

Die Raumschwelle der Haut bei Successivreizung.

Von

M. VON FREY und R. METZNER.

Die Durchführung der vorliegenden Untersuchung ist durch äufsere Umstände sehr verzögert worden. Begonnen im Herbst 1898 in Zürich, wurde sie bis zum August 1899 soweit gefördert, dafs der physikalisch-medicinischen Gesellschaft zu Würzburg eine vorläufige Mittheilung über die Ergebnisse gemacht werden konnte. Der Wechsel des Wohnsitzes des einen von uns, die dadurch bedingte gröfsere Entfernung der Verfasser und die Schwierigkeit eine für beide von Berufspflichten freie Arbeitszeit zu finden, haben die Wiederaufnahme der Versuche um zwei Jahre hinausgeschoben. Inzwischen ist ihnen die Arbeit von A. BRÜCKNER¹ zu gute gekommen, welche nicht nur eine nothwendige Ergänzung der Aufgabe darstellt, sondern auch zu einer Verfeinerung der Hilfsmittel führte, von welcher in den vorliegenden Versuchen mit geringen Aenderungen Gebrauch gemacht wurde.

Das Verfahren E. H. WEBER'S², zwei Punkte der Haut durch die gleichzeitig aufgesetzten Spitzen eines Cirkels zu erregen, giebt, wie man jetzt weifs, die Raumschwelle der Haut nur für diese specielle Fragestellung. Es war diesem Forscher bereits bekannt und ist von allen späteren Untersuchern, namentlich von JUDD³ bestätigt worden, dafs bei ungleichzeitiger Reizung die erkennbaren Abstände wesentlich kleiner sind. Es beweist dies nicht, wie JUDD meint, dafs die Methode WEBER'S unbrauchbar oder weniger zuverlässig ist (S. 423), sondern dafs durch jedes der beiden Verfahren eine andere Schwelle be-

¹ Diss., Würzburg 1901 und *diese Zeitschrift* 26, S. 33.

² R. WAGNER, *Handwörterb. der Physiologie* III₂ und separat Braunschweig 1851.

³ *Philosophische Studien* 12, S. 409.

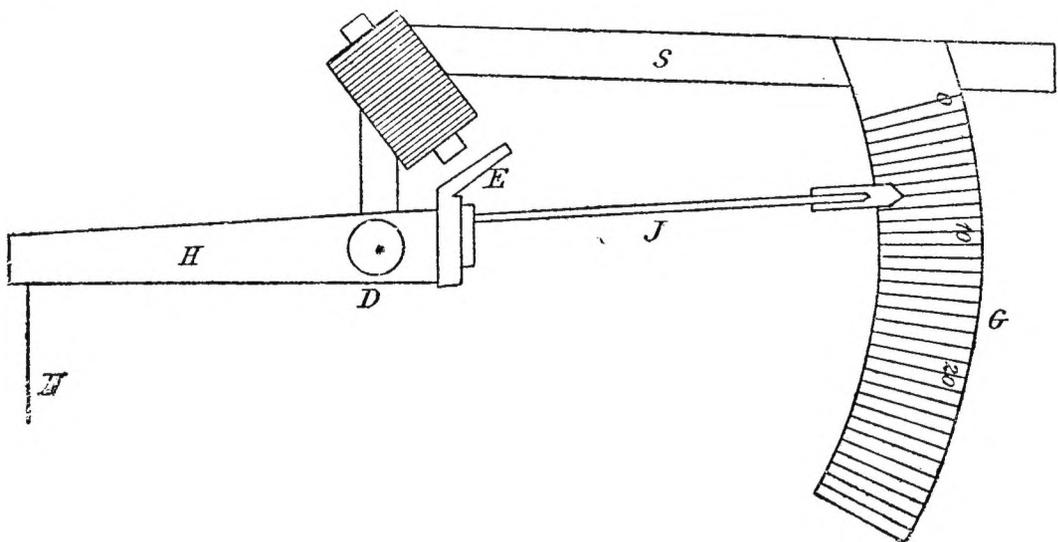
stimmt wird, welche als Simultan- und Successivschwelle passend unterschieden werden.

E. H. WEBER hält die Simultanschwelle für den Ausdruck einer bestimmten anatomischen Anordnung, der sog. Empfindungskreise, in der Haut; eine Annahme, welche schon durch die Veränderlichkeit der Schwelle, namentlich ihre beträchtliche Verkleinerung unter dem Einfluß der Uebung, wenig Wahrscheinlichkeit besitzt. Dagegen fand JUDD die Successivschwellen unabhängig von der Uebung (S. 425). Hier kann also viel eher eine Beziehung zu festen anatomischen Einrichtungen vermuthet werden, als welche vor Allem die Vertheilung der sog. Tastpunkte in Betracht kommt.

Wir stellten uns die Aufgabe, zu untersuchen, ob benachbarte Tastpunkte bei isolirter und successiver Reizung unterschieden werden können. Diese Fragestellung führt allerdings zu der sehr empfindlichen Beschränkung, daß sie an vielen Körperstellen, namentlich an den eigentlichen Tastflächen, nicht geprüft werden kann. An diesen liegen nämlich die Endorgane so dicht, daß eine isolirte Reizung einzelner ausgeschlossen ist. Wollte man auf diese Beschränkung verzichten und zu flächenhafter, mit anderen Worten mehrere Endorgane ergreifender Reizung seine Zuflucht nehmen, so würde man eine neue Veränderliche in den Versuchsplan einführen und die ohnehin schwierigen Versuche noch weiter verwickeln. Wir haben uns daher auf die obige Aufgabe beschränkt, da sie jedenfalls eine Bearbeitung erheischt und verdient.

Versuchsverfahren.

Zur isolirten Reizung einzelner Tastpunkte bedienten wir uns anfänglich leichter einarmiger Holzhebel, deren endständige Borste auf dem zu prüfenden Tastpunkt aufstand. Die



Reizung wurde durch Niederdrücken des Hebels mit der Hand bewirkt. Später verwendeten wir den bereits von BRÜCKNER¹ beschriebenen Hebel (s. Abbildung). Der lange (6 cm) Arm desselben trug, wie dort angegeben, eine feinste Nähnadel, die mit ihrem stumpfen Pol den gewählten Tastpunkt berührte; der kurze Arm einen kleinen Anker, welcher von dem um die Hebelaxe drehbaren Elektromagnet angezogen wurde. Weiter unten werden die Gründe mitgeteilt, die uns später veranlaßten statt der Nadeln wieder Borsten zu verwenden.

