

# Ueber die Wahrnehmung von Druckänderungen bei verschiedenen Geschwindigkeiten.

Von

George Malcolm Stratton.

Mit 7 Figuren im Text.

---

Bei der Bestimmung der Unterschiedsempfindlichkeit für Druckempfindungen können die zu vergleichenden Empfindungsintensitäten entweder gleichzeitig oder successiv erfolgen. Bei successiven Reizen sind die Druckintensitäten entweder durch eine leere Zwischenzeit von einander getrennt, oder die Normalintensität fließt unmittelbar und ohne eine solche Unterbrechung in die Vergleichsintensität über. In letzterem Falle werden die Versuche dann so angestellt, dass man in den Verlauf eines continuirlich einwirkenden constanten Reizwerthes eine Intensitätsveränderung von bestimmter Größe und Geschwindigkeit einschaltet.

Die Versuche, deren Ergebnisse ich im Folgenden mittheilen möchte, wurden nach der letzterwähnten Anordnung ausgeführt. Es handelt sich in diesen Mittheilungen demnach besonders um die Bestimmung des Einflusses der Geschwindigkeit einer Druckänderung auf die Wahrnehmung des betreffenden Unterschiedes, oder genauer ausgedrückt auf die Größe der ebenmerklichen Druckänderung.

Die Feststellung dieses Einflusses erschien mir um so notwendiger, je mehr ich die Resultate der wenigen Untersuchungen, die über diese Frage bisher veröffentlicht sind, in Rücksicht zog. Die einzige ausführlichere Arbeit in diesem Gebiete stammt von Hall und Matora<sup>1)</sup>. Dieselbe enthält das kaum zu erwartende

---

1) Dermal Sensitiveness to Gradual Pressure Changes. American Journal of Psychology. Vol. I, p. 72.

Resultat, dass der ebenmerkliche Unterschied einer Druckänderung um so größer ist, je schneller derselbe erzeugt wird, obwohl ein einfacher Versuch uns überführen dürfte, dass wir bei annähernd momentanen Intensitätsänderungen außerordentlich empfindlich sind. Wenn demnach eine größere Geschwindigkeit eine Erhöhung der Unterschiedschwelle bedingt, so müssten wir erwarten, dass bei einer momentanen Druckänderung die Schwelle auf ihr Maximum steigen würde. Thatsächlich aber lässt sich leicht das Gegentheil beweisen.

Es wäre nun trotzdem möglich, dass ein Gesetz, wie es Hall und M o t o r a aufgestellt haben, bei den von ihnen verwandten, ziemlich langsamen Veränderungen Geltung hätte, obwohl bei schnelleren Veränderungen vielleicht ein von diesem verschiedenes Gesetz sich würde nachweisen lassen. In diesem Falle wäre es aber wünschenswerth, die Thatsachen noch genauer zu constatiren, sowie die beiden einander gegenüber stehenden Gebiete näher zu begrenzen, um für die eventuell vorhandenen beiden Gesetze zu einer Erklärung zu gelangen.

An Interesse gewinnen diese Fragen durch die Resultate, welche unlängst über Helligkeitsveränderungen von Stern<sup>1)</sup> mitgetheilt sind. Stern gelangte bei seinen Versuchen zu Resultaten, welche den von Hall und M o t o r a gefundenen völlig entsprechen. Er fand nämlich, dass der Schwellenwerth um so kleiner ist, je langsamer diese Veränderungen vorgenommen wurden. Dagegen fand er für annähernd momentane Veränderungen einen Schwellenwerth, der beträchtlich kleiner war als derjenige, der mit der langsamsten Geschwindigkeit gewonnen wurde. Das Paradoxe in diesen Ergebnissen hat Stern nachträglich selbst bemerkt<sup>2)</sup>. Er findet aber darin keinen wirklichen Widerspruch, weil der psychische Vorgang, wie er meint, bei momentaner Veränderung durchaus verschieden sei von demjenigen, bei welchem der Uebergang von der normalen

---

1) Die Wahrnehmung von Helligkeitsveränderungen. Zeitschrift für Psychologie u. Physiologie der Sinnesorgane. Bd. VII. S. 249.

2) Stern, Die Wahrnehmung von Helligkeitsveränderungen. Nachtrag. Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane. Bd. VII. S. 395.

Helligkeit zu dem Vergleichsreiz eine merkliche Dauer beansprucht. Er gibt übrigens weder eine nähere Beschreibung dieser Vorgänge, noch sucht er in seiner Darstellung das Verhältniss zwischen diesen Vorgängen und den gefundenen Schwellenunterschieden causal zu erklären. Wenn jedoch die psychischen Processe in beiden Fällen wirklich so verschiedene sind, so dürfte dies an und für sich noch keine Erklärung dafür abgeben, warum dem einen Vorgang ein kleinerer Schwellenwerth entspricht als dem anderen.

Um nun wenn möglich eine Antwort auf die eben berührten Fragen zu erhalten, suchte ich denselben in dem Institut für experimentelle Psychologie zu Leipzig vom Winter-Semester 1894/95 bis zum Ende des Winter-Semesters 1895/96 experimentell näher zu treten. Es ist mir eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle dem Herrn Geh.-Rath Professor Dr. Wundt, sowie seinen Assistenten Herrn Dr. Meumann und Herrn Dr. Kiesow für den stets erhaltenen freundlichen Rath und Beistand meinen aufrichtigen Dank auszusprechen. Ebenso bin ich den Herren Eber, Judd, Sherman und Tawney, die sich mir als Versuchspersonen freundlichst zur Verfügung stellten, vielfachen Dank schuldig.

In der nachstehenden Beschreibung habe ich diejenigen Versuche vorangestellt, welche sich auf momentane Druckänderungen beziehen. Dies ist einmal geschehen, weil sowohl der Apparat wie das Versuchsverfahren sich in mancher Hinsicht von derjenigen Anordnung unterscheiden, in welcher die Versuche mit langsameren Druckänderungen angestellt wurden, sodann aber auch, weil eine genauere Beschreibung der unter diesen Bedingungen stattfindenden psychischen Vorgänge die Darstellung der anderen Versuche beträchtlich erleichtern dürfte. Wir haben dann in den anderen Fällen nur anzugeben, in wie weit die späteren Versuche von den ersteren abweichen.

## I. Versuche bei momentanen Veränderungen.

Unter den Arbeiten, welche über annähernd momentane Druckveränderungen veröffentlicht sind, findet sich eine Anzahl, welche klinische oder andere Zwecke verfolgen, die aber für unsere Frage von weniger Bedeutung sind. Zu diesen gehören auch jene Unter-

suchungen, welche als Reizmittel eine schwingende Stimmgabel<sup>1)</sup> oder ein rasch rotirendes Zahnrad<sup>2)</sup> anwenden. Abgesehen von der Schwierigkeit, welche unter diesen Bedingungen das Constanthalten und die Bestimmung der Veränderungsgröße des Reizes hat, hängt die Wahrnehmbarkeit der Druckänderungen nicht nur von der Größe dieser Veränderung ab, sondern auch von der Geschwindigkeit der Succession und der damit zusammenhängenden Verschmelzung der Empfindungen. Die eigentliche Wirkung der Veränderungsgröße wird demnach auf diese Weise schwer erkannt werden. In den Versuchen von Rumpff<sup>3)</sup>, der den Hering'schen Aesthesiometer benutzte, spielen die Druckänderungen ebenfalls eine gewisse Rolle. Eine quantitative Bestimmung der Reizänderung ist mittelst seiner Anordnung nicht möglich. Daher können die Rumpff'schen Resultate wie auch die nach der Goltz'schen Methode<sup>4)</sup> gewonnenen für unseren Zweck nicht in Betracht gezogen werden.

Es finden sich zwar einige Untersuchungen, welche zu quantitativen Resultaten führten; dieselben sind jedoch wenig umfangreich, auch wurden sie meistens nach einem Verfahren ausgeführt, welches eine Nachprüfung desselben mit Ausschluss mehr oder weniger wahrscheinlicher Fehlerquellen wünschenswerth macht. In diesen Arbeiten, deren uns hier interessirende Resultate weiter unten angegeben sind, findet man noch einen auffallenden Mangel in der Unterscheidung der Hauptfälle. Die Zu- und Abnahmefälle sind ohne weitere Scheidung durch einander geworfen. Nur bei einem Beobachter (Dohrn) findet sich die Andeutung eines Unterschiedes dieser Fälle, doch geschieht dies in einer so unsicheren Weise, dass der Verfasser selbst den Unterschied in den Schwellenwerthen einigen Eigenthümlichkeiten seines Apparates zuschreibt. Außerdem werden von sämmtlichen Autoren die verschiedenen

---

1) Schwaner, Die Prüfung der Hautsensibilität mittelst Stimmgabeln bei Gesunden und Kranken. Marburg 1890.

2) Haycraft, Abstract of an Essay upon the Limitations in Time of Conscious Sensations. Brain. Vol. VII. p. 141.

3) Rumpff, Zur Physiologie und Pathologie der Tastempfindung. Archiv für Psychiatrie. Bd. XV. S. 841.

4) Goltz, Ein neues Verfahren die Schärfe des Drucksinnes der Haut zu prüfen. Centralblatt für die Medicinischen Wissenschaften. 1863. S. 273.

Stadien des Urtheils, je nachdem eine unbestimmte Veränderung oder eine bestimmte Zu- oder Abnahme wahrnehmbar ist, ganz vernachlässigt.

Dohrn benutzte nur ein Normalgewicht, nämlich 1 g<sup>1)</sup>, welches auf eine kreisförmige Hautfläche von 1 mm Durchmesser einen Druck ausübte. Er konnte auf diese Weise feststellen, dass an den Fingerspitzen eine Abnahme von 0,03—0,35 g, dagegen eine Zunahme von 0,2—0,5 g eben wahrgenommen wurde. Die größere Schwelle für die Zunahme suchte er aus dem Umstande zu erklären, dass seine Wage während dieser Versuche über die Empfindlichkeit bei der Druckzunahme mehr belastet als im entgegengesetzten Falle war, und daher weniger empfindlich sein musste.

Bastelberger beschränkte sich in seinen uns hier interessierenden Versuchen auf einen Normaldruck von 10 g. Er stellte Versuche an den Fingerspitzen an, indem er diesen Normaldruck abwechselnd zu- und abnehmen ließ. Hierbei ergab sich, dass auf einer Hautfläche von 4 mm Druckunterschiede von 4 g fast ausnahmslos richtig erkannt wurden<sup>2)</sup>. Sobald die Veränderung 4,5 g erreichte, wurden überhaupt keine falschen Urtheile mehr abgegeben.

Kruth fand<sup>3)</sup>, dass bei Normalgewichten von 5, 15 und 50 g auf den Spitzen des vierten und des fünften Fingers eine Veränderung von 1, 1—1½ resp. 1½—2 g eben wahrnehmbar war.

In den von Jastrow<sup>4)</sup> mit zwei Normalgewichten von 105 und 315 g ausgeführten Untersuchungen wurden Ab- und Zunahme immer combinirt, d. h. so dass der Normaldruck zu- bzw. abnahm und darauf zur Normalintensität zurückkehrte. Es fanden also hier immer zwei Veränderungen unmittelbar nach einander statt. Jastrow drückt dies Verhältniss durch die Formel  $A, A \pm a, A$  aus. Er berechnete aus seinen Reihen, dass sich die Anzahl der Fehler auf

1) Dohrn, Beiträge zur Druckempfindlichkeit der Haut. Zeitschrift für rationelle Medicin. Dritte Reihe. Bd. X. S. 339.

2) Bastelberger, Experimentelle Prüfung der zur Drucksinn-Messung angewandten Methoden. Stuttgart 1879.

3) Kruth, Untersuchung über den Drucksinn vermittelt der Landois'schen Quecksilber-Druckwage. Greifswald 1881.

4) Jastrow, Studies from the Laboratory of Experimental Psychology of the University of Wisconsin. American Journal of Psychology. Vol. III. p. 54.

25 % der Gesamthurtheile belaufen würde, wenn die Normal- und Vergleichsintensität im Verhältniss von 1 : 1,067 ständen. Weder die Größe der Berührungsfläche noch die Dauer der Abweichung von der Normalintensität sind aber von Jastrow angegeben. Außerdem kann man bei solchen Versuchen niemals wissen, wie weit sich das Urtheil auf die erste oder auf die zweite Veränderung gründet.

Alle die genannten Experimentatoren benutzten im wesentlichen den gleichen Apparat, nämlich eine Wage, welche an dem einen Ende ihres Balkens einen Druck auf die betreffende Hautstelle ausübte. Die Reizänderung ward dadurch hervorgebracht, dass der Experimentator durch Beschwerung oder Erleichterung der Balkenenden den Druck zu variiren suchte. Ob man nun die Höhe einer auf das Balkenende wirkenden Flüssigkeitssäule verändert, wie Kruth, oder ob man mit der Hand kleine Gewichte auf dasselbe legt oder davon nimmt, wie die andern Forscher thaten, so hat man hierbei doch immer nur zwischen den Nachtheilen zu wählen, dass entweder die Veränderung nicht schnell genug geschieht, oder dass man an Genauigkeit verliert. Wenn sich eine aufsteigende Flüssigkeit mit maximaler Geschwindigkeit bewegt, so ist es nach meinen eignen Erfahrungen schwer, den zu erreichenden Endpunkt rechtzeitig zu fixiren. Man geräth in den meisten Fällen ein wenig über denselben hinaus oder bleibt zu viel unter demselben zurück, so dass man ihn überhaupt nicht trifft. Andererseits wird der Apparat durch das Auflegen von Gewichten leicht erschüttert, oder man hört, wenn dieselben fortgenommen werden, sehr oft ein störendes Geräusch. Auch ist es fast unmöglich, von einem Ende des Balkens aus die Ab- und Zunahme mit gleicher Geschwindigkeit eintreten zu lassen. Weil die Gefahr einer Erschütterung viel größer beim Auflegen als beim Wegnehmen des Gewichtes ist, neigt man im ersteren Falle unvermeidlich dazu, sorgfältiger und daher langsamer zu verfahren als im letzteren. Außerdem kommt beim Auflegen des Gewichtes dazu noch ein gewisses Maß von Bewegungsenergie, wodurch die eigentliche Wirkung desselben noch vergrößert werden muss<sup>1)</sup>. Wenn man dagegen diese

---

1) Vergl. Wundt, Grundzüge der physiologischen Psychologie. 4. Aufl. Bd. I. S. 383.

Veränderungen so vornimmt, dass man die Gewichte überhaupt nur aufsetzt oder ebenso nur abhebt, was, je nachdem man hierbei das eine oder das andere Balkenende benutzt, einer Zu- resp. Abnahme des Druckes entsprechen würde, kommt in Folge der plötzlichen Hand- oder Gewichtsbewegung nicht selten ein leises Geräusch vor, welches von der Versuchsperson localisirt werden und somit die Richtung der Reizänderung andeuten kann. Dadurch muss aber die Möglichkeit, die Angaben durch ein streng unwissentliches Verfahren zu controliren, verloren gehen.

Um diese Nachteile zu beseitigen, ließ ich einen Apparat anfertigen, der aus drei Hebeln zusammengesetzt war (*A, B, C* in Fig. 1).

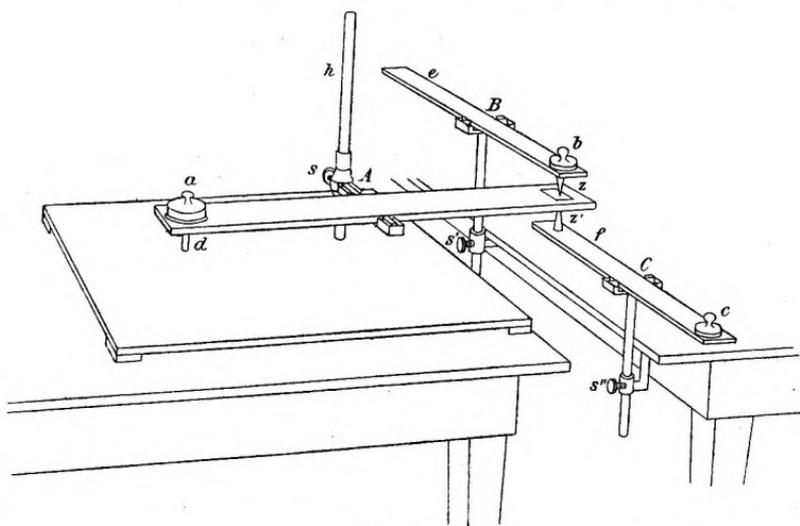


Fig. 1.

Die Hebel waren auf stählernen Schneiden in Metallwinkeln gelagert und nach Befestigung ihrer Theile genau equilibriert. Ein Ausschlag derselben wurde bereits durch ein Gewicht von 0,01 g erzielt. Durch Schrauben (*s, s', s''*) konnte jeder Hebel in seiner Höhe verstellt werden. Je nach der Dicke des unter das Stäbchen *d* zu schiebenden Körpertheils ließen sich die Hebel auf diese Weise wagerecht einstellen. Die Stange, an welcher die Metalllage des Hebels *A* angeklemt wurde, war in einem mit Filzfüßen versehenen

Holzbrett befestigt, welches bei der Ausführung der Versuche auf einen Tisch gestellt wurde. Die beiden Stahlstäbe, die als Unterlagen der Hebel  $B$  und  $C$  dienten, standen durch ihre Klemmen mit einem anderen Tische in Verbindung. Von diesen beiden Hebeln war jeder mit einem spitzen Zapfen versehen ( $z, z'$ ), dessen Achse rechtwinkelig zu der Hebelebene stand. Auf diese Weise standen diese Hebel  $B$  und  $C$  mit der unteren und oberen Fläche des Hebels  $A$  in Berührung, und zwar in einer Distanz von dem Drehpunkte desselben, die der Entfernung der Achsenlinie des auf dem anderen Ende des Hebels  $A$  befindlichen Stäbchens  $d$  von demselben Drehpunkte aus gemessen genau gleich war. Das auf das Stäbchen  $d$  drückende Normalgewicht ( $a$ ) befand sich in einer kleinen messingenen Schale, welche dem oberen Theile dieses Hebelendes aufgesetzt war. Der Schwerpunkt dieses Gewichtes lag demnach in der Achsenlinie des Stäbchens  $d$ . Um die Temperaturempfindungen auszuschließen, war das untere Ende des letzteren mit einer dünnen kreisrunden Korkplatte von 4 mm Durchmesser versehen. Die kleineren, einander gleichen Gewichte  $b$  und  $c$ , welche die Veränderungsgröße dieses Normaldruckes repräsentirten, befanden sich in solcher Lage, dass der Mittelpunkt des Gewichtes  $b$  in der Achsenlinie des unterliegenden Zapfens  $z$ , derjenige des Gewichtes  $c$  dagegen auf dem dem Zapfen  $z'$  entgegengesetzten Ende des Hebels  $C$  ruhte. Der Schwerpunkt des Gewichtes  $c$  und die Achsenlinie des Zapfens  $z'$  waren von dem Drehpunkte des Hebels  $C$  gleich weit entfernt. Dem Auge der Versuchsperson blieben die Hebel  $B$  und  $C$  durch einen großen Schirm verdeckt.

