

## Beiträge zur Physiologie des Tastsinnes.

[Wiener akademische Sitzungsberichte 1855 (Physiologische Studien).]

(Hierzu Fig. 27 u. 28 auf Taf. 16 und die Tafeln 17 und 18).

## § 1. Vergleichende Beobachtungen über die Feinheit des Raumsinnes der Haut bei Kindern und bei Erwachsenen.

HARTING<sup>1)</sup> hat die interessante Entdeckung gemacht, dass die Zunahme des Durchmessers der Nervenstämme während des Wachstums nicht durch die Vermehrung der Anzahl der Primitivfibrillen, sondern durch die Verdickung des Neurilems einerseits und der bereits vorhandenen Primitivfibrillen andererseits bedingt werde. HARTING sagt (a. a. O. S. 74):

»4. *Les moyennes générales des nombres de tubes primitifs composant les nerfs sont :*

	Nerf median	Nerf crural
Foetus . . . . .	21,432 . . . . .	28,500
Enfant nouveau né . . . . .	20,906 . . . . .	37,297
Homme adulte . . . . .	22,560 . . . . .	35,416

Quoique les chiffres rapportés dans la table dénotent, que le nombre des tubes primitifs d'un nerf est loin d'être fixe, mais qu'il varie au contraire beaucoup chez les différents individus, il résulte cependant des moyennes, que cette différence ne tient pas à l'âge, mais que l'enfant nouveau né possède le même nombre de tubes primitifs que l'homme adulte. En combinant les moyennes on trouve pour la somme totale des tubes primitifs contenus dans les deux nerfs chez :

l'enfant . . . . .	58,203
l'homme adulte . . . . .	57,976

<sup>1</sup> HARTING: Recherches micrométriques. Utrecht 1854.

*Chez le foetus le nombre est déjà si grand, qu'il paraît, qu'au moins dans le nerf median, le nombre est complet, tandis que celui trouvé pour le nerf crural n'est pas beaucoup au dessous de la moyenne, et surpasse même en un cas celui trouvé pour un des adultes. À la vérité, je n'ai pu tenir compte ici du neurilème, comme je l'ai déjà indiqué, mais la quantité en était si petite, qu'elle ne saurait influencer beaucoup sur le résultat. On peut donc admettre, qu'à la fin du quatrième mois le nombre des tubes nerveux est à-peu-près complet, ce qui n'a lieu pour aucun des éléments, qui constituent les autres tissus examinés, et semble fournir une preuve nouvelle de la haute importance du tissu nerveux, pour faire parvenir les autres tissus à leur plein développement».*

a) Der Mensch besitzt also als Erwachsener dieselbe absolute Menge von peripherischen Nervenfibrillen, welche er als Kind besessen hat. Dieser Satz gilt mit Sicherheit für die cerebrospinalen Nerven — somit auch für die Tastnerven der Haut; denn obgleich HARTING'S genaue Messungen sich nur auf den *N. medianus* und *N. cruralis* beziehen, so hat man doch nicht den geringsten Grund, die Allgemeingiltigkeit dieses Satzes für sämtliche peripherische Nerven des cerebrospinalen Systems zu bezweifeln. Von den Nerven des sympathischen Systems haben wir hier nicht zu handeln.

b) Die quadratische Ausdehnung der Haut, in welcher die Tastnerven ihre peripherische Endverbreitung haben, ist bei Erwachsenen ungleich grösser, als bei Kindern. Ein Satz, dessen Richtigkeit wohl von selbst einleuchtet und nicht erst durch Messungen bewiesen zu werden braucht. Diese beiden Prämissen (sub a und sub b) führen nun zu dem Schlusse, dass bei Kindern die relative Menge der Tastnervenfasern im Allgemeinen grösser sein müsse, als bei Erwachsenen. Unter der relativen Menge der Tastnervenfasern haben wir bekanntlich jene Anzahl von Fasern zu verstehen, welche sich auf einer als Maasseinheit angenommenen Fläche, z. B. auf einer Quadratlinie verbreiten. Bei Kindern kommen also auf eine Quadratlinie Haut mehr Fibrillen, als bei Erwachsenen.

Die von einer elementaren Nervenfaser versorgte Hautfläche hat E. H. WEBER bekanntlich einen Empfindungskreis genannt. Demnach kann man im Allgemeinen behaupten, dass Kinder auf einem gleich grossen Hautstücke mehr und kleinere Empfindungskreise als Erwachsene besitzen werden. Da nun nach WEBER'S bekannten Untersuchungen über den Tastsinn, die Feinheit des Raumsinnes der Haut mit dem Durchmesser der

Empfindungskreise in umgekehrtem Verhältnisse steht, so folgere ich, dass Kinder im Allgemeinen einen feineren Raumsinn der Haut besitzen müssen als Erwachsene.

Dieser Satz hat sich durch meine vergleichenden Messungen als richtig herausgestellt. Ohne directe Beweise wäre derselbe wohl sehr wahrscheinlich gewesen, aber doch immer problematisch geblieben, da man den Einfluss der Erziehung und Entwicklung des Sinnes und des Verstandes einerseits, und der möglicherweise im Verlaufe des Wachsthums eintretenden Veränderungen in der Anordnung des Tastnervensystems und des Tastorgans andererseits, nicht a priori berechnen kann.

Genau genommen, beziehen sich alle die Folgerungen, welche ich soeben entwickelt habe, auf die Wachstumsstufen und Altersperioden eines und desselben Individuums; allein abgesehen von individuellen Verschiedenheiten der Feinheitsgrade des Raumsinnes der Haut, können meine Folgerungen und Messungen füglich als entsprechend gewissen allgemeinen und normalen Verhältnissen zwischen Kindern und Erwachsenen, gelten, da alle Erwachsenen offenbar einst Kinder gewesen sind und die Kinder zum grossen Theil zu Erwachsenen werden. Freilich weichen Erwachsene unter sich und Kinder gleicher Wachstumsstufe unter sich in den individuellen Feinheitsgraden des Raumsinnes der Haut, selbst unter übrigens möglichst ähnlichen Umständen, nicht unbeträchtlich von einander ab, allein nichts destoweniger kann man, wie mir scheint, nach Wiederholung der Messungen an vielen Individuen eine maassgebende Vergleichung der gewonnenen Resultate schon wagen.

Ich habe diesen Punkt berührt, um gleich von vornherein einem Einwand zu begegnen, welchen man, ohne gründliche Ueberlegung, gegen die Beweiskraft meiner später mitzutheilenden Messungen an Kindern erheben könnte. Man könnte nämlich die durch diese Messungen wirklich nachgewiesene grössere Feinheit des Raumsinnes bei Kindern einfach auf die Verschiedenheit individueller Feinheitsgrade des Raumsinnes der untersuchten Kinder und des zum Vergleich dienenden Erwachsenen schieben wollen. Das eben Gesagte und die sich später ergebende Uebereinstimmung der allgemeinen Messungsergebnisse, welche an verschiedenen Kindern gewonnen wurden, zeigen jedoch wie unwahrscheinlich und unstatthaft es wäre anzunehmen, dass ich zufällig auf eine Zahl Kinder gestossen sei, die sämmtlich einen so ungewöhnlich feinen Raumsinn besaßen, dass nur aus diesem Grunde die Vergleichung der an ihnen gewonnenen Messungsergebnisse mit jenen, welche WEBER

für einen Erwachsenen erhielt, zu ihren Gunsten hätte ausschlagen müssen.

Eben so unstatthaft wäre es, zu vermuthen, dass WEBER'S Messungen an der von mir nachgewiesenen Differenz Schuld seien, indem sie vielleicht zufällig an einem ausnahmsweise stumpffühlenden Individuum angestellt sein könnten. Wohl lässt sich aber nicht leugnen, dass die absolute Grösse der gefundenen Differenz den zufälligen, individuellen Verhältnissen der untersuchten und verglichenen Personen zuzuschreiben sei.

Ich habe oben den Satz ausgesprochen, dass sich bei Kindern auf einem Hautstücke von gleicher Ausdehnung mehr Nervenenden und Empfindungskreise finden müssen, als bei Erwachsenen. Damit war jedoch nicht etwa gemeint, dass die Vergleichung jeder beliebigen Hautstücke, auch wenn sie ganz verschiedenen Regionen des Körpers angehören, einen grösseren Reichthum an Nervenenden und Empfindungskreisen für das Hautstück des Kindes ergeben müsste, als für das des Erwachsenen; denn die Volarfläche der letzten Fingerglieder jedes Erwachsenen z. B. hat auf einer Quadratlinie unbedingt mehr Nervenenden und Empfindungskreise, und somit auch einen feineren Raumsinn, als die Rückenhaut eines Kindes.

Man darf hierbei nämlich nicht vergessen, dass die Feinheit des Raumsinnes, wie E. H. WEBER zuerst nachgewiesen hat, in den verschiedenen Regionen der Haut eines und desselben Individuums sehr ungleich entwickelt und nach einem besonderen Gesetze vertheilt ist. Der absolute Feinheitsgrad des Raumsinnes einer bestimmten Hautregion bei verschiedenen Individuen scheint sogar weit mehr individuellen Schwankungen unterworfen zu sein, als der relative Feinheitsgrad des Raumsinnes zweier bestimmten Hautregionen (ALLEN THOMSON). Zur Vergleichung der Verhältnisse des Raumsinnes bei Kindern und Erwachsenen müssen wir demnach immer Hautstücke derselben Region des Körpers wählen.