Zu jedem der beiden Elektromagnete gehörte ein besonderer zwei DANIELL'sche Zellen und einen Schleifcontact enthaltender Stromkreis, dessen Schließung und Oeffnung durch ein Uhrwerk besorgt wurde. Bezeichnet man den einen Stromkreis mit I und den anderen mit II, so wurde also durch das Uhrwerk zunächst I geschlossen und nach sehr kurzer Zeit wieder geöffnet. Dem hierdurch in I erzeugten Stromstoß folgte in beliebigem zeitlichen Abstand ein zweiter im Kreise II. Die gebrauchten Abstände waren: $\frac{1}{18}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, 1, $\frac{4}{3}$, $\frac{5}{3}$, 2, 3 und 5 Secunden. Nach dem Stromstoße in II trat eine Pause von 40 Sec. ein, worauf sich der Vorgang in genau gleicher Weise wiederholte.

Wären nun die beiden Kreise I und II in unveränderlicher Weise mit den beiden Elektromagneten *a* und *b* verbunden gewesen, so hätte in der Reihenfolge der gereizten Hautstellen ein Wechsel nicht eintreten können. Durch eine zwischen die DANIELL'schen Zellen und das Contactuhrwerk einerseits, die Elektromagnete andererseits eingeschaltete Doppelwippe konnte indessen jeder der beiden Stromkreise nach Belieben sowohl mit *a* wie mit *b* verbunden werden, so daß bei unverändertem Betriebe des Contactuhrwerks die beiden Stromstöße in denselben oder in verschiedene Elektromagnete hereinbrachen. Bezeichnet man die beiden Elektromagnete bzw. die durch dieselben gesetzten Hautreize mit *a* und *b*, so konnten die vier Combinationen *aa*, *ab*, *ba*, *bb* durch einfaches Umlegen der Wippen ohne Aenderung des Contactapparates erzielt werden. Als contactauslösendes Uhrwerk diente uns ein Trommel-Kymograph von E. ZIMMERMANN-Leipzig in Verbindung mit dem Universalcontactapparat derselben Firma. Durch ein stets eingeschaltetes Ampèremeter wurde die Constanz der Stromstärke (0,7 A.) controlirt. Endlich schloß der Contactapparat bei jeder Umdrehung vorübergehend noch einen

¹ A. a. O. S. 34.

Signalkreis, dessen leises Glockenzeichen den Reagenten auf das Hereinbrechen der Reize aufmerksam machte.

Die übrigen Vorbereitungen waren ähnlich wie bei den Versuchen BRÜCKNER'S. Als Versuchsfeld diente vorwiegend wieder das mittlere Drittel des Vorderarms, woselbst auf möglichst grosser Fläche die sorgfältige Lagebestimmung und Bezeichnung sämtlicher Tastpunkte zu geschehen hatte. Aus der grossen Zahl derselben wurden dann solche Paare nebeneinanderliegender Tastpunkte ausgewählt, welche sich durch eine möglichst grosse und gleiche Reizbarkeit auszeichneten. Eine kleinere Anzahl Versuche wurden an der Volarseite des Handgelenks angestellt.

Auf zwei solcher Punkte wurden dann, nachdem der Reagent auf seinem Stuhle Platz genommen und den Unterarm in die zugehörige Hohlform eingeführt hatte, die Nadeln bzw. Borsten der Reizhebel eingestellt und zunächst, durch Drehung der Elektromagnete, jene Reizstärken gewählt, welche genügten, um eine deutliche Berührungsempfindung auszulösen.

Das Versuchsverfahren war in Bezug auf den Reagenten theils ein wissentliches, theils ein unwissentliches. Dem Reagenten war das Intervall der Reize bekannt, ihr Eintritt wurde durch das Signal angezeigt; die aus den vier möglichen Combinationen vom Beobachter gewählte Reizfolge blieb ihm stets verborgen, während die Lage der gereizten Punkte ihm in einem Theil der Versuche bekannt, in einem anderen Theil unbekannt war. Uebrigens liessen es sich die Reagenten von selbst angelegen sein, die Augen zu schliessen und alle ablenkenden Sinneseindrücke zu vermeiden, da nur bei ungetheilter Aufmerksamkeit brauchbare Resultate zu erhalten waren. Der grösseren Ruhe wegen wurden die Versuche ausschliesslich in den späten Abendstunden angestellt.

In den meisten Versuchen wurde von dem Reagenten nur Angabe verlangt, ob die beiden Reize gleich oder ungleich waren, mit anderen Worten, ob sie denselben Hautpunkt oder verschiedene trafen. Die Aussagen waren aber spontan vielfach reichhaltiger und betrafen:

1. die Qualität der Reize,
2. die Stärke der Reize,
3. die Lage der Reize.

Eine kleine Anzahl der Versuche war ausschliesslich auf Erkennung der Lage gerichtet. Ueber diese, wie über die spontanen Lageangaben wird unten weiter berichtet.

I. Versuche mit einfacher Reizunterscheidung.

Es wird sich vielleicht zur Orientirung über den allgemeinen Gang der Versuche empfehlen, ein Protokoll ausführlich wiederzugeben und dann erst in eine Discussion der Ergebnisse einzutreten.

1. Aug. 1901. VI. Versuchsreihe, Reagent M.

Tastpunkte *g* u. *f*, an der Volarseite des rechten Unterarms, 2,5 mm von einander entfernt, *f* distal und etwas radial von *g*. Zwischen je zwei im Intervall von $\frac{4}{3}$ Sec. einander folgenden Reizen 40 Sec. Pause.

Ord- nungs- zahl der Versuche	Reiz- folge		Angaben des Reagenten	Aussagen über	
	<i>g</i>	<i>f</i>		Be- schaffen- heit der Reize	Lage der Reize
1	2	2	Zweimalige Reizung eines Punktes	r	
2	2	2	Wohl proximal-distal	f	
3	3	3	Zweimalige Reizung eines Punktes	r	
4	2	3	Ebenso, aber ein anderer Punkt wie vorher	f	
5	3	2	Dasselbe	f	
6	3	2	Verschiedene Punkte, wohl distal-proximal	r	r
7	2	3	Unsicher; zweiter Reiz stärker	0	
8	2	3	Glaube proximal-distal	r	r
9	2	2	Zweimalige Reizung eines Punktes	r	
10	3	3	Zweimalige Reizung des anderen Punktes	r	
11	3	2	Verschiedne, ungeheuer nahe Punkte, glaube distal-proximal	r	
12	2	3	Reiz 2 stärker als 1. Unsicher	0	
13	2	3	Ebenso (Neue Einstellung)	0	
14	2	3	Reiz 1 leise, Reiz 2 verschwindend	0	
15	1,5	2	Reize ganz gleich stark, aber doch verschiedene Punkte	r	
16	1,5	1,5	Ein Punkt zweimal gereizt	r	

Ordnungszahl der Versuche	Reizfolge		Angaben des Reagenten	Aussagen über	
	<i>g</i>	<i>f</i>		Beschaffenheit der Reize	Lage der Reize
17	2	2	Ein Punkt zweimal gereizt; Reize stark	r	
18	2	1,5	Ganz gleich starke Reize; wie Verschiebung	r	
19	1,5	2	Vielleicht verschiedene Punkte. Unsicher	r	

Unterbrechung der Reihe wegen starker Parästhesien und Ermüdung.

