	3.	4.	
Schwellen	55	40	46	52	38	34	37	24	19	28	33	11	5	7	8	4	5	7	6	10	23

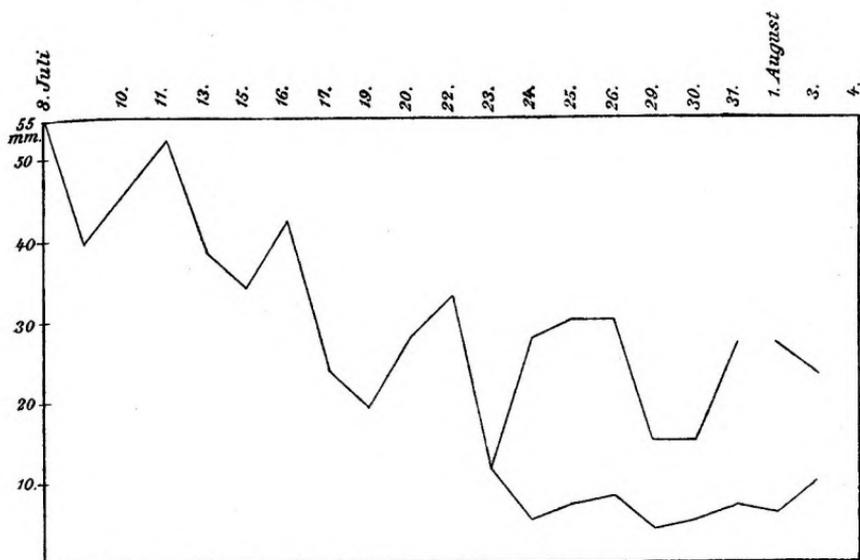


Fig. 2.

Nach dem elften Tage sind die zwei Schwellen, von einem Tage abgesehen, immer vorhanden gewesen. Vexirfehler waren bei A. entschieden häufiger am Ende der Reihe als am Anfange. An einigen Tagen erschienen sie auch häufiger als an anderen. Ferner waren sie bedeutend häufiger in der Nähe der unteren Schwelle als der oberen.

Es schien nun wünschenswerth, um die allgemeine Verkleinerung der Schwelle festzustellen, eine Reihe von Versuchen auszuführen, bei denen zwar Vexirfehler, aber doch in geringer Zahl vorkommen. Demgemäß wurde der Versuchsperson zunächst gar keine Auskunft über Vexirfehler gegeben, und damit sie nichts von der Empfindung einer einzelnen Spitze erfahren konnte, wurde niemals eine Spitze allein auf die Hand aufgesetzt¹⁾. Hierher gehört die Reihe bei Herrn Perry. Ihm wurde am Anfange alles über die Versuche gesagt, aber nichts über das Vorkommen von Vexirfehlern; dabei wurde durchaus vermieden, mit einer Spitze allein die Haut zu berühren. Außerdem war das Verfahren wie bei A. und Hef. Die Dauer des Aufsetzens war immer annähernd 4 Secunden mit regelmäßigen Zwischenzeiten von 15 Secunden. Die Tageszeit wurde nicht durchweg constant gehalten. Die meisten Versuche wurden gegen 2 Uhr,

1) Dieses Verfahren verdanken wir der Güte des Herrn Prof. Wundt.

gerade nach dem Mittagessen, ausgeführt; aber einige fanden später am Nachmittag und einige auch früher am Vormittag statt, denn es schien besser, die Tageszeit etwas zu variiren, als die Versuche für einen oder zwei Tage ganz ausfallen zu lassen. Die Versuche, die Vormittags ausgeführt wurden, wurden in dem Zimmer des Herrn P. gemacht, die andern in dem Institute. Wie alle anderen Versuchspersonen machte Herr P. beim Aufsetzen der Spitzen die Augen zu, und es wurde außerdem dafür gesorgt, dass er während der Stunde nicht nach der untersuchten Stelle hinschaute. Tabelle VI gibt die Schwellenwerthe an, die vor und nach der Einübungsreihe erhalten wurden. Die Einübung wurde wegen unvermeidlicher Unterbrechung nur 15 Tage lang fortgesetzt. Die eingeübte Stelle war auf der Volarseite des rechten Vorderarms.

Tabelle VI.

Beob. P. Schwelle an sechs Stellen der Haut.

Datum	Eingeübte Stelle rechter Vorderarm	Symmetrische Stelle l. Vorderarm	rechter Oberarm	linker Oberarm	rechtes Bein	linkes Bein
XI. 26.—29.	40	42	68	54	43	45
XII. 17.—20.	15	14	24	24	22	18
Relativer Werth der Einübung	$\frac{40 : 15}{2\frac{2}{3}}$	$\frac{42 : 14}{3}$	$\frac{68 : 24}{2\frac{5}{6}}$	$\frac{54 : 24}{2\frac{1}{4}}$	$\frac{43 : 22}{2}$	$\frac{45 : 18}{3}$

Diese Tabelle zeigt, dass die allgemeinen Schwellenverkleinerungen etwas gleichmäßiger sind, als bei A. und Hef., vielleicht weil die Hautstellen überhaupt hier kleiner an Zahl sind. Merkwürdigerweise ist die scheinbare Einübung der zur eingeübten symmetrischen Stelle und der Stelle auf dem linken Bein größer als die der eingeübten Stelle selbst: also wird eins der Resultate der Versuche bei Hef. in dieser Tabelle nicht bestätigt, sondern ihm geradezu widersprochen. Vexirfehler waren bei P. etwas häufiger als bei Hef. und nicht ganz so häufig als bei A. Unter »Vexirfehler« verstehen wir hier die Antwort »zwei Spitzen«, wenn die Entfernung der Spitzen thatsächlich weit unter der angegebenen Schwelle liegt, z. B. wenn auf dem rechten

Oberarm, wo die Schwelle 68 mm ist, bei einer Entfernung der Spitzen von 5 mm »zwei Spitzen« geantwortet wurde, nachdem schon eine Entfernung von 20 mm nicht als zwei Spitzen erkannt worden war. Aus der Erfahrung an anderen Versuchspersonen kann man schließen, dass, wenn man eine Spitze aufgesetzt hätte, ungefähr dieselbe Zahl von Vexirfehlern herausgekommen wäre, als beim Aufsetzen von zwei Spitzen bei einer Entfernung von z. B. 4 oder 5 mm. Es wurden hier nur diejenigen Antworten den Vexirfehlern zugeschrieben, die beim Aufsetzen der Spitze bei den kleinsten Entfernungen, die überhaupt angewandt wurden, vorkamen. Aus Tabelle VII und der Curve Fig. 3 sieht man, dass P. außer diesen Vexirfehlern noch zwei deutliche Schwellen ziemlich oft angegeben hat. In der That kamen diese zwei Schwellen und die Vexirfehler ziemlich gleichzeitig zum Vorschein. Außerdem vermehren sich die Vexirfehler nach einem gewissen Punkt proportional der Verkleinerung der Schwelle, eben wie die Vexirfehler, die beim Aufsetzen einer einzelnen Spitze in den früheren Tabellen vorkommen. Tabelle VII gibt die Einübungsbestimmungen an, die auf der Volarseite des linken Vorderarmes gemacht wurden.

Tabelle VII.

Beob.: P. Abnahme der Schwelle am linken Vorderarm in 15 Tagen.

Datum	XI. 26.	30.	XII. 2.	3.	4.	5.	6.	7.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	17.
linker Vorderarm	40	26	21	23 19	28	25 16	23 17	20	19 12	16 11	26 9	20 10 ¹ / ₃	24 7	23 11	15

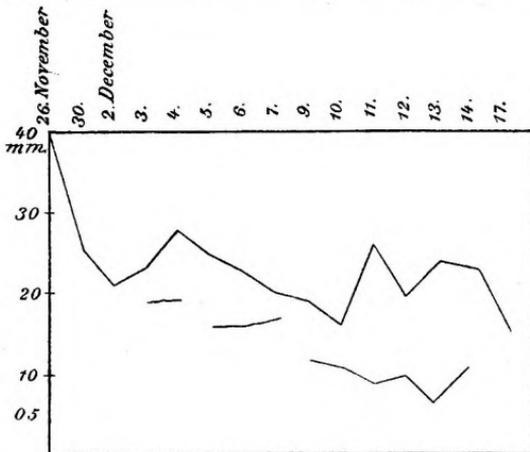


Fig. 3.

Auch bei anderen Versuchspersonen, deren Resultate wegen besonderer Erscheinungen, die bei ihnen vorgekommen sind, hier noch nicht angeführt werden können, stellte sich heraus, dass das Vorkommen von Vexirfehlern von dem Wissen über dieselben und von dem Aufsetzen nur einer Spitze unabhängig erscheint. Es deutet dies auf eine andere Erklärung des Vexirfehlers hin, als sie bis jetzt gegeben wurde. Hier sei nur hervorgehoben, dass Herr P. von Anfang bis zum Ende dieser Versuche von Vexirfehlern überhaupt selbst nichts wusste. Im Anfang waren seine Antworten durchaus eindeutig: die kleineren Entfernungen der Spitzen erkannte er immer als eine Spitze an, obwohl er von Anfang an wusste, dass eine Spitze in diesem Versuche nicht angewandt wurde. Am Ende dieser Versuche wurde absichtlich nur eine Spitze angewandt, um zu erfahren, ob er die eigentlichen Vexirfehler machen werde. Das Resultat war überraschend eindeutig: auf dem Vorderarm, wo die Schwelle im Anfange sehr deutlich 40 mm war, nahm er eine Spitze als »zwei« 10mal nacheinander wahr. Beim elften Aufsetzen der Spitze antwortete er »eins«, aber bei den hier gemachten 25 Versuchen zusammen nahm er die Spitze 19mal falsch wahr.

Es ist aus den bis jetzt angeführten Tabellen ersichtlich, dass die von Volkmann, Fechner, Funke und Dresslar beobachtete Erscheinung eine Verkleinerung der Schwelle für die Wahrnehmung zweier Punkte (von Volkmann und Dresslar »eine Verkleinerung der Raumschwelle« und von Funke »eine Verfeinerung des Ortesinnes der Haut« genannt) in der That auf die eingübte und die ihr symmetrische Hautstelle nicht beschränkt ist. Dies war schon aus den Vorversuchen wahrscheinlich; aus den Versuchen bei Herrn Hef. bei im ganzen 32 verschiedenen Hautstellen ist der Schluss augenfällig. Nur an einer Stelle bei dieser Versuchsperson gab es fast keine Verkleinerung der Schwelle: nämlich auf der linken Backe unter dem Auge war die Schwelle 12 mm gegen 13 mm am Anfange. Dies ist aus den allgemeinen Gründen, die wir später anführen wollen, wohl erklärbar. Die Resultate der Versuche bei A. und P. sind mit diesem allgemeinen Schluss durchaus übereinstimmend. Von Dresslar¹⁾ wird angegeben, dass ein Unterschied in der Qualität

1) a. a. O. S. 329.

der Empfindung bei Berührung eines Punktes innerhalb und außerhalb der eingeübten Strecke der Haut nach der Einübungsreihe zu erkennen war. Die Unterschiede der Localzeichen verschiedener Hautpunkte gingen, wie es scheine, allmählich in einander über; nach der Einübung aber seien diese Uebergänge zwischen den Punkten innerhalb der eingeübten Strecke und denjenigen, die unmittelbar außerhalb derselben liegen, nicht mehr vorhanden, sondern es geschehe ein plötzlicher Sprung von einer Stelle zur anderen. Die Punkte, die innerhalb dieser Strecke liegen, seien von den umgrenzenden Punkten qualitativ verschieden. Dadurch könne die Versuchsperson angeben, ob ein berührter Punkt innerhalb oder außerhalb der eingeübten Strecke liege. Daraus schloss er, dass die Endorgane eine Veränderung, nicht im Bau, sondern in der Function erfahren hätten. Diesen angeblichen »Qualitätsunterschied« konnten wir jedoch bei keiner Versuchsperson finden. Die Versuchsperson kann wohl in der Regel die eingeübte Hautstrecke ungefähr abgrenzen, aber einfach dadurch, dass sie die Localzeichen der Punkte innerhalb derselben, die so oft im Bewusstsein während der Einübung hervorgerufen wurden, wiedererkennt. Außerdem giebt Dresslar an, dass die Schwellenwerthe, die in der unmittelbaren Nachbarschaft der eingeübten Hautstrecke gefunden wurden, viel grösser waren als die an der eingeübten Hautstrecke selbst. Diese Angabe stimmt erstens mit den Resultaten Volkmann's¹⁾, der dieselbe Verkleinerung auf fünf anderen Stellen derselben Hand fand, nicht überein. Zweitens könnte diese Angabe über die Frage nach einer allgemeinen Verkleinerung der Schwellen für die Wahrnehmung zweier Punkte nur in dem Falle entscheidend sein, wenn der Verfasser außerdem bewiesen hätte, dass die Erscheinung nicht auf andere Art (z. B. durch Suggestion) erklärbar sei. Hierauf werden wir noch zurückkommen. Uebrigens waren die Hautstrecken, die Dresslar einüben wollte, ziemlich groß, nämlich bei einer Versuchsperson 5 cm im Quadrat und bei der andern 7 cm im Quadrat. Es ist also nicht leicht zu denken, dass alle die Druckpunkte dieser Strecken innerhalb eines Monats functionelle Verschiedenheiten in gleichem Maße zeigen sollten: es müssten daher irgend welche Unterschiede zwischen diesen

1) a. a. O.