Denken wir uns, dass das Gewicht  $a$  etwa 50 g und die Gewichte  $b$  und  $c$  je 1 g schwer seien, so würde der Druck auf einer unter der unteren Fläche des Stäbchens  $d$  liegenden Hautfläche gleich 50 g sein; denn die beiden Gewichte  $b$  und  $c$  müssen sich auf diese Weise gegenseitig ausgleichen. Entlastet man nun den Hebel  $A$  um das Gewicht  $b$ , indem man bei  $e$  auf den Hebel  $B$  etwa mittelst des Fingers einen hinreichend starken Druck ausübt, so muss der durch das Stäbchen  $d$  auf die unterliegende Hautfläche ausgeübte Druck um 1 g zunehmen, denn der Ausgleich für das Gewicht  $c$  ist jetzt aufgehoben. Wenn wir dagegen statt des Gewichtes  $b$  auf gleiche Weise die Wirkung des Gewichtes  $c$  aufheben,

so muss anderseits der Druck auf die erwähnte Hautfläche um 1 g abnehmen. Die Richtung der Reizveränderung können wir also beliebig bestimmen, je nachdem wir den Hebel *B* bei *e* oder den Hebel *C* bei *f* mit dem Finger niederdrücken. Die Größe der Reizveränderung hängt aber von der Größe des aufgehobenen Gewichtes ab. Das durch das Aufklopfen des Fingers bei *e* und *f* gelegentlich auftretende und für die Versuchspersonen möglicherweise störende leichte Geräusch wurde dadurch vermieden, dass auf diese Stellen der betreffenden Hebelarme Stückchen von dünnem, wollenem Tuche aufgeklebt wurden. So konnte die erwähnte Entlastung in jedem Falle momentan und ohne irgend welche begleitende Geräuschstörungen erfolgen. Da dieselbe Handbewegung in einem Fall eine Zunahme und im anderen eine Abnahme des Reizes erzeugt, so ist ein etwa auftretender constanter Unterschied zwischen den Geschwindigkeiten der beiden Veränderungsrichtungen nicht wahrscheinlich. Auch wird der beim Auflegen eines Gewichtes erzeugte schwer bestimmbare Factor der Bewegungsenergie auf diese Weise beseitigt, da die Abnahme wie die Zunahme des Druckes ausschließlich durch die Wegnahme eines ruhenden Gewichtes hervorgebracht wird. Außerdem ist eine Erschütterung des Apparates bei der Reizveränderung dadurch ausgeschlossen, dass die Hebel *B* und *C* an einem separaten Tisch befestigt sind. Die Versuche wurden nach der Methode der Minimaländerungen, und zwar mit einem Stufenunterschiede von 0,01 des betreffenden Normalgewichtes ausgeführt. Dabei sind stets beide Versuchsreihen nach einander verwandt worden, die aufsteigende wie die absteigende. Dies gilt sowohl für die Bestimmungen, welche bei der Zunahme, wie für die, die bei der Abnahme angestellt wurden. Um die Erwartung einer besonderen Richtung der Veränderung auszuschließen, wechselten Reihen der Abnahmeveränderung mit solchen der Zunahmeveränderung unregelmäßig. Die Reizänderung geschah ungefähr 1,5 Secunden nach einem zugerufenen Signal. Als Berührungsfäche der Hand wurde eine Stelle an der Volarfläche der kleinen Fingerbeere benutzt. Die betreffende Stelle lag ungefähr 1 cm von der vorderen Kante derselben entfernt. Die Benutzung der kleinen Finger bietet den Vortheil dar, dass man die Hände in einer bequemerer Lage halten kann. Der betreffende Finger

ruhte auf einem Filzstück, der Arm wurde durch ein Kissen unterstützt.

---

Die folgenden Resultate sind aus 560 Versuchsreihen gewonnen worden, welche über momentane Druckänderungen angestellt wurden. Dieselben vertheilen sich so auf vier Versuchspersonen, dass auf jede einzelne 140 Versuchsreihen kamen. Die in den Tabellen I und II angegebenen Zahlen sind also Durchschnittswerthe aus je 5 Bestimmungen. Diejenigen in den Tabellen III und IV sind daher Durchschnittswerthe aus je 10 resp. 40 einzelnen Bestimmungen. Die Resultate der aufsteigenden und die der absteigenden Versuchsreihen sind separat angegeben. Das ist geschehen, weil die Bedingungen in beiden Fällen verschiedene sind, und weil ein sicherer Vergleich mit den Ergebnissen in dem zweiten Theil dieser Arbeit dadurch sehr erleichtert werden dürfte. In den unter »Veränderung« als »Vergleichsgewicht« bezeichneten Spalten sind die absoluten Größenwerthe angegeben, bis zu welchen der betreffende Normaldruck verändert werden musste, um eine Veränderung überhaupt wahrnehmbar zu machen. In den ebenso unter »Richtung« bezeichneten Spalten finden sich diejenigen Druckwerthe verzeichnet, bis zu welchen dieser Normaldruck verändert werden musste, um die Wahrnehmung einer bestimmten Zu- resp. Abnahme zu erkennen. Unter  $\Delta r$  ist die Differenz zwischen diesen Werthen und den betreffenden Normalgewichten, also die absolute Unterschiedschwelle, unter  $mV$  die mittlere Variation, und unter  $\frac{\Delta r}{r}$  das Verhältniss zwischen diesen Differenzen und den Normalgewichten, die relative Unterschiedschwelle, angegeben. Abgesehen von diesen Verhältnissen bedeuten die Zahlen Druckgrößen, welche in Grammen ausgedrückt sind.

In den Tabellen I und II sind die Resultate bei den aufsteigenden resp. absteigenden Reihen verzeichnet. Die Mittelwerthe beider Reihen sind in Tabelle III angegeben. In Tabelle IV sind sodann die Ergebnisse sämmtlicher Versuchspersonen im Durchschnitt zusammengefasst.

Tabelle I (Aufsteigende Reihen).

Versuchsperson	Normalgewicht	Zunahme						Abnahme					
		Veränderung			Richtung			Veränderung			Richtung		
		Vergleichsgewicht	$\Delta r$	$mV$									
T.	10	10,62	0,62	0,06	10,66	0,66	0,06	9,00	1,00	0,12	8,88	1,12	0,03
J.	„	11,02	1,02	0,06	11,18	1,18	0,14	8,16	1,84	0,29	7,98	2,02	0,30
A.	„	10,72	0,72	0,06	10,94	0,94	0,23	8,88	1,12	0,08	8,64	1,36	0,17
S.	„	10,74	0,74	0,13	11,28	1,28	0,14	8,60	1,40	0,12	8,42	1,58	0,26
T.	25	25,85	0,85	0,22	26,00	1,00	0,30	23,60	1,40	0,28	23,10	1,90	0,32
J.	„	26,15	1,15	0,18	26,70	1,70	0,34	22,15	2,85	0,48	21,45	3,55	0,46
A.	„	25,90	0,90	0,12	26,30	1,30	0,26	23,40	1,60	0,28	22,15	2,85	0,52
S.	„	26,00	1,00	0,10	26,55	1,55	0,16	22,90	2,10	0,42	22,35	2,65	0,42
T.	50	51,30	1,30	0,24	51,60	1,60	0,32	48,10	1,90	0,32	47,50	2,50	0,20
J.	„	51,90	1,90	0,32	53,00	3,00	0,60	46,50	3,50	0,60	44,90	5,10	0,92
A.	„	51,60	1,60	0,16	51,90	1,90	0,32	47,90	2,10	0,32	46,90	3,10	0,56
S.	„	51,60	1,60	0,36	52,50	2,50	1,00	46,90	3,10	0,30	45,20	4,80	1,88
T.	75	76,80	1,80	0,45	77,25	2,25	0,30	72,30	2,70	0,36	71,70	3,30	0,36
J.	„	77,70	2,70	0,36	78,75	3,75	0,30	70,35	4,65	0,54	69,60	5,40	0,78
A.	„	76,80	1,80	0,38	77,70	2,70	0,54	71,40	3,60	0,82	70,35	4,65	0,78
S.	„	76,85	1,85	0,42	78,45	3,45	0,36	71,55	3,45	0,84	70,80	4,20	0,84
T.	100	102,0	2,0	—	102,2	2,2	0,32	96,4	3,6	0,48	95,4	4,6	0,72
J.	„	103,4	3,4	0,48	105,2	5,2	0,64	95,0	5,0	0,80	92,8	7,2	1,12
A.	„	102,4	2,4	0,48	103,2	3,2	0,72	96,2	3,8	0,64	96,0	4,0	0,40
S.	„	102,6	2,6	0,88	104,8	4,8	0,64	97,1	2,9	0,82	93,6	6,4	3,68
T.	150	153,6	3,6	0,72	154,8	4,8	1,56	145,8	4,2	0,96	144,6	5,4	0,96
J.	„	155,4	5,4	0,72	156,9	6,9	1,68	141,9	8,1	1,32	139,8	10,2	2,16
A.	„	153,0	3,0	—	153,6	3,6	0,72	145,2	4,8	0,96	144,3	5,7	0,96
S.	„	153,6	3,6	1,08	156,3	6,3	0,96	145,8	4,2	1,08	143,7	6,3	1,68
T.	200	204,4	4,4	0,64	206,4	6,4	1,44	194,8	5,2	0,96	193,6	6,4	1,28
J.	„	206,0	6,0	1,60	208,4	8,4	2,88	189,2	10,8	1,76	186,4	13,6	3,52
A.	„	204,4	4,4	0,64	205,2	5,2	0,96	194,4	5,6	0,64	192,4	7,6	0,64
S.	„	204,4	4,4	0,64	209,2	9,2	1,76	194,8	5,2	1,96	189,6	10,4	2,88

Tabelle II (Absteigende Reihen).

Versuchsperson	Normalgewicht	Zunahme						Abnahme					
		Veränderung			Richtung			Veränderung			Richtung		
		Vergleichsgewicht	$\Delta r$	$mV$									
T.	10	10,50	0,50	0,12	10,58	0,58	0,06	8,85	1,15	0,15	8,78	1,22	0,14
J.	"	11,02	1,02	0,06	11,12	1,12	0,10	8,42	1,58	0,22	8,02	1,98	0,38
A.	"	10,68	0,68	0,14	11,08	1,08	0,26	8,68	1,32	0,22	8,58	1,42	0,30
S.	"	10,84	0,84	0,13	11,24	1,24	0,21	8,64	1,36	0,19	8,48	1,52	0,30
T.	25	25,70	0,70	0,16	25,85	0,85	0,18	23,65	1,35	0,18	23,20	1,80	0,28
J.	"	26,25	1,25	0,10	26,55	1,55	0,36	22,35	2,65	0,58	21,50	3,50	0,80
A.	"	25,90	0,90	0,22	26,35	1,35	0,46	23,25	1,75	0,30	22,00	3,00	0,50
S.	"	26,05	1,05	0,18	26,30	1,30	0,36	23,00	2,00	0,20	22,70	2,30	0,36
T.	50	51,10	1,10	0,16	51,40	1,40	0,16	48,30	1,70	0,24	47,80	2,20	0,36
J.	"	52,00	2,00	0,40	52,60	2,60	0,52	47,00	3,00	0,60	44,80	5,20	0,76
A.	"	51,50	1,50	0,20	51,80	1,80	0,24	47,80	2,20	0,64	46,50	3,50	0,60
S.	"	51,70	1,70	0,44	52,10	2,10	0,32	47,00	3,00	0,20	45,30	4,70	2,04
T.	75	76,95	1,95	0,36	77,10	2,10	0,24	71,40	3,60	0,48	70,80	4,20	0,96
J.	"	77,10	2,10	0,24	77,85	2,85	0,72	71,10	3,90	0,48	69,60	5,40	0,54
A.	"	76,80	1,80	0,36	76,95	1,95	0,36	71,85	3,15	0,58	70,35	4,65	0,48
S.	"	76,95	1,95	0,36	78,00	3,00	0,90	72,00	3,00	0,60	71,40	3,60	0,78
T.	100	102,0	2,0	—	102,2	2,2	0,32	97,0	3,0	0,40	95,40	4,6	0,72
J.	"	103,0	3,0	—	103,6	3,6	0,44	94,8	5,2	0,64	91,60	8,4	1,68
A.	"	102,4	2,4	0,48	103,0	3,0	0,40	96,4	3,6	0,72	95,00	5,0	0,80
S.	"	102,4	2,4	0,64	104,0	4,0	0,80	95,6	4,4	0,64	93,20	6,8	1,36
T.	150	153,3	3,3	0,48	153,6	3,6	0,72	146,4	3,6	0,72	145,8	4,2	0,90
J.	"	155,7	5,7	0,28	156,6	6,6	1,32	142,8	7,2	0,48	138,0	12,0	1,20
A.	"	153,3	3,3	0,48	153,6	3,6	0,72	145,5	4,5	0,60	142,2	7,8	1,44
S.	"	153,0	3,0	—	154,8	4,8	0,96	144,3	5,7	2,04	140,7	9,3	3,54
T.	200	204,0	4,0	—	204,4	4,4	0,64	194,0	6,0	0,80	190,4	9,6	1,92
J.	"	205,6	5,6	1,28	206,4	6,4	2,48	189,6	10,4	2,08	184,0	16,0	1,60
A.	"	204,0	4,0	—	204,8	4,8	1,28	193,2	6,8	0,96	190,8	9,2	1,44
S.	"	204,0	4,0	—	206,4	6,4	2,48	193,6	6,4	1,28	189,6	10,4	2,88

Tabelle III.

Versuchsperson	Normalgewicht	Zunahme				Abnahme			
		Veränderung		Richtung		Veränderung		Richtung	
		$\Delta r$	$\frac{\Delta r}{r}$	$\Delta r$	$\frac{\Delta r}{r}$	$\Delta r$	$\frac{\Delta r}{r}$	$\Delta r$	$\frac{\Delta r}{r}$
T.	10	56	0,056	0,62	0,062	1,08	0,108	1,17	0,117
J.	"	62	0,102	1,15	0,115	1,71	0,171	2,00	0,200
A.	"	70	0,070	1,01	0,101	1,22	0,122	1,39	0,139
S.	"	79	0,079	1,26	0,126	1,38	0,138	1,55	0,155
T.	25	77	0,031	0,93	0,037	1,37	0,055	1,85	0,074
J.	"	1,20	0,048	1,63	0,065	2,75	0,110	3,52	0,141
A.	"	0,90	0,036	1,33	0,053	1,67	0,067	2,92	0,117
S.	"	1,03	0,041	1,43	0,057	2,05	0,082	2,47	0,099
T.	50	1,20	0,024	1,50	0,030	1,80	0,036	2,35	0,047
J.	"	1,95	0,039	2,80	0,056	3,25	0,065	5,15	0,103
A.	"	1,55	0,031	1,85	0,037	2,15	0,043	3,30	0,066
S.	"	1,65	0,033	2,30	0,046	3,05	0,061	4,75	0,095
T.	75	1,88	0,025	2,18	0,029	3,15	0,042	3,75	0,050
J.	"	2,40	0,032	3,30	0,044	4,27	0,057	5,40	0,072
A.	"	1,80	0,024	2,33	0,031	3,37	0,045	4,65	0,062
S.	"	1,90	0,025	3,23	0,043	3,22	0,043	3,90	0,052
T.	100	2,00	0,020	2,20	0,022	3,30	0,033	4,60	0,046
J.	"	3,20	0,032	4,40	0,044	5,10	0,051	7,80	0,078
A.	"	2,40	0,024	3,10	0,031	3,70	0,037	4,50	0,045
S.	"	2,50	0,025	4,40	0,044	3,65	0,037	6,60	0,066
T.	150	3,45	0,023	4,20	0,028	3,90	0,026	4,80	0,032
J.	"	5,55	0,037	6,75	0,045	7,65	0,051	11,10	0,074
A.	"	3,15	0,021	3,60	0,024	4,65	0,031	6,75	0,045
S.	"	3,30	0,022	5,55	0,037	4,95	0,033	7,80	0,052
T.	200	4,20	0,021	5,40	0,027	5,60	0,028	8,00	0,040
J.	"	5,80	0,029	7,40	0,037	10,60	0,053	14,80	0,074
A.	"	4,20	0,021	5,00	0,025	6,20	0,031	8,40	0,042
S.	"	4,20	0,021	7,80	0,039	5,80	0,029	10,40	0,052

Tabelle IV.

Normalgewicht	Zunahme						Abnahme					
	Veränderung			Richtung			Veränderung			Richtung		
	Ver- gleichs- gewicht	$\Delta r$	$\frac{\Delta r}{r}$									
10	10,77	0,77	0,077	11,01	1,01	0,101	8,65	1,35	0,135	8,47	1,53	0,153
25	25,97	0,97	0,039	26,33	1,33	0,053	23,04	1,96	0,078	22,31	2,69	0,108
50	51,59	1,59	0,032	52,11	2,11	0,042	47,44	2,56	0,051	46,11	3,89	0,078
75	76,99	1,99	0,027	77,76	2,76	0,037	71,49	3,51	0,047	70,58	4,42	0,059
100	102,53	2,53	0,025	103,53	3,53	0,035	96,06	3,94	0,039	94,13	5,87	0,059
150	153,86	3,86	0,026	155,03	5,03	0,034	144,71	5,29	0,035	142,39	7,61	0,051
200	204,60	4,60	0,023	206,40	6,40	0,032	192,95	7,05	0,035	189,60	10,40	0,052

Die folgenden Curven (Fig. 2) veranschaulichen diese allgemeinen Schwellenverhältnisse. Die Abscissen derselben stellen die verschiedenen Normalgewichte, die Ordinaten die betreffenden Werthe von  $\frac{\Delta r}{r}$  dar, welche in der Tabelle IV enthalten sind. Die beiden

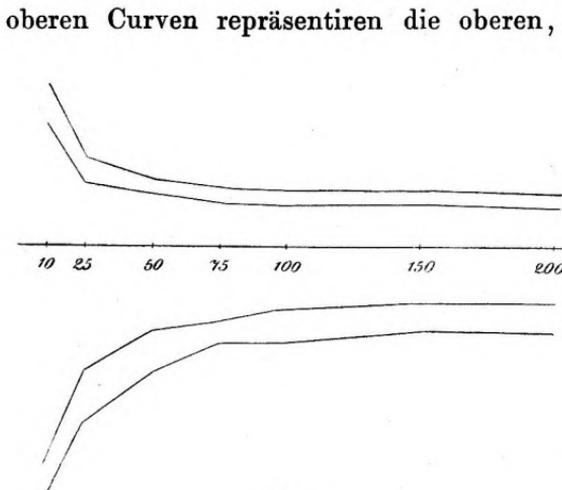


Fig. 2.

die beiden oberen die oberen, die beiden unteren die unteren Unterschiedsschwellen; ebenso bezeichnen die beiden äußeren die »Richtungs«, die beiden inneren dagegen die »Veränderungs«-

Werthe von  $\frac{\Delta r}{r}$ .

Die Hauptresultate, welche man aus den Tabellen ersehen kann, sind die folgenden:

1. Die Schwelle für die Wahrnehmung momentaner Druckänderungen zeigt vier unterscheidbare Werthe, je nachdem die

Veränderung eine Zunahme oder eine Abnahme ist, und je nachdem die Wahrnehmung in diesen beiden Fällen sich nur auf die Veränderung oder auf die Zu- und Abnahme als solche bezieht.

2. Um die Richtung der momentanen Veränderung wahrnehmen zu können, ist bei gleichem Normaldruck eine größere Veränderung nothwendig als für die Erkennung der bloßen Veränderung allein.

3. Unter sonst gleichen Bedingungen ist die Zunahme leichter wahrnehmbar als die Abnahme. Eine Veränderung, welche auf der Abnahmeseite überhaupt unmerklich ist, kann auf der Zunahmeseite nicht nur als Veränderung, sondern auch als Zunahme wahrgenommen werden.