Bemerkungen:

ad 1. Der erste Stab giebt die Ordnungszahlen der einzelnen Reizungen entsprechend ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge; der zweite mit *g f* überschriebene Stab giebt die Stärke und Art der Reizung. Die Stärke des Reizes wird bei stets gleicher Stromintensität durch den Abstand zwischen Anker und Magnet in Bogengraden gemessen (beide sind um dieselbe Axe drehbar s. o.).

Es bedeutet also z. B. das Symbol $\begin{matrix} g & f \\ 2 & 2 \end{matrix}$ einen Reiz von der

Stärke 2 (im obigen Sinne), welcher zweimal hinter einander in dem am Kopf des Protokolls bemerkten Zeitabstand von $\frac{4}{3}$ Sec.

den Punkt *g* trifft; das Symbol $\begin{matrix} g & f \\ 3 & 2 \end{matrix}$ Reize von der Stärke 3

bezw. 2, welche in dem obigen Intervall auf die Punkte *f* und *g* einwirken, und zwar kommt *f*3 als erster, *g*2 als zweiter Reiz. Diesen Zeichen folgen dann im dritten Stab die Aussagen des Reagenten. Der vierte und fünfte Stab geben an, ob die Aussagen des Reagenten in Bezug auf Beschaffenheit (Gleichheit oder Ungleichheit) der Reize und über die Lagebeziehungen derselben richtig (r), oder falsch (f), oder unbestimmt (0) sind, und zwar werden als richtige bezw. falsche Fälle auch diejenigen gerechnet, welche durch ein „vielleicht“, „ich glaube“ oder dgl. ausdrücklich als unsichere hingestellt sind.

ad 2. Die beiden proximalen Reize werden von dem Reagenten als verschiedene (proximal-distal) bezeichnet. Die Aussage ist also falsch in Bezug auf die Beschaffenheit. Was die Lage betrifft, so wäre proximal richtig, distal falsch; unter diesen Umständen unterbleibt eine Censur der Aussage. Bemerket sei

noch, daß die Angaben über die Lage im fünften Stabe nicht verlangt, sondern freiwillig abgegeben wurden.

ad 7. Die hier ebenfalls spontan abgegebene Aussage über die relative Reizstärke soll die Unsicherheit des Reagenten erklären. Wie später noch weiter zu zeigen sein wird, ist bei Successivreizung ebenso wie bei Simultanreizung (vgl. BRÜCKNER, a. a. O. S. 51) möglichste Gleichheit und nicht zu geringe Stärke der Reize von Vortheil. Daß indessen die Unsicherheit des Reagenten aus der ungleichen Stärke der Reize nicht allein zu erklären ist, geht aus

8. hervor, wo trotz ungeänderter Reizstärke eine Aussage, wenn auch eine unsichere, möglich ist. Es handelt sich hier um kleine Schwankungen der Aufmerksamkeit, welche bei der Schwierigkeit der Versuche sehr einflußreich werden. Daß übrigens die Reize dem Schwellenwerthe nahe sind, lehren die Aussagen

12—14. Es wird daher versucht zwischen 13 und 14 durch eine neue Einstellung der Nadeln auf die bezeichneten Tastpunkte einen günstigeren Reizerfolg zu erzielen. Da dies nicht gelingt, wird eine Verstärkung beider Reize vorgenommen, welche wie die Aussagen

15—18 lehren, sofort eine größere Sicherheit des Reagenten herbeiführen. Die letzte Aussage

19 wird durch die Ermüdung des Reagenten und durch starke im Arm auftretende Parästhesien gestört und daher unsicher.

Die starke Ermüdung der Reagenten nach relativ kurzer Versuchsdauer wird durch die erzwungene Körperruhe bedingt. Da die reizenden stumpfen Nadelenden nur ganz lose auf der Haut aufruhen, so genügt die leiseste Bewegung oft schon ein tiefer Athemzug, um eine kleine Verschiebung herbeizuführen. Ein Abweichen um nur 0,1 mm von der durch den Farbpunkt bezeichneten günstigsten Reizstelle genügt aber schon, um den Reiz bedeutend weniger wirksam zu machen. Sollten daher die Reizstärken nicht beständigen Schwankungen ausgesetzt sein, so mußte der Reagent sich bestreben, für die Dauer der Versuchsreihe jede Körperbewegung zu vermeiden. Dadurch wird jede Haltung, so bequem sie auch zu Beginn sein mag, auf die Dauer peinlich und gezwungen. Dies veranlaßte uns in den späteren Versuchsreihen, die Nadeln zu ersetzen durch Schweinsborsten, deren freies Ende durch eine Spur Klebwachs auf der Haut haftend gemacht wurde. Diese geringfügige Abänderung hat sich sehr bewährt und die Aufgabe des Reagenten wesentlich

erleichtert. Fast unvermeidlich ist es jedoch, daß nach längerem Verweilen des Armes sich juckende Empfindungen einstellen, welche die Aufmerksamkeit ablenken und früher oder später zur Unterbrechung des Versuchs zwingen. Ein vollständiges Fehlen solcher vager Empfindungen aus verschiedenen Hautstellen wird wohl niemals zu erwarten sein. Solange sie aber mäßige Intensitätsgrade nicht überschreiten und die künstlich gesetzten Reize nicht zu schwach sind, werden sie den Versuch nicht wesentlich beeinträchtigen. So glauben wir die hier, wie bei den Versuchen BRÜCKNER's hervortretende Thatsache verstehen zu müssen, daß die Angaben des Reagenten bestimmter bzw. die Simultanschwellen kleiner werden, sobald eine Verstärkung der Reize stattfindet. Als Beweise mögen außer den Reizungen 15 bis 18 in dem oben mitgetheilten Protokoll noch folgende Erfahrungen dienen:

30. Juli 1901. IV. Versuchsreihe, Reagent v. F.

Tastpunkte c'' und c' , Abstand 2,3 mm, c'' ulnar und etwas distal von c' .
Reizintervall 1 Sec.