Bei Kindern gelten gewiss ähnliche Gesetze für die Abstufungen des Raumsinnes in den verschiedenen Hautregionen, wie bei Erwachsenen. Ich sage absichtlich ähnliche und nicht gleiche Gesetze, weil kaum anzunehmen ist, dass die Haut der Kinder, während des Wachsthum, an allen Punkten zugleich und in gleichem Maasse an quadratischer Ausdehnung zunehmen sollte. Schon die verschiedenen Proportionsverhältnisse der Körpertheile bei Kindern und bei Erwachsenen weisen mit aller Bestimmtheit darauf hin, dass das Wachsthum der Haut nach der Fläche in verschiedenen Regionen des Körpers verschieden sein müsse. So z. B. wachsen Arme und Beine

mehr in der Länge als im Umfange, die Haut muss daher auch an diesen Gliedern eine grössere Ausdehnung in der Länge als in der Breite erreichen. Hiermit stimmt und hieraus erklärt sich zum Theil die Beobachtung WEBER's, dass der Raumsinn an Armen und Beinen der Quere nach bedeutend feiner ist, als der Länge nach <sup>1)</sup>. Demnach werden wir für die Haut der Kinder nicht genau dieselbe Vertheilung der verschiedenen Feinheitgrade des Raumsinnes erwarten dürfen, wie bei den Erwachsenen.

In diesen relativen Wachstumsverhältnissen der Haut nach der Fläche glaube ich ein neues, wesentliches Moment aufgedeckt zu haben, welches neben gewissen, noch unbekanntem Verhältnissen der Centralorgane und den ursprünglich angelegten, für verschiedene Hautregionen bestimmten verschiedenen Mengen von Nervenfibrillen und Empfindungskreisen, den betreffenden absoluten und relativen Feinheitgrad des Raumsinnes einer Hautregion bedingen hilft. Von den subjectiven Momenten der Aufmerksamkeit und Übung wollen wir hier vorläufig ganz absehen.

Die im Allgemeinen übereinstimmende Vertheilung der Feinheitgrade des Raumsinnes in der Haut bei Kindern und Erwachsenen, welche meine weiter unten mitgetheilte vergleichende Tabelle ausweist, kommt auf Rechnung des gemeinsamen Organisationsplanes der Centralorgane und der peripherischen Nervenvertheilung, während die Verschiedenheiten der numerischen, speciellen Verhältnisse des Feinheitgrades homologer Hautregionen bei Kindern und Erwachsenen auf die individuellen Abweichungen in der Anordnung und Menge der Nervenfibrillen und auf die Differenzen der specifischen Wachstumsgrösse der Hautstücke zu schieben sein werden.

Ehe ich meine vergleichenden Tabellen mittheile, erlaube ich mir nur noch über deren Anfertigung und über die WEBER'schen Messungsmethoden Einiges zu bemerken.

Meinen Tabellen habe ich E. H. WEBER's bekannte Tabelle über die Feinheit des Raumsinnes zu Grunde gelegt. Ich füllte einfach die von WEBER aufgestellten Rubriken (vgl. Tabelle I, S. 313) mit den bei Kindern

<sup>1</sup> Diese Ansicht wird durch die Beobachtung gestützt, dass die Differenz der Abstände der Zirkelspitzen in der Quer- und Längsrichtung bei Erwachsenen grösser ist als bei Kindern. WEBER sagt: »Ein Abstand der berührenden Zirkelspitzen von 16'' bis 18'' war an der Mitte des Oberarms erforderlich, wenn dieselben in querer Richtung, ein Abstand von 30'' und bisweilen noch mehr war nöthig, wenn sie der Länge nach lagen«. Für die Mitte des Unterarms fand WEBER 14'' und 21''. Ich bestimmte die Differenz der Abstände bei einem 12jährigen Knaben im ersten Falle auf 17''—12'', im zweiten Falle aber auf 10''—9''.

gefundenen Werthen des kleinsten Abstandes der Zirkelspitzen aus, so zwar, dass meine Tabellen eine leichte und vollständige Vergleichung mit WEBER'S Tabelle zulassen, wengleich ich nach Wiener Linien gemessen habe, WEBER aber nach Pariser Linien. Denn da nach HANNOVER'S »Tableau micrométrique« 1 P. L. = 1,027643 W. L. ist, kann die Verschiedenheit der Maasse ohne das geringste Bedenken vernachlässigt werden. Die zweite Tabelle enthält die Verhältnisszahlen, welche man bei einer Vergleichung der Feinheitgrade des Raumsinnes je zweier verschiedener Hautstellen bekommt. Es ist eine sogenannte »table à double entrée«. Die verschiedenen Hautstellen sind, wie in der ersten Tabelle ersichtlich ist, der Kürze wegen mit Buchstaben bezeichnet. Will man z. B. erfahren, wie viel Mal stumpfer der Raumsinn auf dem unteren Theile der Stirne entwickelt ist als auf der Nasenspitze, so hat man nur auf der ersten Tabelle die beiden Buchstaben zu suchen, welche die zu vergleichenden Hautstellen bezeichnen, und auf der zweiten Tabelle in der schrägen und wagerechten Buchstabenreihe wieder aufzufinden, um sogleich die gesuchte Verhältnisszahl zu erhalten.

Die Verhältnisszahlen sind so berechnet, dass sich die Buchstaben der schrägen Reihe — oder vielmehr die Feinheit des Raumsinnes der durch dieselben bezeichneten Hautstellen — zu jenen der wagerechten Reihe verhalten wie 1 :  $x$ . Der Kürze halber ist die Zahl 1 überall weggelassen. In jedem Viereck der zweiten Tabelle finden sich 5 mit den Buchstaben W, H, E, B und F bezeichnete Verhältnisszahlen. Die mit W bezeichnete Zahl bezieht sich auf die erste Columne der ersten Tabelle, welche am Kopfe auch den Buchstaben W trägt und WEBER'S Messungsergebnisse für einen Erwachsenen enthält.

Die mit H, E, B und F bezeichneten Zahlen gelten für die von mir untersuchten vier Knaben. Auf der ersten Tabelle finden sich auch vier mit diesen Buchstaben bezeichnete Columnen, welche die directen Messungsergebnisse, aus welchen jene Verhältnisszahlen berechnet wurden, enthalten.

Durch diese Anordnung glaube ich meinen Tabellen einen möglichst hohen Grad von Uebersichtlichkeit und Brauchbarkeit gegeben zu haben. Schliesslich halte ich es nicht für überflüssig, die untersuchten vier Knaben mit ihren Namen zu nennen und ihr Alter, ihre Grösse und den Namen und Charakter ihrer Väter anzugeben, weil das Alter und die Grösse der Individuen für die Untersuchung von Bedeutung ist und die übrigen Angaben zur Herstellung der Identität der Person unentbehrlich sind, wenn nach einer Reihe von Jahren dieselben Individuen einer wiederholten Untersuchung, welche von

grossem Interesse sein wird, sollten unterworfen werden. Folgende Zusammenstellung enthält die nöthigen Angaben und überdies das Buchstabenzeichen der Columne auf der Tabelle I und der Verhältnisszahl auf der Tabelle II, welche sich auf den betreffenden Knaben bezieht:

In der Tabelle bezeichnet mit	Name des Knaben.	Alter.	Grösse.	Name und Charakter des Vaters.
H.	Hubert	11 Jahr 9 Monat	50 Z. W.	Herr Raphael Wessely, Gutsbesitzer in Böhmen.
F.	Friedrich	12 Jahre	51 Z. W.	Herr Karl B. Presl, † Prof. der Naturgeschichte an der Universität in Prag.
E.	Eugen	11 Jahre	51 Z. 6 L.	Herr Wilhelm Lippich, † Prof. der medicinischen Klinik an der Universität zu Wien.
B.	Bohuslav	12 Jahre	55 Z. W.	Herr Vinzenz Jirusch, Dr. Medic. und praktischer Arzt in Prag.

E. H. WEBER's bekannte Methode, mittelst eines Zirkels die Feinheit des Raumsinnes zu messen, welche ich ausschliesslich angewendet habe, ist viel bequemer und genauer, als desselben Physiologen zweite Methode<sup>1)</sup>, welche darin besteht, »dass man einen Menschen den Ort anzeigen lässt, wo man seine Haut berührt oder soeben berührt hat«. Um Zufälligkeiten, welche das Resultat der Messung mitbedingen, möglichst zu eliminiren, ist man gezwungen, aus vielen Beobachtungen, die an demselben Individuum angestellt werden müssen, das Mittel zu ziehen. Einen dem Zufall unterworfenen, die Messung (mag dieselbe nach welcher Methode immer vorgenommen werden) wesentlich beeinflussenden Umstand, welcher namentlich dann seine schädliche Wirkung äussert, wenn die gefundenen Abstände der Zirkelspitzen zur Berechnung der Verhältnisszahl zweier bezüglich des Feinheitsgrades des Raumsinnes zu vergleichenden Hautstücke dienen sollen, will ich näher erörtern, da derselbe meines Wissens noch nirgends hervorgehoben worden ist.

<sup>1</sup> E. H. WEBER: Ueber den Raumsinn. S. 89—90, in den Verhandlungen d. k. sächs. Gesellschaft d. Wissensch. in Leipzig. Math.-phys. Classe 1852.