4. Das Verhältniss der Unterschiedsschwellen zu den Normalreizen ist, der Forderung des Weber'schen Gesetzes entsprechend, für die Normalgewichte von 75 bis zu 200 g annähernd constant; wenn dagegen das Normalgewicht von 50 bis zu 10 g abnimmt, so wird das Verhältniss stetig größer.

5. Das Verhältniss zwischen der Veränderungs- und der damit verbundenen Richtungsschwelle neigt bei momentaner Druckänderung mehr oder minder zu einer Constanz. Man findet diese Neigung nicht nur bei relativer Constanz der Veränderungsschwellen, sondern auch bei verhältnissmäßiger Ungleichheit der letzteren. So ist es z. B. bei der Abnahme im Vergleich mit der Zunahme, oder bei den relativ gesteigerten Veränderungsschwellen der kleineren Gewichte im Vergleich zu den größeren.

6. In den beiden Verfahrensweisen der sogenannten auf- und absteigenden Versuchsreihen wird in diesem Falle kein constanter Unterschied in den Schwellenwerthen derselben bemerkt.

---

Um diese Ergebnisse verstehen zu können, müssen wir zunächst den Charakter des Reizes sowohl wie den des psychischen Vorganges näher ins Auge fassen.

Ogleich eine Druckänderung auf der Haut zuerst vielleicht wie eine einfache Intensitätsänderung des Reizes erscheinen kann, so ist sie thatsächlich doch ein mehr complicirtes Phänomen. Mit der Druckänderung findet zugleich immer eine Ortsveränderung statt. Die Ebene der unmittelbar unter dem Druck stehenden

Hautfläche wird verändert. Dadurch muss sowohl die Spannung der umgebenden Hautpartie, als auch ihr Druck auf das unterliegende Gewebe gleichzeitig ebenfalls eine Veränderung erfahren. Nicht nur die Intensität, sondern auch die Ausdehnung des Reizes und seine Vertheilung über die gereizte Fläche werden hierbei verändert. Die dadurch entstandene Erregung muss dann ebenfalls eine dem entsprechende Veränderung erleiden, indem sie einem intensiven wie extensiven und höchst wahrscheinlich auch qualitativen Wechsel unterworfen wird.

Die Veränderungen des äußeren Zustandes der Haut, welche durch Abnahme und Zunahme des Druckes entstehen, verhalten sich, obwohl in entgegengesetzten Richtungen, annähernd parallel zu einander. Im einen Fall erzeugt ein bestimmter Zuwachs des Druckes eine Vergrößerung der Depression der Haut, der Spannung der umgebenden Theile und der Compression der unter den Gewichten liegenden Gewebstheile, im anderen dagegen erzeugt eine Druckabnahme eine Verminderung dieser De- und Compression jener Hautstellen sowie eine Spannungsverminderung der sie umgebenden Theile. Die Größe der Bewegung ist aber bei der Abnahme weit bedeutender als bei der Zunahme, vorausgesetzt dass das Quantum und der Anfangswerth der Gewichtsveränderung in beiden Fällen gleich sind. Dies war vorausszusehen, da bei der Drucksteigerung die Gewebe selbst dem Druck von oben mehr entgegen wirken; ich habe diese Erscheinung jedoch auf experimentellem Wege bestätigt gefunden. Da nun nicht die Größe der Bewegung als solche, sondern die in der Haut dadurch entstehenden Druckänderungen die maßgebenden Momente sind, so bildet dieser Bewegungsunterschied keine Ausnahme für den angenommenen Parallelismus zwischen den bei der Zu- und Abnahme des Druckes stattfindenden äußeren Reizvorgängen.

Wir dürfen hieraus aber noch nicht ohne weiteres schließen, dass die Veränderungen der Nervenerregung in beiden Fällen einander genau entsprechen und parallel gehen. Wir dürfen z. B. nicht annehmen, dass, wo eine Depressionszunahme der begrenzenden Haut eine Zunahme in der Ausbreitung der Nervenerregung bewirkt, eine gleich große Abnahme der Depression eine dem entsprechende Verkleinerung in der Ausdehnung der Erregung hervor-

rufen müsse. Es kann wohl sein, dass bei der Depressionszunahme die dadurch verursachte Ausbreitung der Nervenerregung sogleich wieder verschwindet, und dass daher keine Erregung in den nervösen Elementen der umliegenden Hautpartien vorhanden ist, welche durch die Druckverringerung vermindert werden kann. Eine Druckzunahme würde dann eine vorübergehende Erweiterung des erregten Nervenbezirks, eine Abnahme des Druckes aber keine dem entsprechende Einschränkung desselben erzeugen. Bei der Druckzunahme würde so ein Moment vorhanden sein, welches bei der Abnahme vollständig fehlen würde. Außerdem ist es nicht ausgeschlossen, dass die Erregungszustände bei Abnahme und Zunahme des Druckes nicht durchaus entgegengesetzte, sondern gewissermaßen identische Veränderungen aufweisen. Wo die Zunahme des Druckes eine Steigerung der Erregungsintensität hervorbringt, würde dann eine Verminderung des Druckes keine dem entsprechende Herabsetzung dieser Erregung, sondern wenigstens beim Anfang der Veränderung ebenfalls eine Erhöhung der Erregung verursachen. Die momentane Störung des Gleichgewichtes in der Spannung und in dem Widerstande der Gewebe und die durch die Bewegung derselben entstandene Reibung und andere mechanische Wirkungen könnten selbst bei der Druckabnahme, vielleicht bis zur Wiederherstellung des Gleichgewichtes, entweder eine Steigerung der Erregung oder eine partielle Ausgleichung der Erregungsabnahme bewirken. Die volle Wirkung der Druckabnahme würde dann erst später zur Geltung kommen. Bei der Druckzunahme dagegen würde sich dieses Moment nicht als Ausgleichung, sondern als momentane Verstärkung der eigentlichen Wirkung dieser Zunahme zeigen.

Inwieweit die Thatsachen solche Vermuthungen wahrscheinlich machen, werden wir erst nach der Besprechung der psychischen Vorgänge ersehen können. Es ist auch sehr schwer, die relative Bedeutung der intensiven und der extensiven Reizänderungen zu bestimmen. Denn es ist unmöglich, das Element der Bewegung vollständig auszuschließen und die Druckänderung somit auf eine reine Intensitätsänderung zu reduciren. Man kann aber die Bewegung gewissermaßen abmindern. Es scheint danach, dass die räumlichen Veränderungen keine so große Rolle in dem Urtheil spielen, wie man sonst wohl denken könnte. Ein kleiner Metall-

ring wurde auf die erwähnte Hautfläche so aufgesetzt, dass er sich gerade um das drückende Stäbchen (*d* in Fig. 1) herumlegte. Dieser Ring wurde nun durch eine von der Wage getrennte Vorrichtung mit gleicher Stärke wie das Normalgewicht selbst in die Haut gedrückt. Ein kleiner Zwischenraum zwischen Ring und Stäbchen erlaubte dem letzteren sich frei zu bewegen, doch war derselbe so klein, dass Ring und Stäbchen von der Versuchsperson als eine continuirliche Fläche wahrgenommen wurden. Der Einfluss dieser Vorrichtung zeigte sich in einer nur geringen Schwellenerhöhung bei den Gewichten von 150 und 200 g. Der Gesamtdruck von Ring und Stäbchen betrug in diesem Falle 300 resp. 400 g. Die Größe dieses schon als unbequem empfundenen Druckes vermochte nur eine so geringe Wirkung zu erzeugen. Bei kleineren Gewichten war ein solcher Einfluss gar nicht zu bemerken. Auch auf anderen Hautpartien, wie z. B. am Handgelenk, wurden einige Versuche ausgeführt, bei denen die Hautfläche durch Verschiebung bald über Knochen, bald über Weichtheile gebracht werden konnte. Bei diesen Versuchen war die Bewegung im Augenblick der Druckänderung das eine Mal äußerst gering, das andere Mal dagegen auffallend groß. Kein constanter Schwellenunterschied jedoch zeigte sich unter dieser Abänderung der Bedingungen.

---

Wenn wir jetzt die psychischen Vorgänge ins Auge fassen, so drängt sich uns die Frage auf, welchen Charakter dieselben besitzen, und ob sie in erster Linie eine Vergleichung zwischen zwei Empfindungszuständen seien, wie dies gewöhnlich bei Versuchen der Fall ist, in denen die Unterschiedsempfindlichkeit bestimmt werden soll. Urtheilt die Versuchsperson in unserem Falle nur nach einer einfachen Unterscheidung oder nach einer relativen Schätzung der zu vergleichenden Gegenstände? Die Ergebnisse unserer Versuche lassen die Antwort auf diese Frage bei oberflächlicher Betrachtung zunächst zweifelhaft erscheinen. Im Vergleich mit Weber's Versuchen z. B., in denen die Gewichte successiv aufgelegt wurden, haben wir eine Differenzirung der Schwellen, wie eine solche bei dem Weber'schen Verfahren kaum möglich ist. Unsere Resultate z. B. zeigen vier verschiedene Schwellen, wo die

Weber'schen nur eine einzige angeben. Auch weichen die bei den beiden Verfahren gewonnenen Werthe von einander ab. Durch mehrmalige Wiederholung der successiven Auflegung<sup>1)</sup> oder, wie er es an einer anderen Stelle ausdrückte, »nur mit der größten Mühe«<sup>2)</sup> unterschied er zwischen 14,5 und 15 Halbunzen. Dies Verhältniss ist hier freilich nicht sehr weit von dem verschieden, das wir mit ähnlichen Gewichtsgößen nach unserem Verfahren gefunden haben, wenn wir die Richtungsschwelle als maßgebend betrachten. Unter den Veränderungsschwellen aber haben wir verhältnissmäßig viel kleinere Werthe; auch sind dieselben Durchschnittsfälle, während Weber's Angaben von ihm mehr als Ausnahmefälle betrachtet worden zu sein scheinen.

Bei der Beobachtung der inneren Vorgänge wird man über die Identität derselben bei diesen beiden verschiedenen Versuchsverfahren vielleicht noch zweifelhafter. Es treten nämlich in den Veränderungsversuchen solche Eigenthümlichkeiten hervor, dass einige Untersucher in ähnlichen Gebieten das Vorhandensein eigenartiger Empfindungen behauptet haben. Die Schwellen, welche wir hier finden, würden dann nicht Unterschiedsschwellen, sondern absolute Reizschwellen sein. Exner<sup>3)</sup> kommt bei der Betrachtung schneller Bewegungen im Gesichtsfelde zu dem Schlusse, dass besondere, durch den Gesichtssinn vermittelte Bewegungsempfindungen vorhanden sein müssten, welche sich von den Bewegungswahrnehmungen verschiedenartig verhielten. Stern<sup>4)</sup> fühlte sich in ähnlicher Weise berechtigt, in dem Gebiete der Helligkeitsveränderungen die Möglichkeit besonderer Veränderungs- oder Uebergangsempfindungen anzunehmen.

Dieselben Gründe würden uns aber berechtigen, solche Empfindungen nicht nur im Gebiete des Drucksinnes, sondern auch in allen Sinnesgebieten anzunehmen. Außerdem müssten wir diese

1) Weber, De Pulsu, Resorptione, Auditu et Tactu. Annot. anat. et physiol. Lips. 1834. p. 132 seq.

2) Weber, Tastsinn und Gemeingefühl. Braunschweig 1851. S. 89.

3) Exner, Ueber das Sehen von Bewegungen und die Theorie des zusammengesetzten Auges. Sitzungsberichte der Wiener Akademie der Wissenschaften. Math.-Naturw. Cl. Bd. LXII. 3. Abth. S. 156 ff.

4) Stern, Die Wahrnehmung von Helligkeitsveränderungen. Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane. Bd. VII. S. 249.

noch für jede Empfindungsphase, in der eine Veränderung stattfinden kann, wie bei der Tonhöhe, der Schallintensität, der Klangfarbe und bei der Qualität und Sättigung der Farben in Anspruch nehmen. Weiter aber würden sich nicht nur derartige Empfindungen und Empfindungsphasen, sondern auch die angenommenen Veränderungsempfindungen selbst noch verändern können. Wir würden dann Veränderungsempfindungen zweiten und vielleicht noch höheren Grades haben. Ganz consequent ist daher neuerdings sogar eine specielle Beschleunigungsempfindlichkeit<sup>1)</sup> behauptet worden, vermöge deren wir die Geschwindigkeitszunahme einer Veränderung wahrnehmen sollen. Die Annahme einer Empfindungsclassen, welche nicht nur alle anderen Empfindungsclassen durchläuft, sondern auch gewissermaßen in sich selbst zurückkehrt und hier ins Unbestimmte weiter vermehrt, scheint aber im voraus bedenklich zu sein. Ueberdies ruht die ganze Annahme solcher Empfindungen auf einer Verwechslung von Empfindungsänderungen mit Veränderungsempfindungen. Wenn man von allen längst erkannten Empfindungs- und Gefühlsqualitäten und deren Veränderungen abstrahirt, so bleibt kein eigentlicher Inhalt übrig, welcher eine Veränderungs- oder Uebergangsempfindung bilden könnte. Es würde dann nur eine leere abstracte Form zurückbleiben, welche ohne den fehlenden Empfindungs- oder Gefühlsinhalt keine wirkliche Veränderung, sondern eine reine Abstraction ist. Die angenommenen Veränderungsempfindungen sind also nichts als die schon einmal classificirten Empfindungen (und vielleicht die dieselben begleitenden Gefühlstöne), deren Veränderungen sie sind.

Um eine Veränderung wahrnehmen zu können, muss man aber eine Verbindung verschiedener successiver Zustände solcher Elemente herbeiführen. Daher ist eine Veränderungswahrnehmung keine einfache und unzerlegbare Thatsache, wie die Definition der Empfindung eine solche voraussetzt, sondern sie ist eine besondere Art von Unterschiedswahrnehmung. Die zu vergleichenden Empfindungszustände folgen einander bei momentanen Veränderungen viel schneller, und die dazwischen liegenden Zustände sind den

---

1) Scripture, Ueber die Aenderungsempfindlichkeit. Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane. Bd. VI. S. 472.

Endzuständen gleichartiger, als dies bei dem Weber'schen Verfahren der Fall ist. Obgleich jedoch der Vorgang bei unseren Versuchen ein Unterscheidungsact unter freilich abweichenden Bedingungen ist, so sind unsere Resultate trotzdem mit den Weber'schen nicht ganz unvergleichbar. Der Unterschied der Resultate entsteht nicht so sehr durch einen wesentlichen Unterschied der betreffenden Vorgänge, als vielmehr durch die besonderen Bedingungen, unter welchen diese Vorgänge oder Vergleichen zu Stande kommen.

Es braucht endlich kaum bemerkt zu werden, dass eine derartige Combination von Empfindungen nicht nothwendig eine Vergleichung sein muss, bei der man erst eine lange Ueberlegung anzustellen hat. In den von uns über plötzliche Veränderungen angestellten Versuchen fand von Seiten der Beobachter ein sorgfältiges Abwägen der einzelnen Druckintensitäten nicht statt. Die Versuchsperson stellte, um eine Vergleichung auszuführen, keine absichtliche Schätzung der Normal- und Vergleichsintensitäten an. Bis weit über die Richtungsschwelle hinaus kommt die Veränderung nicht so, wie sie objectiv ist, d. h. als die Grenzlinie zwischen zwei Intensitätsebenen verschiedener Höhen, sondern wie eine fast nur momentane Störung eines sonst durchaus gleichmäßigen Zustandes zum Bewusstsein. Der Beobachter scheint dabei so weit als möglich von diesem Zustande zu abstrahiren, indem er seine ganze Aufmerksamkeit darauf einstellt, zu beobachten, ob etwa eine Berührung oder ein Stoß auftreten werde. In dieser Beziehung zeigt der Vorgang mehr eine irreleitende Aehnlichkeit mit demjenigen, der in Versuchen über die absolute Reizschwelle zum Ausdruck kommt, als mit dem, der gewöhnlich den Urtheilen über die Unterschiedschwelle zu Grunde liegt. Die Veränderung schaltet sich wie eine völlig neue, aber nur für einen Augenblick andauernde Erscheinung in den Lauf der Normalempfindung ein. Ist die Reizveränderung eine ziemlich bedeutende geworden, so wird ein dauernder Unterschied zwischen der voraufgehenden und der auf die Veränderung folgenden Intensität bemerkt. Man kann jedoch schon lange vor diesem Stadium in einer Versuchsreihe die Veränderung sowohl wie ihre Richtung wahrnehmen. Wir haben somit hier im Gebiete des Drucksinnes eine Erscheinung vor uns, welche der Auffassung

solcher minimaler Bewegungen auf der Hautoberfläche analog ist, die bereits merklich sind, wenn zwei successiv aufgesetzte Spitzen noch nicht als räumlich getrennt empfunden werden<sup>1)</sup>. Aehnlich ist auch die Beobachtung Exner's<sup>2)</sup>, nach welcher wir kurze Bewegungen im Gesichtsfelde wahrnehmen können, deren Anfangs- und Endpunkte sonst noch nicht räumlich unterscheidbar sind.

---

Der Unterscheidung bei der Wahrnehmung momentaner Druckänderungen liegt also, bis weit über die Schwelle hinaus, kaum ein Vergleich der Normalintensität mit derjenigen zu Grunde, die nach dem Ablauf der Veränderung zurückbleibt. Man nimmt vielmehr nur einen Unterschied zwischen dem allgemeinen Ablauf des Eindruckes und dem Zustande im Augenblicke der Veränderung wahr. Die erwähnte momentane Störung trägt Anfangs einen sehr unbestimmten Charakter an sich. Mir selbst erschien dieselbe wie eine leise Berührung der gereizten Hautfläche. Andere Beobachter beschreiben sie als eine leise Erschütterung, oder als einen geringen Stoß, zuweilen auch als eine geringe momentane Verschiebung des belasteten Stäbchens.

Diese momentane Veränderung hat anfangs scheinbar den gleichen Charakter, sowohl bei der Zunahme wie bei der Abnahme des Gewichtes, wenn dieselbe auch bei der Abnahme vielleicht weniger scharf abgegrenzt zu sein scheint, als bei der Zunahme. Die Beobachtung zeigt nicht unzweideutig, dass die Intensität gerade im Augenblicke der Veränderung eine in beiden Fällen entgegengesetzte Richtung nimmt. Bei der Betrachtung der directen Reizwirkung auf die nervösen Elemente in der Haut haben wir schon gesehen, dass in beiden Fällen eine vorübergehende Intensitätszunahme der Erregung möglich ist, und durch die scheinbare Gleichheit der beiden Empfindungsänderungen, sowie durch die Neigung, die Abnahme öfter mit der Zunahme, als umgekehrt,

---

1) Vergl. Hall und Donaldson, Motor Sensations on the Skin. Mind. Vol. X. p. 563.