	Reizfolge		Angaben des Reagenten	Aussagen über	
	c''	c'		Beschaffenheit der Reize	Lage der Reize
1	2	2	Verschiedene Punkte, beide Reize recht schwach Neue Einstellung	r	
2	1	1	Verschiedene Punkte, Reiz 1 schwach, 2 deutlich Neue Einstellung	r	
3	1	1	Reiz 1 nicht gespürt, Reiz 2 ulnar Neue Einstellung	0	f
4	1	2	Verschiedene Punkte	r	
5		2 2	Ein Punkt zweimal gereizt	r	
6	1 1		Ein Punkt zweimal gereizt	r	
7	1	2	Verschiedene Punkte	r	

Bemerkungen: Da gleich zu Anfang die Reize als schwach bezeichnet werden, wird versucht sie durch Aenderung der Reizstärke und wiederholte neue Einstellungen auf die feinen Farbpunkte deutlich und gleich stark zu machen. Dies gelingt nach dem dritten Versuch, worauf bestimmte und richtige Antworten erfolgen.

1. Aug. 1901. III. Versuchsreihe, Reagent v. F.
Dieselben Punkte wie vorstehend, Intervall der Reize 2 Sec.

	Reizfolge		Angaben des Reagenten	Aussagen über	
	c''	c'		Beschaffenheit der Reize	Lage der Reize
9	1,7	1,7	Zweimalige Reizung eines Punktes	r	
10	2	1,7	Dasselbe	f	
11	1,7	2	Reiz 2 nicht gefühlt	0	
12	1,7	2	Ebenso	0	
13	1	1	Zwei verschiedene Punkte, deutlich	r	
14	1	1	Ein Punkt zweimal gereizt	r	

Bemerkung: Durch die Verstärkung der Reize nach Versuch 12 hören die falschen und unsicheren Urtheile sofort auf.

3. Aug. 1901. VII. Versuchsreihe, Reagent M.
Punkte g und f , g 2,5 mm proximal von f . Reizintervall $\frac{4}{3}$ Sec.

	Reizfolge		Angaben des Reagenten	Aussagen über	
	g	f		Beschaffenheit der Reize	Lage der Reize
14	1	1	Zweimalige Reizung eines Punktes	r	
15	2,5	2,5	Unsicher, bitte noch einmal	0	
16	2,5	2,5	Zweimalige Reizung eines Punktes, ganz leise Reize	r	
17	2,5	1	Wieder leise Reize, glaube zwei verschiedene Punkte	r	
18	1	2,5	Zweimalige Reizung eines Punktes	f	
19	1	2	Verschiedene Punkte, deutlich	r	
20	1	1	Zweimalige Reizung eines Punktes	r	

Bemerkung: Hier sind die Reize des Punktes f sehr schwach, daher die Antworten z. Th. unsicher oder falsch. Durch die Verstärkung nach dem 18. Reiz tritt Sicherheit der Antworten ein.

Es möge bei dieser Gelegenheit ausdrücklich bemerkt werden, daß die benutzten Reizstärken stets gering waren, d. h. über den Schwellenwerth nur so weit gesteigert wurden, als zur Erlangung sicherer Resultate nöthig war. Diese Vorsicht ist aus zwei Gründen geboten. Erstens würde es bei starken Reizen unvermeidlich sein, daß die auf der Haut gesetzte Deformation sich von dem direct getroffenen Tastpunkt auf die benachbarten ausdehnt, was der gestellten Aufgabe widerspricht. Zweitens tritt bei stärkeren Reizen der Uebelstand hervor, daß neben der Schließung des Stroms auch noch die Oeffnung empfunden wird, statt zweier wirksamer Reize demnach drei oder vier gesetzt werden. Es rührt dies davon her, daß im Moment der Entmagnetisirung die in die Gleichgewichtslage zurückspringende Haut den leicht beweglichen Hebel etwas emporschnellt; das Zurückfallen des letzteren bedingt dann eine neue Reizung. Auf die Vermeidung solcher „Oeffnungserregungen“ (vgl. v. FREY und KIESOW, *diese Zeitschrift* 20, S. 158 ff.) wurde jedesmal Bedacht genommen. Sie verschwanden übrigens fast vollständig, nachdem in der oben geschilderten Weise die Nadeln durch Borsten ersetzt waren.

Ein Wandern der Aufmerksamkeit findet natürlich nicht nur unter dem Einfluß zufälliger Reizungen, sondern auch aus inneren Gründen statt; es ist eben nicht möglich die Aufmerksamkeit für längere Zeit ausschließlicly auf das Versuchsfeld und die dort sich abspielenden Vorgänge zu lenken. So kann es vorkommen, daß während einer längeren Versuchsreihe trotz andauernd genügender Reizstärken und ohne ersichtliche äußere Veranlassung die Aussagen des Reagenten für einige Zeit unsicher oder falsch werden, um dann ebenso plötzlich wieder Bestimmtheit und Richtigkeit zu gewinnen. Man vergleiche in dieser Richtung die Versuchsreihe III, 3. Aug., auf folgender Seite. Es ist das eine dem Psychologen nicht neue Erscheinung, auf welche schon wiederholt hingewiesen worden ist.¹

¹ PASTORE und AGLIARDI, *Accad. r. di Torino* 1901.

SLAUGHTER, *Am. Journ. of Psychol.* 12, S. 313.

3. Aug. 1901. III. Versuchsreihe, Reagent v. F.
Punkte c'' und c' wie oben, Intervall $\frac{4}{3}$ Sec.

Ordnungs- zahl der Versuche	Reiz- folge		Angaben des Reagenten	Aussagen über	
	c''	c'		Be- schaffen- heit der Reize	Lage der Reize
	3,5		Verschiebung, proximal-distal	r	f
2		2,5	Zweimalige Reizung eines Punktes	r	
3	3,5	2,5	Zweimalige Reizung eines Punktes	r	r
4	3,5	2,5	Verschiebung, zweiter Reiz sehr schwach	r	
5	3		Zweimalige Reizung eines Punktes	r	
6	3	2,5	Verschiebung, proximal-distal	r	f
7	3		Unsicher, noch einmal	0	
8	3	2,5	Deutliche Verschiebung, ulnar radial; radialer Reiz etwas schwächer, der ulnare recht kräftig	r	r
9	4		Wohl dasselbe wie vorher, Reizstärken jetzt gleicher	f	
10	4	2,5	Verschiebung in umgekehrter Richtung, bitte noch einmal	r	
11	4	2,5	Doch zweimalige Reizung des radialen Punktes, erster Reiz schwach	f	
12	4	2,5	Deutliche Verschiebung, erster Reiz schwach	r	
13	3	2,5	Zweimalige Reizung des ulnaren Punktes	f	
14	3		Wohl Verschiebung, bitte noch einmal	f	
15	3		Nicht sicher, wohl radial-ulnar, Reize recht gleich	f	
16	3	2,5	Zweimalige Reizung des radialen Punktes	f	
17	3	2,5	Deutliche Verschiebung radial-ulnar	r	r
18	3	2,5	Glaube zweimalige Reizung desselben Punktes, nicht sicher, bitte noch einmal	f	
19	3	2,5	Unsicher, juckende Empfindungen!	0	
20	3	2,5	Verschiebung ulnar-radial	r	r