Punkten selbst immer noch vorhanden gewesen sein, auch wenn man die Annahme von Dresslar wahrscheinlich fände.

Wie werden wir aber dann eine solche Einübung erklären? Es wird von Dresslar hervorgehoben, dass von einer Veränderung im Bau des Tastorganes während der kurzen Zeit dieser Versuche keine Rede sein könne; und er findet es deshalb wahrscheinlicher, dass sich eine Veränderung in der Function der Tastorgane vollziehe. Da jedoch dieser Schluss nur aus den Versuchen an zwei symmetrischen Stellen gezogen wurde, so ist er nicht ohne weiteres anzunehmen. Es ist sodann in neuester Zeit versucht worden, die Einübung als ein rein psychisches Phänomen zu betrachten und auf eine Verstärkung der Aufmerksamkeit zurückzuführen¹⁾. Hierbei ist jedoch die Thatsache nicht berücksichtigt, dass die Einübung zugleich zu Trugwahrnehmungen führt: eine solche ist offenbar der Vexirfehler, den keine Verstärkung oder Verringerung der Aufmerksamkeit zu erklären vermag.

II.

Die nunmehr folgenden Beobachtungen wurden an einer Anzahl von Versuchspersonen gewonnen, die überhaupt keine sichere Schwelle zu haben schienen, wobei aber nur schwer eine solche zu finden war, weil sie fortwährend Vexirfehler machten, so dass auch die Einübung bei ihnen schwer zu verfolgen war. Diese Versuchspersonen lassen sich je nach der Häufigkeit der Vexirfehler in drei Classen ordnen: 1) Solche, bei denen wegen häufiger Vexirfehler gar keine sichere Schwelle festzustellen war, 2) Solche, die neben häufigen Vexirfehlern doch eine Schwelle mehr oder weniger deutlich zeigten, und 3) Solche, die im Anfange Vexirfehler machten, aber nachher dazu gelangten eine deutliche Schwelle zu zeigen.

Zur ersten Classe gehörte Herr Dr. F. Kiesow. Es ist uns mit aller Mühe nicht gelungen, eine Schwelle auf der Volarseite des rechten Vorderarms festzustellen, welche für eine halbe Stunde annähernd constant blieb. Die Versuche wurden aufsteigend und absteigend angestellt. Am 25. Februar 1895 schien z. B. die Schwelle

1) Judd, Die Raumwahrnehmung im Gebiete des Tastsinnes, Philos. Stud. Bd. XII. S. 452, 455.

23 mm; am 28. Februar 14 mm; am 1. März konnte überhaupt keine Schwelle gefunden werden, die Antwort lautete immer »zwei Spitzen«; am 4. März schien die Schwelle wieder bei 23,5 mm zu sein; am 7. März war sie bei 5 mm. Da es möglich war, dass Nachempfindungen irgend einen Einfluss haben konnten, wurde die Zwischenzeit der einzelnen Versuche verändert (von 1 bis 30 Secunden), während die Spitzen in der Regel auf der Hand blieben, bis die Antwort abgegeben wurde. Bei 1 Secunde Zwischenzeit z. B. und 20 Versuchen bei einer constanten Entfernung der Spitzen von 23 mm nahm K. die Reize 6 Mal als 2 und 14 Mal als 1 wahr. Bei 2 Secunden Zwischenzeit erschienen die Spitzen immer als eine. Bei 3 Secunden und 20 Versuchen wurden sie immer als zwei wahrgenommen. Bei 4 Secunden gleichfalls als zwei. Bei 5 Secunden und 20 Versuchen 3 Mal als eine, u. s. w.

Zur ersten Classe der Versuchspersonen gehörte ferner Herr Dr. Brahn. Auch gelang es hier nicht, trotz der längeren Fortsetzung der Versuche, den widersprechenden Charakter der Antworten zu ändern. Man kann diese eigenthümliche Erscheinung, dass keine sichere Schwelle aufzufinden möglich war, keineswegs durch Schwankungen der Aufmerksamkeit oder sonstige ungünstige Bedingungen von Seiten der Versuchspersonen erklären, denn diese waren sonst sehr gute Beobachter. Diese Versuche ganz einfach als unbrauchbares Versuchsmaterial zu verwerfen, würde daher nicht richtig sein. Die Bedingungen der Versuche waren übrigens noch im allgemeinen dieselben wie bei den Herren Hef., A. und P. und wie bei den Volkmann'schen und Dresslar'schen Versuchen.

Derselben Classe gehörte schließlich auch Herr Stratton an, bei dem, wie auch bei Dr. K. und Dr. B., von Anfang an die Erscheinung der »Vexirfehler« vorhanden war.

Der zweiten Classe ist allein Herr Chamdanjian zuzuzählen. Die Hautstelle, die zur Einübung ausgewählt wurde, war am Hals. Das Eigenthümliche in diesem Falle war, dass die Versuchsperson sehr oft lauter Vexirfehler zu machen anfang; wurde ihr jedoch davon Mittheilung gemacht, so konnte sie das Urtheil selbst verbessern und eine deutliche und trotz Variationen in der Zahl der Abstufungen eine constante Schwelle zeigen. Manchmal machte sie am Anfang keine Vexirfehler, manchmal jedoch trotz des besten Willens nichts

als solche. Es war also ein sonderbar wechselndes Verfahren, das wir zunächst gar nicht verstehen konnten. Leider mussten auch hier aus äußeren Gründen die Versuche abgebrochen werden. Die Schwellenwerthe zeigten übrigens trotz längerer Versuche keine Verkleinerung.

Von der dritten Classe, bei der am Anfange sehr viele und später vergleichsweise sehr wenige Vexirfehler gemacht wurden, sei zunächst Herr Ladd erwähnt. Die Schwellen wurden auf 18 verschiedenen Hautstellen bei dem auf- und absteigenden Verfahren zu bestimmen versucht. Nach vieler Mühe wurden schließlich 18 annehmbare Schwellenwerthe erhalten. Sie waren aber auffallend klein und stimmten mit den Schwellenwerthen bei anderen Versuchspersonen an keiner der Stellen überein. Infolge dessen wurde nur das aufsteigende Verfahren angewandt und der Versuchsperson von den Ergebnissen Mittheilung gemacht. Sie wurde auch aufgefordert, die Antwort »zwei Spitzen« bei allen weiteren Versuchen nur abzugeben, wenn sie vollständig überzeugt sei. Dasselbe war auch schon den vorhin genannten Versuchspersonen gesagt worden, aber ohne denselben Erfolg. Es wurde nun 19 Tage hindurch die Schwelle auf der Volarseite des linken Vorderarms täglich bestimmt, und die folgenden Werthe erhalten: 60, 52, 60, 64, 54, 52, 55, 50, 42, 40, 45, 40, 45, 40, 38, 43, 38, 41, 42 mm. Im Vergleich zu den Resultaten von Volkmann und Dresslar, wie auch zu den früheren von uns selbst, war hier fast gar keine Einübung zu erkennen. Nach dieser Reihe wurden die Schwellen für die 18 Hautstellen noch einmal bestimmt. Sie waren in der Regel 2 bis 4mal größer als die vor der Einübungsreihe bestimmten Schwellenwerthe.

Ferner gehörte zur dritten Classe Herr H. Eber. Die Versuche an ihm hatten den Zweck: 1) alle Vexirfehler zu vermeiden, und 2) zu constatiren, ob es eine eigentliche Verkleinerung der Schwelle durch Einübung gebe. Die Versuchsperson wusste im Anfange nichts von Vexirfehlern überhaupt, auch nichts von einer Verkleinerung der Schwelle durch Einübung, außer dem, was sie durch den Titel der Arbeit vermuthen konnte. Es wurde nachher zufällig gefunden, dass sie doch am Anfange eine Verkleinerung der Schwelle erwartete. Zunächst wurden die Schwellenbestimmungen auf sechs verschiedenen Hautstellen gemacht, sodann eine Einübungsreihe für 13 Tage auf

der Dorsalseite des linken Handgelenks. Dann wurden die sechs Schwellenwerthe wieder bestimmt. Sehr oft antwortete Herr E. »zwei Spitzen«, wenn die Entfernung der Spitzen weit unter der Schwelle war: sein Verfahren zeigte im allgemeinen dieselben Resultate wie das der Herren Hef., A. und P. Nach der zweiten Bestimmung der sechs verschiedenen Schwellenwerthe wurde die Einübungsreihe fortgesetzt, und nach ferneren 13 Tagen wurden die sechs Schwellenwerthe zum dritten Male bestimmt. Tabelle VIII zeigt die erste Einübungsreihe.

Tabelle VIII.

Beob.: E. Linkes Handgelenk.

Datum	XI. 8.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	18.	19.	21.	22.	23.	25.
linkes Handgelenk	18	16	10	12	13	12	14	13	13	9	10	9	6

Tabelle IX zeigt die Bestimmungen auf sechs Hautstellen, die vor und nach der ersten Uebungsreihe vorgenommen wurden.

Tabelle IX.

Beob.: E. 6 Hautstellen vor und nach der ersten Einübung.

Datum	Eingeübtes l. Handgelenk	Symmetrisches r. Handgelenk	linker Vorderarm	rechter Vorderarm	linker Oberarm	rechter Oberarm
XI. 2.—9.	18	28	22	18	55	30
XI. 25.—30.	6	8	7	12	53	12
Relativer Werth der Einübung	$\frac{18:6}{3}$	$\frac{28:8}{3\frac{1}{2}}$	$\frac{22:7}{3\frac{1}{7}}$	$\frac{18:12}{1\frac{1}{2}}$	$\frac{55:53}{1\frac{2}{53}}$	$\frac{30:12}{2\frac{1}{2}}$

Aus dieser Tabelle ist nichts Neues zu ersehen: sie zeigt dieselben Verkleinerungen, und es waren auch dieselben Vexirfehler vorhanden wie bei Herrn P. Um nun zu sehen, ob die Versuchsperson nicht andere Antworten zu geben im Stande sei, wurde ihr alles über die Vexirfehler, die Art ihres Zustandekommens mitgetheilt, ja sogar die eigenen Resultate und das ganze Verfahren. Darauf folgte die zweite Einübungsreihe, die in Tabelle X dargestellt ist.

Tabelle X.

Datum	XII. 2.	3.	4.	5.	6.	7.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	16.
linkes Handgelenk	12	17	15	22	19	19	17	22	23	20	18	14	14

Hierauf wurde betont, dass es für diese Zwecke gar nicht darauf ankomme, dass die Schwellenwerthe sich klein zeigten; die Versuchsperson solle sich niemals bemühen, zwei Reize zu unterscheiden, sondern sich ganz receptiv verhalten. Es wurde auch sorgfältig versucht, alle Anstrengung nach einer Unterscheidung der zwei Reize zu vermeiden, die Versuchsperson sollte in der Versuchsstunde die Aufmerksamkeit auf gar nichts als die gegenwärtigen Eindrücke richten. Tabelle XI zeigt die auf die zweite Einübungsreihe folgenden allgemeinen Bestimmungen.

Tabelle XI.

Datum	Eingeübtes l. Handgelenk	Symmetrisches r. Handgelenk	linker Vorderarm	rechter Vorderarm	linker Oberarm	rechter Oberarm
XI. 25.—30.	6	8	7	12	53	12
XII. 16.—20.	12	16	12	11	20	18
Relativer Werth der Einübung	$\frac{6:12}{\frac{1}{2}}$	$\frac{8:16}{\frac{1}{2}}$	$\frac{7:12}{\frac{7}{12}}$	$\frac{12:11}{\frac{11}{11}}$	$\frac{53:20}{\frac{213}{20}}$	$\frac{12:18}{\frac{2}{3}}$

Es ist aus Tabelle XI ersichtlich, dass die Schwelle der eingeübten Stelle am Ende 12 mm anstatt 6 mm, wie am Ende der früheren Reihe (Tab. IX), war. In der Zwischenzeit der zwei Reihen wurden nur die allgemeinen Bestimmungen gemacht; und wenn man eine allgemeine Verkleinerung der Schwelle als das Resultat aller Einübung annimmt, so müsste die Schwelle der eingeübten Stelle sich während der Zeit der sechs Schwellenbestimmungen eigentlich immer noch verkleinert haben. Die Vergrößerung der Schwelle ist daher nicht durch eine Herabsetzung der Empfindlichkeit der Haut, sondern durch neue Bedingungen des Urtheils zu erklären. Während der zweiten Einübungsreihe wurde diese Schwelle zunächst grösser:

von 12 mm im Anfange erreichte sie ein Maximum von 23 mm. Dann ging sie für einige Tage schnell zurück, wahrscheinlich weil die alten Urtheilsbedingungen sich unwillkürlich wieder herstellten. Um die Verschiedenheiten in kurzer Uebersicht darzustellen, seien die folgenden Curven gegeben (Fig. 4 und 5). Schon aus diesen Re-

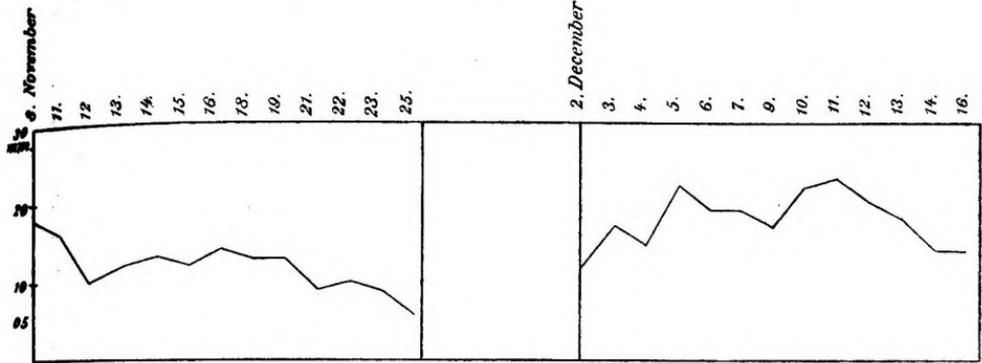


Fig. 4.