2) Exner, Ueber das Sehen von Bewegungen und die Theorie des zusammengesetzten Auges. Sitzungsberichte der Wiener Akademie der Wissenschaften. Math.-Naturwissensch. Cl. Bd. LXII. 3. Abth. S. 156 ff.

zu verwechseln, wird diese Auffassung einigermaßen unterstützt. Andererseits ist der Veränderungsvorgang zuerst so unbestimmt und wegen seiner kurzen Dauer so schwer zu beobachten, dass eine derartige Verwechslung oder die scheinbare Identität der beiden Eindrücke eine thatsächliche Identität nicht nothwendig voraussetzen würde. Ein leises Geräusch des Apparates kann bisweilen die Versuchsperson derart täuschen, dass die letztere diesen Eindruck wie eine wirkliche Druckänderung auffasst. In einigen Vorversuchen wirkte mein Apparat nicht immer geräuschlos. Oft hat dann Herr Judd bei Annäherung an die Reizschwelle das Urtheil abgegeben, dass er sich einer Veränderung bewusst sei, dass er aber nicht wisse, ob er sie gehört oder in seinem Finger gespürt habe. Bei anderen Versuchspersonen fand ich ebenso, dass eine Täuschung der Druckänderung leicht vorkommen konnte, wenn nur ein leises Geräusch im Augenblicke der Erwartung stattfand. Solche Fälle bieten eine Parallele zu der von Wunderli<sup>1)</sup> beobachteten Thatsache der Verwechslung leiser Temperatur- und Druckempfindungen; zugleich bilden sie aber auch eine Widerlegung der von ihm gegebenen Interpretation dieser Erscheinungen. Die erwähnten Täuschungen und Verwechslungen zeigen, wie unbestimmt die Empfindungsgrundlage für die Wahrnehmung in der Nähe der Veränderungsschwelle ist. Die Empfindungsverschiedenheiten, welche thatsächlich vorhanden sind, können bei der Anwesenheit gleicher Gefühle und beziehender Vorgänge leicht übersehen werden. Die Aufmerksamkeit findet einen Ruhepunkt in dem sonst ununterbrochenen Laufe der Erwartungszeit, es entsteht ein Gefühl der Erleichterung, und in dieser Gesamtwirkung wird die eigentliche Ursache der Unterbrechung leicht verkannt. Aus diesem Grunde ist auch die scheinbare Identität der Zu- und Abnahmewirkung des Reizes kein strenger Beweis für die wirkliche Identität derselben.

Als eine weitere Bedingung, welcher man die Trennung der Richtungs- und Veränderungsschwelle zuschreiben muss, ist ein Unterschied der Objecte, auf welchen man in diesen beiden Fällen seine Aufmerksamkeit besonders richten muss, zu erwähnen. Um

---

1) Experimentelle Beiträge zur Physiologie des Tastsinnes. Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen u. d. Thiere. Bd. VII. S. 393.

die Richtung der Veränderung anzuerkennen, muss man die Aufmerksamkeit genauer und ausschließlicher auf den Veränderungszustand richten, als dies bei einer bloßen Veränderungswahrnehmung nothwendig ist. Im letzteren Falle braucht der Beobachter nur den bloßen Unterschied zwischen dem Veränderungszustande und der unveränderlichen Empfindung wahrzunehmen. Im ersteren muss er weiter den Charakter dieses Unterschiedes bestimmen, was gewissermaßen eine Analyse des Veränderungszustandes voraussetzt. Solange die Veränderung so klein ist, dass sie von der constant bleibenden Empfindung nur sehr schwer zu unterscheiden ist, kann man diesen zweiten Akt nicht in einem und demselben Augenblick ausführen. Wegen des sofortigen Verschwindens dieser Veränderung können die beiden genannten Akte nicht nach einander ablaufen. Nur erst, wenn der allgemeinere Unterscheidungsakt erleichtert ist, kann der Veränderungszustand für sich allein im Blickpunkt der Aufmerksamkeit sein. Mit der Verstärkung der Veränderung tritt aber eine solche Erleichterung ein. Auch wird die Vorstellung der Veränderung durch diese Verstärkung immer klarer und deutlicher, so dass sich das Urtheil immer mehr auf die zurückbleibende Vorstellung gründen kann. Die Richtungsschwelle entspricht dann jener Reizänderungsgröße, welche durch die Vermehrung dieser günstigen Bedingungen endlich den Vollzug des zusammengesetzten Unterscheidungsaktes ermöglicht.

Bei dieser Unterscheidung zwischen Abnahme und Zunahme spielen, wie schon in der Besprechung der Reiz- und Erregungsvorgänge angedeutet wurde, die Intensitätsverhältnisse die Hauptrolle. Die Versuchsperson bemerkt, dass die Veränderung eine momentane Verstärkung resp. Abschwächung der Empfindungsintensität ist. Der Beobachter stellt allerdings die Veränderung in den meisten Fällen als eine Bewegung vor; das Stäbchen scheint sich etwas tiefer einzusenken, oder es tritt ein wenig in die Höhe. Dies ist aber natürlich kein Beweis dafür, dass die Bewegungen selbst für den Unterscheidungsakt von überwiegender Bedeutung sind. Die Intensitätsveränderungen einer Druckempfindung sind in der Erfahrung immer mit einer Bewegung verknüpft. Weil nun eine Bewegung gewöhnlich leichter vorstellbar ist als eine reine Druckänderung, so wird die letztere in der Vorstellung in erster

Linie durch das Bewegungselement vertreten. Weiter ist eine Auf- resp. Abwärtsbewegung der Haut keine unmittelbare Empfindung, sondern eine aus qualitativen und intensiven Bestandtheilen vermittelte Veränderungswahrnehmung. Als solche entscheidet sie keineswegs, welche Bestandtheile hiervon die bedeutenderen sind.

Die relative Kleinheit der Zunahmeschwellen im Vergleich mit den Abnahmeschwellen erklärt sich nach Hall und Matora<sup>1)</sup> theils physiologisch, theils psychologisch. Bei der Zunahme soll die Ermüdung der Nerven-elemente durch die Ausbreitung der Erregung in unermüdeten Elementen ausgeglichen werden. Bei der Abnahme dagegen finde keine solche Ausbreitung und daher auch keine Ausgleichung der Ermüdung statt. Andererseits haben wir nach Hall und Matora für das Verschwinden überhaupt weniger Interesse als für das Anwachsen, es sei daher schwerer, die Aufmerksamkeit auf die Abnahme als auf die Zunahme eines Eindruckes zu richten. Die physiologische Seite dieser Erklärung ist jedenfalls ungenügend. Die Ermüdung gibt sich bei verhältnissmäßig langsamen Veränderungen als ein bedeutender Factor zu erkennen, und nur solche Veränderungen haben Hall und Matora untersucht. Dasselbe Verhältniss von Zu- und Abnahmeschwellen finden wir aber auch bei den schnellsten Veränderungen, bei denen von Ermüdung kaum die Rede sein kann. Wundt hat hier im Gegentheil gezeigt<sup>2)</sup>, dass bald nach der Erregung eines motorischen Nerven eine gesteigerte Reizbarkeit eintritt; und die scheinbare Zunahme eines constanten Druckes macht es höchst wahrscheinlich, dass dasselbe auch für die Drucknerven der Haut während einer noch längeren Periode gilt.

Die psychologische Seite der Erklärung erregt ebenfalls Bedenken. Vorausgesetzt dass für unser Interesse ein solcher Unterschied zwischen Zu- und Abnahme thatsächlich besteht, so könnte

1) Dermal Sensitiveness to Gradual Pressure Changes. American Journal of Psychology. Vol. I. p. 72.

2) Wundt, Untersuchungen zur Mechanik der Nerven und Nervencentren. Erlangen 1871. S. 74, 108. Vergl. auch ähnliche Resultate im Gebiete der Schallempfindung bei Starke, Die Messung von Schallstärken. Philosophische Studien. Bd. III. S. 290.

derselbe ebensowohl die Wirkung wie die Ursache des Schwellenunterschiedes, wie später gezeigt werden soll, sein. Dieses Interesse könnte aber nur dort als Erklärungsmittel gebraucht werden, wo Ab- und Zunahme einen merklichen Unterschied in ihrer psychischen Wirkung zeigen. Wo beide absolut gleich erscheinen, wie dies auf der ganzen Strecke bis zur Richtungsschwelle der Fall ist, wird der Beobachter weder das eine noch das andere vorzuziehen im Stande sein. Wenn dagegen die Veränderung mehr ausgesprochen erscheint, so erscheint der Versuchsperson nicht die Abnahme weniger interessant, sondern sie wird durch sie zu größerer Aufmerksamkeit angeregt. Die Beobachter bemerkten wiederholt den verwirrenden Charakter der Abnahmeveränderungen und die größere Spannung der Aufmerksamkeit, welche solche Reihen verlangten. Dem Beobachter waren solche Reihen gewöhnlich freilich unangenehmer, aber nicht, weil sie an sich weniger interessant waren, sondern weil sie eine größere Anstrengung erforderten. Es ist nicht unmöglich, dass diese Anstrengung auf das Interesse und die Aufmerksamkeit zurückwirkte. In diesem Fall war aber der genannte Unterschied die Wirkung und nicht die Ursache des Unterschiedes in der Wahrnehmbarkeit der beiden Richtungen.

Ganz abgesehen von einer möglichen Aufmerksamkeitsverschiedenheit, könnte jedoch eine gleiche Aufmerksamkeitsstärke bei Ab- und Zunahme der letzteren von größerem Vortheil sein. Es dürfte bekannt sein, dass die Aufmerksamkeit nicht nur die Klarheit einer Empfindung, sondern auch jedenfalls scheinbar deren Intensität etwas erhöht (vorausgesetzt dass es sich um sehr schwache Empfindungen handelt)<sup>1)</sup>, und dass plötzliche Veränderungen die Aufmerksamkeit besonders zu lenken oder zu fesseln vermögen. Die Aufmerksamkeit, mit welcher man die Veränderung bei unseren Versuchen erwartet, wird also durch die Wirkung dieser Veränderung im Momente der Veränderung noch verstärkt. Die Empfindung verlangt gerade im Augenblick dieser Veränderung einen viel größeren Grad der Aufmerksamkeit, als sie vor derselben besaß oder nach derselben erreicht. Diese gesteigerte Aufmerksamkeit gibt der Druckintensität in diesem Augenblick eine Betonung, welche

---

1) Wundt, Grundriss der Psychologie. S. 249.

sich einerseits als Verstärkung der Zunahmewirkung und andererseits als Abschwächung der Abnahmewirkung zeigt. Daher muss die Reizveränderung bei der Abnahme größer sein als bei der Zunahme, wenn die Vergleichsempfindung einen gleich großen Contrast gegen die unveränderliche Empfindung besitzen soll.

Weiter wirkt in demselben Sinne das Nachbild der Normalempfindung. Bei der Zunahme folgt dem Normalreiz unmittelbar eine noch intensivere Erregung derselben Art. Man kann also in diesem Falle kaum von einem Nachbild der Normalempfindung reden. Wenn eine Nachwirkung des Normalreizes wirklich vorhanden ist, so verschmilzt sie als summirendes Moment mit der folgenden Erregung. Bei der Abnahme dagegen entsteht eine Nachwirkung des Normalreizes in dem Moment, wo sich die Druckintensität vermindert. Dadurch wird die eigentliche Wirkung dieser Verminderung theilweise verdeckt. Die normale und die verminderte Intensität werden weniger scharf abgegrenzt, ihr Unterschied wird also schwerer erkannt, als ein diesen entsprechender Zunahmeunterschied wahrgenommen werden würde.

Die Factoren, welche in dieser Erklärung betont werden, sind nicht, wie z. B. das Eintreten vorher unerregter Elemente mit zunehmender Reizintensität (Hall und Matora), dem Drucksinn oder den verwandten Sinnesgebieten eigenthümlich. Die vorhin erwähnte Untersuchung von Stern <sup>1)</sup> handelt nur über Zunahmeveränderungen von Helligkeiten, wir bekommen also hier keine Auskunft darüber, ob auch bei Helligkeiten die Zunahmeschwellen kleiner sind als die Abnahmeschwellen. Ich habe aber selbst einige Vorversuche mit möglichst momentanen Helligkeitsänderungen ausgeführt, welche das Vorhandensein eines solchen Verhältnisses ziemlich sicher andeuten. In meinen Versuchsreihen waren die Zunahmeschwellen kleiner als die Abnahmeschwellen, auch ist der Unterschied zwischen Richtungs- und Veränderungsschwellen kleiner auf der Zunahme- als auf der Abnahmeseite. Wenn eine spätere Untersuchung diese vorläufigen Resultate an Helligkeiten bestätigen und die Erscheinung auch in anderen Gebieten nachweisen sollte, so

---

1) Die Wahrnehmung von Helligkeitsveränderungen. Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane. Bd. VII. S. 249.

werden wir um so mehr geneigt sein, diese Thatsache aus den allgemeinen Bedingungen, welche der Sinneswahrnehmung zu Grunde liegen, abzuleiten und die Erklärung für dieselbe nicht in einem speciellen Sinnesgebiete allein zu suchen.

Die Vermuthung Dohrn's<sup>1)</sup>, dass die größere Schwelle für die Zunahme in seinen Versuchen mit dem zufälligen Zustande seines Apparates in Zusammenhang stand, ist vielleicht richtig. Jedenfalls konnte ich bei Herrn Tawney und Herrn Judd ein solches Schwellenverhältniss für einen Normaldruck von 1 g, welchen Dohrn ausschließlich gebrauchte, nicht constatiren. Die Zunahmeschwellen waren im Gegentheil bei Herrn Tawney auch hier die kleineren. Bei Herrn Judd waren die Veränderungsschwellen für die Ab- und Zunahme gleich; die Richtungsschwellen waren bei der Zunahme ein wenig kleiner als bei der Abnahme, aber bei weitem nicht so verschieden von einander als bei den höheren Gewichten. Mit weniger empfindlichen oder weniger geübten Versuchspersonen würde vielleicht das von Dohrn gefundene Verhältniss bestätigt werden. Wir würden jedenfalls erwarten, dass, wenn man einen Normaldruck von einer nur wenig über der absoluten Schwelle befindlichen Größe anwendete, man eine Umkehrung des für höhere Gewichte geltenden Verhältnisses finden könnte. Bei der absoluten Reizschwelle (nach Aubert und Kammler<sup>2)</sup> an den Fingerspitzen 0,01—0,015 g) sollte demnach irgend eine Abnahme ein völliges Verschwinden der Druckempfindung veranlassen und daher eine verhältnissmäßig größere Veränderungswirkung als eine gleiche Reizzunahme hervorrufen. Ebenso sollte die Abnahmeschwelle dort kleiner sein als die Zunahmeschwelle. Bei der Annäherung an die absolute Schwelle würden wir wahrscheinlich eine Uebergangszone finden, welche höher gelegen sein könnte, wenn die absolute Schwelle höher liegt. Bei Herrn Judd

1) Dohrn, Beiträge zur Druckempfindlichkeit der Haut. Zeitschrift für rationelle Medicin. Dritte Reihe. Bd. X. S. 355.

2) Aubert u. Kammler, Untersuchungen über den Druck- und Raumsinn der Haut. Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre d. Menschen u. d. Thiere. Bd. V. S. 145. Vergl. aber von Frey, Beiträge zur Physiologie des Schmerzsinnes. Berichte der königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. Math.-Phys. Cl. 1894. S. 188. Nach von Frey soll die Reizschwelle für Druck an den Fingerspitzen bei 3 g/mm<sup>2</sup> liegen.

z. B., der überhaupt eine weniger empfindliche Haut besitzt als Herr Tawney, scheint eine solche Zone schon bei 1 g vorhanden zu sein. Bei Herrn Tawney liegt dieselbe vermuthlich tiefer.

Ueber die Uebereinstimmung der in diesen Versuchen gefundenen Resultate mit den Forderungen des Weber'schen Gesetzes haben wir bereits früher gesprochen<sup>1)</sup>. Die gewöhnliche untere Abweichung wurde auch in unseren Ergebnissen gefunden. Sie beginnt für alle vier Schwellenwerthe ungefähr bei denselben Normalgewichten und steigt für alle ziemlich gleichmäßig auf. Diese untere Abweichung ist wahrscheinlich theilweise dem Einflusse der schützenden Gewebe zuzuschreiben. Der Einfluss der Epidermis ist verhältnissmäßig um so größer, je kleiner das darauf drückende Gewicht wird. In Folge der Elasticität dieser Gewebe tritt die innere Reizveränderung um so weniger plötzlich ein, je kleiner die absolute Druckgröße und deren Veränderung wird. In der Uebertragung wird die Veränderung weniger scharf und bestimmt. Ebenso wird hier, wie bei allmählicheren Veränderungen überhaupt, die Wahrnehmungsschwelle, wie wir später sehen werden, verhältnissmäßig eine höhere.

Im engen Zusammenhang mit den Forderungen des Weber'schen Gesetzes steht das annähernd constante Verhältniss zwischen Veränderungs- und Richtungsschwellen. Die Tabellen zeigen, dass das Verhältniss zwischen Veränderungs- und Richtungsschwellen schwankend ist. Es zeigt aber eine Tendenz annähernd gleich zu bleiben, welche, wenn sie vollkommen wäre, durch die Formel

$$\frac{Sv}{Sr} = \frac{S'v}{S'r}$$

ausgedrückt werden könnte; wo  $Sv$  und  $Sr$  die Werthe von  $\Delta r$  für die Veränderungs- bzw. Richtungsschwelle bei einer gewissen Richtung und Normalintensität repräsentiren, und wo  $S'v$  und  $S'r$  diese Werthe von  $\Delta r$  für dieselben Schwellen sind, welche aber bei einer anderen Richtung oder bei anderer Normalintensität gefunden wurden. Die Berechnung des Verhältnisses zwischen diesen

1) Siehe S. 539, 542 f.

Veränderungs- und Richtungsschwellen aus den in Tabelle IV angegebenen Werthen von  $\Delta r$  ergibt für die beiden Richtungen bei den verschiedenen Normalgewichten die Werthe, welche in der Tabelle V zusammengestellt sind. Bei der Druckabnahme ist das Verhältniss hier also ein wenig schwankend; bei der Druckzunahme

Tabelle V.

Normalgewicht	$\frac{Sv}{Sr}$	
	Zunahme	Abnahme
10	0,762	0,882
25	0,729	0,729
50	0,754	0,658
75	0,721	0,794
100	0,717	0,671
150	0,767	0,695
200	0,719	0,678

dagegen zeigt dasselbe eine auffallende Constanz. Selbst bei der Abnahme ist die Abweichung von der Constanz hier jedoch bei weitem nicht so groß wie die Abweichung der in Tabelle IV verzeichneten  $\frac{\Delta r}{r}$  Werthe von den Forderungen des Weber'schen Gesetzes. Man darf aber nicht annehmen, dass das Weber'sche Gesetz an und für sich diese Constanz erklären könnte. Das Gesetz könnte nicht verlangen, dass, wenn sich die Zunahmeschwellen z. B. wie 0,7 : 1 verhalten würden, die Abnahmeschwellen sich trotz ihres absoluten Unterschiedes von jenen Zunahmeschwellen ebenfalls wie 0,7 : 1 verhalten müssten. Auch könnte das Gesetz nicht zeigen, dass, wo die Veränderungsschwellen von den Forderungen des Gesetzes abzuweichen beginnen, die Richtungsschwellen (und zwar nach dem oben erwähnten Verhältniss) noch mehr abweichen müssten.