Das zur Untersuchung dienende Individuum hat bekanntlich, wenn man mit dem Zirkel misst, anzugeben, ob es die beiden gleichzeitig, und mit gleicher Kraft auf die Haut drückenden Zirkelspitzen räumlich gesondert empfindet, oder ob die beiden Eindrücke zu Einem verschmelzen. Es giebt aber offenbar, wie bereits WEBER bemerkt hat, keine haarscharfe Grenze zwischen einer räumlich einheitlichen Empfindung und der Wahrnehmung einer räumlich gesonderten Doppelpempfindung.

Das untersuchte Individuum, namentlich wenn es in derlei subjectiven Bestimmungen nicht sehr geübt ist, wird nun zwar bei einiger Aufmerksamkeit immer mehr oder weniger sicher angeben können, ob es eine einfache oder eine Doppelpempfindung habe <sup>1)</sup>, allein es wird wohl kaum mit einiger Verlässlichkeit für zwei verschiedene Hautstellen jene Abstände der Zirkelspitzen zu bezeichnen im Stande sein, welche genau denselben Grad der Deutlichkeit der Doppelpempfindung auf den zu vergleichenden Hautstellen bedingen. Für die richtige Vergleichung der Feinheitgrade des Raumsinnes verschiedener Hautstellen ist aber das Vorhandensein dieser schwererfüllbaren Forderung eine unerlässlich nothwendige Bedingung. Die Benützung der Mittelwerthe aus zahlreichen Beobachtungen ist auch hier das einzige Auskunftsmittel.

Der eben erörterte und ein anderer ähnlicher Uebelstand macht sich bei der Anwendung des zweiten WEBER'schen Verfahrens, jedoch in noch weit höherem Grade geltend. Bei diesem Verfahren soll man mit einer kurzen Sonde den Punkt bezeichnen, welcher berührt wird oder soeben berührt wurde.

»Bestimmt man«, sagt WEBER, »mit einem Zirkel oder Maassstabe, wie weit der Beobachter von dem gesuchten Orte entfernt bleibt, wenn er demselben am nächsten zu sein glaubt, und nimmt aus vielen solchen Bestimmungen das Mittel, so wird man finden, dass er desto weiter von ihm entfernt bleibt, je unvollkommener der Raumsinn in dem Theile der Haut ist, an welchem der Versuch gemacht wird«. Bei dieser Bestimmung spielt der Zufall eine so bedeutende Rolle, dass der Werth des ganzen Verfahrens zur Ermittlung der Feinheitgrade des Raumsinnes in Frage gestellt wird.

Wenn die Entfernung von dem zuerst berührten Punkte, in welcher die suchende Sonde aufgesetzt wird, eine gewisse Grösse überschreitet,

<sup>1</sup> Vor Täuschung bewahrt man sich, indem man den Beobachter bestimmen lässt, nicht nur ob er mit einer oder mit zwei Zirkelspitzen berührt wurde, sondern auch welche Richtung die die Zirkelspitzen verbindende Gerade im Verhältnisse zur Längsaxe der Glieder und des Körpers haben (WEBER).

so fühlt man zwar leicht, dass die Sonde von dem Orte der ersten Berührung noch ziemlich weit entfernt ist und dass man sich demselben in einer gewissen Richtung noch mehr nähern könne. Dass bei der Bestimmung ein gewisser Grenzwert nicht überschritten werden kann, hängt von dem Feinheitsgrade des Raumsinnes des betreffenden Hautstückes ab, und in so weit, aber auch nur in so weit steht eine Messung nach dem in Rede stehenden Verfahren in directer Beziehung zur Feinheit des Raumsinnes. Innerhalb eines bestimmten, jenem Grenzwerte entsprechenden Bezirkes um die zuerst berührte Hautstelle herum, dessen Ausdehnung von dem vorhandenen Feinheitsgrade des Raumsinnes abhängt, wird man aber an jedem Punkte stille halten und ihm als denjenigen bezeichnen können, wo man dem gesuchten Orte am nächsten zu sein glaubt. Daher ist es rein dem Zufalle überlassen, bei welchem der Punkte jenes Bezirkes der Beobachter sein Suchen einstellt.

Man sieht leicht, dass fast alle nach diesem Verfahren gewonnenen bestimmten Werthe mehr oder weniger falsch und zwar zu klein ausfallen werden, denn es ist sehr unwahrscheinlich anzunehmen, dass die suchende Sonde selbst unter 1000 Beobachtungen auch nur ein Mal gerade auf der Grenze jenes Bezirkes, um dessen Bestimmung es sich handelt, stehen geblieben sein wird. Hier hilft es auch nichts, das Mittel aus vielen Beobachtungen zu ziehen, da die Bestimmungen in überwiegender Zahl zu klein sind, das Mittel daher auch zu klein ausfallen muss. Bei dem Verfahren mit dem Zirkel ist die Bestimmung durch zwei Grenzwerte, einen kleinsten und einen grössten beschränkt, während bei dem zweiten Verfahren nur der eine und zwar der grösste Grenzwert nicht überschritten werden kann, indem es für dieses Verfahren gar keinen kleinsten Grenzwert gibt. Der kleinste Grenzwert ist hier = 0, wenn nämlich die suchende Sonde zufällig die zuerst berührte Hautstelle findet.

Dies rührt daher, dass der Doppeleindruck zweier einander zu sehr genäherten, gleichzeitig und gleichstark aufgedrückten Zirkelspitzen zu einer Empfindung zusammenfliesst, während der Eindruck, welchen die suchende Sonde macht, selbst dann noch eine gesonderte (wenn auch nicht räumlich bestimmte) Empfindung setzt, wenn die durch die Sonde berührte Hautstelle der anderen zuerst berührten Stelle so nahe liegt, dass bei gleichzeitiger Berührung dieser Hautstellen absolut keine Trennung der beiden Empfindungen mehr möglich wäre.

Aus dem Gesagten ergibt sich nun von selbst, dass das zweite WEBER'sche Verfahren zur genaueren Bestimmung der Feinheit des

Raumsinnes in der Haut nicht nur im Vergleiche mit dem ersten Verfahren, sondern auch an und für sich gänzlich unbrauchbar sei.

Dagegen könnte dieses Verfahren, wenn man es etwas modificirte, zur Untersuchung einer Frage brauchbar werden, welche WEBER für den sogenannten »Drucksinn« beantwortet hat, nämlich: wie viel Zeit zwischen zwei auf einander folgenden Empfindungen verfließen darf, um die letztere mit der ersten noch mit einiger Sicherheit vergleichen zu können?

WEBER<sup>1)</sup> sagt: »Ich habe bei verschiedenen Menschen Reihen von Experimenten darüber gemacht, in welchem Grade die Vergleichung zweier Empfindungen unvollkommener werde, wenn 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 und mehr Secunden vergehen, ehe die zweite Empfindung auf die erste folgt, mit der sie verglichen werden soll«.

»Bei manchen Menschen wurde die Vergleichung schon nach 10 Secunden sehr unvollkommen. Bei grösseren Gewichtsunterschieden kann mehr Zeit vergehen, ehe man verhindert wird, das schwerere Gewicht von dem leichteren zu unterscheiden«.

Für den »Raumsinn« nun würde sich die Frage etwa so gestalten: wie viel Zeit darf zwischen zwei auf einander folgenden Berührungen verstreichen, wenn noch mit Sicherheit angegeben werden soll, ob zum zweiten Male derselbe oder ein anderer Hautpunkt berührt worden ist. Die Stärke des ersten Eindruckes und die Grösse der Entfernung des das zweite Mal berührten Hautpunktes von dem zuerst berührten werden wohl, wie beim Drucksinn die Grösse des Gewichtsunterschiedes, in geradem Verhältnisse zur Länge der Zeit stehen, welche verfließen darf, ohne die Möglichkeit des Erkennens der Identität oder Nichtidentität der berührten Hautpunkte aufzuheben.

Ich lasse nun die Tabellen folgen:

<sup>1</sup> Handwörterb. d. Physiol. von R. WAGNER. Art. »Tastsinn u. Gemeingefühle« S. 545.

Tabelle I.