Ordnungs- zahl der Versuche	Reiz- folge		Angaben des Reagenten	Aussagen über	
	c''	c'		Be- schaffen- heit der Reize	Lage der Reize
21	3		Zweimalige Reizung des ulnaren Punktes	r	r
22		2,5 2,5	Zweimalige Reizung des anderen Punktes	r	
23	3	2,5	Verschiebung radial-ulnar	r	r
24	3	2,5	Verschiebung ulnar-radial	r	r
25		2,5 2,5	Zweimalige Reizung eines Punktes	r	
26	3		Nicht sicher, bitte noch einmal	0	
27	3		Zweimalige Reizung eines Punktes, des radialen	r	f
28	3	2,5	Zweiter Reiz nicht deutlich, glaube Verschiebung radial-ulnar, bitte noch einmal	r	r
29	3	2,5	Ja, Verschiebung radial-ulnar	r	r

Die qualitative Verschiedenheit der beiden Reize wird in dieser Versuchsreihe, übrigens auch in Nr. 18 der oben mitgetheilten Reihe, als Verschiebung des Reizes empfunden und angegeben. Auf diese Angabe wird unten noch zurückzukommen sein.

Im Ganzen wurden an drei Reagenten (v. F., K. und M.) 51 Paare von Tastpunkten, in Abständen von 0,9—3,5 mm, zu Versuchen benutzt und zwar 25 an v. F., 9 an K. und 17 an M. Die Zahl der Versuchsreihen war 107. In jedem Falle konnte die Verschiedenheit der Punkte erkannt, d. h. die Doppelreizung eines Punktes von der successiven Reizung zweier Nachbarpunkte unterschieden werden. Die Sicherheit der Unterscheidung, ausgedrückt in der procentischen Menge richtiger Aussagen, war aber natürlich eine sehr wechselnde. Gute Resultate (bis 90 % richtige Aussagen) wurden nur dann erhalten, wenn die oben bezeichneten Bedingungen erfüllt, also die Reize nicht zu schwach oder ungleich, der Reagent nicht ermüdet und alle die Aufmerksamkeit störenden Einwirkungen ferngehalten waren.

Es sei hier ausdrücklich bemerkt, dass es für das Ergebniss der Qualitätsprüfung völlig gleichgültig ist, ob ein schon be-

kanntes und wiederholt benutztes oder ein frisches Punktpaar zum Versuche gebraucht wird. Wir haben bei orientirenden Versuchen auf noch niemals benutzten, ihrer Lage nach dem Reagenten unbekanntem Punkten genau ebenso gute Resultate erlangt, wie auf oft benutzten, dem Reagenten wohlbekanntem Punkten. Es handelt sich hier offenbar um ein ganz ursprüngliches, durch Uebung nicht merklich zu schärfendes Unterscheidungsvermögen. Die übereinstimmende Erfahrung JUDD's haben wir oben bereits erwähnt.

Wir schliessen daraus, dafs am Unterarm und wohl auch sonst am Körper, wo es gelingt benachbarte Endorgane des Tastsinns isolirt zu erregen, eine Unterscheidung derselben möglich ist, richtige Versuchsbedingungen vorausgesetzt.

Versteht man unter Successivschwelle die kleinste Entfernung, in der zwei successive Reize unter günstigen Bedingungen noch als verschieden erkannt werden, so kann dieselbe jedenfalls nicht gröfser sein als die Abstände der jeweils benutzten Punkte. Wir sind der Meinung, dafs die Schwelle auch nicht wesentlich kleiner sein kann.

Da alle oberflächlichen Tastempfindungen durch die Tastpunkte der Haut, bezw. deren Nerven vermittelt werden, so könnte eine Reizung zwischen zwei Tastpunkten nur dann zu qualitativ verschiedenen Empfindungen führen, wenn abwechselnd der eine und der andere der beiden Tastpunkte stärker erregt wird. Seien A und B die beiden Tastpunkte und a und b die beiden gereizten Stellen, so könnte der in a gesetzte

$$A \quad a \quad b \quad B$$

Eindruck nur dann von b verschieden empfunden werden, wenn durch a vorwiegend oder ausschliesslich A , von b ebenso B erregt würde. In diesem Falle wäre die Gröfse der Successivschwelle nicht gleich dem Abstände AB , sondern gleich ab zu setzen. Dafs eine gewisse Verkleinerung der Schwellenwerthe auf diesem Wege erzielt werden könnte, ist von vorneherein nicht abzuweisen; es kann sich indessen immer nur um sehr kleine Werthe handeln. Je mehr die Reizstelle a sich von A entfernt, um so geringer wird die Wirkung des Reizes und damit die Sicherheit der Unterscheidung. Benutzt man aber starke Reize, so läuft man Gefahr, aufser A auch noch B und

eventuell noch andere naheliegende Tastpunkte zu erregen. Wir können mangels derartiger Versuche nicht beurtheilen, ob ein solcher Erfolg für die Unterscheidung der Reize vortheilhaft ist. Die Aufgabe, auf diese Weise die Werthe der Successivschwelen zu verkleinern, schien uns von ausschliesslich versuchstechnischem Interesse. Wir halten es aber für unwahrscheinlich auf Grund folgender Erfahrungen: Die Reize *a* und *b* wurden statt zwischen *A* und *B* zu beiden Seiten von *A*, in 1 mm gegenseitiger Entfernung ausgeübt und so stark gewählt, dass sehr deutliche Empfindungen resultirten. Bei der Dichte der Tastpunkte im Versuchsfelde (Handgelenk) mussten aufser *A* auch noch weitere Tastpunkte erregt werden, wenn in beiden Fällen dieselben, dann doch jedenfalls nicht mit gleicher Intensität. Trotzdem ist eine Unterscheidung von *a* und *b* niemals gelungen.