Wir finden sonach eine Tendenz zu einer noch erweiterten Constanz von Verhältnissen, als durch das Weber'sche Gesetz an sich gefordert wird. Dies ist aber eben dasjenige, was wir erwarten müssen, wenn wir mit Wundt das Weber'sche Gesetz als

nur eine Seite eines allgemeinen Beziehungsgesetzes auffassen<sup>1)</sup>. Von diesem Standpunkt aus betrachtet, sind die Constanz, welche das Weber'sche Gesetz verlangt, und die Tendenz zu einer noch mehr erweiterten Constanz von Verhältnissen der Ausdruck für eine und dieselbe Sache. Nicht nur die apperceptive Unterscheidung zwischen Veränderung und Stillstand, sondern auch diejenige der Veränderungsrichtung erfordert eine gewisse Klarheit und Stärke. Dieselben sind im ersten Falle der Intensität der vorhandenen Empfindungen proportional, im letzteren aber muss die Stärke der Veränderung zunächst der ebenmerklichen Veränderung und nur mittelbar dem Normaldruck proportional sein, sofern die erstere dem letzteren selbst proportional ist. Wenn aber die ebenmerkliche Veränderung von dieser Proportionalität aus zufälligen Ursachen abweicht, so muss auch die Richtungsschwelle um so mehr abweichen. Das Beziehungsgesetz schließt also hier nicht nur die Thatsachen ein, welche mit dem Weber'schen Gesetz übereinstimmen, sondern auch diejenigen, welche damit in keinem unmittelbaren Zusammenhang stehen.

## II. Versuche bei abgestuften Geschwindigkeiten.

Die früheren physiologischen Versuche, welche über den Einfluss der Geschwindigkeit einer Reizänderung ausgeführt worden sind, stellten die Thatsache fest, dass die bei der Reizänderung eintretende Muskelzuckung ausfiel, wenn eine gleichgroße Veränderung des Reizes sehr langsam hervorgebracht wurde<sup>2)</sup>. Selbst an unverletzten Fröschen konnten verschiedene Reize allmählich bis

1) Wundt, Grundzüge der physiologischen Psychologie. 4. Aufl. Bd. I. S. 393. Grundriss der Psychologie. Leipzig 1896. S. 299, 379.

2) Fontana, Beobachtungen und Versuche über die Natur der thierischen Körper. Aus dem Italienischen von Hebenstreit. Leipzig 1785. S. 141. — Marianini, Mémoire sur la secousse qu'éprouvent les animaux au moment où ils cessent de servir d'arc de communication entre les pôles d'un électromoteur, etc. Annales de Chimie et de Physique. 1829. T. XL. p. 234. — du Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Elektrizität. Bd. I. S. 271. — Afanasieff, Untersuchungen über den Einfluss der Wärme und der Kälte auf die Reizbarkeit der motorischen Froschnerven. Archiv für Anat., Physiol. und wissenschaftl. Medicin. 1865. S. 691. — Goltz, Beiträge zur Lehre von den Functionen der Nervencentren des Frosches. Berlin 1869. — Tarchanow, Ueber

zu tödtender Stärke gesteigert werden, ohne dass dieselben Fluchtbewegungen verursachten<sup>1)</sup>.

Auch in Versuchen, wo Selbstbeobachtung stattfinden kann, hat man schon mehrmals bemerkt, dass eine Reizänderung, welche plötzlich hervorgerufen wurde, die Empfindungen merklich verändert, bei allmählichem Anwachsen aber eine derartige Wirkung nicht zeigt<sup>2)</sup>. Aber außer der Arbeit von Stern, sowie der von Hall und Matora, deren Ergebnisse, soweit sie uns interessiren, später angegeben werden sollen, existirt in diesem Gebiete keine ausführliche Untersuchung. Griffing<sup>3)</sup> hat einige Versuche über die absolute Reizschwelle veröffentlicht, in denen er die Geschwindigkeit der Drucksteigerung in Betracht gezogen hat. Er fand, dass ein Druck von 0,4 g viel öfter wahrgenommen wurde, wenn er schnell (in  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{6}$  einer Secunde), als wenn er langsamer (in 1—2 Secunden) erzeugt wurde. Noch seltener wurde der Druck wahrgenommen, wenn er in 8—10 Secunden sein Maximum erreicht hatte. Wie Griffing selbst zugibt, müssen wir aber sein Verfahren als ein sehr mangelhaftes ansehen. Mit der Hand allein, wie dies bei Griffing's Versuchen der Fall war, kann man die einzelnen Geschwindigkeiten nur äußerst unsicher und nur sehr

---

die Wirkung der Erwärmung resp. Erkältung auf die sensiblen Nerven, das Gehirn und Rückenmark des Frosches. *Bulletin de l'Académie impériale de Sciences de St.-Petersbourg.* T. XVI. p. 226. — Foster, On the Effects of a gradual Rise of Temperature on Reflex Actions in the Frog, *The Journal of Anatomy and Physiology.* Vol. VIII. p. 45.

1) Heiñzmann, Ueber die Wirkung sehr allmählicher Aenderungen thermischer Reize auf die Empfindungsnerven. *Archiv für die gesammte Physiologie des Menschen und der Thiere.* Bd. VI. 1872. — Fratscher, Ueber continuirliche und langsame Nervenreizung. *Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft.* Neue Folge. Bd. II. S. 130. — Sedgwick, On Variations of Reflex-excitability in the Frog, induced by Changes of Temperature. *Studies from the Biological Laboratory, Johns Hopkins University.* Vol. II. 1883.

2) Ritter, Beiträge zur näheren Kenntniss des Galvanismus und der Resultate seiner Untersuchung. Jena 1802. Bd. II. Erstes Stück. S. 44 ff. — Preyer, Empfindung als Function der Reizänderung. *Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane.* Bd. VII. S. 241. — Scripture, Ueber die Aenderungsempfindlichkeit. *Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane.* Bd. VI. S. 472.

3) Griffing, On Sensations from Pressure and Impact. *Psychological Review, Monograph Supplement No. 1.* Feb. 1895. p. 78.

ungleichmäßig hervorrufen. Im Uebrigen interessiren uns seine Versuche hier weniger, weil sie nicht die Wahrnehmung einer Druckveränderung, sondern nur die eines Druckes überhaupt zum Gegenstande hatten<sup>1)</sup>.

Die Untersuchung von Hall und Motora<sup>2)</sup> wurde mit einer solchen Vorrichtung ausgeführt, dass die Geschwindigkeit der Druckänderung durch ein Kymographion regulirt werden konnte. Sie arbeiteten einerseits mit relativ gleichen Geschwindigkeiten und verschiedenen Normalgewichten, andererseits mit gleichen Normalgewichten und verschiedenen Veränderungsgeschwindigkeiten. Im ersten Falle, wo die Größe der Veränderung pro Secunde  $\frac{4}{125}$  des Normalgewichtes betrug, fanden sie, dass die Schwellen für mittlere Gewichte (80—100 g) etwas niedriger waren als bei Anwendung von kleineren Gewichten (5—20 g). Bei größeren Gewichten (100—500 g) schien die Schwelle relativ wieder zuzunehmen. Im zweiten Falle betrug der Normaldruck 50 g, und die Geschwindigkeiten waren derart, dass die Veränderungsgröße in der Secunde zwischen  $\frac{16}{125}$  und  $\frac{1}{500}$  vom Normalgewichte variirte. Hier fanden sie die Veränderungsschwelle um so kleiner, je langsamer die Veränderung erzeugt wurde. Allein bei der langsamsten Veränderung war die Schwelle höher als bei der nächst größeren Geschwindigkeit von  $\frac{1}{250}$  des Normalgewichtes pro Secunde. Bei dieser langsamsten Geschwindigkeit sind wir vielleicht schon, wie die Verfasser vermutheten, in dem Gebiete eines entgegengesetzten Verhältnisses, indem wir erfahrungsgemäß wissen, dass äußerst langsame Veränderungen sehr schwer wahrnehmbar sind. Das Gesetz der abnehmenden Schwelle bei abnehmender Geschwindigkeit kann demnach keine unbegrenzte Gültigkeit besitzen, denn sonst könnten wir diese Erfahrung nicht gewinnen.

Bei den von Stern über die Wahrnehmung von Helligkeitsänderungen ausgeführten Versuchen<sup>3)</sup> wurden ähnliche Resultate

1) Dr. F. Kiesow theilte mir mit, dass er bei Bestimmung der absoluten Druckschwelle unabhängig von Griffing zu gleichen Resultaten kam, und dass eine ausführliche Arbeit von ihm hierüber in einiger Zeit erscheinen werde.

2) Dermal Sensitiveness to Gradual Pressure Changes. American Journal of Psychology. Vol I. p. 72.

3) Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane. Bd. VII. S. 249.

gefunden. Allein bei diesen wurde für die Gültigkeit des Gesetzes keine untere Grenze bemerkt. Je langsamer die Geschwindigkeit war, um so niedriger wurden die von ihm gefundenen Schwellenwerthe. Dass eine unbegrenzte Gültigkeit dieses Verhältnisses unserer Erfahrung aber widersprechen müsse, bemerkte Stern gleichfalls. Es muss also eine untere Grenze geben. Andererseits muss aber auch eine obere Grenze vorhanden sein, weil bei Helligkeitsänderungen, welche als momentane wahrgenommen werden, die Schwelle 2—4 Mal so klein ist als bei den langsamsten in seinen Versuchen stattgefundenen Veränderungen. Nach Stern haben wir bei Helligkeitsänderungen somit drei Gebiete der Schwellenverhältnisse. Bei Veränderungen nämlich, welche als momentane wahrgenommen werden, findet man überhaupt die kleinsten Schwellen. Bei weniger schnellen Veränderungen dagegen ist die Schwelle viel höher, sie nimmt jedoch wieder ab, wenn auch die Geschwindigkeit abnimmt. Die Erfahrung lehrt jedoch noch ein drittes Stadium kennen, bei welchem die Schwelle bei sehr langsamen Veränderungen mit abnehmender Geschwindigkeit zunimmt.

Wenn wir nun die Resultate Hall's und Matora's durch die im ersten Theile unserer Arbeit mitgetheilten Ergebnisse ergänzen, so müssten wir bei Druckänderungen ein genau paralleles Verhalten finden. Wir haben nämlich ein Gebiet der mittleren Geschwindigkeit, in dem das Gesetz der abnehmenden Schwelle bei abnehmender Geschwindigkeit Geltung haben müsste. Wir haben sodann ein oberes Gebiet, in dem die Schwellen die kleinsten sein würden, und ein unteres, in welchem mit zunehmender Geschwindigkeit auch die Schwelle zunehmen soll.

Diese einander entsprechenden Resultate im Gebiete der Helligkeits- und der Druckänderung wurden nach folgender Methode gewonnen. Der Beobachter richtete seine Aufmerksamkeit auf den Normalreiz. Nach einem gegebenen Signal wurde dieser Reiz durch den Experimentator mit einer bestimmten Geschwindigkeit ununterbrochen verändert. Der Beobachter hatte zu reagiren, sobald er die Richtung der Veränderung wahrnahm. Bei dem von Hall und Matora benutzten Verfahren ließ der Experimentator hierauf die Veränderung aufhören und notirte die Größe derselben. Diese Größe wurde von ihnen ohne weiteres als Schwellenbestimmung

verwandt. Es handelt sich hier aber sowohl für den Beobachter wie für den Experimentator um eine Reactionszeit, und gerade diese doppelte Reactionszeit spielt in den Resultaten eine um so bedeutendere Rolle, je schneller die Veränderungen hervorgebracht werden. Die während dieser Zeit stattfindende Veränderung gehört eigentlich nicht zu derjenigen Größe, welche die Wahrnehmung der Veränderung beansprucht. Man hat dann in den von Hall und Motora angegebenen Resultaten einen ungleich vertheilten Fehler, da derselbe ja um so größer sein muss, je größer die Geschwindigkeit der Veränderung ist.

Die Berechnung der Schwelle bei Stern's Versuchen, nach deren Anordnung die Reactionszeit des Beobachters allein in Betracht kommt<sup>1)</sup>, ist insofern modificirt, als derselbe eine constante Reactionszeit von 0,5 Sec. von der Gesamtdauer der Veränderung subtrahirte<sup>2)</sup>.

Soweit wir die Reactionszeit bei den verschiedenen Geschwindigkeiten als eine überall gleiche ansehen können, was freilich sehr fraglich ist, ist dies eine Verbesserung. Stern hat aber bei momentanen Veränderungen sein Verfahren noch mehr modificirt. In diesem Falle verwarf er die Reactionsmethode ganz. Hier dauerte die Veränderung nicht bis zur Reaction des Beobachters, sondern es wurde eine bestimmte Veränderungsgröße momentan erzeugt und der Beobachter hatte nur anzugeben, ob er die betreffende Veränderung wahrgenommen hatte oder nicht.

Der Grund für eine derartige Umänderung der Verfahrensweise ist leicht einzusehen. Nach der Methode, welche er bei den langsameren Veränderungen anwandte, würde bei absolut momentanen Veränderungen eine unendlich große Veränderung ablaufen, bevor eine Reaction ausgeführt werden könnte. Man würde also darin kein Maß für die ebenmerkliche Veränderungsgröße besitzen und muss deswegen nach einer anderen Methode suchen.

Diese nothwendige Umänderung der Methode könnte vielleicht unwichtig erscheinen. Sie lässt jedoch einen bedeutenden Mangel des Reactionsverfahrens bei Veränderungswahrnehmungen erkennen.

---

1) Siehe S. 258 der erwähnten Abhandlung.

2) Siehe S. 271 derselben.

Es ist nämlich unmöglich diese Methode bei jeder beliebigen Geschwindigkeit zu verwenden. Sie ist unzuverlässig, nicht nur bei momentanen Aenderungen, sondern auch bei allen Geschwindigkeiten, bei welchen die Reactionszeit im Vergleich mit der Dauer der ebenmerklichen Veränderung eine verhältnissmäßig große ist. Die Gesamtdauer wird hier in dem Maße von der schwer zu bestimmenden Reactionszeit beeinflusst, dass die ebenmerkliche Veränderungsgröße nur ganz unsicher daraus gewonnen werden kann. Man kann nach dieser Methode also eine beträchtliche Strecke nicht untersuchen, sondern wir müssen, wenn wir das allgemeine Verhältniss der Veränderungsschwellen untersuchen wollen, wenigstens bei schnellen Veränderungen nach einer anderen Methode verfahren. Wenn wir aber in dieser Weise verschiedene Theile des Gebietes nach verschiedenen Methoden untersuchen, können wir niemals sicher sein, wie weit die etwa gefundenen Variationen in diesen verschiedenen Theilen dem Methoden- und wie weit sie dem Geschwindigkeitsunterschiede zuzuschreiben sind. Wir werden in der That später sehen, dass diese beiden Methoden verschiedene psychische Wirkungen auf den Beobachter ausüben. Sie können also auch in dieser Beziehung auf die Resultate von verschiedenem Einflusse sein.

Einen zuverlässigen Vergleich ermöglicht nur die gleiche Anwendung ein und derselben Methode bei allen Geschwindigkeiten. Weil die Reactionsmethode bei sehr schnellen Veränderungen nicht anwendbar ist, müssen wir die Methode, welche sich bei den letzteren zuverlässig erweist, auch bei den langsameren Veränderungen benutzen. Nur in dieser Weise können wir entscheiden, ob das Verhältniss zwischen der Geschwindigkeit und der ebenmerklichen Veränderung, wie die bisherigen Untersuchungen angedeutet haben, in einem Falle diesem, im anderen Falle einem anderen Gesetze folgt.

---

Der Apparat, welchen ich in den hier zu berichtenden Versuchen gebrauchte, wurde eingerichtet, um die ebenerwähnten Forderungen zu erfüllen. Es war außerdem erwünscht, die Geschwindigkeit zwischen sehr weiten Grenzen zu variiren, um auch das bisher unerforschte Gebiet zwischen der höchsten von Hall und

Motora angewandten Geschwindigkeit und einer momentanen Veränderung mit in die Untersuchung einzuschließen. In den Vorversuchen gebrauchte ich anfangs theils eine auf dem einen Ende des Wagebalkens ruhende Wasser-, theils eine eben solche Quecksilbersäule. Nach dem Princip der Landois'schen<sup>1)</sup> Quecksilber-Druckwage verändert sich beim Auf- und Absteigen der Flüssigkeitssäule auf diese Weise der von dem Balken erzeugte Druck, Es fand sich aber bald, dass diese für den vorliegenden

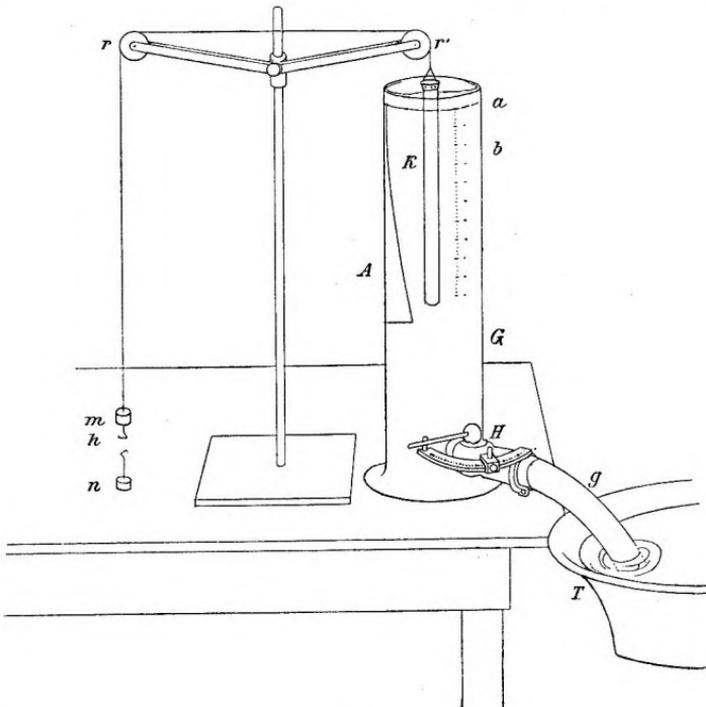


Fig. 3.

Zweck sich nicht eignete. Eine exacte Regulirung einer gleichmäßigen Geschwindigkeit war mit derselben nicht zu erreichen. Dieser Mangel zeigte sich besonders deutlich, wenn eine kleine Veränderung sehr schnell erzeugt werden sollte.

Mit dem Apparat, welcher in der Figur 3 dargestellt ist, ließen sich diese Schwierigkeiten beseitigen. Ein cylindrisches, mit Wasser

1) Vergl. Kruth, Untersuchungen über den Drucksinn mittelst der Landois'schen Quecksilber-Druckwage. Greifswald 1881.

gefülltes Glasgefäß ( $G$ ) von etwa 40 cm Höhe und 10 cm im inneren Durchmesser, war mit einem großen Hahn ( $H$ ) versehen. Dieser trug auf einem eingetheilten Metallkreise einen fein verstellbaren Hebelabschlag, vermittelt dessen die Weite der Oeffnung des Hahnes genau regulirt werden konnte. Bei völliger Oeffnung desselben ist dem durchbrechenden Wasserstrahl ein cylindrischer Weg von 2 cm Durchmesser gebahnt. Innerhalb des Gefäßes  $G$  hing an einem starken Faden ein äquilibrirtes Reagensgläschen  $K$ , dessen oberes offenes Ende über die dasselbe umschließende Wasseroberfläche ( $a$ ) emportaucht. Dieses Gefäß wurde gleichfalls mit Wasser und zwar fast bis zum Rande gefüllt. Der erwähnte Faden lief über zwei feingearbeitete, leichte Messingrollen ( $r, r'$ ), welche mit der sie verbindenden Stange an einem Stativ befestigt waren. An seinem unteren Ende hielt dieser Faden ein constantes Gewicht ( $m$ ) und darunter einen kleinen Haken ( $h$ ). Dies Gewicht diente dazu, den Faden gespannt zu halten. Es hielt außerdem das Gefäß  $K$  aufrecht und im Gleichgewicht. Mit dem Haken  $h$  wurde irgend ein beliebiges Gewicht ( $n$ ) je nach der gewünschten Veränderungsgröße von einem der Hebel  $B$  und  $C$  des vorherbeschriebenen Druckapparates (Fig. 1) emporgehoben.