Buchstaben- zeichen	Theil der Haut	Abstand der Zirkelspitzen in				
		Par. Lin.	Wiener Linien			
			W.	H.	F.	E.
A.	Zungenspitze <sup>1)</sup> . . . . .	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
B.	Volarseite des letzten Fingergliedes	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
C.	Rother Theil der Lippen . . . . .	2	1	1	1	1
D.	Volarseite d. zweiten Fingergliedes	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$
E.	Dorsalseite d. letzten Fingergliedes	3	2	2	2	2
F.	Nasenspitze . . . . .	3	2	2	2	2
G.	Volarseite an d. <i>capit. oss. metacarpi</i>	3	$2\frac{1}{2}$	2	2	2
H.	Rücken der Zunge 1" von der Spitze in der Mitte . . . . .	4	3	3	—	—
I.	Ebenda am Rande . . . . .	4	3	3	—	—
K.	Am nicht rothen Theil der Lippen	4	3	3	2	3
L.	Am Metacarpus des Daumens . . . . .	4	3	3	3	$3\frac{1}{2}$
M.	Plantarseite der grossen Zehe am letzten Gliede . . . . .	5	$3\frac{1}{2}$	3	—	4
N.	Dorsalseite des zweiten Gliedes der Finger . . . . .	5	4	4	4	4
O.	Backen . . . . .	5	$4\frac{1}{2}$	4	4	4
P.	Aeusserer Oberfläche d. Augenlides	5	4	4	4	4
Q.	Mitte des harten Gaumens . . . . .	6	4	5	—	5
R.	Haut auf dem vorderen Theile des Jochbeines . . . . .	7	5	5	6	5
S.	Plantarseite am Metatarsus der grossen Zehe . . . . .	7	5	4	—	5
T.	Dorsalseite des ersten Gliedes der Finger . . . . .	7	5	4	5	5
U.	Dorsalseite der <i>capit. oss. metacarpi</i>	8	6	6	6	6
V.	Innere Oberfläche der Lippen nahe am Zahnfleisch . . . . .	9	5	6	6	6
W.	Haut am hinteren Theile des Joch- beines . . . . .	10	$8\frac{1}{2}$	7	8	6
X.	Unterer Theil der Stirne . . . . .	10	9	8	8	7
Y.	Hinterer Theil der Ferse . . . . .	10	10	9	—	9
Z.	Behaarter unterer Theil des Occiput	12	8	10	8	9
A'	Rücken der Hand . . . . .	14	9	10	9	12
B'	Hals unter der Kinnlade . . . . .	15	9	10	8	10
C'	Scheitel . . . . .	15	12	10	10	12
D'	Kniescheibe und Umgegend . . . . .	16	13	14	—	16
E'	Kreuz . . . . .	18	14	15	—	11
F'	Auf dem Glutaeus . . . . .	18	14	15	—	17
G'	Oberer und unterer Theil des Un- terarmes . . . . .	18	14	16	17	13
H'	Oberer und unterer Theil des Un- terschenkels . . . . .	18	15	16	—	14
I'	Fussrücken in der Nähe der Zehen	18	15	16	—	12
K'	Auf dem Sternum . . . . .	20	16	15	15	14
L'	Haut am Rückgrate . . . . .	21—30	17	16	16	14
M'	An manchen Stellen in der Mitte des Oberarmes und Oberschenkels . . . . .	16—30	11—19	14—18	22	13—19

<sup>1</sup> Der Abstand der Zirkelspitzen an der Zungenspitze ist bei den vier Knaben etwas zu gross angegeben, indem ich so kleine Differenzen, wie sie hier vorlagen, nicht mehr mit voller Genauigkeit gemessen habe. —

Mir liegen zwar noch mehr Beobachtungen, welche ich zum Theil der Güte des Herrn Dr. SULIK verdanke, vor, als ich in dieser Tabelle zusammengestellt habe, allein ich spreche die folgenden allgemeinen Sätze doch mit einer gewissen Zurückhaltung aus, da ich nicht verkenne, dass es mehr als bloß wünschenswerth wäre, die Zahl der Beobachtungen noch beträchtlich zu vermehren, um das Gesetzmässige von dem Zufälligen, das Allgemeine von dem Individuellen zu trennen und rein darzustellen. Mögen meine Collegen dies Geständniss als eine directe Aufforderung zur Mitarbeiterschaft betrachten!

Die reinsten, maassgebendsten Resultate wird man jedoch, wie ich schon oben angedeutet habe, erst dann erhalten, wenn man Beobachtungsreihen wird vergleichen können, welche an einem und demselben Individuum im Kindes- und im Mannesalter gemacht worden sind. Mit den vier Knaben, welche in der obigen Tabelle angeführt sind, beabsichtige ich seiner Zeit das Material zu einer solchen Vergleichung zu liefern.

Aus meiner Zusammenstellung geht vorläufig folgendes hervor:

1. Der Raumsinn ist in der Haut der Knaben feiner als in der Haut des Erwachsenen, denn die Abstände der Zirkelspitzen sind mit zwei Ausnahmen sämmtlich kleiner für die ersteren, als für den letzteren.

In der Columne *H* finden wir nämlich an dem hinteren Theile der Ferse (*Y*) den Abstand der Zirkelspitzen = 10 Linien, ferner in der Columne *B* an der Kniescheibe und Umgegend (*D'*) den Abstand der Zirkelspitzen = 16 Linien, wie in der Columne *W*. Zur Erklärung dieser beiden Ausnahmen und anderer Unregelmässigkeiten könnte man anführen, dass der Raumsinn an den fraglichen Hautstellen schon ursprünglich für eine geringere Entwicklung der Feinheit angelegt worden sei und dass überdies die Haut jener Regionen rascher als an anderen Orten sich ausgedehnt habe, so dass sie schon im Knaben nahezu jene quadratische Ausdehnung erreicht hätte, welche sie im Erwachsenen zu erreichen bestimmt war. Was den Fall in der Columne *B* betrifft, so ist übrigens zu bemerken, dass auf der Kniescheibe selbst der Abstand der Zirkelspitzen weniger als 16 Linien betrug und dass nur die Umgebung derselben diesen Abstand forderte.

2. Die Abstände der Zirkelspitzen nehmen im Allgemeinen in sämmtlichen 5 Columnen von oben nach unten an Grösse zu, für die Knaben jedoch weniger stetig und gleichmässig als für den Erwachsenen.

3. Die Differenzen zwischen den Abständen der Zirkelspitzen bei den Knaben und bei dem Erwach-

senen, welche man auf gleichen Hautstellen findet, fallen im Allgemeinen um so grösser aus, je weniger feinführend die zur Bestimmung der Differenz gewählte Hautregion ist.

So z. B. betragen die Differenzen der Abstände auf dem Sternum ( $K'$ )  $114''$ ,  $F5''$ ,  $E5''$ ,  $B6''$ , während dieselben auf der Volarseite des letzten Fingergliedes ( $B$ ) nur  $11\frac{1}{4}''$ ,  $F1\frac{1}{4}''$ ,  $E1\frac{1}{4}''$ ,  $B1\frac{1}{4}''$  betragen.

Die weniger feinführenden Hautregionen scheinen zugleich jenen Theilen des Körpers zu entsprechen, welche im Verhältnisse am meisten während des Wachstums an Grösse zunehmen, deren Haut also auch am meisten an quadratischer Ausdehnung zunehmen muss, wie z. B. an Armen, Beinen, Brust und Rückgrat.

4. Die Abstände der Zirkelspitzen sind für die einzelnen Knaben nicht unbeträchtlichen individuellen Schwankungen — (namentlich in den stumpfführenden Hautregionen) — unterworfen.

(Siehe nebenstehende Tabelle II.)

Diese Tabelle lehrt:

1. Dass die relativen Feinheitgrade des Raumsinnes in den verschiedenen Hautregionen für die Knaben sowohl als für den Erwachsenen im Allgemeinen übereinstimmen, indem sämmtliche Verhältnisszahlen von links nach rechts und von unten nach oben an Grösse zunehmen;

2. dass es an individuellen Schwankungen nicht fehlt; und

3. dass die Verhältnisszahlen in manchen Columnen für die Knaben, in manchen anderen hingegen für den Erwachsenen entschieden grösser ausfallen, dass somit die relativen Feinheitgrade des Raumsinnes, wie wir oben bereits a priori vermutheten, bei Kindern im Speciellen doch etwas anders auf der Haut vertheilt sind, als bei Erwachsenen.

---

Nachdem wir unsere im Eingange des § dargelegten Folgerungen durch die mitgetheilten Beobachtungen bestätigt fanden, werden wir uns die Frage aufwerfen müssen, in welcher Ausdehnung das Princip der relativen Flächenausdehnung und Wachstumsgrösse der Haut angewendet werden dürfe, ob es zulässig sei, ohne Vorbehalt die Folgerung zu ziehen:



Dass ein Individuum einen um so feineren Raumsinn besitzen müsse, je geringer die quadratische Ausdehnung seiner Haut ist.

a) Wenn das Individuum ein Kind ist, so wird uns eine kurze Erwägung erkennen lassen, dass wir offenbar zu weit gingen, wenn wir in Uebereinstimmung mit unserem Princip, dem Säugling oder gar dem Fötus den feinsten Raumsinn zuschreiben wollten. Wir würden dabei übersehen, dass der bewusste Gebrauch der Sinne ein bereits höher entwickeltes Ich, welches sein inneres Schauen in einem Sinne auf einen Punkt zu concentriren versteht, voraussetzt, dass ferner die Sinne, je mehr sie geübt, je besser sie erzogen wurden, auch desto feiner und brauchbarer sind.

Die subjectiven Momente der »Aufmerksamkeit« und »Uebung«, deren Bedeutung für die Feinheit des Raumsinnes unsere weiter unten mitgetheilten Untersuchungen an Blinden aufdecken werden, konnten wir früher wohl unberücksichtigt lassen — (da die vier Knaben, um die es sich handelte, sinnlich so weit entwickelt waren, als dies durch die natürliche Erziehung der Sinne überhaupt möglich ist) — können es aber nicht unter allen Umständen. Der oben aufgestellte Satz gilt daher nur in so weit, als wir, abgesehen von den schon Eingangs erörterten Beschränkungen, die beiden subjectiven Momente für zwei bezüglich der Feinheit des Raumsinnes zu vergleichenden Individuen, von denen das eine noch nicht, das andere bereits erwachsen ist, gleich setzen können.

Aus diesem Grunde dürften Beobachtungen an ganz kleinen Kindern, welche erst so weit entwickelt sind, dass sie die an sie gestellten Fragen eben aufzufassen und zu beantworten im Stande sind, leicht andere, als die von uns für entwickeltere Kinder erwarteten und gewonnenen Resultate liefern. Es möchte uns hierbei gar nicht befremden, wenn, namentlich an den feiner fühlenden Hautstellen, die Abstände der Zirkelspitzen ebenso gross, ja selbst noch grösser, als bei Erwachsenen, ausfallen würden.