Fig. 5.

sultaten wird ersichtlich, dass die allerwichtigsten Momente dieser ganzen Einübungsfrage in den subjectiven Bedingungen der Wahrnehmung liegen. Sobald die Versuchsperson sich darüber klar wird, dass es gar nicht darauf ankommt, eine möglichst kleine Schwelle zu zeigen, dass es dagegen sehr darauf ankommt, dass die Antwort dem Reizobject angemessen sei, so erscheint keine Einübung mehr und auch kein Vexirfehler. Hierbei erhebt sich aber vor allem die Frage, welches die Bedingungen sind, die diese Veränderung in der Antwort verursacht haben. Dies schließt zugleich die Frage nach der Entstehung des Vexirfehlers ein. Dabei bleibt immerhin möglich, dass auch eine wahre Einübung in der Wahrnehmung zweier Punkte, die sich hauptsächlich in einer Verkleinerung der Schwelle zeigt, stattfinden kann.

Aus den vorliegenden Erfahrungen ergibt sich, dass das Vorkommen des Vexirfehlers weit häufiger bei einigen Versuchspersonen als bei anderen ist. Außerdem sieht man bei einigen Versuchspersonen die Neigung, eine beträchtliche Pause zwischen dem Reiz und dem Urtheil einzuschieben, wodurch das Urtheil langsam vollzogen wird. Man kann wohl annehmen, dass die Versuchsperson in Fällen, wo diese Pause vorkommt, über die Beschaffenheit der Empfindung

reflectirt. Um dies zu vermeiden, wurde sie in einigen Fällen gebeten, das Urtheil sofort nach dem Empfinden des Aufsetzens abzugeben; doch es erschien kein Unterschied in den Resultaten. Bei den Herren Ch. und Dr. K. wurde ferner versucht, das Reflectiren durch kürzer dauerndes Aufsetzen der Spitzen zu vermeiden. Beide Vorsichtsmaßregeln erwiesen sich schließlich als ungenügend, die Vexirfehler auszuschließen. Es ließ sich aber feststellen, dass Solche, welche dieser Verlangsamung des Urtheils am stärksten zugeneigt waren, im allgemeinen die nämlichen sind, welche Vexirfehler am häufigsten machen. Auch bei denjenigen Versuchspersonen, welche eine große Verkleinerung der Schwelle durch die fortgesetzte Wiederholung von Schwellenbestimmungen zeigten, erschien es sicher, dass die Verlangsamung des Urtheils bei der Fortsetzung der Versuche größer wurde. Bei Herrn Hef. z. B. verspätete sich das Urtheil, das im Anfange der Versuche immer sofort abgegeben wurde, nach einer Woche im allgemeinen sehr beträchtlich.

Auch in Bezug auf die schwankenden oder zweifelhaften Urtheile, die mit größerer oder geringerer Häufigkeit bei jeder Versuchsperson erscheinen, zeigt es sich im allgemeinen sehr deutlich, dass dieselben entschieden häufiger sind bei denjenigen Versuchspersonen, die am häufigsten Vexirfehler machen, als bei den anderen. Auch bei den Herren Hef., A. und P. waren solche Urtheile am Ende häufiger als am Anfange der Versuche. Man kann daher annehmen, dass sie dadurch entstehen, dass die Versuchsperson aufmerksamer wird und ihre Urtheile immer genauer zu machen sucht. Es sei aber noch weiter bemerkt, dass am Ende der Versuche bei den Herren Hef., A. und P. die zweifelhaften Fälle, die im Anfange einfach »unentschieden« blieben, wie auch alle solchen Fälle bei den Herren Dr. B. und Dr. K., in der Regel schließlich als »wahrscheinlich zwei« angegeben wurden. In solchen Fällen entsteht die Verlangsamung des Urtheils offenbar aus dem Zweifel, ob die nähere Beschaffenheit der Empfindung aus einer doppelten Berührung der Haut entstanden sei. Nun mag man annehmen, dass durch eingehendere und aufmerksamere Beobachtung der Empfindung oder durch vergrößerte Empfindlichkeit der Haut selbst feinere Qualitätsunterschiede in der Empfindung bemerkt werden. Wie aber kann die Versuchsperson durch dieses Verfahren dazu kommen, zwei Punkte zu empfinden.

wo nur einer ist? Hier kann man vielleicht annehmen, in solchen Fällen sei die Versuchsperson nicht genügend aufmerksam, oder sie reflectire. Dieser Annahme widerspricht aber die Thatsache, dass durch eine schärfere und längere Beobachtung der Empfindung die zwei scheinbaren Punkte immer noch deutlicher bewusst und vollständiger von einander getrennt werden. Auch wenn die Versuchsperson die eine Spitze, welche auf der Haut steht, mit den Augen geradezu ansieht, empfindet sie sehr oft doch noch zwei Reize. Solche Fälle zeigen unverkennbar, dass es sich hier um etwas anderes als um eine erhöhte Aufmerksamkeit oder Empfindlichkeit handelt. Vielleicht kann man annehmen, dass Irradiations- oder Nebenerscheinungen der Empfindung bei einigen Versuchspersonen so stark hervortreten, dass sie dieselben von thatsächlichen Reizen nicht unterscheiden können. Offenbar bedarf aber die Punktförmigkeit und die Begrenzung der empfundenen Punkte auf nur zwei Punkte einer Erklärung durch anderweitige subjective Bedingungen.

In Bezug auf die Sicherheit des Antwortens wurden die folgenden Thatsachen beobachtet. Die Personen, die Vexirfehler begehen, insbesondere wenn sie schon wissen, dass sie manchmal solche Fehler gemacht haben, haben sehr oft das Gefühl, nachdem sie das Urtheil abgegeben, dass es unmöglich sei, unter diesen Versuchsbedingungen sichere Urtheile zu bilden. Diese Zweifel traten besonders stark in den Versuchen des Herrn Dr. B. und bei mir hervor. Die Versuchsperson will in der Regel durchaus nicht glauben, dass sie sich täuschen lässt, aber es bleibt ein Gefühl der Unsicherheit zurück. Als Versuchsperson in den Vorversuchen bemerkte ich, dass bei der Fortsetzung der Versuchsreihe diese Unsicherheit immer größer wurde. Nicht nur wurde das Urtheilen verlangsamt und schwankend, sondern schließlich hatte ich das Gefühl, dass möglicherweise ein anderes Urtheil unter anderen subjectiven Bedingungen, die ich doch nicht genauer erkennen konnte, ebenso richtig erschienen wäre, wie das abgegebene. Wegen der Einheit des Bewusstseins und jedes Apperceptionsactes sind wir unfähig uns ein Object vorzustellen, das z. B. dem Gesichtssinn als eins und zugleich dem Tastsinn als zwei erscheint. Wo wir ein Object mit allen Sinnen wahrnehmen, prüfen wir im gewöhnlichen Leben die Eindrücke eines vergleichungsweise sehr wenig entwickelten Sinnes an den Eindrücken des höher ent-

wickelten. Wenn z. B. die Versuchsperson einen Vexirfehler begeht und sich nachher die eine Spitze, die auf der Haut steht, ansieht, so glaubt sie nicht mehr, dass zwei Spitzen da sind, obgleich sie die zwei Tasteindrücke immer noch deutlich empfindet. Daher entsteht der große Einfluss der sogenannten Gesichtsassociationen auf die Wahrnehmung räumlicher Gestalten durch den Taßtsinn, den Miss Washburn¹⁾ und Pillsbury²⁾ hervorgehoben haben. Manche Versuchspersonen erklären, dass im Moment des Aufsetzens der Spitzen keine Gesichtsvorstellungen in der Regel vorhanden seien. Dies wurde besonders von den Herren Dr. B. und Dr. Mentz angegeben; andere wie Hef., P., A., Mosch gaben an, dass Gesichtsvorstellungen immer zu beobachten seien. Nun zeigt sich, dass die Beobachter, welche die stärksten Gesichtsvorstellungen angeben, gerade diejenigen sind, welche im Anfange ihrer Versuche die größten und constantesten Schwellen haben und die wenigsten Vexirfehler begehen. Von Herrn Dr. M. wird angegeben, dass auch er, um das Urtheil zu vollenden, ein »geometrisches Bild«, d. h. eine Gesichtsvorstellung als Hilfsmittel hervorrufe. Die Thatsachen, welche bei der Angabe des Herrn Dr. M. zum Ausdruck kommen, scheinen demnach diese zu sein: 1) sein Urtheil beruht in erster Linie auf einer genauen Beobachtung der beim Aufsetzen der Spitzen erzeugten Empfindung; 2) für die Beurtheilung dieser Empfindung machen sich gewisse Gesichtsvorstellungen geltend.

Hier ist eine vierte allgemeine Beobachtung wichtig: Nicht nur die Zeitdauer, die Schwankungen und die relative Sicherheit des Urtheils zeigen sich bei verschiedenen Versuchspersonen und bei derselben Versuchsperson in verschiedenen Stadien ihres Verfahrens verschieden, sondern auch die Richtung der Aufmerksamkeit bietet beim Vollziehen des Urtheils beträchtliche Verschiedenheiten dar. Am Anfange der Versuche bei den Herren Hef., A., P. und mir selbst ist die Aufmerksamkeit ganz objectiv gerichtet. Der Empfindungen als solcher waren sich diese Versuchspersonen während der Versuche im Anfange überhaupt nicht bewusst. Die Frage, die sie an sich stellten, war rein objectiv: wie viele Spitzen berühren die Haut, eine

1) Philos. Stud. XI. S. 190 ff.

2) Amer. Journ. of Psych. VII. S. 42 ff.

oder zwei? Bei der Fortsetzung der Versuche wird man sich aber der Empfindungen immer deutlicher bewusst, bis schließlich vom Reizobject überhaupt abstrahirt wird und die Beschaffenheit der beim Aufsetzen der Spitzen erzeugten Empfindungen allein in Betracht kommt. Bei mir war diese Uebertragung der Aufmerksamkeit vom Reizobject auf die Empfindung so deutlich, dass ich zuerst geneigt war anzunehmen, dass die ganze sogenannte »Einübung« eigentlich keine andere Bedeutung habe, als dass Qualitätsunterschiede der Empfindung auf diese Weise zur Geltung kämen, welche in der gewöhnlichen Erfahrung gar nicht in Betracht kommen. Hiermit stimmen die Angaben der Herren Dr. B. und E. überein, dass der erste Gegenstand der Aufmerksamkeit bei ihnen die erregte Empfindung sei. »Die Aufmerksamkeit«, gibt Herr Dr. B. an, »wird momentan nach dem betreffenden Punkte gerichtet: immer kommt dann zunächst ein diffuser Reiz, der sich hierauf zu theilen scheint.« Mit dieser Angabe stimmt die erste von Herrn E., die am Anfange der ersten Versuchsreihe gemacht wurde, fast durchaus überein. Nur gab er an, dass ihm der objective Reiz sofort als doppelt erscheine. Da dies der einzige Unterschied zwischen den Aussagen dieser Versuchspersonen ist, so erhebt sich die Frage, ob die Unterschiede in den Resultaten beider damit irgendwie in Verbindung stehen. Herr Dr. B. selbst gab auch später an, sehr oft komme noch ein Punkt auf einer in der Nähe liegenden Stelle der Haut zum Vorschein, der mit jenem ersten verbunden oder von ihm ganz getrennt sein könne. »Gewöhnlich«, sagt ferner Herr E., »bleibt das Urtheil schwankend, und ich warte einen Augenblick, um zu erfahren, ob der Reiz nach längerer Wirkung sich nicht als zwei zeigen will.« Dass die Empfindung unter Abstraction vom Reizobjecte in diesem Falle, wie auch bei den Herren Dr. M. und Strat., welche ähnliche Angaben gemacht haben, als das einzige Datum, worauf das Urtheil beruht, angenommen wird, ist kaum zu bezweifeln.