Aus diesen Erfahrungen darf weiter auch geschlossen werden, dass flächenhafte, d. h. eine Summe von Tastpunkten ergreifende Reizungen nicht wesentlich kleinere Successivschwelen ergeben, als die von uns geübten, nur je einen Tastpunkt treffenden (monostigmatischen) Reize. In diesem Sinne sprechen auch die Versuchsergebnisse von JUDD, welche bei ziemlich ausgebreiteten Reizen eine Successivschwelle von im Mittel 2 mm ergaben (a. a. O. S. 422).

Wir glauben daher den Satz aussprechen zu dürfen, dass auf allen Tastflächen, auf welchen eine isolirte Erregung einzelner Tastpunkte gelingt, die Successivschwelen bei günstigsten Auffassungsbedingungen den Abständen der Tastpunkte merklich gleichwerthig sind.

Bedeutung des Reizintervalls. BRÜCKNER hat gezeigt (a. a. O. S. 38), dass benachbarte Tastpunkte bei simultaner Reizung niemals unterschieden werden. Wir finden, dass bei successiver Reizung unter Umständen ein Intervall von $\frac{1}{18}$ Sec. genügt, um eine Unterscheidung zu ermöglichen, doch erfolgt sie sehr schwierig. Die Versuche ergeben sehr viele unbestimmte Angaben und sind mit einem grossen Procentsatz von Fehlangaben behaftet. Selbst bei einem Intervall von $\frac{1}{9}$ Sec. verschmelzen die beiden Reize leicht noch zu einem einzigen, und es gelingt meist erst nach einer Reihe von Reizungen, die

Verschiedenheit der getroffenen Punkte zu erkennen. Mit wachsendem Reizintervall bessern sich dann die Ergebnisse, aber nur bis zu einem Intervall von beiläufig $\frac{4}{3}$ Sec. Bei weiterer Verlängerung scheint die Sicherheit der Angaben langsam wieder abzunehmen.

Zieht man für alle diejenigen Reizintervalle, von welchen zwei oder mehrere Versuchsreihen vorliegen, das Mittel aus den Procentzahlen der richtigen Angaben, so erhält man:

für $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$, 1, $\frac{4}{3}$, 2 Secunden Reizintervall
56, 64, 65, 67, 61, 68, 59 % richtige Angaben.

Wir glauben indes, daß für eine derartige Statistik die Zahl der Versuchsreihen, 2—10 für ein Intervall, zu klein ist. Die vielen Störungen, denen diese schwierigen Versuche ausgesetzt sind, machen sich in sehr ungleicher Weise geltend. Etwas beweisender erscheint uns die Erfahrung, daß sich die höchsten Procentzahlen richtiger Angaben, 88 und 90 %, unter allen Versuchen bei dem Intervall von $\frac{4}{3}$ Sec. finden. Am beweisendsten für die Existenz eines optimalen Intervalls von ungefähr dieser Länge sind die directen Angaben der Reagenten über die Schwierigkeit der Aussagen bei den kürzeren und längeren Intervallen und die Häufung unbestimmter Aussagen, welche 30—40 % sämtlicher Reizungen betragen.¹

Die Gründe für die Schwierigkeit sind in den beiden Fällen verschiedene. Bei langem Intervall verblasst offenbar der Eindruck des ersten, schwachen und flüchtigen Reizes so weit, daß seine Vergleichung mit dem nachfolgenden unsicher wird. Längere Dauer des reizenden Stromstoffes bzw. der dadurch gesetzten Deformation (die Dauer beträgt $\frac{1}{9}$ Sec.) würde das Resultat kaum ändern, weil bei eben nur überschwelliger Reizung eines einzelnen Tastpunktes die Erregung unter allen Umständen rasch abklingt, d. h. den Charakter der Berührungsempfindung besitzt. Bei kurzem Intervall ist es dagegen die Neigung zur Verschmelzung bzw. Summation der Erregungen (vgl. BRÜCKNER S. 38), die die Aussagen unsicher macht, bis schließlich bei Simultanreizung eine Unterscheidung der Reize überhaupt unmöglich wird.

¹ Man vgl. in dieser Richtung auch die Angaben von ANGELL, *Philos. Studien* 7, S. 426 und AMENT, *Ebenda* 16, S. 171. Systematische Versuche zur Feststellung des optimalen Intervalls sind uns nicht bekannt.

Wie der eine von uns bereits bei anderer Gelegenheit kurz ausgeführt hat, kann eine anatomische Deutung dieser Erfahrung in der Annahme gesucht werden, daß in einem untergeordneten (subcorticalen) Abschnitt des Nervensystems eine irgendwie beschaffene Repräsentation der peripheren Sinnespunkte gegeben ist. Die Erregung eines einzelnen Punktes bleibt nun in diesem Abschnitte nicht isolirt, sondern breitet sich, nach Art der Reflexe im Rückenmark nach verschiedenen Richtungen aus, wobei die Erregung mit zunehmender Entfernung vom Eintrittspunkte an Intensität und Dauer einbüßt. Entstehen in Folge gleichzeitiger Erregung zweier Tastpunkte zwei solche Ausbreitungsgebiete, so fließen sie zusammen, wodurch auch für einen übergeordneten (corticalen) Abschnitt die Unterscheidung der beiden Reizorte verhindert wird. Hätte dagegen bis zum Eintritt der zweiten Erregung die erste Zeit bis auf einen kleinen und scharfumschriebenen Rest abzuklingen, so erscheint die Möglichkeit der Unterscheidung gegeben. Die Vorstellung, daß die Art des Abklingens für den Erfolg von Bedeutung sei, wird durch das auffällig rasche Verblässen schwacher Tastreize nahe gelegt.

Als Resultat der Versuche dieses Abschnittes stellen wir den Satz hin, daß die Unterscheidung zweier benachbarter Tastpunkte am leichtesten gelingt, die Successivschwelle also den kleinsten Werth erreicht, wenn die beiden Reize in einem Intervall von ungefähr $\frac{4}{3}$ Secunden auf einander folgen.

II. Die Lagebestimmung successiver Reize.

Die Antworten der Reagenten erhalten neben den Aussagen über Gleichheit oder Verschiedenheit der Reize häufig auch Urtheile über deren Localisation. Es handelt sich dabei nicht um nähere Bezeichnung der Lage der gereizten Punkte auf dem Unterarm, sondern stets nur um Orientirung ihrer Verbindungslinie zur Längsaxe des Gliedes und um die Lagebestimmung der Punkte auf dieser Linie. Ausnahmsweise wird auch ihr gegenseitiger Abstand als sehr groß oder sehr klein geschätzt im Verhältniß zu dem im Allgemeinen bekannten Abstand zweier benachbarter Tastpunkte.

Man muß hier unterscheiden zwischen Versuchen, in denen der Reagent um die Lage der gereizten Punkte wußte (wissent-

liche Versuche) und solchen, in denen sie ihm nicht bekannt war (unwissentliche Versuche).