Uebrigens ist hier noch eines Momentes und zwar eines objectiven zu erwähnen, welches die Feinheit des Raumsinnes der Haut wohl auch mit bedingt und namentlich hier, wo es sich um Kinder und Erwachsene handelt, in Betracht kommen dürfte, — nämlich: die Dicke und Beschaffenheit der die Nervenausbreitung deckenden, unempfindlichen Schichten, welche den objectiven Reiz bis zu jenen sensitiven Theilen zu leiten haben. Je dünner und zarter diese Schichten sind, desto schärfer begrenzt und vollständiger werden wohl die Tasteindrücke den empfindenden Theilen übermittelt werden und umgekehrt. Die

Feinheit in der Auffassung räumlicher Verhältnisse vermittelt des Tastsinnes muss offenbar durch ein schärferes Tastbild ebenso erhöht werden, als dies bei den Wahrnehmungen vermittelt des Gesichtsinnes, durch ein optisch vollkommeneres Retinabild der Fall ist. Dafür spricht die Unvollkommenheit unserer Tastwahrnehmungen, wenn unsere Hand mit einem Handschuhe bedeckt ist. In dieser Beziehung scheinen die Kinder den Erwachsenen gegenüber im Vortheil zu sein.

b) Eben so wenig gilt der obige Satz unter allen Umständen für Erwachsene. Denn es zeigt sich bei näherer Betrachtung sogleich, dass wir einem Riesen, bloß wegen der beträchtlicheren quadratischen Ausdehnung der Haut, welche seine gigantischen Glieder deckt, nicht so ohne weiteres Bedenken einen weniger feinen Raumsinn zuschreiben dürfen, als einem zwergartig gebauten Menschlein, dessen Haut nicht ausreichte Brust und Rücken des Riesen einzuhüllen. Wir würden hierbei den wesentlichen Einfluss des Organisationsplanes der Centralorgane des Tastsinnes und der peripherischen Verbreitung der Tastnerven auf die Feinheit des Raumsinnes der Haut übersehen.

Unsere Folgerung ist nur dann statthaft, wenn diese und alle übrigen Bedingungen, von denen die Feinheit des Raumsinnes abhängt, für beide Individuen die selben oder nahezu dieselben wären. Unter übrigens gleichen Umständen steht allerdings die Grösse der quadratischen Ausdehnung der Haut in irgend einem entgegengesetzten Verhältnisse mit der Feinheit des Raumsinnes. Denkt man sich einen Menschen von gewöhnlicher Grösse, ohne sonst das Geringste an seiner Organisation zu ändern, bedeutend vergrößert, so würden die Dimensionen der Empfindungskreise der Haut nach allen Richtungen zunehmen, und da sich die Zahl derselben nicht vermehrt haben würde, so müsste der Raumsinn des zum Riesen vergrößerten Individuums offenbar bedeutend stumpfer geworden sein. Man sieht aber leicht, dass, wenn mit der Vergrößerung jenes Individuums eine gewisse Veränderung der Centralorgane und eine entsprechende Vermehrung der Nervenfasern und Empfindungskreise gleichen Schritt halten würde, der Raumsinn der Haut nicht nur nichts an seiner Feinheit einzubüssen brauchte, sondern sogar an Feinheit zunehmen könnte.

Es wäre nicht uninteressant, directe Messungen über die Feinheit des Raumsinnes der Haut an besonders grossen und an auffallend kleinen erwachsenen Menschen anzustellen und zu vergleichen. Denn wenn wir voraussetzen, dass es eine bestimmte, in der menschlichen Organisation begründete allgemein giltige Grenze der Feinheit und der

Stumpfheit des Raumsinnes der Haut gibt, so liesse sich aus den Resultaten dieser Messungen entscheiden, ob die im Fötus ursprünglich angelegten qualitativen und quantitativen Verhältnisse des centralen und peripherischen Tastnervensystems mit der späteren Körpergrösse (Hautausdehnung) des erwachsenen Individuums in Beziehung stehen oder nicht. Fände sich in der That eine solche Beziehung zwischen den Verhältnissen des Tastnervensystems und der späteren Körpergrösse des Erwachsenen, so müssten sich Individuen, deren Körper riesige Dimensionen, und deren Raumsinn die gewöhnlichen Feinheitsgrade zu erreichen bestimmt wäre, nach den in diesem Paragraphe mitgetheilten Schlüssen und Beobachtungen im Kindesalter durch einen auffallend feinen Raumsinn der Haut auszeichnen und charakterisiren.

Unter diesen Voraussetzungen wäre uns dann also in dem Feinheitsgrade des Raumsinnes kindlicher Individuen eine Prämisse zu einem Wahrscheinlichkeitsschlusse auf ihre künftige Körpergrösse als Erwachsene gegeben.

## § 2. Beobachtungen über die Feinheit des Raumsinnes der Haut bei Blinden.

Die quantitativen und qualitativen Verhältnisse des Tastnervensystems und des Hautorgans sind die objectiven, die Concentrirung der Aufmerksamkeit und die Uebung sind hingegen die subjectiven Momente, welche die Feinheit des Raumsinnes der Haut wesentlich bedingen. Der höchste Feinheitsgrad des Raumsinnes kann nur durch eine möglichst günstige Anlage der objectiven und zugleich durch eine möglichst sorgfältige Ausbildung der subjectiven Momente erreicht werden. Der Mangel der subjectiven Ausbildung kann theilweise und innerhalb gewisser Grenzen durch die natürliche Anlage, und der Mangel der natürlichen Anlage durch die subjective Ausbildung ersetzt werden.

Die tägliche Erfahrung an Blinden lehrt, dass sie alle Verhältnisse der Aussenwelt, in so weit diese mit dem Tastsinne wahrgenommen werden können, ungleich schärfer unterscheiden als Sehende. Diese thatsächliche Schärfung ihres Tastsinnes kann offenbar nicht in einer günstigeren ursprünglichen Anlage des Organs, sondern muss in der Ausbildung der subjectiven Momente gesucht werden, in Folge deren sich dann allerdings auch die objectiven Verhältnisse des Organs verändern und verbessern könnten. Blinde vermögen eben mehr als Sehende auf die Wahrnehmungen des

Tastorgans ihre Aufmerksamkeit zu concentriren, da dieselbe durch das Gesicht nicht abgelenkt und zerstreut wird, und sind gezwungen ihr Unterscheidungsvermögen in dieser Richtung dermassen zu üben, dass ihnen schliesslich die leisesten Verschiedenheiten der Tastempfindungen, welche den weniger Aufmerksamen und weniger geübten Sehenden gar nicht zum Bewusstsein kommen, nicht entgehen können. Da es meines Wissens bisher noch Niemand unternommen hat, durch genauere Messungen an Blinden eine exactere Vorstellung über die Zunahme der Schärfe des Tastsinnes zu gewinnen, so habe ich, zum Wenigsten über den Raumsinn der Haut, bei Blinden Beobachtungen nach WEBER'S Methode angestellt. Ich habe erwachsene Blinde und blinde Kinder untersucht, um zugleich die Erfahrungen des vorigen Paragraphen in dieser Richtung zu erweitern.

Die Gelegenheit zu meinen Messungen wurde mir mit grosser Bereitwilligkeit von dem Herrn BEZECNY, Oberlehrer an der Privat-Erziehungs- und Heilanstalt für Blinde und von dem Herrn k. k. jub. Kreisrath KLAR, Director und Mitbegründer der Versorgungs- und Beschäftigungsanstalt für erwachsene Blinde geboten. Ich sage hiermit öffentlich beiden Männern für die mir gewährte freundliche Unterstützung meinen innigsten Dank.

Die nachstehende Tabelle III enthält die Zusammenstellung der Resultate meiner Messungen und ist wohl ohne Weiteres verständlich, indem sie genau ebenso verfasst ist wie Tab. I im vorigen Paragraph.

Die Werthe der Columne N. beziehen sich auf den Knaben NEJEDLY welcher 13 Jahre und einige Monate alt und 50 Zoll 6 Lin. gross ist, im Alter von drei Wochen erblindete und seit vier Jahren in der Anstalt sich befindet.

Die Werthe der Columne Br. beziehen sich auf den Knaben BROECKL, welcher ungefähr in gleichem Alter mit NEJEDLY steht, aber um 1 Zoll 6 Linien kleiner ist als dieser, mit vier Jahren erblindete und sich bereits sechs Jahre in der Anstalt aufhält.

Die letzte mit P. bezeichnete Zahlenreihe enthält die Messungsergebnisse an dem erwachsenen Blinden AUGUST PUHL, welcher in einem Alter von sechs Monaten erblindete, gegenwärtig 24 Jahre zählt und 58 Zoll hoch ist.

Noch will ich erwähnen, dass ich zur Untersuchung der am feinsten fühlenden Hautstellen durchgehends einen Zirkel mit ungedeckten Spitzen angewendet habe.

Tabelle III.