Im Gegensatze zu dieser Thatsache steht nun das Verfahren der Versuchspersonen in denjenigen Fällen, bei denen keine Einübung eingetreten ist, und wo keine Vexirfehler begangen werden. Von Herrn E. wurde gegen das Ende der zweiten schon beschriebenen Versuchsreihe noch eine Angabe über sein Verfahren gemacht. Es sei hier hervorgehoben, dass er eine frühere ähnliche Angabe schon

ganz vergessen hatte. »Wenn es eins oder zwei ist, sage ich es sofort, und wenn ich im Zweifel bin, antwortete ich unentschieden.« Er wurde weiter gefragt, worauf sein Urtheil beruhe, und er schien überrascht, dass an etwas anderes als die Berührung der Zirkelspitzen gedacht wurde. Von Empfindungen wurde nichts gesagt, und er zögerte keinen Augenblick zwischen dem Reiz und dem Urtheil. Ebenfalls von Herrn Hef. wurde am Anfange seiner Versuche angegeben, dass er, während die Augen geschlossen waren, eine Vorstellung von dem Arm, dem Tisch worauf der Arm liegt (d. h. von einem kleinen Theil desselben, der in der unmittelbaren Nähe des Armes ist), dem Aufsetzen des Zirkels u. s. w. in dunklen Umrissen immer noch behalte. Er war ebenfalls überrascht, dass an etwas anderes als das Aufsetzen der Spitzen als Object der Aufmerksamkeit gedacht werden konnte. Bei Herrn M., dessen Schwelle durchaus constant und von Vexirfehlern frei blieb, war dies ebenfalls der Fall; nur fügte er noch hinzu, dass das Moment des Aufsetzens der Spitzen für ihn das allerwichtigste sei. In diesem Augenblick, gibt er an, wird das Urtheil bestimmt. Auch in den späteren Versuchen bei Herrn Ladd wurde bemerkt, dass die zwei Momente, das des Aufsetzens und das des Wegnehmens, zusammenfielen. Weiteres konnte aber nicht gefragt werden, ohne die Antwort zu suggeriren. An dieser Stelle bemerken wir, dass es sich in solchen Fällen um ein rein objectives Urtheil handelt, für welches eine längere analysirende Betrachtung der Qualitätsunterschiede der Empfindung selbst in keiner Weise maßgebend ist. Es geht sehr deutlich hervor, dass diese Versuchspersonen nie »zwei Spitzen« antworteten, bis sie überzeugt waren, dass die Tastempfindung mit der Vorstellung von zwei objectiven Spitzen zusammenpasste. Man darf hier annehmen, und meine eigene Selbstbeobachtung bestätigt es, dass bei allen diesen Versuchspersonen die aus der Erfahrung hervorgehende Verbindung zwischen der Vorstellung des objectiven Reizes und dem Tasteindruck für das Urtheil schließlich maßgebend ist. Die Antwort ist in solchen Fällen eine Deutung nach früherer im gewöhnlichen Leben gemachter Erfahrung, wo man, ausgenommen wenn die Entfernung der Tasteindrücke sehr groß ist, fortwährend seine Tasteindrücke an den Gesichtseindrücken prüft. Wenn man darüber entscheiden will, ob die Gesichtsvorstellung eines Objectes illusorisch sei, so pflegt

bekanntlich der Tastsinn entscheidend zu sein. Gerade umgekehrt erscheint die Beziehung zwischen Gesichts- und Tastvorstellungen bei der Wahrnehmung räumlicher Unterschiede. Wo es unmöglich ist, wie bei unserem Versuchsverfahren, den Tasteindruck bei minimalen Distanzen an dem Gesichtseindruck zu prüfen, wird der Grad des Glaubens, dass, wenn die Versuchsperson die Spitzen sehen könnte, sie eine oder zwei sehen würde, für das Urtheil maßgebend. Zwischen der gesehenen Entfernung der Spitzen, z. B. 40 mm, bei welcher sie durch den Tastsinn als zwei empfunden werden, und den Tasteindrücken selbst besteht eine enge Beziehung: wenn eine Versuchsperson die scheinbare Entfernung der bei dem Vexirfehler wahrgenommenen Empfindungen angibt, so scheint diese Entfernung in der Regel nahe der thatsächlichen Schwelle für die gereizte Hautstelle zu liegen, wie schon von Nichols¹⁾ und von Henri und Tawney²⁾ bemerkt wurde. Diese Beobachtung stimmt mit der Annahme überein, dass das scheinbare Vorhandensein von zwei Tasteindrücken von minimaler Entfernung in der Regel an den Gesichtsvorstellungen geprüft wird.

Wir können unsere Versuchspersonen in zwei Classen theilen, je nachdem sie die bloße Tastempfindung als für das Urtheil maßgebend annehmen oder nicht. In die erste Classe fallen diejenigen Versuchspersonen, welche die Empfindung vom Reizobject unterscheiden: Str., Dr. K., Dr. Br., Dr. M., Cham., E., L., Ar. und ich selbst. Die Verwerthung von Empfindungen zu Urtheilen wurde bei E., wie seine Aussagen beweisen, im Laufe der Versuche beseitigt. Wahrscheinlich geschah eine ähnliche Veränderung bei L., dessen verschiedenartige Resultate wir schon besprochen haben. In die zweite Classe fallen diejenigen, welche sich mit psychologischen Analysen und Unterscheidungen weniger beschäftigt haben: Hef., P., M. und andere. Im Anfange der Versuche schienen diese Versuchspersonen niemals das Reizobject von den Empfindungen zu unterscheiden.

Diesen Thatsachen stellen wir die folgenden Erscheinungen gegenüber, die gleichfalls aus den vorliegenden Versuchen hervorgehen: Die Versuchspersonen der ersten Classe geben entschieden mehr

1) Nichols, *Our Notions of Time and Space*. Boston 1894. S. 161.

2) *Philos. Stud.* XI. S. 400.

Vexirfehler überhaupt an, als die der zweiten: bei manchen derselben ist keine Schwelle der Vexirfehler wegen bestimmbar. Die der zweiten Classe zeigen im Gegentheil, wenigstens am Anfange ihrer Versuche, fast gar keine Vexirfehler und ferner eine sehr deutliche und von Versuch zu Versuch constante Schwelle. Durch die sogenannte Einübung aber, die sich uns schon als ein sehr zweifelhafter Vorgang erwiesen hat, werden die Personen der zweiten Classe allmählich zu Mitgliedern der ersten. Das Urtheil wird langsamer, schwankender, unsicherer: die Aufmerksamkeit wird auf die Tasteindrücke allein gerichtet; Vexirfehler werden schließlich häufig und die Schwelle außerordentlich klein, wenn nicht ganz verschwindend.

Aus den beschriebenen Versuchen geht deutlich hervor, dass die scheinbare Verkleinerung der Schwelle und der in enger Beziehung damit stehende Vexirfehler zwei überall auf der Hautoberfläche erscheinende Producte der sogenannten Einübung sind. Daraus ist zu schließen, dass die scheinbare Verkleinerung und der Vexirfehler an centrale, und zwar an psychische Vorgänge gebunden sind. Es entsteht daher die Frage: welches sind diese die Schwellenverkleinerung und den Vexirfehler bedingenden psychischen Vorgänge? Betrachten wir die allgemeinen Bedingungen der Versuchsanordnung, so ist ersichtlich, dass alle diese Bedingungen, außer einer einzigen, einer Variation unterworfen waren. Diese war das Vorherwissen des Zwecks und der Art der Versuche selbst. Jede Versuchsperson wusste über die Versuche selbst am Anfange alles, was der Experimentator selbst wusste. Der nächste Schritt war offenbar, in weiteren Versuchen auch diesen Factor möglichst zu variiren. Vor allem sollte die Aufmerksamkeit der Versuchspersonen womöglich gleichmäßig auf das Reizobject gerichtet, und außerdem dafür gesorgt werden, dass dieselben von dem Zweck und der Methode der Versuche absolut nichts wussten.

III.

Zunächst wurde die Titelangabe der Untersuchung verändert (sie wurde nur allgemein als »Untersuchung über Erkennung räumlicher Distanzen« bezeichnet), damit die Versuchspersonen nicht von vornherein durch den Titel suggestiv beeinflusst werden konnten. Die Versuchspersonen wurden so gewählt, dass sie keine oder nur unbestimmte

Kenntnisse von bisherigen Untersuchungen auf diesem Gebiete besaßen. Sie sollten zunächst bloß angeben, was die Haut berührte. Zwischen der Versuchsperson und dem Experimentator wurde ein schwarzer Pappschild aufgestellt und durch eine Oeffnung desselben der Arm gesteckt. Im übrigen blieben die allgemeinen Bedingungen der Versuche die nämlichen wie früher. Die Dauer der Einübungsreihen war den Tagen nach gerechnet kürzer, aber die Zahl der einzelnen Bestimmungen an jedem Tage entschieden größer. Die allgemeinen Schwellenbestimmungen wurden weggelassen und die Untersuchungen auf eine einzelne oder höchstens zwei Stellen beschränkt. Beobachter waren die Herren Franz, Mosch und Weyer. Die erste Reihe wurde an Herrn F. gewonnen. Tab. XII enthält die arithmetischen Mittel der Schwellenwerthe aus 9—12 Einzelbestimmungen an jedem Tage.

Tabelle XII.

Datum	V. 18.	20.	21.	22.	23.	24.
Volarseite des Vorderarmes	26	24	27			14
Dorsalseite desselben	39	37	36	40	38	10

Nach 40 Einzelbestimmungen innerhalb fünf Tagen war keine Verkleinerung der Schwelle mehr ersichtlich. Am 24. Mai wurde, um den Einfluss der Einübung zu untersuchen, der Versuchsperson suggerirt, dass zunächst mehrere Schwellenbestimmungen innerhalb einer Stunde gemacht werden sollten, und es wurden ihr außerdem die Resultate der bisherigen Versuche mitgetheilt. Sofort wurden die Schwellenwerthe kleiner. Am vorangegangenen Tag (23. Mai) waren sie an der Dorsalseite des Vorderarmes gewesen: 40, 35, 35, 35, 30, 45, 35, 35, 40, 40, 45 mm. Am 24. Mai waren sie: 14, 8, 12, 14, 8, 6, 8, 12, 8, 2 mm.

Die zweite Versuchsreihe wurde bei Herrn Weyer ausgeführt. Stellen wir die arithmetischen Mittel aus 7—10 Einzelbestimmungen

zusammen, wie in der vorhergehenden Tabelle, so erhalten wir die folgenden Zahlen.

Tabelle XIII.

Datum	V. 4.	6.	11.	VI. 26.	27.	VII. 1.	2.
Volarseite des Armes	22	20	29	23	38	30	12

Zwischen dem 11. Mai und dem 26. Juni war eine längere Pause: wir können daher die gesammte Reihe eigentlich nicht als eine Einübungsreihe betrachten. Es wurde aber von Volkmann gefunden, dass an demselben Tage durch 13 einzelne Bestimmungen der Schwelle der Werth derselben von 0,75" am Anfang auf 0,45" am Ende sank. In den Versuchen bei Herrn W. wurden hier im Gegentheil z. B. am 1. Juli folgende Zahlen gewonnen: 30, 30, 30, 35, 35, 25, 25, 30, 30, 25 mm: in diesen Versuchen ist gar keine Verkleinerung ersichtlich. Am 2. Juli wurde Herr W., wie früher Herr F., suggerirt, dass der Einfluss der Einübung untersucht werden sollte. Darauf folgten sieben Bestimmungen, bei welchen eine Schwelle nur zwei Mal bestimmbar wurde, einmal bei 10 mm und einmal bei 14 mm. Infolge der Suggestion wurden also die Vexirfehler häufiger, und die Schwelle sank auf ein Drittel ihrer früheren Größe. In drei anderen Bestimmungen waren Vexirfehler zu häufig, um eine Schwelle zu erkennen, und in den zwei übrigen schienen wegen Ermüdung der Versuchsperson die Bedingungen für die Wirkung der Suggestion nicht mehr vorhanden zu sein: diese Schwellen waren deutlich 40 und 35 mm.

Die dritte und letzte dieser Versuchspersonen war Herr Mosch. In keiner Versuchsreihe waren Vexirfehler so wenig vorhanden wie bei ihm. Die Suggestionsversuche wurden am 18. und 19. Juni angestellt. Es wurde suggerirt, dass nun der Einfluss der Einübung untersucht werden sollte. Auf die Frage, warum die schon angeführten Versuche nicht als Einübungsversuche gelten dürften, wurde erwidert, dass die Uebungserfolge anderer Beobachter noch nicht erreicht seien. Um dies zu erzielen, sollte der Beobachter jetzt die Empfindungen sehr scharf fixiren und die Antworten möglichst exact

geben. Nachher wurde die Versuchsperson veranlasst, ihre alte Urtheilweise wieder anzuwenden. In Folge dessen kehrte die Schwelle noch einmal zu der ursprünglichen Größe zurück. Die Mittel aus 6—12 Einzelversuchen sind:

Tabelle XIV.

Datum	VI. 2.	4.	9.	11.	13.	16.	18.	19.	25.	27.
Volarseite des Armes	31	36	28	43	44	48	30	9	37	43

Um die einzelnen Abweichungen der Schwellenwerthe genauer ersichtlich zu machen, sind in der folgenden Tabelle die einzelnen Bestimmungen angeführt.

Tabelle XV.