Unter den wissentlichen Versuchen sind localisirende Angaben häufig, namentlich wenn bereits eine Anzahl von Versuchsreihen an demselben Punktpaare ausgeführt worden sind und der Reagent sich mit der Lage vertraut glaubt. Wir haben solche Aussagen nicht verhindert, weil sie uns werthvolle Aufschlüsse versprochen. Zuweilen beginnen (wie in Versuch III vom 3. Aug., s. o. S. 171) die localisirenden Angaben gleich mit der ersten Reizung, ohne dafs sie deshalb von besonderer Zuverlässigkeit zu sein brauchen. Es kommt vor, dafs in Versuchsreihen mit erheblichem Procentsatz richtiger Aussagen über die Qualität der Reize die Localisationen sämmtlich oder zum gröfsten Theil falsch sind. So sind auch in dem oben angezogenen Protokolle bei Reizung 1, 6 und 27 die Qualitätsurtheile richtig, die Localisationen dagegen falsch.

Bei den unwissentlichen Versuchen ist die Neigung zur Localisation geringer. Der Reagent erkennt bald, dafs er sich durch Beschränkung auf Qualitätsurtheile die Aufgabe erleichtert. Objectiv äufsert sich die gröfsere Anstrengung, welche die Localisation bedingt, in einer Verschlechterung der Qualitätsurtheile. Auf Grund dieser Erfahrungen wurde von dem Reagenten nur Auskunft über die Qualität der Reize verlangt. Die zuweilen angegebenen Localisationen sind dann spontane.

Um indessen die Localisation auch unbeirrt durch Qualitätsurtheile zu studiren, haben wir einige Versuche nach folgendem Verfahren ausgeführt:

Zwei benachbarte, in Bezug auf ihre Lage dem Reagenten nicht bekannte Tastpunkte wurden in einem Intervall von etwa 1 Sec. hinter einander gereizt, und zwar war die Reihenfolge ganz in das Belieben des Beobachters gestellt. Der Reagent wufste, dafs Doppelreize auf einem Punkte nicht vorkamen und hatte nach jeder Reizung Auskunft zu geben über die vermeintliche Richtung, in welcher der Reiz fortgeschritten war.

Versuche vom 10. Nov. 1898.

I.

Reagent v. F. Gereizte Punkte II u. 3 an der Volarseite des 1. Handgelenks.
Entfernung der Punkte 3,7 mm. Punkt II liegt proximal und etwas ulnar von 3.

Reizfolge	Aussagen des Reagenten
II 3	radial-ulnar und zugleich distal-proximal
II 3	ulnar-radial und zugleich proximal-distal

Reizfolge	Aussagen des Reagenten
II 3	ulnar-radial und zugleich proximal-distal
II 3	umgekehrt
3 II	ulnar-radial
3 II	radial-ulnar
3 II	ebenso
II 3	ulnar-radial
II 3	proximal-distal
3 II	distal-proximal, der proximale Reiz hat zugleich ulnaren Charakter.

II.

Reagent derselbe; gereizte Punkte II und 6, II liegt radial und zugleich distal von 6. Abstand 2,0 mm.

Reizfolge	Aussagen des Reagenten
II 6	proximal-distal und vielleicht auch radial
II 6	proximal-distal
II 6	radial-ulnar
II 6	ebenso
6 II	ulnar-radial
II 6	radial-ulnar und zugleich distal-proximal
II 6	ebenso
II 6	ebenso
6 II	ulnar-radial und zugleich proximal-distal
II 6	umgekehrt
II 6	ebenso

Beide Reihen zeigen anfänglich eine große Unsicherheit in der Richtungsangabe, bis sich nach einer Anzahl von Reizungen schliesslich die richtige Vorstellung herausarbeitet, die dann festgehalten wird. Der Reagent gab ausdrücklich an, daß er trotz des Bewusstseins der Unveränderlichkeit der Reizorte die Empfindung habe, als ob von einem Versuch zum anderen eine Drehung der Reizrichtung stattfände, bis sie endlich eine definitive Lage zum Unterarm bekam. Das unsichere Tasten hier steht in auffallendem Gegensatze zu dem von Anfang an bestimmten Ergebniss der Qualitätsprüfung, sobald die Versuchsbedingungen überhaupt eine Aussage gestatten.

Aus allen diesen Erfahrungen folgt, daß die Unterscheidung zweier Reize schlechtweg und ihre Localisation verschiedene Leistungen sind. Es besteht nicht nur die Möglichkeit der Unterscheidung benachbarter Tastpunkte ohne Lagebestimmung, sondern diese Aufgabe ist sogar die einfachere und leichtere. Die Angabe, daß die

beiden gesetzten Reize verschieden, ihre Lage aber nicht angebar sei, kehrt stets wieder, oder es wird zu einer bestimmten Aussage über die Qualität der Reize eine sehr unsichere über die Lage hinzugesetzt. Es bedarf einer öfteren Wiederholung des Reizes, wenn zur Erkennung der Verschiedenheit die der Lage hinzutreten soll. Unsere Erfahrungen stehen hier in völligem Einklang mit den älteren von CZERMAK und JUDD; dieselben verdienen aber unseres Erachtens eine weit größere Beachtung, als ihnen durch die genannten Forscher zu Theil geworden ist.

WUNDT hat zuerst im Jahre 1858 (Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung) gezeigt, daß die von LOTZE den Tastempfindungen zugesprochenen Localzeichen zwar mit Recht auf eine physiologische Vorbedingung der Unterscheidung zurückgreifen, im Uebrigen aber die Raumvorstellung bereits als gegeben voraussetzen. Er führt dann in der angezogenen Schrift, sowie in den verschiedenen Auflagen seiner Physiologischen Psychologie die Entwicklung der Raumvorstellung zurück auf eine Verschmelzung von Tast- (bezw. Gesichts-) mit Bewegungsempfindungen. Denselben Gedanken hat HELMHOLTZ in seiner physiologischen Optik ausgesprochen; eine ausführliche und überaus klare Darstellung findet sich ferner in dem bekannten Vortrage: Die Thatsachen in der Wahrnehmung. Nach diesen Theorien sind die Tastempfindungen von Ort zu Ort der Haut bei stets gleicher Reizung qualitativ verschieden. Das Quale braucht aber kein räumliches zu sein. Die räumliche Beziehung, so zu sagen die Ausmessung der Coordinaten, geschieht erst durch die Bewegungsempfindungen.