Buchstaben- zeichen	Theil der Haut	Abstand der Zirkelspitzen in Wiener Linien.		
		N.	Br.	P.
A.	Zungenspitze . . . . .	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$
B.	Volarseite des letzten Fingergliedes . . . . .	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$
C.	Rother Theil der Lippen . . . . .	1	1	1
D.	Volarseite des zweiten Fingergliedes . . . . .	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$
E.	Dorsalseite des letzten Fingergliedes . . . . .	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$
F.	Nasenspitze . . . . .	2	$1\frac{1}{2}$	2
G.	Volarseite der <i>capitula ossium metacarpi</i> . . . . .	2	2	3
H.	Rücken der Zunge, einen Zoll von der Spitze in der Mitte . . . . .	2	2	3
I.	Ebenda am Rande . . . . .	2	2	3
K.	Am nicht rothen Theil der Lippen . . . . .	$2\frac{1}{2}$	2	3
L.	Am Metacarpus des Daumens . . . . .	$2\frac{1}{2}$	2	$3\frac{1}{4}$
M.	Plantarseite der grossen Zehe am letzten Gliede . . . . .	$2\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{4}$
N.	Rückenseite des zweiten Gliedes der Finger . . . . .	3	3	$3\frac{1}{2}$
O.	Backen . . . . .	$3\frac{1}{4}$	3	$4\frac{1}{4}$
P.	Aeusserer Oberfläche des Augenlides . . . . .	$3\frac{1}{2}$	$3\frac{3}{4}$	$4\frac{1}{2}$
Q.	Mitte des harten Gaumens . . . . .	—	4	$4\frac{1}{2}$
R.	Haut auf dem vorderen Theile des Jochbeins . . . . .	4	4	5
S.	Plantarseite am Mittelfussknochen der grossen Zehe . . . . .	4	4	5
T.	Rückenseite des ersten Gliedes der Finger . . . . .	4	4	5
U.	Rückenseite der <i>capitula ossium metacarpi</i> . . . . .	$4\frac{1}{4}$	$4\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$
V.	Innere Oberfläche der Lippen nahe am Zahn- fleische . . . . .	$4\frac{3}{4}$	$4\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$
W.	Haut am hinteren Theile des Jochbeins . . . . .	5	5	$6\frac{1}{2}$
X.	Unterer Theil der Stirn . . . . .	5	$5\frac{1}{4}$	$6\frac{3}{4}$
Y.	Hinterer Theil der Ferse . . . . .	6	6	7
Z.	Behaarter unterer Theil des Hinterhauptes . . . . .	6	6	7
A'	Rücken der Hand . . . . .	5	5	7
B'	Hals unter der Kinnlade . . . . .	$6\frac{1}{2}$	7	8
C'	Scheitel . . . . .	7	8	9
D'	Kniescheibe und Umgegend . . . . .	7	8	10
E'	Kreuz . . . . .	7	8	11
F'	Auf dem Glutaeus . . . . .	—	—	—
G'	Oberer und unterer Theil des Unterarmes . . . . .	9— $9\frac{1}{2}$	11—12	12
H'	Oberer und unterer Theil des Unterschenkels . . . . .	9—11	11—12	12
I'	Fussrücken in der Nähe der Zehen . . . . .	11	11	$12\frac{1}{2}$
K'	Haut auf dem Brustbein . . . . .	$11\frac{1}{2}$	$11\frac{1}{2}$	13—14
L'	Haut am Rückgrate in der Mitte der Hals-, Brust- und Lendengegend . . . . .	9— $9\frac{1}{2}$	$9\frac{1}{2}$ —10	14
M'	An manchen Stellen in der Mitte des Oberarmes und Oberschenkels. . . . .	$11\frac{1}{2}$ —13	13—15	13—20

Vergleicht man die Zahlen dieser Tabelle mit jener der Tabelle I., so stellt sich heraus:

1. dass die Kinder hier wie dort einen feineren Raumsinn besitzen als die Erwachsenen;

2. dass die Feinheitgrade des Raumsinnes hier wie dort in ähnlicher Weise an die verschiedenen Hautregionen vertheilt sind;

3. dass die Blinden im Allgemeinen einen beträchtlich feineren Raumsinn besitzen als die Sehenden. Die erwachsenen Blinden scheinen an Feinheit des Raumsinnes sogar die sehenden Kinder zu übertreffen.

Vergleicht man die Zahlen der Columne P., Tab. III mit den Zahlen der Columne W., Tab. I, so erkennt man, dass sich an vielen Stellen die ersten zu den letzteren verhalten etwa wie 1 zu  $1\frac{1}{2}$ , dass somit der erwachsene Blinde einen beiläufig  $1\frac{1}{2}$  mal feineren Raumsinn besitzt, als der erwachsene Sehende.

4. Dass die Schärfung des Raumsinnes bei Blinden allgemein ist und nicht etwa nur auf jene Hautregionen sich beschränkt, welche fast ausschliesslich zum Tasten gebraucht und im Tasten geübt werden. Es scheint dies unsere oben ausgesprochene Meinung zu bestätigen, dass der Grund der Verfeinerung des Raumsinnes bei Blinden wesentlich nur in der Ausbildung der subjectiven Momente, welche offenbar das Unterscheidungsvermögen für alle Tastempfindungen, sie mögen wo immer entstehen, schärfen muss, zu suchen sei.

Hiermit hängt ohne Zweifel auch der leicht zu constatirende Umstand zusammen, dass die Angaben der Blinden über die Wahrnehmungen ihres Tastsinnes ungleich sicherer und präciser ausfallen, als die Angaben der Sehenden.

Blinde empfehlen sich daher vor Allen zu feineren Untersuchungen über den Tastsinn.

So z. B. bestätigen Blinde viel leichter als Sehende folgende von WEBER gemachte Beobachtung.

»Wenn man mit den Spitzen des geöffneten Zirkels auf der Haut eines Anderen zwei parallele Linien zieht, und zugleich dafür sorgt, dass beide Spitzen mit gleicher Kraft auf die Haut drücken, so glaubt der Beobachter zu fühlen, dass die Bahnen auf manchen Theilen der Haut sich einander nähern, auf anderen sich von einander entfernen. Sie scheinen an den Theilen der Haut zu divergiren, wo die Zirkelspitzen bei ihrer Bewegung von stumpfer fühlenden Hauttheilen an feiner fühlende übergehen; sie scheinen dagegen dann zu convergiren, wenn sie von feiner fühlenden Hauttheilen auf stumpfer fühlende übergehen. Bei einem gewissen geringen Abstände von einander erregen die Zirkelspitzen das Gefühl, als wenn nur eine einzige Linie auf der Haut beschrieben würde.«<sup>1)</sup>

Schliesslich muss ich noch eines Umstandes erwähnen, welcher

<sup>1</sup> Vergl. WEBER: Ueber den Raumsinn a. a. O., S. 93.

mir nebst den schon erörterten Momenten an vielen Orten dazu beizutragen scheint, die durch Erfahrung festgestellte Schärfung des Raumsinnes bei Blinden zu erklären. Ich habe nämlich wiederholt die Beobachtung gemacht, dass sich Blinde während der Untersuchung mit dem Zirkel anders benehmen als Sehende. Sehende bleiben ganz ruhig dabei, wenn man ihnen die Zirkelspitzen auf eine beliebige Hautstelle aufsetzt, und halten still, ohne erst dazu aufgefordert werden zu müssen; während Blinde jene Körpertheile, deren Haut mit dem Zirkel untersucht wird, in fortwährende, nur bei einiger Aufmerksamkeit von Seite des Experimentators bemerkbare, kleine und ziemlich rasche Bewegungen versetzen. Diese Bewegungen, welche man vielleicht nicht unpassend »Tastzuckungen« nennen könnte, scheinen halb unwillkürlich<sup>1)</sup> zu erfolgen, indem die Blinden, an denen ich meine Messungen machte, dieselben nie völlig unterliessen, selbst wenn ich sie darum ausdrücklich gebeten hatte.

Die Tastzuckungen, durch welche die einfachen Eindrücke der auf der Haut ruhenden Zirkelspitzen in verschiedener Weise abgeändert werden, und welche somit offenbar zur leichteren Unterscheidung der Tasteindrücke, ähnlich wie die Bewegungen der Tastorgane beim Tasten überhaupt, beitragen müssen, erfolgen nicht nur an den Gelenken, sondern auch an Körpertheilen, welche nicht weiter gegliedert sind, wie z. B. in der Mitte des Handrückens, des Ober- und Unterarmes u. s. w. An solchen Orten zuckten meine Blinden mit einzelnen Sehnen und Muskelbäuchen, um die betreffenden Hautpartien zu verschieben und in verschiedener Weise gegen die Zirkelspitzen anzudrücken — mit einem Worte, um die Objecte gewissermassen selbstthätig zu betasten. Dabei glaube ich zugleich bemerkt zu haben, dass sie noch dann mit Sicherheit die beiden Zirkelspitzen zu unterscheiden behaupteten, wenn sie gleichwohl nicht mehr anzugeben vermochten, in welcher Richtung zur Längsaxe des Gliedes dieselben aufgesetzt waren. — Weitere Untersuchungen mögen zeigen, ob

<sup>1)</sup> Den Blinden mag es mit den Tastzuckungen ähnlich gehen, wie den Sehenden mit der Einstellung der Sehaxe. So wie nämlich Sehende, wenn sie einen Gegenstand mittelst des Gesichts scharf wahrnehmen wollen, unwillkürlich die Sehaxe auf das zu fixirende Object richten, um das Bild desselben auf den gelben Fleck fallen zu machen, eben so und aus ähnlichen Gründen versetzen wahrscheinlich Blinde ihre Tastorgane in Bewegungen und Zuckungen. Sowohl die Einstellung der Sehaxe als die Tastbewegungen und Zuckungen werden durch Muskeln vermittelt, welche der Willkür gehorchen; allein diese Bewegungen stehen auch im Dienste der Sinnesthätigkeit und dann treten sie halb unwillkürlich ein — ja selbst gegen den Willen, wie die Erfahrung zeigt, welche Jeder bestätigen wird, der Ungeübte gewisse Schversuche anstellen sah.

die beschriebenen Tastzuckungen bei allen Blinden vorkommen und wie hoch etwa ihr Einfluss auf die Feinheit der Raumsinns wahrnehmungen anzuschlagen wäre.