Wenn nun z. B. das Gewicht  $n$  nicht benutzt wurde und der Hahn  $H$  geöffnet war, so sank das Gefäß  $K$  gleichmäßig mit der absteigenden Wasserfläche  $a$ , und der erwähnte Haken  $h$  ging in die Höhe. Anders ist es, wenn der Haken  $h$  in die Oese des Gewichtes  $n$  eingreift. Dann sinkt bei Eröffnung des Hahnes das Gefäß  $K$  anfangs nicht, sondern bleibt in Ruhe, bis die Wasserebene  $a$  etwa bis auf  $b$  gesunken ist. Bei der stetig abnehmenden Wasser- verdrängung durch das Gefäß  $K$  übt das letztere einen allmählich gesteigerten Zug auf den Faden aus, bis das Gewicht  $n$  schließlich ausgeglichen ist. In diesem Momente erst sinkt das Gefäß  $K$ , und das Gewicht  $n$  wird von dem Hebelarm gehoben. Der Ausgleich dieses Gewichtes geschieht also nicht absolut momentan, sondern tritt allmählich mit dem Sinken der Wasserfläche von  $a$  bis etwa  $b$  ein. Die Geschwindigkeit dieses Ausgleiches hängt einmal ab von der Geschwindigkeit, mit der die Wasseroberfläche herabsinkt, und sodann von dem Querschnitt des Gefäßes  $K$ .

Die Geschwindigkeit dieses Herabsinkens wurde nun vermitteltst

des Hahnabschlages in der folgenden Weise bestimmt und regulirt. An der Seite des Gefäßes  $G$  wurde zunächst empirisch eine Scala angebracht, welche die Ausgleichungsgröße des Gefäßes  $K$  von Gramm zu Gramm angab. Durch sorgfältige Versuche wurden dann diejenigen Oeffnungsgrößen des Hahnes  $H$  bestimmt, welche den erwünschten Geschwindigkeiten des Ausflusses entsprachen, und an dem Theilkreise des Hahnes fixirt. Durch diese Scala und den verstellbaren Abschlag konnte dann jede erwünschte Geschwindigkeit hergestellt werden.

Zuvor musste aber die Geschwindigkeit des Herabsinkens der Wasserfläche selbst constant gemacht werden. Wenn die Höhe der Wassersäule abnimmt, so vermindert sich allmählich der bei dem Hahn wirkende Wasserdruck, und das Quantum des ausströmenden Wassers wird geringer. Ohne besondere Compensationsvorrichtung würde die Wasserfläche  $a$  mit immer abnehmender Geschwindigkeit herabsinken. Um eine solche Vorrichtung herzustellen, wurde zunächst die Abweichung der Geschwindigkeit gemessen und daraus dann berechnet, wie viel die Querschnittsgröße des in dem Gefäß  $G$  sich befindenden Wasservolums von oben abnehmen müsse, um trotz des sich vermindernden Ausflusses ein gleichmäßiges Herabsinken der Wasserebene zu erzeugen. Ein nach dieser Berechnung geschnittener Holzkörper ( $A$ ) wurde dann an der inneren Seite des Gefäßes  $G$  befestigt und die Genauigkeit desselben empirisch bestätigt. Die Höhe der in dem Schlauche  $g$  sich befindenden Wassersäule wurde durch gleiche Füllung des Topfes  $T$  constant erhalten. Das untere Ende dieses Schlauches tauchte unter die Fläche des in dem Topfe  $T$  stehenden Wassers, und wenn die Luft einmal aus diesem Schlauche ausgetrieben wurde, so floss das Wasser durch den Hahn ganz geräuschlos aus dem Schlauche aus.

Die Geschwindigkeit der Veränderung konnte noch weiter variirt werden, indem das Gefäß  $K$  durch ein anderes von einem größeren Querschnitt ersetzt wurde. Die vorher erwähnten Scalen mussten in diesem Falle natürlich dem entsprechend abgeändert werden. In dieser Weise konnte ich die Geschwindigkeit der Druckveränderung zwischen den Grenzen 0,1 g und 250 g in der Secunde variiren.

Das Versuchsverfahren war wesentlich dasselbe wie bei den

Versuchen mit momentanen Veränderungen, über welche ich bereits berichtete. Derselbe Apparat wie bei diesen wurde auch hier angewandt, nur dass das Gewicht, welches die Veränderungsgröße repräsentirte, hier mittelst der ebenbeschriebenen Vorrichtung, und nicht durch Aufklopfen auf die betreffenden Hebelenden abgehoben wurde. Die Richtung der Veränderung war wie bei den früheren Versuchen eine verschiedene, je nachdem dieser Ausgleichungsapparat bei verschiedener Einstellung das Gewicht  $b$  oder das Gewicht  $c$  (in Fig. 1) emporhob. Die Veränderungsgröße wurde also wie vorher durch die Größe dieses gehobenen Gewichtes, die Geschwindigkeit der Veränderung durch die ebenbeschriebene Vorrichtung bestimmt. Nach dem Aufsetzen des Druckapparates auf die betreffende Fingerstelle wurde der Haken  $h$  (Fig. 3) mit demjenigen des betreffenden Gewichtes eben in Berührung gebracht. Bei einem Signal, wie vorher, wurde die Veränderung erzeugt, und der Beobachter hatte in gleicher Weise sein Urtheil abzugeben. Bei dem nächsten Versuche wurde wieder mit dem Normalreiz begonnen, und sodann eine noch größere Veränderung hervorgebracht, bis die ebenbemerkliche Veränderung schließlich erreicht war. Das folgende Beispiel dürfte vielleicht das Verständniss des Verfahrens erleichtern.

Beispiel: Versuchsperson Dr. Kiesow.

Druckabnahme, Geschwindigkeit 0,024).

Anfangsintensität der Veränderung	Schlussintensität der Veränderung	Angabe der Versuchsperson
50	36	leise Zunahme
50	35	Zunahme
50	34	minimale Zunahme
50	33	glaube leichter
50	32	unsicher
50	31	glaube leichter, nicht gewiss
50	30	leichter, sicher
50	29	leichter, sicher
50	28	leichter, sicher

1) d. h. 1 g in der Secunde. Vergl. S. 566.

Die Dauer der Veränderung, welche der Beobachter zu beurtheilen hatte, wurde diesem im voraus mitgetheilt. In allen anderen Beziehungen aber war das Verfahren ein unwissentliches.

Dieses wurde deshalb bevorzugt, weil der Einfluss der Erwartung bei den langsamen Veränderungen viel größer ist als bei den schnellen. Derselbe würde sich im anderen Falle also nicht gleichmäßig über alle die zu vergleichenden Schwellenwerthe vertheilt haben. Die schnelleren Veränderungen zeigen sich viel schärfer begrenzt als die langsameren. Daher kann der Beobachter sich bei weitem nicht so leicht über jene als über diese täuschen. Man kann bei den letzteren fast überall die Schwelle finden, je nachdem die Versuchsperson die Erwartung einstellt. Bei den schnellen Veränderungen ist dies nicht der Fall. Wie die Resultate über momentane Veränderungen zeigen, sind die Schwellenwerthe sowohl bei wissentlichem, wie bei unwissentlichem Verfahren fast gleich.

Die Wahl der Abstufungen war hier nicht so leicht als bei den momentanen Veränderungen. Anfangs glaubte ich auch hier bei allen Geschwindigkeiten die gleichen Stufen durchführen und auch das Verhältniss zwischen Stufengrößen und Normalintensitäten constant halten zu sollen. Ich fand aber sogleich, dass dies nicht anging. Die Abstufungen, welche gewissen Veränderungen angemessen waren, verursachten bei anderen eine zu ermüdende Versuchsreihe; denn die Grenzen zwischen dem sicher unmerklichen und dem sicher merklichen Unterschied lagen hier viel weiter von einander als dort. Ich musste also die Stufen nach der Breite dieser Zone und nach den gefundenen Schwellenwerthen einrichten. Bei Herrn Dr. Kiesow z. B. konnte bei langsamsten Zunahmeveränderungen ein Stufenunterschied von 1 g gut verwandt werden, dagegen bei den langsamsten Abnahmeveränderungen musste dieser, um Ermüdungserscheinungen zu vermeiden, auf 2—4 g gesteigert werden.

Um aber die Möglichkeit auszuschließen, dass die Resultate nur durch die Wahl der Abstufungen oder durch Unterschiede in den Anfangspunkten der verschiedenen Reihen gewonnen würden, gebrauchte ich besondere Vorsichtsmaßregeln. Unter den Reihen kamen wiederholt solche vor, in denen bei verschiedenen Geschwindigkeiten dieselben Stufen und Anfangsgrößen der Veränderung

angewandt waren. Diese Reihen zeigen unzweideutig, dass die Resultate dem etwaigen Vorurtheile des Experimentators nicht zugeschrieben werden können. Es wurde außerdem dafür gesorgt, dass der Einfluss der Uebung sich gleichmäßig über die Resultate vertheilte.

Die in den folgenden Tabellen angegebenen Resultate wurden aus ungefähr 500 Versuchsreihen, welche mit fünf Versuchspersonen angestellt wurden, gewonnen. Die Zeichen über den Spalten haben meistens dieselbe Bedeutung wie in den vorigen Tabellen. Die Geschwindigkeit der Veränderung ist durch die Zahl angegeben, welche das Verhältniss zwischen der Normalintensität und der Veränderungsgröße in der Secunde ausdrückt. »2,5« bedeutet z. B., dass die Geschwindigkeit eine solche war, dass die Veränderung in einer Secunde 2,5 mal den Werth des Normaldruckes betrug; »0,02« bedeutet demnach, dass sich die Veränderung auf den zweihundertsten Theil von der Größe des Normalgewichtes in der Secunde belief. Die Dauer der Veränderung wird aus der Veränderungsgröße und der Geschwindigkeit berechnet und in Secunden ausgedrückt. Normal- resp. Vergleichsgewicht, Schwelle und mittlere Variation sind in Grammen angegeben. Die Tabellen VI, VII, VIII und IX stellen die Versuche bei constantem Normaldruck und verschiedenen Geschwindigkeiten der Veränderung dar. Die angegebenen Werthe sind Durchschnittswerthe aus je zehn Bestimmungen,

Tabelle VI. Tawney. Normalgewicht 25 g.

Geschwindigkeit	Zunahme					Abnahme				
	Vergleichsgewicht	$\Delta r$	$\frac{\Delta r}{r}$	$mV$	Dauer	Vergleichsgewicht	$\Delta r$	$\frac{\Delta r}{r}$	$mV$	Dauer
2,50	26,50	1,50	0,060	0,20	0,02	21,65	3,35	0,134	0,67	0,05
0,50	27,70	2,70	0,108	0,70	0,22	20,80	4,20	0,168	0,88	0,34
0,10	29,90	4,90	0,196	1,50	1,96	15,90	9,10	0,364	1,32	3,64
0,02	31,15	6,15	0,246	1,38	12,30	13,20	11,80	0,472	1,24	23,60
0,004	29,90	4,90	0,196	3,10	49,00	8,40	16,60	0,664	2,60	166,00

Tabelle VII. Dr. Kiesow. Normalgewicht 50 g.

Geschwindigkeit	Zunahme					Abnahme				
	Vergleichsgewicht	$\Delta r$	$\frac{\Delta r}{r}$	$mV$	Dauer	Vergleichsgewicht	$\Delta r$	$\frac{\Delta r}{r}$	$mV$	Dauer
2,50	53,15	3,15	0,063	1,14	0,03	40,60	9,40	0,188	0,88	0,08
0,50	54,85	4,85	0,097	1,18	0,19	38,20	11,80	0,236	1,44	0,47
0,10	56,70	6,70	0,134	1,08	1,34	36,00	14,00	0,280	2,40	2,80
0,02	55,70	5,70	0,114	1,70	5,70	28,90	21,10	0,422	2,10	21,10
0,004	53,90	3,90	0,078	0,72	19,50	12,80	37,20	0,744	6,00	186,00

Tabelle VIII. Judd. Normalgewicht 100 g.

Geschwindigkeit	Zunahme					Abnahme				
	Vergleichsgewicht	$\Delta r$	$\frac{\Delta r}{r}$	$mV$	Dauer	Vergleichsgewicht	$\Delta r$	$\frac{\Delta r}{r}$	$mV$	Dauer
2,50	105,4	5,4	0,054	1,28	0,02	90,9	9,1	0,091	0,36	0,04
0,50	107,3	7,3	0,073	2,16	0,15	90,2	9,8	0,098	1,00	0,20
0,10	109,4	9,4	0,094	3,28	0,94	83,1	16,9	0,169	1,34	1,69
0,02	113,8	13,8	0,138	4,00	6,90	80,6	19,4	0,194	1,96	9,70
0,004	116,0	16,0	0,160	1,80	40,00	78,2	21,8	0,218	2,08	54,50

Tabelle IX. Dr. Meumann, Normalgewicht 200 g.

Geschwindigkeit	Zunahme					Abnahme				
	Vergleichsgewicht	$\Delta r$	$\frac{\Delta r}{r}$	$mV$	Dauer	Vergleichsgewicht	$\Delta r$	$\frac{\Delta r}{r}$	$mV$	Dauer
0,50	214,4	14,4	0,072	2,24	0,14	166,6	33,4	0,167	4,48	0,33
0,10	222,2	22,2	0,111	3,04	1,11	159,2	40,8	0,204	3,36	2,04
0,02	226,8	26,8	0,134	12,16	6,70	157,4	42,6	0,213	3,52	10,65
0,004	235,2	35,2	0,176	28,64	44,00	153,4	46,6	0,233	13,12	58,25

jedoch mit der Einschränkung, dass bei Herrn Dr. Meumann nur fünf Bestimmungen in jedem Falle ausgeführt wurden.

Tabelle X stellt die Versuche bei relativ constanter Geschwindigkeit der Veränderung, aber bei verschiedenen Normalintensitäten dar. Hier sind die Zahlen gleichfalls Durchschnittswerthe aus je zehn Bestimmungen.

Tabelle X. Eber, Geschwindigkeit 0,10.

Normalgewicht	Zunahme					Abnahme				
	Vergleichsgewicht	$\Delta r$	$\frac{\Delta r}{r}$	$mV$	Dauer	Vergleichsgewicht	$\Delta r$	$\frac{\Delta r}{r}$	$mV$	Dauer
25	28,3	3,3	0,132	1,64	1,32	16,8	8,2	0,328	2,04	3,28
50	54,9	4,9	0,098	1,68	0,98	36,8	13,2	0,264	2,60	2,64
100	108,9	8,9	0,089	2,68	0,89	71,1	28,9	0,289	8,10	2,89
200	218,4	18,4	0,092	8,16	0,92	134,7	65,3	0,326	22,74	3,26

Tabelle XI.

Geschwindigkeit	Zunahme		Abnahme	
	$\frac{\Delta r}{r}$	Dauer	$\frac{\Delta r}{r}$	Dauer
2,50	0,059	0,024	0,138	0,055
0,50	0,087	0,174	0,167	0,334
0,10	0,134	1,34	0,254	2,54
0,02	0,158	7,90	0,325	16,25
0,004	0,152	38,12	0,465	116,19

Tabelle XI ist eine Zusammenfassung der in den Tabellen VI, VII, VIII und IX vorkommenden Verhältnisse zwischen Normalintensität, ebenmerklicher Veränderungsgröße und Zeitdauer dieser Veränderung bei den verschiedenen Geschwindigkeiten. Dieselbe stellt also nur die allgemeineren Verhältnisse, abgesehen von dem Unterschiede der Versuchspersonen oder der Normalintensitäten dar.

Die folgenden zwei Figuren veranschaulichen diese Verhältnisse näher. Die erste Curve (Fig. 4) repräsentirt die Variation der ebenmerklichen Veränderungsgröße bei den verschiedenen Geschwindig-

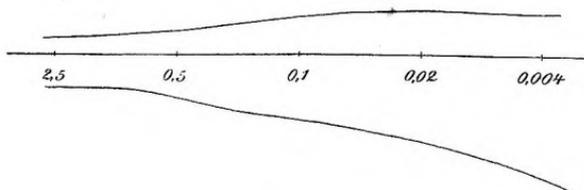


Fig. 4.

keiten der Veränderung. Die zweite (Fig. 5) zeigt die Variation der Zeitdauer der ebenmerklichen Veränderung bei diesen Geschwindigkeiten. In beiden Figuren stellt die obere Linie die Zunahme, die untere die Abnahmeverhältnisse dar.

Die hier gefundenen allgemeineren Resultate lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen:

1. Der Werth der ebenmerklichen Druckänderung nimmt, ob man dieselbe nun als Druckgröße oder als Zeitdauer betrachtet, bei Abnahme der Veränderungsgeschwindigkeit zu.

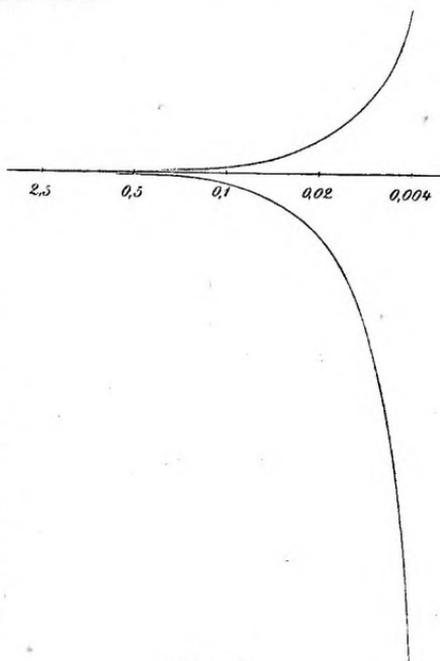


Fig. 5.

Hierbei ist jedoch zu bemerken, dass bei sehr allmählicher Druckzunahme bei einigen Personen Ausnahmen vorkommen, indem der Schwellenwerth, als Druckgröße betrachtet, bei Abnahme der Veränderungsgeschwindigkeit in diesen Fällen abnimmt.

2. Unter sonst gleichen Bedingungen ist die Zunahmeschwelle, wie dies auch bei momentanen Veränderungen der Fall war, kleiner als die Abnahmeschwelle. Die Zunahmeschwelle kann dieses Uebergewicht sogar unter viel ungünstigeren Bedingungen beibehalten. Bei einer Geschwindigkeit von 0,10 des Normaldruckes in der

Secunde z. B. ist die Zunahmeschwelle durchschnittlich noch kleiner als die bei einer Geschwindigkeit von 2,50 des gleichen Normaldruckes gewonnene Abnahmeschwelle.

3. Bei verschiedenen Geschwindigkeiten der Druckveränderung variirt der Werth der Zunahmeschwellen in weit geringerem Maße als der der Abnahmeschwellen.

4. Bei relativ constanter Geschwindigkeit der Veränderung und verschiedenen Normalgewichten weichen die Schwellenwerthe, wie bei momentanen Veränderungen, von einer relativen Constanz nur wenig ab (Weber'sches Gesetz).

---

Für das Verständniss dieser Resultate bedarf es hinsichtlich der Wirkung des Reizes auf die Haut keiner weiteren Ausführung, denn dieselbe ist bei diesen Veränderungen wahrscheinlich dieselbe, wie bei den schon besprochenen momentanen<sup>1)</sup>. Bei langsameren Druckveränderungen nehmen die complexen inneren Reiz- und Erregungsvorgänge in der Haut eine längere Zeit in Anspruch. Die verschiedenen Factoren, welche hieran Antheil nehmen, sind im wesentlichen aber wahrscheinlich dieselben wie bei schnelleren Druckänderungen.