Durch die mitgetheilten Erfahrungen scheinen uns diese Annahmen sehr an Wahrscheinlichkeit zu gewinnen. Wenn es unter den beschriebenen Versuchsbedingungen so leicht gelingt, zwei gereizte Punkte zu unterscheiden, und so schwer, ihre Lage zu bestimmen, so kann das nur so verstanden werden, daß jeder Punkt zwar eine leicht erkennbare individuelle Färbung oder Qualität besitzt, daß aber die an diese sich knüpfende Lagevorstellung eine sehr unbestimmte ist. In der That ist bei schwacher Reizung eines einzelnen Punktes die Localisation eine äußerst unsichere, so daß selbst Täuschungen über den getroffenen Gliederabschnitt vorkommen.¹ Bei Reizung zweier

¹ Man vgl. hierüber auch V. HENRI, Die Raumwahrnehmungen des Tastsinns, Berlin 1898, S. 90 ff.

Punkte wird die Verschiedenheit der Reize entweder als solche erkannt, oder, namentlich bei den kürzeren Intervallen, als Verschiebung des Reizes, als ein Streichen desselben über die Haut gedeutet. Erst an diese Aussage knüpft sich die Lagebestimmung, sofern eine solche überhaupt gegeben werden kann. Also auch die Vorstellung der Bewegung wird nicht etwa aus den Lage- oder Richtungsbestimmungen erschlossen, sondern geht ihr voraus als die durch den Willen bewirkbare Aenderung in der Qualität der Tastempfindung. Man sieht, daß aus dem Verschmelzungsvorgang, den die obgenannten Theorien annehmen, nicht so festgefügte psychische Gebilde entstehen, daß sie nicht unter geeigneten Bedingungen wieder in ihre Componenten zerlegt werden könnten.

Alle diese Erscheinungen sind auf Grund der Annahmen LOTZE's ganz unverständlich. Wären die Localzeichen im Sinne dieses Autors die Voraussetzung der Unterscheidbarkeit, so könnte die Erkennung der gereizten Punkte von vorneherein nur eine örtliche sein. Wir halten es daher für zweckmäfsig, jene Empfindungsqualität, welche die örtliche Unterscheidung bedingt, mit ihr aber nicht identisch ist, durch einen Ausdruck zu bezeichnen, der nichts präjudicirt und nicht mißverstanden werden kann. Wir schlagen hierzu das Wort „Merkzeichen“ vor.

Welcher Art nun die Merkzeichen der unterscheidbaren Tastpunkte sind, entzieht sich naturgemäfs einer weiteren Beschreibung. Dieselbe könnte nur gegeben werden durch Empfindungsqualitäten noch einfacherer Art, als die hier vorläufig als elementar angenommenen. Immerhin möchten wir bemerken, daß die Unterschiede im Empfindungscharakter benachbarter Tastpunkte wiederholt so bedeutend waren, daß die Reagenten unaufgefordert darüber Auskünfte gaben. Zwischen scharf umschriebenen, prägnanten Empfindungen und stumpfen, unbestimmten oder verwischten kamen mannigfache Uebergänge vor, die namentlich in dem verschiedenen zeitlichen Ablauf der Erregung, in der Art ihres Abklingens begründet zu sein schienen. Ob diese Verschiedenheiten die Merkzeichen begleiten, oder als das eigentliche Wesen derselben zu betrachten sind, müssen wir dahingestellt sein lassen.¹

¹ Hier sei auf die interessanten Erörterungen von v. KRIES u. AUERBACH, *Arch. für Physiologie* 1877, S. 351 hingewiesen.

Da successive Reize auf benachbarten Tastpunkten nur schwer, bezw. erst nach einiger Uebung localisirt werden können, während bei gröfserem Abstände die Erkennung der Lage sofort gelingt, so muß es einen Minimalabstand für diese Leistung geben. Derselbe ist als Richtungsschwelle von dem einen von uns bezeichnet worden. Versuche zu ihrer Bestimmung besitzen wir nicht. Eine annähernde Vorstellung von ihrer Gröfse im Verhältnifs zur reinen Successiv- oder Qualitätsschwelle geben die Versuche von JUDD (S. 420, Tabelle I). Bei jenen Versuchen hatte der Reagent zwei Aussagen zu machen, erstens über die Qualität und zweitens über die Lage der beiden Reize. Da letztere bei den Versuchen mit abnehmender Reizdistanz bekannt war, beziehen sich die Aussagen dieser Versuche auf die Successivschwelle. Bei den Versuchen mit zunehmender Reizdistanz war dagegen die Lage unbekannt und die gefundenen Schwellenwerthe gehören der oben definirten Richtungsschwelle an. Vergleicht man in der angezogenen Tabelle die Werthe für das ab- und aufsteigende Verfahren, so findet man letztere ungefähr doppelt so groß wie erstere. Nach der hier vorgeschlagenen Bezeichnungsweise würde dies heißen, daß die Richtungsschwelle ungefähr doppelt so groß ist wie die Successivschwelle.

Zusammenstellung der Ergebnisse.

Wir stellen die Ergebnisse unserer Versuche und die aus ihnen gezogenen Folgerungen in nachstehenden Sätzen zusammen:

1. An Körperstellen, an denen isolirte Erregung einzelner Tastpunkte möglich ist, werden benachbarte Tastpunkte bei successiver Reizung stets als verschieden erkannt, geeignete Versuchsbedingungen vorausgesetzt. Die Successivschwelle, d. i. die kleinste Entfernung in der irgend zwei auf der Haut gesetzte Reize noch als verschieden erkannt werden können, wird der Entfernung benachbarter Tastpunkte merklich gleich zu setzen sein.

2. Die Unterscheidung benachbarter Tastpunkte geschieht am leichtesten, wenn das Intervall der beiden Reize etwa $\frac{4}{3}$ Sec. beträgt. Auch die Stärke der Reize ist von Bedeutung.

3. Die Unterscheidung zweier Punkte ist zunächst eine rein qualitative, welche weiterhin zu einer Lagebestimmung führen kann; letztere ist aber wesentlich schwieriger und unsicher. Die Unterscheidbarkeit kann daher nicht auf Localzeichen im Sinne LOTZE's beruhen. Wir bezeichnen die qualitative Eigenthümlichkeit in der Empfindung jedes Tastpunktes als sein Merkzeichen und nehmen an, daß aus diesem und anderen Bestimmungsgliedern secundär die Lagebestimmung hervorgeht.

4. Die kleinste Entfernung zweier Reize, bei der ihre Lagebeziehung mit Sicherheit erkannt werden kann, die sog. Richtungsschwelle, ist ungefähr doppelt so groß wie die Successivschwelle.

(Eingegangen am 6. Mai 1902.)