### § 3. Ueber das Verhältniss zwischen der Ausdehnung der Haut und dem Feinheitsgrade des Raumsinnes.

Aus dem Vorgehenden hat sich ergeben, dass unter übrigen gleichen Umständen die Feinheit des Raumsinnes in einem gewissen Verhältnisse zur linearen oder quadratischen Ausdehnung der Haut steht. Nimmt *ceteris paribus* die Grösse der Hautausdehnung zu, so vermindert sich die Feinheit des Raumsinnes in einem bestimmten Verhältnisse und umgekehrt. Dieses Verhältniss nun genauer zu ermitteln, soll im vorliegenden § unsere Aufgabe sein.

Meine begonnenen Beobachtungen an den vier Knaben würden unter der Voraussetzung, dass während des Wachsthumes, ausser der Vergrösserung der Hautfläche, keine die Feinheit des Raumsinnes beeinflussenden Veränderungen weder in dem Tastnervensystem (namentlich im centralen?), noch sonst irgendwo vor sich gehen, zur Lösung dieser Aufgabe brauchbar sein, indem man die früher für die Knaben, später für die Erwachsenen gefundenen Zirkelabstände mit der linearen und quadratischen Ausdehnung, welche die betreffenden Hautstellen einst im Knabenalter und dann nach vollendetem Wachsthume hatten, vergleichen könnte und hieraus sofort erfahren würde, in welchem Verhältnisse die Hautausdehnung zu-, die Feinheit des Raumsinnes aber abgenommen habe.

Da jedoch die Beobachtungen an den Knaben erst nach Jahren ihren Abschluss finden können, ferner eine Voraussetzung (siehe oben), welche nicht nur nicht zu erweisen, sondern, wie ich später zeigen werde, geradezu zu widerlegen ist, und genaue Messungen der durch das Wachsthum gesetzten Vergrösserung der einzelnen Hautregionen, welche kaum mit hinreichender Genauigkeit und Sicherheit auszuführen sein dürften, unumgänglich nöthig machen, so eignen sie sich in der That wenig oder gar nicht zur Lösung unserer Aufgabe.

Ich habe mich daher nach anderen Objecten und einem einfacheren Verfahren umgesehen und bin auf den sehr nahe liegenden Gedanken gekommen, den Feinheitsgrad des Raumsinnes an künstlich oder natürlich ausgedehnten und gespannten Hautstücken während und vor (oder nach) der Dehnung zu bestimmen und zu vergleichen, um auf diese Art ermitteln zu können, ob die durch die Vergrösserung

oder Verkleinerung der Hautausdehnung — *caeteris paribus* — bedingte Veränderung der Feinheit des Raumsinnes dieser Ausdehnung genau umgekehrt proportional sei oder nicht.

Gelegenheit zu solchen Beobachtungen hat man vor Allem

1. auf der Bauchhaut der Schwangeren vor und nach der Entbindung;

2. auf der Haut über pathologischen Geschwülsten (Hydroovarien, Lipomen etc.), wenn die Haut übrigens gesund ist und nach der Operation auf ein gewisses Maass sich wieder zusammenzieht, endlich

3. überall da, wo die Haut durch passend angebrachten Zug künstlich gespannt und ausgedehnt werden kann.

Meine Beobachtungen, welche ich sogleich mittheilen werde, habe ich an der Bauchhaut von Schwangeren und an künstlich ausgedehnten Hautstücken angestellt; pathologische Geschwülste, welche zu diesen Untersuchungen passend gewesen wären, sind mir nicht vorgekommen.

#### a) Bestimmungen an Schwangeren.

Die Messungen, welche ich mit der gütigen Erlaubniss des Herrn Prof. CHIARI im Prager Gebärhause machen durfte, sind weiter unten in der Tabelle IV zusammengestellt. Ich verfuhr folgendermassen. Wenige Tage vor der voraus berechneten Entbindung bestimmte ich mittelst des Zirkels, dessen Spitzen ich meist unterhalb des Nabels in querer Richtung aufsetzte, die Feinheit des Raumsinnes der durch den schwangeren Uterus ausgedehnten Bauchhaut, notirte den gefundenen Werth und bezeichnete die beiden von den Zirkelspitzen getroffenen Hautpunkte mit Lapis. Nach erfolgter Entbindung kam ich wieder und bestimmte erstlich den nun geringer gewordenen Abstand der Lapispunkte und dann von Neuem den Abstand der Zirkelspitzen, welcher dem nunmehrigen Feinheitsgrade des Raumsinnes, der zur normalen Ausdehnung nahezu zurückgekehrten Bauchhaut entsprach. Die Vergleichung der Abstände der Lapispunkte vor und nach der Entbindung ergibt das Verhältniss der Zusammenziehung der Haut, die Vergleichung der Abstände der Zirkelspitzen vor und nach der Entbindung aber das Verhältniss der durch diese Zusammenziehung gesetzten Vergrösserung des Feinheitsgrades des Raumsinnes. Das Verhältniss zwischen der Zusammenziehung der Haut und der Verfeinerung des Raumsinnes wird dann von selbst offenbar.

Tabelle IV.

Name der Schwangeren	Zum wievielt- mal schwanger?	Abstand der Zirkelspitzen		Abstand der Lapispunkte	
		vor	nach	vor	nach
		der Entbindung		der Entbindung	
Klement . .	1.	21 W. L.	16 W. L.	21 W. L.	15 W. L.
Dokonal . .	2.	18 -	14 $\frac{3}{4}$ -	18 -	13 -
Skalda . . .	2.	32 -	25 $\frac{1}{4}$ -	32 -	24 -
Lommie . .	1.	29 $\frac{1}{2}$ -	26 -	29 $\frac{1}{2}$ -	25 -
Nowák . . .	1.	32 $\frac{1}{4}$ -	27 -	32 $\frac{1}{4}$ -	25 -
—	—	$e'$	$e$	$l'$	$l$

### b) Bestimmungen an künstlich ausgedehnten Hautstücken.

Ehe ich diese in der Tabelle V zusammengestellten Messungen mittheile, muss ich noch Einiges über das dabei befolgte Verfahren bemerken. Zuerst wurde die Feinheit des Raumsinnes der gewählten Hautstelle mit möglichster Genauigkeit mittelst des Zirkels bestimmt und notirt; sodann bezeichnete ich zwei beliebige, der Bequemlichkeit wegen gewöhnlich die beiden von den Zirkelspitzen berührten Hautpunkte mit Tusche oder Tinte.

Nun wurde die Dehnung des Hautstückes vorgenommen, indem zwei Gehilfen die Haut mittelst der fest aufgedrückten Finger ihrer Einen Hand nach entgegengesetzten Richtungen anzogen und längere Zeit in gleicher Spannung erhielten.<sup>1)</sup> Um sicher zu sein, dass während der Messung der Spannungsgrad der Haut gewiss derselbe bleibe, liess ich einen der Gehilfen mit seiner unbeschäftigten Hand einen entsprechend weit geöffneten Zirkel genau schwebend über den Mittelpunkten der beiden Tuschpunkte halten, wodurch er in den Stand gesetzt wurde mit Sicherheit anzugeben, ob sich der Abstand der Tuschpunkte von einander verändere oder nicht, und einen etwaigen Fehler sogleich durch stärkeres Anziehen oder Nachlassen zu corrigiren.

Waren diese Vorbereitungen getroffen, so mass ich den nunmehrigen Abstand der Tuschpunkte und bestimmte endlich die Feinheit des Raumsinnes der ausgedehnten Haut. Das Weitere versteht sich von selbst.

Noch muss ich erwähnen, dass ich bei diesen Messungen von mehreren meiner Zuhörer und zwar den Herren stud. med. MAIER, NEMEČEK und KOHN freundlich unterstützt worden bin.

<sup>1)</sup> Bei dem angewendeten Verfahren die Haut künstlich auszudehnen, erfährt dieselbe eigentlich nur eine lineare Ausdehnung in der Richtung des Zuges, während in der darauf senkrechten Richtung eine Zusammenschrumpfung stattfindet. Die Bauchhaut der Schwangeren wird hingegen in jeder Richtung ihrer Fläche, also quadratisch ausgedehnt.

Tabelle V.