Was die psychischen Vorgänge betrifft, so ist dieses jedoch nur theilweise wahr. Bei einer Geschwindigkeit von 2,5 oder 0,5 des Normaldruckes in der Secunde scheint dem Beobachter eine der Schwelle naheliegende Druckveränderung eine ebenso momentane zu sein, wie diejenige, welche wirklich durch eine momentane Reizveränderung hervorgebracht wird. Die Wahrnehmungs- und Urtheilsvorgänge dürften demnach bei allen sehr großen Geschwindigkeiten denselben Charakter zeigen, und brauchen daher nicht weiter beschrieben zu werden<sup>2)</sup>. Bei den langsameren Veränderungen dagegen (z. B. 0,10 und kleiner) treten Eigenthümlichkeiten hervor, welche bei den schnelleren nicht zu bemerken sind. Erst eine geraume Zeit nach dem Anfang der Reizänderung scheint die Empfindungsänderung zu beginnen, wie dies schon von Lotze

---

1) Vergl. S. 539 ff.

2) Vergl. S. 542 ff.

beobachtet worden ist<sup>1)</sup>. Funke's<sup>2)</sup> Verneinung dieser Thatsache war also nicht berechtigt. Andererseits brauchen wir diese Erscheinung nicht mit Lotze<sup>3)</sup> als eine durch eine verspätete Entladung der summirten Nervenregung verursachte zu betrachten. Der hier zu erklärende Gegenstand ist vielmehr nur eine Seite der allgemeinen Thatsache der Unterschiedsschwelle. Um einen ebenmerklichen Unterschied hervorzubringen, muss der Normalreiz um einen gewissen Grad verändert werden. Bei kleiner Geschwindigkeit nimmt aber ein solcher Veränderungsgrad eine merkliche Zeitdauer in Anspruch, während die Normalempfindung — da der merkliche Unterschied noch nicht hergestellt ist — sich während dieser Zeit oder wenigstens während eines Theiles derselben gewöhnlich nicht zu verändern scheint. Die letzterwähnte Einschränkung ist erforderlich, weil bald nach dem Anfange der Reizveränderung, wie wir später sehen werden, leicht eine Täuschung eintreten kann.

Zwischen dem scheinbaren Stillstande der Empfindung und dem klaren Wahrnehmen der Veränderung kommen ferner oft verschiedene Urtheilstadien vor. Der Beobachter kann nicht sicher angeben, ob die Empfindung sich verändert hat oder nicht, oder er ist andererseits überzeugt, dass die Empfindung eine bestimmte Richtung einhält, obgleich seine Angabe eben so gut falsch wie richtig sein kann. Zuweilen kann hierauf wieder Zweifel eintreten, bis endlich die Veränderung eine Größe erreicht hat, von welchem Punkte an die Richtung immer richtig und sicher wahrgenommen werden kann. Bei einer einzelnen Reizänderung können hier also alle diejenigen verschiedenen Urtheilstadien erscheinen, welche bei momentanen Veränderungen nur im Laufe einer Reihe solcher Veränderungen bisweilen zu finden waren.

Um einige dieser Eigenthümlichkeiten graphisch festzustellen, ließ ich nach Beendigung der eigentlichen Versuche den Beobachter während der Druckänderung das Urtheil durch Fingerbewegungen darstellen. Diese Bewegungen wurden mittelst eines Fadens auf

1) Lotze, System der Philosophie. II. Th. Metaphysik. 2. Aufl. Leipzig 1884. S. 513.

2) Hermann's Handbuch der Physiol. der Sinnesorgane. II. Th. S. 359.

3) a. a. O. S. 513, 514.

einen mit einer Kymographiontrommel in Zusammenhang stehenden Schreibhebel übertragen. Gleichzeitig wurde die Zeitdauer durch eine Stromunterbrechungsuhr und einen Markirmagneten aufgeschrieben, woraus die Veränderungsgröße je nach der Geschwindigkeit dieser Veränderung berechnet werden konnte. Die folgenden beiden Beispiele stellen die Angaben von Herrn Dr. Meumann, die erste (Fig. 6) bei einer Druckzunahme von 4 Promille

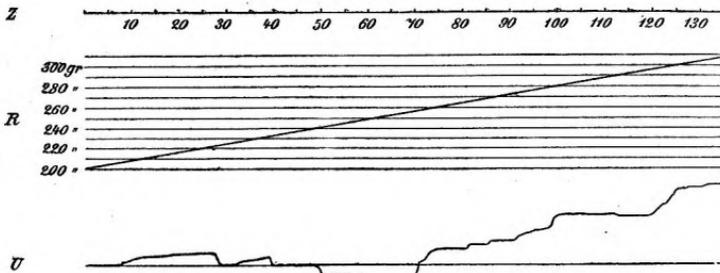


Fig. 6.

des Normalgewichtes (200 g) in der Secunde, die zweite (Fig. 7) bei gleich langsamer Druckabnahme desselben Normalgewichtes dar. Das Aufsteigen der Curve *U* bedeutet hier eine scheinbare Empfindungszunahme, das Absteigen derselben unter der Abscissenlinie

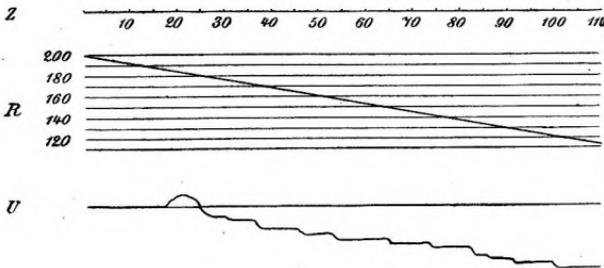


Fig. 7.

eine scheinbare Abnahme, die Rückkehr auf die Abscissenlinie repräsentirt Zweifel darüber, ob die Veränderung eine Zu- oder eine Abnahme war. Durch eine zweite Linie (*R*) ist die in Grammen ausgedrückte Reizveränderung während derselben Zeit dargestellt. Die Zeitdauer ist auf der Linie *Z* in Secunden angegeben.

Bei Reizzunahme schien also die Empfindung nach einer Pause zuerst zweimal zuzunehmen. Jedesmal aber trat hierauf Zweifel ein; dann schien dieselbe abzunehmen, bis endlich die Richtung sicher und richtig wahrgenommen wurde. Bei der Reizabnahme ist das Beispiel etwas einfacher, doch zeigt es eine Anfangsstufe des scheinbaren Stillstandes, worauf dann, bevor die wirkliche Abnahme wahrgenommen wurde, eine scheinbare Empfindungszunahme folgte. Um den Verlauf dieses Vorganges im allgemeinen dem Verständnisse näher zu bringen, kann eine solche graphische Methode von Vortheil sein; ich glaube aber kaum, dass sie ohne weiteres zur Schwellenbestimmung angewandt werden darf.

Bei verschiedenen Geschwindigkeiten der Reizänderung basirt das Urtheil bald auf einer Wahrnehmung der Veränderung, bald auf einer weniger unmittelbaren Vergleichung verschiedener Stadien der sich verändernden Empfindung. Eine Veränderungswahrnehmung im engeren Sinne des Wortes scheint mir nur dann vorzukommen, wenn zwei merklich verschiedene Empfindungsintensitäten so schnell auf einander folgen, dass diese während eines und desselben einfachen und ununterbrochenen Aktes der Aufmerksamkeit eintreten. Für das Urtheil über das Vorhandensein einer Veränderung ist es also in diesem Falle nicht nothwendig, eine Vorstellung des früheren Empfindungsstadiums mühsam festzuhalten oder wieder hervorzurufen. Deswegen hat die Wahrnehmung den Schein der Unmittelbarkeit, was einigen Forschern Veranlassung zur Annahme besonderer Veränderungs- oder Uebergangsempfindungen<sup>1)</sup> gegeben hat. Wenn andererseits die merklich verschiedenen Empfindungsintensitäten zeitlich weit von einander getrennt sind, so wird ihr Unterschied nicht durch ein solches Wahrnehmen, sondern nur durch Festhalten oder Wiederhervorrufen der Vorstellung des verschwundenen Empfindungsstadiums bemerkt. Dieser ganze Vorgang ist oben als eine weniger unmittelbare Vergleichung bezeichnet worden. Man darf ihn vielleicht kurz eine Stadienvergleichung nennen, obgleich ich hiermit nicht meine, dass er von der oben erwähnten Wahrnehmung grundsätzlich verschieden sei. Auch schließt hier das eine das andere nicht eigentlich aus; denn

1) Vergl. S. 543 f.

die Veränderungswahrnehmung kann von einer Stadienvergleichung begleitet werden. Dies ist besonders dann der Fall, wenn die Geschwindigkeit der Veränderung sich der Grenze der im engeren Sinne verstandenen Wahrnehmbarkeit annähert. Im allgemeinen aber werden die schnellen Veränderungen hauptsächlich durch directe Wahrnehmung, die sehr langsamen dagegen ausschließlich durch Stadienvergleichung erfasst. Bei den langsamen Veränderungen spielt daher das Gedächtniss für Druckintensitäten eine bedeutende Rolle. Herr Dr. Kiesow und Herr Tawney z. B. fanden das Behalten der Normalintensität besonders schwer, wenn nicht unmöglich, sie behaupteten, dass sie fast ausschließlich durch unmittelbare Beobachtung der vorhandenen Empfindung urtheilten. Nur weil die Resultate gerade bei diesen Versuchspersonen Eigenthümlichkeiten zeigen, welche eine derartige Angabe unterstützen, scheint ihre Behauptung von besonderem Interesse. Es ist aber kaum wahrscheinlich, dass die Stadienvergleichung bei diesen Beobachtern ausgeschlossen war, und dass sie nur nach der vorhandenen Empfindung urtheilten. Eine Täuschung über den Grund des Urtheils kann bei diesen Versuchen leicht eintreten. Es ist nämlich verhältnissmäßig leicht, eine stetige Empfindung beliebig als langsam zu- oder abnehmend vorzustellen. Sobald die Versuchsperson also aus irgend einem Grunde die Richtung der Veränderung erfasst, neigt sie dazu, diese Veränderung als eine unmittelbar in der vorhandenen Empfindung wahrnehmbare anzusehen. Deswegen ist es auch besonders schwer, diejenigen Geschwindigkeiten zu bestimmen, bei welchen die Veränderung nur durch Stadienvergleichung zu erkennen ist.

Aus demselben Grunde war es auch bei diesen Versuchen unmöglich, die »Veränderungs« und die »Richtungs«-Schwellen wie bei den momentanen Veränderungen klar von einander zu unterscheiden. Bis der Beobachter die Zu- oder Abnahme als solche klar bemerkt, ist er hier oft unsicher darüber, ob er die Veränderung wahrnimmt, oder ob er sich dieselbe nur einbildet. Auch wenn er sicher ist, fehlt es an einer genügenden Controlle. Für die Richtungsschwelle hat man beim unwissentlichen Verfahren eine Controlle, indem die Urtheile mit der wirklichen Veränderungsrichtung übereinstimmen, und wenn der Veränderungswerth noch

weiter in der gleichen Richtung vergrößert wird, auch constant bleiben müssen. Nur bei sehr schnellen Veränderungen ist dagegen eine ähnliche Controle auch für die »Veränderungs«-Schwelle anwendbar, indem der Beobachter zwischen der merklichen Veränderung und dem Stillstande richtig unterscheiden muss, obwohl er die Richtung der Veränderung noch nicht angeben kann.

Bei sehr langsamen Veränderungen dagegen wird ein constanter Druck mit derselben so oft verwechselt, dass nur die Controle, welche bei der Richtungsschwelle anwendbar ist, die Angabe des Beobachters als zuverlässig erscheinen lässt. Weil die »Veränderungs«-Schwelle nicht bei allen Geschwindigkeiten zu bestimmen ist, habe ich sie bei diesen letzteren Versuchen vernachlässigt.

---

Wenn man nun die in den Tabellen dargestellten Resultate betrachtet, so bemerkt man, dass sie mit den bei momentanen Veränderungen gewonnenen eine continuirliche Reihe bilden. Herr Tawney und Herr Judd z. B. zeigen bei momentanen Veränderungen unter sonst gleichen Bedingungen kleinere Richtungsschwellen als bei der größten hier gefundenen Geschwindigkeit (2,5). Zum Vergleich benutzen wir selbstverständlich nur die in den aufsteigenden Reihen gewonnenen Richtungsschwellenwerthe (Tabelle I). Bei momentaner Veränderung sind diese für Herrn Tawney (T) bei einem Normaldruck von 25 g angegebenen Schwellenwerthe 26,00 g für Zunahme und 23,10 g für Abnahme. Die entsprechenden in Tabelle VI angegebenen Schwellenwerthe sind für denselben Beobachter bei einer Geschwindigkeit von 2,5, 26,50 g und 21,65 g. Für Herrn Judd (J) sind die in Tabelle I enthaltenen Richtungsschwellenwerthe bei einem Normaldruck von 100 g 105,2 g für Zunahme und 92,8 g für Abnahme. Die zu vergleichenden Schwellenwerthe bei einer Geschwindigkeit von 2,5, welche von derselben Versuchsperson gewonnen wurden (Tabelle VIII), sind 105,4 g und 90,9 g.

Von den momentanen Druckveränderungen an bis zu sehr langsamen finden wir also (von den erwähnten Ausnahmen, welche leicht erklärbar sind, abgesehen) dasselbe Gesetz bestätigt, welches die

allgemeine Erfahrung bei äußerst langsamen Veränderungen schon andeutet, nämlich, dass, je kleiner die Geschwindigkeit ist, um so größer die ebenmerkliche Veränderung sein muss. Nach diesen Resultaten ist das ganze Gebiet der Druckänderungen einem und demselben Gesetze unterworfen und kann nicht in mindestens drei einander gegenüber stehende Theile zerlegt werden, für deren Verschiedenheit keine zureichende Erklärung abgegeben werden könnte <sup>1)</sup>.

Die hier gefundenen Thatsachen scheinen ihre Erklärung am leichtesten durch den allgemeinen Einfluss der Contiguität bei der Wahrnehmung von Unterschieden zu finden. Unterschiede sind nämlich um so leichter wahrnehmbar, je unmittelbarer die zu vergleichenden Gegenstände (soweit nur eine Verschmelzung derselben ausgeschlossen ist) neben einander liegen.

Der Versuch Preyer's, dies bei den Veränderungswahrnehmungen auftretende Verhältniss durch eine einfache Erweiterung des du Bois-Reymond'schen <sup>2)</sup> Gesetzes auf die Wirkung adäquater Reize auf sensible Nerven <sup>3)</sup> zu erklären, scheint mir nicht ausreichend zu sein. Seine Auffassung ist die, dass »der Erfolg einer Nervenreizung zu- und abnimmt mit der Geschwindigkeit, mit welcher die Reizgröße sich ändert, und mit dem Abstände der Grenzwerte, innerhalb welcher die positive und negative Schwankung der Reizgröße sich vollzieht« <sup>4)</sup>. Die Erhöhung der Unterschieds- oder Veränderungsschwelle bei Abnahme der Geschwindigkeit der Reizänderung wäre demnach also der vermeintlichen Thatsache zuzuschreiben, dass bei Abnahme der Geschwindigkeit der Reizänderung die Wirkung gleich großer Reizänderungen auf die Empfindungsgröße abnimmt. Der Unterschied zwischen der Anfangs- und der Schlussintensität einer zu- oder abnehmenden Empfindung soll hiernach um so kleiner sein, je langsamer die bestimmte Reizänderung hervorgebracht wird. Um einen gleich großen Em-

1) Vergl. S. 558.

2) du Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Elektrizität. Berlin 1848. Bd. I. S. 258 ff.

3) W. Preyer, Empfindung als Function der Reizänderung. Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane. Bd. VII. S. 241 ff.

4) Preyer, a. a. O. S. 244.

pfindungsunterschied zu erzeugen, müsste aber die Reizänderung um so größer sein, je langsamer dieselbe verläuft.

Wenn aber die Geschwindigkeit der Reizänderung auf die Größe der Empfindungsänderung einen derartigen Einfluss ausübte, so würde der Schwellenwerth bei verschiedenen Geschwindigkeiten der Reizänderung viel größere Variationen zeigen, als wirklich zu constatiren sind. Weber fand<sup>1)</sup>, dass beim successiven Auflegen von Gewichten die Unterschiedschwelle zunahm, wenn das zwischen den beiden zu vergleichenden Druckempfindungen liegende Intervall vergrößert wurde. »Bei manchen Menschen wurde die Vergleichung schon nach 10 Secunden sehr unvollkommen.« Weber selbst »gelang es, ein Gewicht von 14 Unzen oder sogar bisweilen ein Gewicht von  $14\frac{1}{2}$  Unzen noch von einem Gewicht von 15 Unzen zu unterscheiden, wenn zwischen der ersteren und der letzteren Empfindung 15—30 Secunden vergangen waren«. Sogar nach 35 Secunden gelang es ihm »bisweilen noch das schwerere Gewicht vom leichteren zu unterscheiden.« Wenn jedoch 60—90 Secunden vergangen waren, verhielten sich die unterscheidbaren Gewichte wie 4 : 5. Der ebenmerkliche Unterschied war also hier 3—6 mal so groß wie dort. Bei dem von Weber angewandten Verfahren ist nun der Unterschied zwischen den beiden zu vergleichenden Empfindungen ganz unabhängig von der Größe dieser Zwischenzeit. Der Unterschied zwischen den von einem Druck von 14 bezw. 15 Unzen erzeugten Empfindungen ist ebenso groß, wenn diese Gewichte 90, als wenn sie 15 Secunden nach einander aufgelegt werden.

In den Weber'schen Resultaten kann die Zunahme der Schwelle beim zunehmenden Intervall also keineswegs einer Herabsetzung der Reizwirkung auf die Empfindungsgröße, sondern nur der zunehmenden Schwierigkeit des Vorstellens und Vergleichens zugeschrieben werden.

Um eine mögliche Vergleichung auszuführen, ist es nun interessant, auch in unseren Resultaten die Erhöhung des Schwellenwerthes bei Verlängerung der Zeit zwischen der Normal- und der

---

1) Der Tastsinn und das Gemeingefühl. Wagner's Handwörterbuch für Physiologie. Braunschweig 1846. Bd. III. 2. Abth. S. 545.

eben unterscheidbaren Druckintensität zu beachten. Man kann diese Erhöhung mit derjenigen in den Weber'schen Resultaten nach zwei Richtungen hin vergleichen. Sie kann erstens bei relativ gleicher Verlängerung der Zeitdauer, und zweitens bei absolut gleicher Verlängerung derselben mit jener verglichen werden. Bei den Weber'schen Versuchen war die erste Zeitdauer zwischen Normal- und Vergleichsintensität 15—35 Secunden, die verlängerte Zeitdauer betrug 60—90 Secunden. Die mittleren Werthe dieser Zeitdauer sind 25 und 75 Secunden, die verlängerte Dauer war also durchschnittlich 3 mal so lang, wie die kürzere, der absolute Unterschied betrug durchschnittlich ungefähr 50 Secunden. Die beiden Werthe von  $\Delta r$  bei diesen verschiedenen Intervallen verhalten sich nach den Weber'schen Ergebnissen wie 1:3—6.