Datum	Schwellenbestimmungen.											
2. VI.	15	30	40	30	35	35	30	30				
4.	25	35	40	35	35	30	40	40	35	40		
9.	30	30	25	25	30	30						
11.	40	40	40	45	45	50	45	40				
13.	45	40	40	40	45	45	50	45	45			
16.	45	55	50	50	55	50	50	50				
18.	25	35	25	35	40	35	25	30				
19.	16	0	0	20	20	5	5	5	10	5		
25.	35	35	30	30	40	35	45	45				
27.	45	50	45	40	40	40	40	45	45	40	40	45

Diese Tabelle zeigt, dass die Schwelle im Anfang der Versuche kleiner war als am Ende, was dadurch zu erklären ist, dass die Versuchsperson anfangs ihre Aufmerksamkeit etwas schärfer auf die Versuche richtete als später. Anstatt einer Verkleinerung der Schwelle durch Einübung der Aufmerksamkeit geschah also in diesem Falle eine Zunahme derselben wahrscheinlich in Folge der Ablenkung der Aufmerksamkeit. Am 18. gelang die Suggestion nur sehr wenig: die Uebertragung der Aufmerksamkeit von dem Reizobject auf die vom Reizobject abstrahirten Empfindungen brauchte offenbar eine »Einübung«, die erst am 19. annähernd vollkommen war. Nebst der Verkleinerung der Schwelle an diesem Tage machte Herr M. die einzigen Vexirfehler, die er überhaupt angab. Auch hier nahm er eine Spitze, außer in zwei Fällen, in welchen das Urtheil »unsicher« war, immer richtig wahr, aber Entfernungen von 5 mm sehr oft als zwei Spitzen. Schließlich sagte er ganz spontan: »Uebrigens kann ich zwei Eindrücke immer empfinden, wenn ich will.« Nach diesen zwei Tagen wurde ihm gesagt, dass er nicht mehr versuchen solle, feinere Unterscheidungen zu machen, sondern ganz »grob«, wie vorher, die Zahl der Spitzen angeben. Am 25. wurden die Versuche wieder fortgesetzt, und die alte Schwelle war wieder vorhanden. Am 27. wurden die Bestimmungen in längerer zusammenhängender Reihe 12mal wiederholt mit Abstufungen der einzelnen Versuche von 5 mm. Die Schwellenwerthe waren außerordentlich klar und deutlich, nämlich entweder 40 oder 45 mm, wie aus der Tabelle ersichtlich ist. Die sehr bedeutende Schwellenverkleinerung, die bei Volkmann und Fechner innerhalb einer zusammenhängenden Reihe vorkam, ist hier gar nicht vorhanden. Auf- und absteigendes Verfahren konnten bei Herrn M. angewandt werden, ohne die Resultate zu ändern. Die Schwellenwerthe am 27. Juni wurden alle mittelst des aufsteigenden Verfahrens gewonnen.

Aus diesen Versuchen, besonders wenn sie mit den früheren bei den Herren Hef., A. und P. verglichen werden, geht sehr deutlich hervor, dass die sogenannte »Einübung« einerseits irgendwie an das Vorherwissen über den Zweck und die Methode der Versuche gebunden war, anderseits, dass durch das Ausschließen dieses Einflusses die »Einübung« abhanden kam. Nehmen wir nun dieses Resultat mit den schon besprochenen Thatsachen zusammen, dass

die Aufmerksamkeit durch »Einübung« allmählich auf die Empfindung anstatt auf das Reizobject gerichtet wird, und dass die Versuchsperson bei minimalen Distanzen glaubt, sich ganz und gar auf eine Analyse der Qualitätsunterschiede der Tastempfindung verlassen zu können, so sehen wir, dass diese Ergebnisse sich einigermaßen ergänzen. Die Versuchsperson, die den Zweck und die Methode der Versuche vorher weiß, verlässt den gewöhnlichen Weg des Prüfens ihrer Tasteindrücke an Gesichtsvorstellungen und glaubt sich fähig, auf der Basis ihres Vorherwissens und der Qualitätsunterschiede der Tastempfindung genauere Auskunft über den vorhandenen Reiz geben zu können. Wenn sie nicht wüsste, dass nur eine oder zwei Spitzen jedes Mal aufgesetzt werden, würde sie demnach auch noch mehrere Reize anscheinend empfinden können: in der That gab Herr St. an, dass er manchmal drei oder sogar fünf oder mehr verschiedene Reize deutlich empfinde, obwohl nur eine Spitze aufgesetzt wurde. In solchen Fällen abstrahirt wahrscheinlich die Versuchsperson nicht nur von allen Gesichtsvorstellungen, sondern auch von dem Vorherwissen selbst und richtet das Urtheil ganz nach den für sie scheinbar vorhandenen Qualitätsunterschieden der Tastempfindung. Einige von diesen Unterschieden sind anfängliche Schmerz- oder Temperaturempfindungen, die Irradiation des Reizes selbst, die diffuse Empfindung des Dehnens der Haut beim Aufsetzen der Spitze u. s. w. Dazu kommen auch die von vorangegangenen Versuchen nachgebliebenen Veränderungen in der Empfindlichkeit der Haut selbst. Das Vorherwissen über den Zweck und die Methode der Versuche kann deswegen keine zugängliche Basis für das Urtheil darbieten, weil es in jedem Falle mehrere Vorstellungen erlaubt. Die Vorstellung der zwei Punkte kann in jedem Fall als eine Suggestion wirken, welche zwei scheinbare Empfindungen hervorrufen kann. Von fast allen Versuchspersonen wird angegeben, dass nach dem Signal eine mehr oder weniger diffuse Empfindung auf der gebrauchten Hautstelle deutlich hervortrete, schon bevor der Reiz thatsächlich einwirkt. »Auf der Haut« — sagt in Uebereinstimmung hiermit H. Meyer — »gelingt es mir leicht, an welcher Stelle ich will, subjective Empfindungen (Wärme, Kälte, Druck) durch angespannte Vorstellung derselben hervorzu bringen Die Empfindungen können so lebhaft werden, dass ich, ich mag wollen oder nicht, mit der Hand über die Hautstelle

hinstreichen muss, wie man es in Fällen örtlicher Hautempfindungen zu thun pflegt¹⁾. Berührt man eine angesehene Hautstelle mit einer Spitze und versucht es — nicht zu denken, dass zwei Spitzen da seien²⁾ — sondern zwei getrennte und punktförmige Tasteindrücke zu empfinden, so gelingt der Versuch der Mehrzahl von Personen. Man braucht bloß von der Gesichtsvorstellung der Spitze zuerst ganz zu abstrahiren, und der Versuch gelingt jedes Mal.

Wo man bei minimalen Distanzen sich ganz auf die durch frühere Erfahrung gewonnene Deutung des Tasteindruckes verlässt, ist die Fragestellung, welche bei der Antwort eintritt, ungefähr folgende: Ist die Tastempfindung, die ich jetzt erfahre, der Tastempfindung gleich, die ich immer gleichzeitig mit zwei Gesichtseindrücken erfahren habe? Ein sicheres Urtheil ist hierbei nur bei den größten Entfernungen der Spitzen möglich, z. B. 40 oder 45 mm auf dem Vorderarm, bei welchen die gewöhnlichen Schwellen liegen. Sieht nun die Versuchsperson von ihren Gesichtsvorstellungen und ihrer Erfahrung minimaler Distanzen ganz ab, so wird sie in dem Tasteindruck zunächst einen diffusen Reiz finden, welcher sich durch den Einfluss der Suggestion in mehrere Punkte zerlegen lässt.

Auf ähnliche Weise hat im Grunde schon Camerer den Vexirfehler erklärt. Er ist nach ihm ein Product der Einbildungskraft und der Erwartung³⁾. Auf Grund seiner ersten Versuchsreihe war er geneigt gewesen anzunehmen, dass die Erscheinung von äußeren Bedingungen abhängt, wie schiefes Aufsetzen der Spitzen, ungleichförmiges Aufdrücken derselben u. s. w. Er fand aber, dass der Vexirfehler nicht nur zu dem Urtheil »mehr als ein Punkt«, sondern auch zu dem deutlichen Eindruck von zwei Spitzen führte. Dies kann nun von solchen äußeren Bedingungen nicht wohl hervorgebracht werden. In neuerer Zeit ist eine ähnliche Ansicht auch von Nichols⁴⁾ vertreten worden. Fechner behauptet, dass der Vexirfehler, wo er innerhalb gemischter Versuchsreihen (d. h. wo bald eine, bald zwei Spitzen verwendet werden) vorkomme, eine Erscheinung des Contrastes

1) Fechner, Elemente der Psychophysik, Bd. II, S. 486, Leipzig 1889.

2) Dies scheint der nicht gelungene Versuch Fechner's gewesen zu sein. Fechner: Ueber die M. d. r. u. f. Fälle. Leipzig 1884. S. 137 u. f.

3) Zeitschrift f. Biologie, Bd. XIX, S. 280—300.

4) Nichols, Our Notion of Time and Space. Boston 1894. S. 156 ff.

sei¹⁾: wo er aber am Anfange einer solchen Versuchsreihe oder bei reinen Vexirversuchen vorkommt, schließt er sich der Theorie Camerer's an: »Die Entstehung der Vexirfehler an sich selbst aber scheint in der Hauptsache eine Sache [der Einbildung zu sein, wenn schon die Mitwirkung anderer Momente dabei nicht ausgeschlossen ist«²⁾.

IV.

Gehen wir nun zu einer kurzen Betrachtung einiger weiteren Erscheinungen der Vexirfehler über, wie sie in den Versuchen vorkamen, welche den Zweck hatten, das Vorkommen von Vexirfehlern zu beeinflussen. Dies geschah in zwei Richtungen. Zunächst wurde der Versuchsperson suggerirt, dass bloß eine Spitze in 10 Versuchen aufgesetzt werden würde, worauf das Resultat mit 10 »unwissentlichen« Vexirversuchen verglichen wurde. Sodann wurden der Versuchsperson zwei Spitzen gezeigt, aber bloß eine derselben aufgesetzt, und die Resultate abermals mit unwissentlichen Vexirversuchen verglichen. Nach der Ausführung von 14 Versuchsreihen bei Herrn Dr. M., die den Zweck hatten, die Schwelle zu bestimmen, war jedoch gar keine Schwelle ersichtlich. Da es unmöglich ist, die Art der Vexirversuche in Tabellen oder bloßen Beschreibungen wiederzugeben, sollen die folgenden Vexirversuche als Beispiele herausgegriffen werden. Zunächst wurde eine Spitze 10 Mal unwissentlich aufgesetzt und die folgenden Antworten gewonnen:

- 1) Zwei Spitzen gleichzeitig: die eine stärker und tiefer sinkend.
- 2) Eine linienartige Tastvorstellung.
- 3) Zwei — die eine stärker als die andere.
- 4) Zwei — eben merklich, durch eine linienartige Tastvorstellung verbunden.
- 5) Zwei — gleichstark, gleichzeitig und deutlich getrennt.
- 6) Zwei — eine Linie mit zwei Punkten an den Enden.
- 7) Zwei — dasselbe.
- 8) Eine Linie, die allmählich zwei Endpunkte zeigte.
- 9) Zwei — eben merklich verbunden.
- 10) Zwei — verbunden. Die Linie ist zunächst keine Gesichtsvorstellung.

Sodann wurde der Versuchsperson gesagt, dass nur eine Spitze aufgesetzt werde, sie solle aber die Empfindung unbefangen beschreiben. Darauf wurden die folgenden Antworten gewonnen:

1) Fechner, Ueber die Meth. d. r. u. f. Fälle. Leipzig 1884. S. 131 u. 137.
2) a. a. O. S. 306.

- 1) Eine Spitze, aber ausgebreitet.
- 2) Eine Spitze.
- 3) Eine Spitze mit diffuser Ausbreitung.
- 4) Eine Spitze mit eben merklicher Ausbreitung.
- 5) Eine Spitze.
- 6) Dasselbe.
- 7) Eine Spitze, etwas ausgebreitet.
- 8) Dasselbe.
- 9) Dasselbe.
- 10) Eine Spitze.

Der berührte Hautpunkt war innerhalb $\frac{1}{8}$ mm der nämliche wie in den obigen 10 Versuchen. Der Punkt war mit Anilin markirt und wurde bei jedem Versuche möglichst genau getroffen. Die Versuche wurden an drei Tagen wiederholt, mit denselben Resultaten. Gleichzeitig wurden Versuche mit zwei Spitzen und mit Abstufungen von 5 mm angewandt, bis zur Entfernung von 20 mm: gleichwohl lautete die Antwort »eine Spitze«. Bei 20 mm bemerkte Herr Dr. M., »es könnten auch 2 sein: jedenfalls sei eine Ausbreitung da«. Wurde dann wieder eine Spitze aufgesetzt, so erschien dieselbe Antwort wie bei 20 mm: »es scheint, als ob zwei da waren«. Schließlich betrachtete die Versuchsperson die Hautstelle, während eine Spitze aufgesetzt wurde, fühlte jedoch zwei deutliche Empfindungen, eine an dem wirklichen Ort der Spitze oder auf der einen Seite derselben, die andere auf der anderen Seite, und zwar anscheinend in verschiedener Entfernung, zuweilen auch mit diffuser Verbindung. Bei Entfernungen von 5, 10, 15 und 20 mm, wo die Spitzen früher immer als zwei wahrgenommen worden waren, und wo der Reiz sehr diffus war, wurde doch in Folge der Suggestion, dass nur eine Spitze aufgesetzt werde, auch nur eine Spitze anscheinend wahrgenommen. Bei Herrn Str. wurde diese Erscheinung ebenfalls beobachtet und folgendermaßen geprüft: Ihm wurde eine Spitze gezeigt, während zwei bei einer Entfernung von 20 mm (d. i. etwas oberhalb der Distanz, die als die Schwelle der Stelle bestimmt war) aufgesetzt wurden. Die Antwort »zwei Punkte« wurde nur fünf Mal bei im ganzen 37 Versuchen gegeben, die andern 32 Wahrnehmungen erschienen als ein einzelner, mehr oder weniger ausgebreiteter, bald linienartiger, bald punktförmiger Reiz.