Nach unseren Resultaten ist nun die Erhöhung der Schwellenwerthe bei Verlängerung der Dauer sicherlich nicht größer, als dies bei dem Weber'schen Verfahren der Fall ist. Die die Einzelheiten darstellenden Tabellen, wie die Curven, welche die in Tabelle XI enthaltenen allgemeinen Verhältnisse veranschaulichen, zeigen überall, dass eine relativ noch größere Verlängerung der Dauer von einer relativ nicht so bedeutenden Erhöhung des  $\Delta r$ -Werthes begleitet ist, als die war, welche seinerzeit Weber fand. Wenn man andererseits die absolute Dauer in diesen Tabellen betrachtet, so findet man, dass eine der von Weber angewandten ungefähr gleiche Verlängerung der Dauer (etwa 50 Secunden) ebenfalls von keiner größeren Erhöhung des  $\Delta r$ -Werthes begleitet ist, als die ist, welche man beim Weber'schen Verfahren constatiren kann. Herr Dr. Meumann z. B. zeigt einen Unterschied in der Zeitdauer zwischen den bei Geschwindigkeiten von 0,50 und 0,004 gewonnenen Zunahmeschwellen von fast 44 Secunden<sup>1)</sup>. Die Werthe von  $\Delta r$  bei diesen beiden verschiedenen Zeitdauern verhalten sich wie 1:2,44. Bei den entsprechenden Abnahmeschwellen zeigt derselbe Beobachter einen Unterschied in der Zeitdauer von fast 58 Secunden. Die entsprechenden Werthe von  $\Delta r$  verhalten sich hier wie 1:1,39. Bei Herrn Judd finden sich auch zwei Fälle, bei denen der Unterschied in der Zeitdauer für die Geschwindigkeiten 0,50

1) Vergl. Tabelle IX, S. 567.

und 0,004 bei der Druckabnahme etwas über 54 Secunden betrug<sup>1)</sup>. Die Werthe von  $\Delta r$  für diese beiden Dauern verhalten sich demnach wie 1:2,39. Wenn man anstatt des Werthes bei der Geschwindigkeit 0,50 den Werth bei momentaner Veränderung<sup>2)</sup> in Rechnung zieht, so ist der Dauerunterschied etwas größer, und das Verhältniss der entsprechenden Werthe von  $\Delta r$  wie 1:3,03. Bei Herrn Tawney findet man durch einen ähnlichen Vergleich der entsprechenden Zunahmeschwellenwerthe<sup>3)</sup> einen Dauerunterschied von ungefähr 49 Secunden und ein Verhältniss der  $\Delta r$ -Werthe von 1:3,27 oder von 1:4,90, wenn man im letzteren Falle den Werth von  $\Delta r$  bei momentaner Veränderung<sup>4)</sup> anwendet.

Diese Betrachtung zeigt hinreichend deutlich, dass bei unserem Verfahren die relative Schwellenerhöhung weder bei denselben relativen, noch bei den nahezu absoluten Zeitdifferenzen, wie sie von Weber angewandt wurden, eine größere ist als die, welche bei Anwendung der Weber'schen Methode gefunden wird. Im letzteren Falle aber muss man annehmen, dass die Zeitdifferenz in Folge ihrer Wirkung auf die Vorgänge des Vorstellens und Vergleichens die einzige Ursache der Schwellenerhöhung war. Die Schwellenerhöhung, welche bei unseren Versuchen die Herabsetzung der Geschwindigkeit begleitet, ist also ebenfalls nicht zu groß, um einzig und allein von den Einflüssen, welche auf die Vorgänge des Vorstellens und Vergleichens hinwirken, verursacht zu werden. Wir finden hiernach keine Wirkung, welche den von Preyer angenommenen Einfluss der Geschwindigkeit auf die Empfindungsgröße andeuten könnte, sondern die Schwellenerhöhung müsste sich im Gegentheil als eine beträchtlich intensivere erweisen, wenn ein derartiger Einfluss vorausgesetzt werden sollte, denn derselbe setzt keineswegs die eben erwähnten auf die Vorgänge des Vorstellens und Vergleichens wirkenden Einflüsse herab, sondern müsste

1) Vergl. Tabelle VIII, S. 567.

2) Vergl. Tabelle I, S. 535. Versuchsperson J, Normalgewicht 100 g. Richtungsschwelle bei der Druckabnahme.

3) Vergl. Tabelle VI, S. 566.

4) Vergl. Tabelle I, S. 535. Versuchsperson T. Normalgewicht 25 g. Richtungsschwelle bei der Druckzunahme.

sich im Gegentheil mit denselben summiren. Unsere Resultate schließen also die Preyer'sche Annahme aus, und lassen sich viel eher Einflüssen zuschreiben, welche für die Auffassung der Empfindungsunterschiede ungleiche Bedingungen stellen.

Wie schon bemerkt wurde, haben wir bei Herrn Dr. Kiesow und Herrn Tawney eine partielle Ausnahme zu unseren allgemeineren Resultaten zu verzeichnen, indem bei sehr langsamen Druckzunahmen der Schwellenwerth bei der Geschwindigkeitsabnahme der Veränderung abnimmt. Diese Schwellenwerthe aber entsprechen nicht einer reinen Wirkung der Reizänderung, sondern erklären sich im Zusammenhang mit dem obigen aus einer ausgesprochenen Neigung, einen stetig einwirkenden Druck als Zunahme zu beurtheilen. Weil die eigentliche Wirkung der Druckzunahme hier von dieser Tendenz unterstützt wurde, so wurde auch sehr bald eine constante Richtung des Urtheils erreicht. Diese Tendenz zeigte sich zuweilen so stark, dass Herr Dr. Kiesow bei langsamer Druckabnahme sogar fast immer eine Neigung hatte, dieselbe als Zunahme zu beurtheilen.

Diese Neigung spielte eine merkliche Rolle jedoch nur bei sehr langsamen Veränderungen, wo die Aufmerksamkeit während einer längeren Zeit auf die Empfindung gerichtet war, und wo eine Täuschung überhaupt viel leichter als bei den schnelleren vorkommt. Die erwähnten Schwellenwerthe sind von dieser Täuschung so sehr beeinflusst, dass sie für unsere Resultate keine Schwierigkeiten darbieten.

Bei denselben beiden Beobachtern spielte diese Neigung zweifellos auch in den bei langsamer Druckabnahme gewonnenen Schwellenwerthen eine bedeutende Rolle. Im letzteren Falle aber wirkte einerseits diese Tendenz, irgend einen lang andauernden Druckzustand als Druckzunahme zu beurtheilen, und andererseits die eigentliche Reizänderung in entgegengesetzten Richtungen. Die Wirkung der Reizänderung wurde durch jene Tendenz, nicht wie dies bei der Reizzunahme der Fall war, verstärkt, sondern im Gegentheil abgeschwächt, und um dieses Hinderniss zu überwinden, musste die Reizänderung selbst eine ungewöhnliche Größe erreichen. Die beiden anderen Beobachter zeigten zuweilen, obgleich in geringerem Maße, dieselbe Tendenz. Diese muss also bei sehr langsamer Druck-

änderung als ein oft bedeutender Factor für den Unterschied zwischen den Schwellenwerthen bei der Abnahme und zwischen denen der Zunahme mitgerechnet werden. Andererseits nimmt natürlich der Einfluss der Nachwirkung des Normalreizes, welche bei momentanen Veränderungen sehr stark ist, bei den langsameren Veränderungen bedeutend ab. Je nach der Geschwindigkeit der Reizveränderung ändert sich demnach auch der relative Werth der Factoren, welche den erwähnten Unterschied zwischen Zu- und Abnahme verursachen.

---

Es bleibt noch übrig, etwas über den Einfluss der Verfahrungsweise hinzuzufügen. Wie in den angegebenen Tabellen zu bemerken ist, stehen die hier über die Wirkung der Geschwindigkeit gewonnenen Resultate in vollem Gegensatze zu den schon besprochenen Ergebnissen Hall's und Motora's. Es muss daher von besonderem Interesse sein, die Ursache dieses Gegensatzes wenn möglich festzustellen, und zu entscheiden, ob die Unterschiede in den Resultaten vielleicht nur aus zufälligen Verschiedenheiten, sei es der Apparate, sei es der Versuchspersonen, entstehen konnten, oder ob deren Ursache eine tieferliegende sein muss. Aus diesem Grunde wurden einige Versuche vermittelt meines Apparates nach der von Hall und Motora angegebenen Methode ausgeführt. Die dadurch gewonnenen Resultate sind als Durchschnittszahlen aus je 5 Bestimmungen unter dem Buchstaben B in den folgenden Tabellen XII und XIII eingetragen. Um die Vergleichung zu erleichtern, sind auch die nach der sonst von mir benutzten Verfahrungsweise gewonnenen Werthe aus den vorigen Tabellen unter dem Buchstaben A hier wiederholt. Aus später zu erwähnenden Gründen war es nach der Reactionsmethode unmöglich, bei Herrn Dr. Kiesow die Abnahmeschwelle für 0,004 zu bestimmen.

Das Schwellenverhältniss, welches wir hier bei Anwendung der Methode Hall's und Motora's erlangen, ist dasselbe, wie das, welches sie selbst gefunden haben. Unter sonst gleichen Bedingungen gelangt man also zu gerade entgegengesetzten Ergebnissen, je nachdem die eine oder die andere Methode angewandt wird. Wir können die Ursache der Verschiedenheit in den Resultaten daher nur in dem Unterschiede der Methoden selbst suchen.

Tabelle XII. Judd, Normalgewicht 100 g.

Geschwindigkeit	Zunahme						Abnahme					
	$\Delta r$		$\frac{\Delta r}{r}$		$mV$		$\Delta r$		$\frac{\Delta r}{r}$		$mV$	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
0,50	7,3	42,4	0,073	0,424	2,16	6,08	9,8	67,4	0,098	0,674	1,00	11,68
0,10	9,4	34,1	0,094	0,341	3,28	7,52	16,9	38,0	0,169	0,380	1,34	4,00
0,02	13,8	19,8	0,138	0,198	4,00	5,20	19,4	32,5	0,194	0,325	1,96	6,40
0,004	16,0	9,6	0,160	0,096	1,80	7,12	21,8	15,3	0,218	0,153	2,08	2,76

Tabelle XIII. Dr. Kiesow, Normalgewicht 50 g.

Geschwindigkeit	Zunahme						Abnahme					
	$\Delta r$		$\frac{\Delta r}{r}$		$mV$		$\Delta r$		$\frac{\Delta r}{r}$		$mV$	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
0,10	6,70	7,30	0,134	0,146	1,08	1,04	14,0	25,1	0,280	0,502	2,40	4,92
0,02	5,70	4,75	0,114	0,095	1,70	3,20	21,1	21,1	0,422	0,422	2,10	3,92
0,004	3,90	1,15	0,078	0,023	0,72	0,18	37,2	—	0,744	—	6,00	—

Die Anwesenheit des fremden Momentes der Reactionszeit darin ist schon besprochen worden<sup>1)</sup>. Obwohl dieser Factor zweifellos von Bedeutung ist, so kann er aber den zwischen diesen Resultaten auffallenden Unterschied dennoch nicht völlig erklären. Er könnte es höchstens in denjenigen Fällen thun, wo der nach der Reactionsmethode gefundene Schwellenwerth der größere war. Dagegen kann er nicht das Vorkommen von Schwellenwerthen erklären.

1) Vergl. S. 558 ff.

welche kleiner sind als diejenigen, die mittelst der anderen Methode bei z. B. sehr langsamen Reizveränderungen (0,02 und 0,004) gewonnen wurden. Auch ist der Schwellenwerth bei der Reactionsmethode bisweilen so viel größer, als der bei der andern gefundene (z. B. für eine Geschwindigkeit von 0,10 bei Herrn Judd), dass selbst die zweifache Reactionszeit, nämlich die des Beobachters und die des Experimentators zusammen genommen, diesen Unterschied zu erklären kaum genügen dürfte.

Wenn man jedoch in Betracht zieht, dass bei großer Geschwindigkeit (0,10 und mehr) die merkliche Veränderung dem Beobachter überraschend früh einzutreten scheint, sowie ferner, dass diese Ueberraschung für ein möglichst feines und schnelles Unterscheiden zwischen Zu- und Abnahme sehr ungünstig ist, und außerdem auch noch die Reaction des Beobachters verspätet, so ist die Höhe der nach der Reactionsmethode bei schnellen Veränderungen gefundenen Schwellenwerthe unschwer verständlich.

Bei sehr langsamen Veränderungen (0,02 und weniger) dagegen macht der Beobachter eine andere Erfahrung. Nach dem zugerufenen Signal erwartet er jeden Augenblick eine Veränderung wahrzunehmen. Wegen der Dauer dieser fruchtlosen Erwartung steigert sich das Spannungsgefühl fast bis zur Unerträglichkeit. Darauf sucht die Versuchsperson nur noch energischer über die Richtung der erwarteten Veränderung zu entscheiden, und so kommt es, dass eine vorzeitige Entscheidung sehr leicht eintreten kann. Herr Judd hat oft ausgesagt, dass er die unbequeme Aufmerksamkeitsspannung kaum länger ertragen könne, er müsse die Sache entscheiden, obgleich er unmittelbar darauf zweifelte, ob sein Urtheil schon ganz sicher war.

Dass bei dem Reactionsverfahren ein vorzeitiges Urtheil bei sehr langsamen Veränderungen eine bedeutende Rolle spielt, beweisen die beiden folgenden Umstände. Erstens wird das Urtheil bei noch größerer Veränderung oft wieder zweifelhaft. Man kann z. B. bei der sonst von mir benutzten Verfahrungsweise gleichfalls bei sehr kleinen Veränderungsgrößen oft richtige Urtheile bekommen, dieselben sind aber mehr oder minder zufällig, und es folgen ihnen zweifelhafte Angaben; nur bei beträchtlicher Vergrößerung der Veränderung wird das Urtheil constant und richtig. Dasselbe

kann man auch bei einer weiteren Modification der Reactionsmethode, wie in Figur 6 (S. 572) beispielsweise angegeben ist, bemerken. Anstatt den Versuch bei der ersten Reaction endgiltig zu unterbrechen, ließ ich hier den Beobachter auch seine weiteren Urtheile bei größerer Veränderung aufzeichnen. Die Rückkehr des Zweifels tritt hierbei klar hervor. Zweitens kommen bei dem Reactionsverfahren, und gerade wenn die Veränderungen langsam erfolgen, verhältnissmäßig viele Fehlreactionen vor, indem der Beobachter zwar reagirt, aber ein falsches Urtheil abgibt. In dieser Weise machte Herr Judd bei einer Geschwindigkeit von 0,004 ungefähr 20% Fehlreactionen. Bei einer Druckabnahme von derselben Geschwindigkeit reagirte Herr Dr. Kiesow mit einer einzigen Ausnahme stets falsch. Deswegen war es, wie oben bemerkt, nach der Reactionsmethode unmöglich, die Abnahmeschwelle bei ihm zu bestimmen. Bei Zunahme mit derselben Geschwindigkeit dagegen reagirte derselbe ausnahmslos richtig. Da er aber ungefähr nach demselben Zeitverlauf die gleiche Ueberzeugung von einer Druckzunahme hatte, selbst wenn die wirkliche Reizveränderung eine Abnahme war, so können wir die so gewonnenen Zahlen nicht als eigentliche Schwellenbestimmungen ansehen.

Bei den verschiedenen Geschwindigkeiten bedeuten also die nach der Reactionsmethode gefundenen Schwellenwerthe wahrscheinlich weit verschiedene Stadien in der Sicherheit des Urtheils. Bei den schnellen Veränderungen (z. B. bei 0,10 und mehr) findet die Reaction wahrscheinlich bei einer schon weit über der Schwelle liegenden Veränderungsgröße statt. Bei den langsamen Veränderungen (0,02 z. B. und kleiner) dagegen reagirt die Versuchsperson schon lange, bevor ein den schnellen Veränderungen entsprechendes Stadium der Wahrnehmbarkeit erreicht ist, und zwar geschieht dies nach mehr oder weniger vagen Andeutungen, welche den Beobachter freilich oftmals zu richtigen, jedoch auch nicht selten zu Fehlreactionen führen. Ganz abgesehen von der eingeschlossenen Reactionszeit sind also die nach dieser Reactionsmethode gefundenen Schwellenwerthe bei schnellen Veränderungen zu groß und bei langsamen zu klein.

Bei dem von mir angewandten Verfahren wurde einerseits die Ueberraschung und andererseits die lange unbequeme Erwartung

dadurch beseitigt, dass der Beobachter im voraus wissen konnte, wie lange die zu beobachtende Veränderung dauern würde. Er konnte sich also für die verschiedenen Beobachtungen gewissermaßen accommodiren. Indem er von der Sorge, möglichst frühzeitig nach dem Auftreten der Erscheinung zu reagiren, befreit war, konnte er seine ganze Aufmerksamkeit auf den zu beobachtenden Vorgang richten. Für die feine Auffassung schneller Veränderungen zeigt sich dies besonders günstig. Andererseits konnte der Beobachter bei langsamen Veränderungen geduldig und ohne voreilig zu sein urtheilen. Die Protocolle zeigen in der That deutlich ein größeres Zurückhalten der Entscheidung bei diesem, als bei dem Reactionsverfahren. Als wir nach unserer gewöhnlichen Methode verfahren, hatte Herr Judd z. B. bei langsamer Druckabnahme (0,004) oft eine Neigung, diese Veränderung als Zunahme zu beurtheilen, niemals aber gab er in den 10 Reihen mit Entschiedenheit an, dass dies Zunahme sei. Wenn wir dagegen die Reactionsmethode anwandten, gab er bei der Druckabnahme oft das sichere Urtheil »Zunahme« ab. Ebenso war Herr Dr. Kiesow bei dem Reactionsverfahren fast immer sicher, dass eine langsame Abnahme (0,004) eine Zunahme war. Bei dem anderen Verfahren gab derselbe Beobachter jedoch nur dreimal in zehn Reihen ein sicheres, aber dann falsches Urtheil ab.

Solche falsche Urtheile bieten, selbst wenn sie vorkommen, bei dem stufenweisen Verfahren für die Resultate keine besondere Schwierigkeit dar. Der Experimentator braucht in diesem Falle die Reihe nur weiter zu führen, er gelangt dann an einen Punkt, von wo an die klare und richtige Wahrnehmung erfolgt. Bei dem Reactionsverfahren aber muss man die sämtlichen Fehlreactionen beim Berechnen der Schwellenwerthe einfach vernachlässigen und denselben daher — weil sie keine Fälle einschließen, bei denen ein falsches Urtheil überwunden wurde — einen mehr oder minder künstlichen Charakter ertheilen. Da die Fehlreaction nach unseren Protokollen bei ungefähr derselben Veränderungsgröße vorkommt, bei welcher auch die richtige Reaction stattfindet, so würde eine derartige Ueberwindung wahrscheinlich einen außergewöhnlich hohen Schwellenwerth nach sich ziehen. Da solche Fälle bei dem Reactionsverfahren ausgeschlossen werden, so dürfte man hierin noch

einen weiteren Einfluss auf die Herabsetzung der Schwelle bei sehr langsamen Veränderungen constatiren können.

Die Verschiedenheit der wesentlichen Bedingungen in diesen beiden Verfahrungsweisen erklärt also vollständig den Unterschied in den durch dieselben gewonnenen Resultaten. Dies dürfte zugleich beweisen, dass die in den hier berichteten Versuchen angewandte Verfahrungsweise die reine Wirkung der Geschwindigkeit einer Reizänderung besser zu bestimmen vermag, als es durch die Reactionsmethode geschehen kann.

---