Gehen wir sodann zu den Beobachtungen über, bei denen versucht wurde, den Vexirfehler durch das Zeigen von zwei Spitzen zu

beeinflussen. Ein Theil dieser Versuche ist schon früher veröffentlicht¹⁾ worden. Deshalb sei hier bloß das Resultat wiedergegeben: »diese Tabellen zeigen deutlich, dass die Erwartung von zwei Punkten einen sehr bedeutenden Einfluss auf die Zahl und Art der Vexirfehler hat. Wir sehen nämlich, dass bei T. in den 49 Versuchen, in denen zwei Spitzen gezeigt wurden, zehn Mal ein Punkt und 39 Mal zwei Punkte wahrgenommen wurden: die andere Versuchsperson, Str., hat in 51 Versuchen 11 Mal einen Punkt und 40 Mal zwei Punkte angegeben; dagegen in den Versuchen, wo eine Spitze gezeigt und auch ein Punkt berührt wurde, hat T. 24 Mal in 28 Versuchen und Str. 14 Mal in 23 Versuchen einen Punkt empfunden«. Bei einer andern Versuchsperson hatten die gezeigten Spitzen einen in 5 mm abgestuften Abstand, den man zu Schwellenbestimmungen nach der Methode der Minimaländerungen hätte anwenden können. Dabei wurde die Versuchsperson veranlasst, nicht bloß die Zahl, sondern auch in Fällen, wo scheinbar zwei Spitzen wahrgenommen wurden, die wahrgenommene Empfindung anzugeben. Die Resultate sprechen sehr deutlich für den Einfluss der Suggestion, indem die angegebenen Entfernungen der angeblich wahrgenommenen Punkte eine ziemlich regelmäßig abgestufte Reihe bildeten. Dieselben Versuche wurden noch bei den Herren Fr. und M., die, wie schon angegeben, fast keine Vexirfehler machten, ausgeführt, aber ohne denselben Erfolg. Nach wenigen Versuchen, in denen die Spitze richtig wahrgenommen wurde, sagte die Versuchsperson ganz einfach: »Sie setzen die gezeigten Spitzen nicht auf die Haut«; sie ließ sich also gar nicht täuschen. Im allgemeinen ergibt sich aus diesen Versuchen das folgende Resultat: bei Versuchspersonen, die daran gewöhnt werden, Vexirfehler häufig zu begehen, wirkt die eben beschriebene Suggestion vollkommen; bei Versuchspersonen, die Vexirfehler überhaupt sehr selten machen, bleibt die Suggestion fast wirkungslos. Stellt man nun die Versuche über den Vexirvorgang, die schon ausgeführt worden sind, mit diesem Resultat zusammen, so kann man vielleicht annehmen, dass eine suggerirte Vorstellung schließlich bei allen minimalen Distanzen zum nächsten Maßstabe

1) Henri und Tawney, Ueber die Trugwahrnehmung zweier Punkte. Philos. Studien XI, S. 402 f., Tabellen V, VI.

der Wahrnehmung wird, dass man aber dieselbe in Folge von früheren Erfahrungen über die Tastempfindungen und in Folge eines hinzutretenden Abstractionsvorgangs auch wieder ablehnen kann.

Schon in den Versuchen von Herrn Cham. erschien das Vermeiden des Vexirfehlers in Folge solcher secundärer Vorgänge möglich. Er machte sehr oft im Anfange der Versuchsstunde so viele Vexirfehler, dass eine sichere Schwelle nicht bestimmt werden konnte, aber nachher wurde das Urtheil constanter. Auch bei anderen Versuchspersonen waren Vexirfehler an einigen Tagen häufiger als an anderen, obgleich die Hautstellen dieselben waren. Die Versuche bei den Herren Ladd und Eber seien auch hier wieder hervorgehoben. Im Anfange waren Vexirfehler bei ihnen sehr häufig; nachdem die Versuche mit jedem von ihnen ausführlich besprochen waren, wurden ihre Schwellenwerthe größer und constanter, und Vexirfehler erschienen fast gar nicht mehr. Ich habe selbst versucht, mit der Hülfe des Herrn H. A. Senter, die zwei Verfahrensweisen willkürlich anzuwenden und Versuche an einem Tage nach der einen, an einem anderen Tage nach der andern auszuführen. Der Versuch gelang einigermaßen. Nach einiger Zeit war ich gar nicht mehr im Stande, die Trugwahrnehmungen von richtigen Wahrnehmungen zu unterscheiden. An anderen Tagen konnte ich jedoch die Spitzen in gemischten Versuchsreihen in der Regel richtig wahrnehmen. Sehr oft übte der Versuch, alle Suggestion zu vermeiden, gerade die entgegengesetzte Wirkung aus: dies ist, wie es scheint, in der Regel das Resultat, wenn eine Versuchsperson, die häufige Vexirfehler überhaupt begeht, Vexirversuche an sich selbst machen lässt. Um dies zu vermeiden, nahm ich mir vor jenen Suggestionen fest vor, die Tastempfindung allein bei jedem Versuch zu beobachten. Aber auch dies gelingt nicht leicht, wenn man nicht viele solche Versuche schon gemacht hat. Jedenfalls muss man von dem Reizobject und allen äußeren Umständen der Versuche ganz abstrahiren, und dies ist viel mehr eine Sache der Gewohnheit als der Willkür. Doch kann nicht geleugnet werden, dass unter Umständen auch die letztere einen Einfluss ausübt. In dieser Beziehung sind einige Beobachtungen an Herrn Dr. M. lehrreich. Nach mehreren Versuchen, bei denen Vexirfehler häufig auftraten, wurde der Unterschied der verschiedenen Versuchspersonen bezüglich des Vorkommens von Vexirfehlern mit ihm

besprochen, sodann die scheinbar genauere Analyse der Empfindungen, welche bei solchen Personen vorkommen, die Vexirfehler machen. Auch die Seltenheit der Vexirfehler bei manchen Beobachtern wurde erwähnt. Darauf wurden gemischte Reihen von Vexirversuchen an- gestellt, und zwar mit abwechselnd einer und zwei Spitzen: im letz- teren Falle betrug die Spitzen immer dieselbe Entfernung, nämlich 30 mm. Das Resultat war, dass die Spitzen bei jedem Versuch richtig wahrgenommen wurden. Dies konnte vielleicht daher entstehen, dass der Contrast sehr stark war (Fechner). Darauf folgten aber 10 reine Vexirversuche, in denen die Spitze gleichfalls immer richtig wahr- genommen wurde — ein Resultat, das niemals früher beobachtet war, ausgenommen wenn es der Versuchsperson vorher suggerirt war, dass nur eine Spitze angewendet werde. Diese Reihen wurden nachher innerhalb derselben Stunde zweimal wiederholt, und mit nur vier Ausnahmen wurden die Spitzen richtig wahrgenommen. An einem späteren Tage wurden die folgenden vier Schwellenbestimmungen gemacht. Die linke Columne gibt den Abstand der Zirkelspitzen in Millimetern an, die rechte die Antwort der Versuchsperson. Die Hautstelle war auf der Dorsalseite des rechten Vorderarmes zwischen 9 und 12 cm von der Linie des Handgelenks nach dem Ellen- bogen hin.

1.		2.		3.		4.	
5 mm	1						
10	1	10	1	10	1	10—20	1
15—30	1	15—25	1	15—25	1	25	2
35	2	30	2	30	2	30	?
40	2	35	2	35	2	30	2
45	2	40	2	40	2	35	2

Man sieht aus diesen Bestimmungen eine deutliche und constante Schwelle, wo früher keine Schwelle bestimmt werden konnte. Auch zeigt sich noch einmal, dass das Begehen von Vexirfehlern von der Versuchsperson selbst vermieden werden kann. Die Frage, wie dies geschehen ist, ist aus den Thatsachen selbst nicht ohne weiteres zu beantworten; aber einige Aussagen des Herrn Dr. M. scheinen wohl zutreffend zu sein. Sein Verfahren erschien zunächst als ein Versuch, die Wahrnehmungsweise anderer Versuchspersonen', deren sonstiges

Verhalten ihm bekannt war, sich vorzustellen und selbst nachzuahmen. Dabei bemerkte er folgendes: »ich passe sonst zu genau auf Nebenerscheinungen auf«, »man soll bloß fragen, was für ein Object die Haut berührt, soll die Empfindung von dem Object überhaupt nicht unterscheiden u. s. w.« Es schien dem Herrn Dr. M. günstig zu sein, die Aussagen möglichst rasch und die Zwischenzeit der einzelnen Versuche sehr kurz zu machen. Entscheidend ist offenbar, dass man versucht, bloß Aussagen über das äußere Object selbst zu machen, ohne sich durch die subjectiven Nebenerscheinungen der Empfindung beirren zu lassen; das zweite, die Verkürzung der Zwischenzeit, ist nur ein Hilfsmittel für das erstere. Von Camerer wurde bei seiner ersten Versuchsanordnung¹⁾ gefunden, dass, wo Vexirversuche zwischen Versuchen mit zwei Nadeln eingeschaltet sind, die Länge der Zwischenzeit einen beträchtlichen Einfluss ausübt. Dies Resultat wird auch durch die vorliegende Untersuchung bestätigt, aber die Thatsache lässt sich leicht übereinstimmend mit Fechner²⁾ durch den Contrast erklären, der in solchen Versuchen zur Geltung kommt. In seiner zweiten Versuchsanordnung³⁾ wählte Camerer sehr lange Zwischenzeiten, 5 Minuten und eine halbe Stunde, und der betreffende Einfluss fiel in Folge dessen hinweg. Bei reinen Vexirversuchen, wie auch bei Schwellenbestimmungen nach der Methode der Minimaländerungen mit kleinen Abstufungen, scheint aber der Contrast keinen beträchtlichen Einfluss auszuüben.

Vergleichen wir die Angaben des Herrn Dr. M. und die Erfahrungen bei Herrn E. mit den Angaben jener Versuchspersonen, bei denen umgekehrt eine große Verkleinerung der Schwelle stattgefunden hatte, so finden wir einen gerade entgegengesetzten Verlauf der Versuche, wie die folgende Uebersicht zeigt:

Die eingeübten Versuchspersonen

Hef., Ar. und P.

Dr. M. und E.

Im Anfange: Aufmerksamkeit objectiv, Stellung gegen den Tastedruck passiv, Hülfe für das Urtheil die mit dem Eindruck durch frühere Er-

Im Anfange: Aufmerksamkeit subjectiv auf die Tastempfindung gerichtet, Stellung gegen diese activ und analysirend, Hülfe für das Urtheil durch

1) Camerer, Zeitschrift für Biologie. Bd. XVII. S. 1 ff.

2) Fechner, Ueber die M. d. r. u. f. Fälle. Leipzig 1884. S. 131.

3) Camerer, a. a. O. Bd. XIX. S. 280 ff.

fahrung in Complicationsverbindung stehenden Gesichtsvorstellungen.

Am Ende: Aufmerksamkeit subjectiv auf die vom Reizobject abstrahirte Tastempfindung gerichtet, Stellung gegen diese Empfindung activ und analysirend, Hülfe für das Urtheil die Suggestion der Gesichtsvorstellungen, die auf die Empfindung wirken.

Gesichtsvorstellungen, die suggestiv auf die Tastempfindung wirken.

Am Ende: Aufmerksamkeit objectiv, Stellung gegen den Tasteindruck passiv, Hülfe für das Urtheil die mit dem Eindruck in Complicationsverbindung stehenden Gesichtsvorstellungen.

Die ganze sogenannte Einübung scheint hiernach eigentlich nichts anderes zu sein, als ein Process, wodurch ein Autosuggestionsverfahren im Bewusstsein der Versuchsperson sich abspielt: die Trugwahrnehmung zweier Punkte, der sogenannte Vexirfehler, erscheint in diesem Falle als ein Product der durch »Einübung« hergestellten Autosuggestion. Bei beiden Classen von Versuchspersonen aber scheint die Autosuggestion schließlich durch Abstraction von dem objectiven Eindruck und seinen Gesichtscorruptionen, sowie durch die Absicht, die Schwelle so klein und genau wie möglich zu machen, vorbereitet zu sein.

Noch bleiben uns einige weitere Eigenschaften des Vexirfehlers zu erörtern übrig. Nach dem Protocoll dieser Versuche scheinen die zwei Punkte des Vexirfehlers sehr oft weder gleichzeitig noch gleichstark noch gleichförmig zu sein. Die Versuchspersonen wurden absichtlich selten nach den Umständen des Auftretens der Vexirfehler gefragt, weil dadurch die Aufmerksamkeit zu sehr auf Nebenerscheinungen der Versuche gerichtet gewesen wäre. Soweit, wie diese Methode reichen kann, stellt sich heraus, dass die Thatsachen sich verschieden bei verschiedenen Versuchspersonen verhalten. Bei Herrn Stratton erscheinen die als angeblich zwei wahrgenommenen Punkte in der Regel gleichzeitig, gleichförmig und gleichstark. Bei Herrn Dr. M. und Dr. Br. war dies nicht der Fall. Es sei aber bemerkt, dass bei früheren Versuchen über den Vexirfehler, wo die Versuchsperson immer um eine ausführlichere Beschreibung gebeten wurde, die Punkte in der Mehrzahl der Fälle als gleich angegeben wurden, während bei denselben Versuchspersonen, wo bloß um gelegentliche Beschreibung gebeten wurde, die Punkte in der Regel ungleich erschienen. Daher kann man annehmen, dass die Suggestion, welche die Fragestellung des Experimentators in jenen Versuchen schließlich

ausübte, die zwei Punkte im allgemeinen als gleich erscheinen ließ. Dies stimmt mit der Beobachtung des Herrn Ar. überein, dass er seine Trugwahrnehmungen von seinen richtigen Wahrnehmungen zu unterscheiden vermöge. Aber sobald man versucht, diese Unterscheidung zu vollziehen, macht sich eine Suggestion geltend, und die Punkte werden gleich, wie mehrfach bei Herrn A. und auch anderen Versuchspersonen constatirt wurde. Oft erscheint ein Punkt mit einer mehr oder weniger diffusen Ausstrahlung nach einer Richtung hin, die der Versuchsperson aber genügend einheitlich vorkommt, um als ein Punkt bezeichnet zu werden. Anderemale erscheinen die Punkte gleichförmig, aber durch eine linienartige Empfindung verbunden. Zuweilen erscheinen sie als eine Linie. Wenn man ferner eine Hautstelle mit weicher Unterlage ganz leise mit einer Spitze berührt, so wird vielfach nur eine Empfindung erzeugt; sobald aber die Spitze tiefer einsinkt, wird die Antwort »zwei Spitzen« gegeben. Hier könnte man annehmen, dass der Vexirfehler durch das Dehnen der Haut oder andere physiologische Veränderungen erzeugt werde. Dagegen lässt sich jedoch bemerken, dass 1) bei einer solchen Berührung mit offenen Augen man zunächst eine diffuse, aber ziemlich gleichmäßig ausgebreitete Empfindung hat, die sich nur durch Autosuggestion als punktförmig vorstellen lässt, und dass 2) Vexirfehler eben so häufig auf Stellen zum Vorschein kommen, wo die Unterlage hart ist. Auf dem Knochen der Dorsalseite des Handgelenks und auf dem Fußknöchel erscheinen Vexirfehler ebenso häufig wie auf der Volarseite des Vorderarms. Aus dem Auftauchen des Vexirfehlers durch das tiefere Drücken der Spitze ist daher höchstens zu schließen, dass die von G. E. Müller¹⁾ hervorgehobenen Irradiationserscheinungen aller Tastempfindungen das Vorkommen von Vexirfehlern unter Umständen begünstigen können.

Ueber die Richtung, in welcher die zwei angeblich wahrgenommenen Punkte liegen, wurden folgende Versuche angestellt. Zunächst gab die Versuchsperson in 10 Versuchen die Richtung an, ohne Suggestion vom Experimentator; sodann wurden 10 Versuche ausgeführt, nachdem der Versuchsperson gesagt war, dass zwei Spitzen in einer bestimmten Richtung aufgesetzt würden. Bei den ersten

1) G. E. Müller, Pfüger's Archiv, Bd. 19, 1879, S. 217 f.

Versuchen waren die angegebenen Richtungen im Ganzen zwischen querer, longitudinaler und diagonalen Richtung von rechts nach links und von links nach rechts ziemlich gleich eingetheilt. Bei einigen Versuchsreihen wurde auch die Richtung überwiegend als quer angegeben, bei anderen aber als longitudinal oder diagonal. Das Ueberwiegen einer Richtung lässt sich durch eine beliebige Autosuggestion leicht erklären. Bei den Versuchen, bei denen der Versuchsperson vorher gesagt war, dass eine bestimmte Richtung inne gehalten werde, zeigte sich sehr deutlich der Einfluss dieser Suggestion. Wo die quere Richtung z. B. suggerirt war, wurden aus 26 Versuchen im Ganzen 16 mit querer Richtung angegeben: einmal wurde eine Linie in querer Richtung empfunden, 7mal zwei Spitzen in diagonalen, 2mal in »fast longitudinalen«. Bei diesen Versuchen zeigte sich auch oft die entgegengesetzte Wirkung, wie sie bei aller Suggestion möglich ist, indem die Versuchsperson unwillkürlich Autosuggestion ausübte. Aus einer derartigen Reihe von 15 Versuchen, wo die Längsrichtung suggerirt wurde, waren die empfundenen Punkte 6mal in querer Richtung, 3mal in longitudinalen (parallel dem Arm), 3mal in »fast longitudinalen«, 1mal in diagonalen von links nach rechts und 2mal von rechts nach links.

Auch über die Unterscheidung zwischen einem linienartigen und einem punktartigen Reiz ergeben sich aus den Versuchen von Herrn Franz einige interessante Beobachtungen. Es sei hier nochmals hervorgehoben, dass diese Versuchsreihen angefangen wurden, ohne der Versuchsperson irgend welche Nachricht über die Art oder den Zweck der Versuche mitzuthellen. Herr Fr. empfand zuerst bei einer Entfernung der Spitzen von 2 mm einen linienartigen Reiz. Er antwortete »eine Linie«, bis die Entfernung der Spitzen durch 2 mm-Abstufungen 48 mm war. Bei dieser Entfernung gab er an: »ich bin der Meinung, dass Sie mit einer Karte berühren«. Die Entfernungen wurden immer weiter bis zu 82 mm abgestuft. Manchmal schienen die zwei Enden des angeblichen Kartenrandes abwechselnd stärker gedrückt zu werden: solche Wahrnehmungen wurden von ihm als »rocky« bezeichnet und wir behalten den Ausdruck in dem folgenden Versuchsbeispiel bei. Die ersten Zahlen bedeuten die Entfernung der Spitzen in Millimetern. Die Richtung des Aufsetzens war stets longitudinal.

- 2 — eine Linie, Karte oder Aehnliches, etwa 2 oder 3 mm lang.
- 4 — ähnlich, aber punktförmiger.
- 6 — eine Linie, 2 oder 3 mm lang.
- 8 — eine Linie, 5 mm lang.
- 1 Punkt — eine Linie, dieselbe Länge.
- 1 Punkt — eine Linie, dieselbe Länge.
- 10 — eine Linie, länger.
- 12 — eine Linie, dieselbe Länge wie die vorige.
- 14 — eine Linie, 10 mm.
- 16 — eine Linie, 2 oder 3 mm.
- 18 — ein stumpfer Punkt.
- 20 — eine Linie, 5 mm, logitudinal (parallel dem Arm).
- 22 — eine Linie, 4 oder 5 mm, transversal.
- 24 — eine Linie, 10 mm, transversal.
- 26 — eine Linie, 5 mm, diagonal.
- 28 — eine Linie, 7 oder 8 mm, longitudinal.
- 30 — eine Linie, 7 oder 8 mm, diagonal.
- 32 — eine Linie, 7 oder 8 mm, diagonal.
- 34 — eine Linie, 7 oder 8 mm, longitudinal.
- 36 — eine Linie, 10 mm, »rocky«.
- 38 — eine Linie, 5 mm, longitudinal.
- 40 — eine Linie, 10 mm, longitudinal, »rocky«.
- 42 — eine Linie, 10 mm, longitudinal.
- 44 — eine Linie, 5 mm, longitudinal.
- 46 — eine Linie, 10 mm, loagitudinal, »rocky«.
- 48 — eine Linie, 10 mm, longitudinal.
- 50 — eine Linie, 5 mm, longitudinal.
- 52 — ein stumpfer Punkt.
- 54 — eine Linie, 2 oder 3 mm, keine Richtung erkennbar.
- 56 — zuerst ein Punkt, wurde »rocky«.
- 58 — ein Punkt.
- 60 — eine Linie, 4 mm, diagonal.
- 62 — eine Linie, 2 oder 3 mm, diagonal.
- 64 — ein stumpfer Punkt.
- 66 — eine Linie, 5 mm, longitudinal, »rocky«.
- 68 — eine Linie, 10 mm, longitudinal, »rocky«.
- 70 — eine Linie, 3 mm, transversal.
- 72 — ein stumpfer Punkt.
- 74 — eine Linie, 5 mm, logitudinal, »rocky«.
- 76 — ein ausgebreiteter Punkt, keine Linie.
- 78 — ein stumpfer Punkt.
- 80 — mehr als zwei Punkte, »rocky«, mit deutlichen Enden.
- 82 — ein stumpfer Punkt.

Diese Versuchsreihe wurde 6 mal an verschiedenen Tagen wiederholt, mit immer demselben Resultat. Dass es sich hier um eine reine Autosuggestion handelt, lässt keinen Zweifel zu. Die Versuchsperson gibt an, dass sie die Vorstellung einer Karte aus den Empfindungen

allein bekam. Dies ist wohl annehmbar, weil die Uebergangsstufen zwischen der Empfindung eines Punktes und zweier Punkte, wie alle Versuchspersonen mehrfach angegeben haben, immer eine linienartige Empfindung ist. Die Angaben werden allen denjenigen überraschend sein, die den Einfluss centraler Apperceptionsvorgänge auf die Wahrnehmungen der Haut leugnen, wie auch denjenigen, welche die Wahrnehmung minimaler Distanzen auf Qualitätsunterschiede allein begründen wollen. Dass man einen Punkt oder eine Linie immer noch bei Entfernungen von 50—82 mm wahrnimmt, wo die Schwelle der Wahrnehmung zweier getrennter Punkte, wie spätere Bestimmungen zeigen, zwischen 30 und 45 mm liegt, ist vom Standpunkte dieser Erklärungsweisen unverständlich. Breiter konnte die Entfernung der Spitzen wegen der Kürze der Schenkel des Zirkels nicht gemacht werden, ohne die Spitzen schief aufzusetzen.

Aus diesen Versuchen wird ersichtlich, dass das scheinbare Erkennen der Zweiheit und der Richtung zweier Punkte, sowie des Unterschieds zwischen einem Punkte und einer Linie bei minimalen Distanzen größtentheils eine Sache der Autosuggestion ist. Man kann aber nicht behaupten, dass es ausschließlich so sei, weil der vorbereitende Einfluss einer diffusen Irradiation des Reizes sich immerhin noch nachweisen lässt. Was die Irradiation aber nicht zu erklären vermag, das ist die Punktförmigkeit, die Linienartigkeit und die Zweiheit der Empfindungen bei minimaler Distanz der Spitzen. Bei den kleineren Entfernungen der Spitzen, die unter der Schwelle liegen, scheinen diese der Versuchsperson erscheinenden Eigenschaften des Reizes fast, wenn nicht ausschließlich, aus reinen Autosuggestionen zu entstehen.

V.

Die mitgetheilten Beobachtungen bestätigen die Anschauung, dass das Ganze einer Wahrnehmung niemals mit dem Reize allein gegeben ist, sondern dass die Vorstellungselemente theilweise stets von Associationsverbindungen herrühren. »Es bleibt nur die Annahme möglich«, wie Wundt sagt, »dass durch jeden Sinneseindruck eine Menge von Dispositionen, die von früheren Eindrücken zurückgeblieben sind, in Miterregung geräth, und dass von diesen Miterregungen jedesmal solche in die neugebildete Vorstellung eingehen,

welche mit dem gegebenen Eindruck eine geläufige Vorstellung bilden können¹⁾. Die Erinnerungselemente, die in die neugebildete Vorstellung eingehen, sind durchweg nur Theile früherer Vorstellungen. Dabei werden, wie schon Scripture²⁾ festgestellt hat, die übrigen Elemente der Vorstellungen entweder nicht percipirt und bleiben außerhalb des Bewusstseins, oder sie werden percipirt, aber nicht appercipirt, indem sie in die undeutlichen Regionen des Bewusstseins gelangen, ohne irgend welchen Einfluss auf die neugebildete Vorstellung selbst auszuüben. Dagegen übt der Sinneseindruck auf die Erinnerungselemente eine verstärkende Wirkung aus, so dass sie von den durch den äußeren Reiz erweckten Empfindungen nicht mehr unterschieden werden können. Jede Wahrnehmung besitzt in diesem Sinne den Charakter einer Illusion oder Trugwahrnehmung, obgleich sie speciell nur dann so bezeichnet wird, wenn die so entstandene Vorstellung mit den Sinneseindrücken anderer Sinnesgebiete oder desselben Sinnesgebietes zu anderen Zeiten nicht vereinbar ist.

Damit die Versuchsperson durch die Tasteindrücke, die das Aufsetzen der Spitzen erzeugt, zwei Spitzen richtig wahrnimmt, ist es erforderlich, dass 1) die Tastempfindung mit früheren auf diese Weise erzeugten Empfindungen als gleich appercipirt wird, und dass 2) diese Empfindungen durch die Gesichtsvorstellungen ergänzt werden, die mit denselben in früheren Wahrnehmungen durch Association verbunden sind.

Aus den schon erwähnten Untersuchungen und Erörterungen von Scripture und Wundt wird ersichtlich, dass die Erinnerungselemente, die in eine Vorstellung eingehen, durch die Vorstellungen, die der Wahrnehmung unmittelbar vorangehen und dieselbe so zu sagen beherrschen, bestimmt werden. Stellt die Versuchsperson sich vor, dass entweder eine oder zwei in früheren Gesichtsvorstellungen enthaltene Spitzen auf die Haut aufgesetzt werden, und lässt sie die durch frühere Erfahrung gewonnene Berührungsassociation zwischen dem Tasteindruck und den Gesichtsvorstellungen entscheiden, ob sie eine oder zwei Spitzen wahrnehme, so entsteht eine Vorstellung, welche hinsichtlich des Verhältnisses der Tastempfindung zum Reizobject früheren Vorstellungen entsprechen wird. Stellt sie

1) Wundt, Philos. Stud. Bd. VII. S. 338.

2) Scripture, Philos. Stud. Bd. VII. S. 50 ff.

sich aber vor, dass entweder eine oder zwei Spitzen in die Wahrnehmungsvorstellung je nach den Qualitätsunterschieden der Tastempfindung eingehen, so wird eine Uebereinstimmung zwischen dem Tasteindruck und der Gesichtsvorstellung ganz und gar davon abhängen, ob die scheinbaren Qualitätsunterschiede der Tastempfindung von früheren Empfindungen thatsächlich den äußeren Reizen entsprechen. Stellt sie sich bei minimalen Distanzen vor, dass vielleicht oder wahrscheinlich zwei Spitzen auf der Haut ruhen, so wird die Möglichkeit einer Gesichtsvorstellung von zwei Spitzen lediglich davon abhängig sein, dass sich die Versuchsperson zwei Tasteindrücke, die untereinander in Berührungsassociation stehen, klar vorstellen kann. Wenn sie schon von vornherein an psychologische Analysen gewöhnt ist, wird sie dies sogleich vollziehen können. Falls sie sich jedoch mit der Analyse ihrer Empfindungen überhaupt nicht sehr viel beschäftigt hat, wird es erforderlich sein, ehe sie zwei Spitzen bei minimaler Distanz wahrnimmt, dass die Empfindungen derselben erst in Association mit der Vorstellung gebracht werden. Wenn aber dies einmal geschehen ist und die Aufmerksamkeit der Versuchsperson auf den Tasteindruck allein gerichtet wird, dann sind die Bedingungen für eine plötzliche Abnahme der scheinbaren Schwelle vorhanden, wie dies bei den Herren Hef., Ar. und P. schon erwähnt wurde. Bei Herrn Hef., der sich am wenigsten mit psychologischen Untersuchungen beschäftigt hatte, war diese Abnahme am deutlichsten: zunächst steht Herr P. und in dritter Reihe Herr Ar., der sich zwar viel mit Psychologie beschäftigt, aber auf Tastempfindungen bis dahin wenig seine Aufmerksamkeit gerichtet hatte.

Es ist aber doch nicht zu erwarten, dass solche Versuchspersonen bei jedem Reiz, welcher Art er auch sein mag, zwei Punkte empfinden werden. Dies kann nur dann vorkommen, wenn die Versuchsperson durch Gewohnheit, psychologische Bildung oder sonst irgendwie die Uebertragung der Aufmerksamkeit vom Reizobject auf die subjective Empfindung von Anfang an vollzogen hat. Wo sie eine »Einübung« gebraucht, bevor diese Uebertragung geschieht, wird das Urtheil für einen Zeitraum, in welchem die sogenannte Verkleinerung der Schwelle stattfindet, dem Associationsgesetz unterworfen sein. Diese zwei Fälle müssen deutlich unterschieden werden. In dem ersten stellt sich die Versuchsperson von Anfang an zwei Spitzen deutlich vor: im zweiten

geschieht dies nur als ein Product der »Einübung«. In jenem Falle kennt die Versuchsperson den Vorgang, durch den sie ihre Wahrnehmung vollendet hat; in diesem ist es in der Regel unmöglich, eine Beschreibung dieses Vorgangs anzugeben. In jenem handelt es sich um einen irreführenden Versuch, die Tastempfindung reflectiv zu analysiren; in diesem um einen Assimilationsvorgang¹⁾ unter Bedingungen, wo die Qualitätsunterschiede innerhalb der einzelnen Empfindung nicht genügend sind, um eine sichere Unterscheidung der Reize zuzulassen. Auf diese Weise ist es theilweise erklärlich, dass eine Spitze bei solchen Versuchspersonen bald als eine, bald als zwei wahrgenommen werden kann. Fängt man eine Versuchsreihe mit dem Aufsetzen einer Spitze an und setzt die Versuche dann mit zwei Spitzen in Abstufungen von 1 mm fort, so wird die Versuchsperson wahrscheinlich »eine Spitze« antworten, bis die Distanz 4 oder 5 mm beträgt. Bei dieser Entfernung wird die Empfindung »länglich« oder »ausgedehnt« (wie die Aussage häufig lautet); durch die Association dieser Empfindung mit der eines anderen Punktes wird diese nun in der That hervorgerufen. Sobald die Entfernung der Spitzen aber 7 oder 8 mm wird, hat die entstehende Empfindung mit der eines Punktes keine Aehnlichkeit mehr, und in Folge dessen kann nur wieder die Antwort »eine Spitze« erfolgen, falls nicht die Ueberzeugung, dass es eigentlich zwei Spitzen sein sollen, auch hier die Association hervorruft. Ist die Entfernung 20 oder 30 mm geworden, so werden nun zwei Spitzen wirklich wahrgenommen. Man erhält so die Erscheinung von zwei Schwellen, einer unteren und einer oberen. Bei fünf Versuchspersonen wurde diese Erscheinung bemerkt: bei Herrn A. am deutlichsten. In allen diesen Fällen wird die durch Association hervorgerufene Empfindung durch den Apperceptionsact in der Einheit einer Vorstellung zusammengefasst. Dann gibt der Tasteindruck selbst der ganzen Vorstellung die Stärke und Lebhaftigkeit einer wirklichen Wahrnehmung, und die Trugwahrnehmung ist fertig.

Dieser Process scheint namentlich den Erscheinungen in den Versuchen der Herren Hef., A. und P. zu Grunde zu liegen. Bei

1) Der Name Assimilation wird im Sinne Wundt's gebraucht, um die Verbindung eines Sinneseindrucks mit ihm gleichen Erinnerungselementen früherer Vorstellungen zu bezeichnen. (Philos. Stud. VII. S. 335.)

der Versuchsperson trat bei der Wahrnehmung minimaler Distanzen in der Urtheilbildung ein Assimilations- statt eines Complicationsvorganges ein: dies zeigt sich zunächst in der Richtung der Aufmerksamkeit auf den vom Reizobject unabhängigen Empfindungsinhalt und in der Beseitigung der sonst gewohnten Rückbeziehung der Tasteindrücke auf Gesichtseindrücke. Die Versuchsperson ist gar nicht im Stande, ihre Trugwahrnehmungen von richtigen Wahrnehmungen zu unterscheiden. Beide sind Apperceptionsvorgänge; aber während es bei der normalen Apperception keine dem Subject bewusste Pause zwischen dem Reiz und der Wahrnehmung gibt, ist sich bei der Trugwahrnehmung jede Versuchsperson einer solchen Pause bewusst. Ebenso gibt es dort keine bewusste Analyse des Empfindungsinhaltes; hier gründet sich das Urtheil auf eine solche, wodurch es schließlich zu jener auf Assimilation beruhenden Autosuggestion kommt.

Es sei hier kurz bemerkt, dass die Autosuggestion auch in anderen Gebieten eine große Rolle spielen kann. Fast überall, wo die Methode der Minimaländerungen angewendet wird, kann ihr Einfluss vorkommen. In keinem anderen Gebiet ist aber wohl dieser Einfluss so groß wie in dem des Tastsinnes. Will man denselben vermeiden, so ist es nach den Ergebnissen unserer Untersuchung vor allem erforderlich, die Aufmerksamkeit der Versuchsperson vollkommen objectiv und das Urtheil rein sensorisch zu erhalten. Dazu genügt es aber entschieden nicht, die Methode unwissentlich anzuwenden; dadurch wird vielmehr der Spielraum der Autosuggestion nur größer gemacht, wie die Versuche bei Herrn Franz zeigen. Die Versuche bei den Herren Mosch und Franz beweisen, dass eine vollkommen wissenschaftliche Anwendung der Methode am günstigsten war; dabei ist es aber erforderlich, dass die Versuchsperson bei minimalen Distanzen sich von aller Anstrengung, die Schwelle sehr genau anzugeben, möglichst frei hält. Es sollte ferner keine erhebliche Pause zwischen dem Reiz und dem Urtheil stattfinden, und jede Reflexion der Versuchsperson vermieden werden. Wo diese Bedingungen nicht durchaus innegehalten werden, können die Resultate nicht sicher als vertrauenswerth angesehen werden.

Von diesem Standpunkt aus seien an letzter Stelle einige als Beispiele herausgegriffene Arbeiten dieses Gebietes einer kurzen Kritik unterworfen.

Es wurde schon von Czermak¹⁾ bemerkt, dass die Schwelle für die Wahrnehmung zweier gleichzeitig gereizter Punkte der Haut bei Blinden und bei Leuten, deren Beruf eine besondere Uebung des Tastsinnes erforderlich macht, wie z. B. Schriftsetzern, kleiner ist als bei andern. Das Beispiel der Schriftsetzer ist aber für die Einübungstheorie deswegen nicht ohne weiteres beweiskräftig, weil das Erkennen der Buchstabenformen sehr wohl ein Assimilationsvorgang sein kann. Untersuchungen bei Blinden zeigen in der Mehrzahl der Fälle, dass dieselben eine kleinere Schwelle angeben als Sehende. Die Resultate Czermak's sind seitdem von Goltz²⁾, Gärtner³⁾, Heller⁴⁾ und Miss Washburn⁵⁾ bestätigt worden. Es wird aber von Heller bemerkt, dass der Unterschied zwischen den Sehenden und den Blinden in dieser Beziehung entschieden nicht so groß ist, wie früher angenommen wurde, und Uththoff⁶⁾ konnte sogar keine feinere Schwelle bei den Blinden als bei den Sehenden finden.

Bezüglich der von Henri und mir früher veröffentlichten Versuche über den Vexirfehler sei noch Folgendes erwähnt: Wir sind damals zu dem Schluss gelangt, »dass die Wahrnehmung zweier Punkte bei der Berührung eines Punktes der Haut zunächst von physiologischen Bedingungen (wahrscheinlich den Nervenverbindungen des berührten Punktes) abhängt, dass sie aber durch psychische Vorgänge, wie Wissen und Erwartung, beeinflusst wird«⁷⁾. Der erste Satz dieser Schlussfolgerung wurde aus den folgenden Thatsachen gezogen: es wurden zwei Punkte A und B auf dem Arm der Versuchsperson mit einer Spitze berührt. Aus den Tabellen I und II ist ersichtlich, dass 1) die wahrgenommenen Punkte einer Versuchsperson, die bei der Berührung von A auftraten, 25 mal in querer und nur 5 mal in longitudinaler Richtung zu sein schienen; bei der Berührung von B schienen sie aber nur 14 mal in querer und 20 mal in longitudinaler Richtung zu sein. Die Frage erhebt sich nun, warum

1) Czermak, Sitzungsber. d. Wiener Acad., 2. Abth. XVII, S. 563; Molesch. Unters. I, S. 188.

2) Goltz, De spatii sensu cutis. Königsberg 1858, S. 9.

3) Gärtner, Zeitschrift für Biologie. 1881. S. 56.

4) Heller, Philos. Stud. Bd. XI S. 226 f.

5) Miss Washburn, Philos. Stud. Bd. XI. S. 191 f.

6) Uththoff, Untersuch. über das Sehenlernen eines siebenjährigen blindgeborenen und mit Erfolg operirten Knaben. Hamburg und Leipzig 1891. S. 54.

7) Henri und Tawney, Philos. Stud. Bd. XI. S. 435.

die Punkte bei der Berührung von A meistens in einer Richtung, bei der Berührung von B aber meistens in der anderen Richtung zu liegen schienen. In Bezug auf die Gleichheit oder Verschiedenheit erscheinen die Punkte bei der Berührung von A 10 mal gleich und 21 mal verschieden, bei der Berührung von B aber 23 mal gleich und nur 12 mal verschieden. Wie sind diese Regelmäßigkeiten entstanden? Es wurde vorausgesetzt, dass die berührten Punkte der Versuchsperson nicht bekannt waren. Mehrere Punkte auf dem Arm wurden mit Anilin markirt, damit A und B von dem Subject nicht besonders bemerkt werden konnten; und es wurde als unmöglich angenommen, dass die Regelmäßigkeiten durch irgend einen psychischen Vorgang entstanden seien, weil die Versuchsperson nichts von den Punkten wissen konnte. Jeder Punkt musste daher mit andern neben ihm stehenden Punkten in irgend welcher physiologischer Verbindung stehen, um diese Regelmäßigkeiten hervorzubringen. Dieser Schluss scheint richtig, wenn zugegeben wird, dass die Versuchsperson thatsächlich nichts von den berührten Punkten wisse¹⁾. Schon aus allgemeinen Gründen aber, insbesondere aus der Thatsache, dass die Punkte A und B weit genug entfernt waren, um eigenthümliche locale Färbungen zu besitzen, ist zu vermuthen, dass die Versuchsperson doch manchmal denselben Punkt bei einer zweiten Berührung wiedererkannte. Ich hatte bei diesen Versuchen ziemlich oft den folgenden Gedanken: das ist derselbe Punkt, bei welchem ich früher zwei Reize in querer Richtung wahrnahm. Dann suchte ich, ob nicht wieder Punkte in derselben Richtung vorhanden seien, und sehr oft erschienen die zwei Empfindungen nach einiger Zeit. Der Autosuggestionsvorgang ist hier ganz deutlich. Auch von der Methode lässt sich vielleicht sagen, dass durch die Fragen, die an die Versuchsperson nach jedem Versuch gestellt wurden, die Aufmerksamkeit derselben zu sehr auf Nebenerscheinungen gerichtet und dadurch der normale Verlauf der Wahrnehmungen gestört worden sei. Ueberhaupt dürften diejenigen Angaben der Versuchspersonen die nützlichsten sein, die spontan, ohne suggestive Beeinflussung von Seiten des Experimentators gemacht werden.

1) Die Bemerkung des Herrn Judd (Philos. Stud. XII. S. 447) scheint auf einem Missverständniss dieser Folgerung zu beruhen: »physiologisch« heißt nicht nothwendig »peripherisch«, wie er vorauszusetzen scheint.