Name des Beobachters	Theil der Haut	Abstand der Zirkelspitzen		Abstand der Tuschpunkte	
		vor	nach	vor	nach
		der Dehnung		der Dehnung	
MAIER . . .	Rücken der Hand	13 W. L.	18 W. L.	13 W. L.	19 W. L.
NEMEČEK . .		12½ -	16 -	12½ -	18 -
CZERMAK . .		12 -	14 -	12 -	15 -
BROECKL <sup>1)</sup> .		5 -	5½ -	5 -	7 -
MAIER . . .	Rother Theil der Unterlippe in der Mitte	1 W. L.	1½ W. L.	3 -	5¼ W. L.
NEMEČEK . .		1½ -	3 -	3 -	6 -
CZERMAK . .		1½ -	2½ -	3¾ -	7 -
KOHN . . . .		2 -	2¼ -	4¾ -	6¾ -
MAIER . . .	Mitte des Unterarmes (Innenfläche)	28 W. L.	29 W. L.	28 W. L.	32 W. L.
NEMEČEK . .		23 -	26 -	23 -	27½ -
CZERMAK . .		24 -	25 -	24 -	29 -
KOHN . . . .		35½ -	39¼ -	35½ -	40 -
BROECKL . .	Mitte des Ober- armes (Aeus- serer Rand des <i>M. biceps</i> )	10 W. L.	12½ W. L.	10 W. L.	14 W. L.
MAIER . . .		32 -	36 -	32 -	37½ -
CZERMAK . .		32 -	35¼ -	32 -	37 -
—	—	<i>e</i>	<i>e'</i>	<i>l</i>	<i>l'</i>

Wir haben es hier mit zwei verschiedenen Ausdehnungszuständen der Haut und mit den durch diese Zustände, *caeteris paribus*, bedingten Feinheitsgraden des Raumsinnes zu thun.

Bezeichnen wir mit *l* den, dem Zustande geringerer Ausdehnung der Haut entsprechenden Abstand zweier bestimmten Hautpunkte von einander, mit *l'* hingegen den, dem Zustande der grösseren Ausdehnung der Haut entsprechenden Abstand derselben Hautpunkte; eben so den Abstand der Zirkelspitzen im ersten Falle mit *e*, im zweiten Falle mit *e'*, so ergibt sich aus den angeführten Tabellen, dass die vier Grössen *l* *l'* *e* und *e'* nicht genau proportionirt sind, dass der Quotient  $\frac{e'}{e}$ , welchen wir den Exponenten des Feinheitsgrades nennen wollen, immer (sowohl im Falle der Ausdehnung als der Zusammenziehung der Haut) näher der Einheit ist, als der Quotient  $\frac{l'}{l}$ , welcher der Exponent der Ausdehnung heissen soll. Ganz allgemein kann das von mir aufgefundene Gesetz folgendermassen formulirt werden: Wird unter übrigens gleichen Umständen die Ausdehnung der Haut verändert, so ändert sich in entgegengesetztem Sinne auch der Feinheits-

<sup>1</sup> Derselbe blinde Knabe, dessen bereits im vorigen § Erwähnung geschah.

grad des Raumsinnes und zwar so, dass der Exponent des Feinheitsgrades näher der Einheit steht, als der Exponent der Ausdehnung<sup>1)</sup>.

Auf die in den Tabellen IV und V mitgetheilten Zahlen und die mit denselben angestellten Berechnungen lege ich übrigens kein allzu-grosses Gewicht, denn erstens sind die Unterschiede, um welche es sich hier handelt, meist so gering, dass es überhaupt fraglich erscheinen kann, ob solche Bestimmungen bei der Unsicherheit der Wahrnehmung, welche durch Spannung der Haut noch vergrössert zu werden scheint, und bei der Menge der Fehlerquellen möglich sind? und dann ist die Anzahl der von mir gemachten Messungen noch viel zu gering, um aus derselben allgemeinere Resultate abzuleiten.

Nichtsdestoweniger glaube ich aber durch die folgende Erwägung berechtigt zu sein, das oben formulirte Gesetz doch schon jetzt für ziemlich begründet zu halten. Gesetzt nämlich, es wäre unmöglich, die absoluten Unterschiede der beiden Exponenten mit der erforderlichen Genauigkeit auszumitteln, so wird es doch keinem einiger-maassen sorgfältigen Beobachter entgehen können, dass irgend ein

<sup>1</sup> Nachfolgende Berechnung verdanke ich der Güte des Herrn Prof. C. JELINEK in Prag. Versucht man die Zahlen der Tafel IV durch eine Formel darzustellen, so findet man, dass nahezu  $e : e' = l^{\frac{3}{2}} : l'^{\frac{3}{2}}$  oder  $e^5 : e'^5 = l^3 : l'^3$ . Die Zahlen der Tabelle V werden besser dargestellt durch die Proportion  $e : e' = l^{\frac{3}{2}} : l'^{\frac{3}{2}}$  oder  $e^4 : e'^4 = l^3 : l'^3$ .

Minder genau — aber bei den möglichen Beobachtungsfehlern noch immer genügend — findet man für beide Tabellen IV und V zusammen  $e : e'^{\frac{2}{3}} = l : l'^{\frac{2}{3}}$  oder  $e^3 : e'^3 = l^2 : l'^2$ .

Da der Feinheitsgrad offenbar den Zahlen  $e$  und  $e'$  umgekehrt proportionirt ist, so dass man hat  $f : f' = e' : e$ , so wird man auch näherungsweise haben  $f : f' = l'^{\frac{2}{3}} : l^{\frac{2}{3}}$ . Um von der Genauigkeit, welche diese Proportion gewährt, eine Vorstellung zu geben, folgen hier die nach derselben berechneten Werthe für  $e'$  verglichen mit dem unmittelbar beobachteten der Tabelle IV und V.

Tabelle IV.

berechnet	beobachtet
20 · 0'''	21'''
18 · 3	18
30 · 6	32
29 · 0	29 · 5
32 · 0	30 · 25

Tabelle V.

berechnet	beobachtet	berechnet	beobachtet
16 · 7'''	18'''	30 · 6	29
15 · 9	16	25 · 9	26
13 · 9	14	27 · 2	25
6 · 3	5 · 5	38 · 4	39 · 25
1 · 5	1 · 5	12 · 5	12 · 5
2 · 7	3	35 · 6	36
2 · 3	2 · 5	35 · 3	35 · 25
2 · 6	2 · 25		

Unterschied dieser beiden Grössen vorhanden sei. Denn hat man den kleinsten Abstand, bei welchem die Zirkelspitzen eben noch deutlich als doppelt empfunden werden, vor der Entbindung oder vor der künstlichen Dehnung der Haut richtig bestimmt — (worauf allerdings die scrupulöseste Sorgfalt verwendet werden muss, da dieser Umstand eine *conditio sine qua non* ist) — und die von den Zirkelspitzen berührten Hautpunkte mit Lapis oder Tusche bezeichnet, so wird man im ersten Falle, d. h. nach der Entbindung finden, dass die Zirkelspitzen nicht mehr als räumlich gesondert empfunden werden, wenn sie wieder auf die mit Lapis bezeichneten Punkte aufgesetzt werden, sondern erst bei etwas grösserem Abstände, während die Zirkelspitzen im zweiten Falle, d. h. nach der künstlichen Ausdehnung der Haut, auch dann noch doppelt empfunden werden, wenn sie sich in einem etwas geringeren Abstände von einander befinden, als die Tuschpunkte nach der Dehnung.

Diese leicht zu constatirenden Thatsachen lassen, wie ich glaube, über die Richtigkeit des aufgestellten Gesetzes keinen Zweifel, wenn es gleichwohl dahin gestellt bleiben muss, ob es möglich sei die absolute Grösse des nachweisbaren Unterschiedes genau anzugeben.

Ich lasse nun die Erklärung der erörterten Erscheinungen, wie sich dieselbe aus E. H. WEBER'S Theorie der festen Empfindungskreise ergibt, folgen, um schliesslich einige Bemerkungen von theoretischem Interesse leichter anknüpfen zu können.

In Figur 10 (Taf. 17) versinnlichen uns die Kreise *A*, *B* und *C* drei WEBER'sche Empfindungskreise<sup>1)</sup> eines beliebigen Hautstückes, die kleineren schraffirten Kreise *Z* und *Z* aber die Stellen derselben, welche von den mehr oder weniger stumpfen Zirkelspitzen berührt werden. Wenn wir voraussetzen, dass die durch *B* getrennten Empfindungskreise *A* und *C* zwei räumlich gesonderte Eindrücke zu vermitteln im Stande sind, so wird der geringste Abstand der Zirkelspitzen, bei welchem sie noch doppelt empfunden werden, dann erreicht sein, wenn die Berührungskreise *Z* und *Z*, (wie auf unserer Zeichnung) die nach *B* gekehrten Theile der Peripherien von *A* und *C* tangiren ohne nach *B* hinauszugreifen. Die Länge der Linie *ZZ*, welche die Mittelpunkte der berührten Stellen verbindet, gibt das Maass für den Feinheitsgrad des Raumsinnes der betreffenden Haut-

<sup>1</sup> Da man über die eigentliche Form der Empfindungskreise nichts Bestimmtes weiss, so gab ich ihnen der Einfachheit wegen die Kreisform. Die Schemen ändern sich wesentlich gar nicht, wenn man auch statt der Kreise Sechsecke oder sonst beliebige Formen zeichnete.

stelle vor der Dehnung. Die Verhältnisse, welche durch eine Dehnung in der Haut gesetzt werden, sind verschieden, je nachdem die Dehnung einseitig oder allseitig geschieht; im ersten Falle werden die Empfindungskreise elliptische Formen annehmen müssen, im zweiten Falle die Kreisform, freilich mit grösserem Radius, beibehalten.

In Fig. 11 (Taf. 17) sind dieselben drei Empfindungskreise *A*, *B* und *C* dargestellt, während das betreffende Hautstück in querer Richtung ausgedehnt wird. Man ersieht aus diesem Schema leicht, dass der kleinste Abstand, bei welchem die Zirkelspitzen nach der Ausdehnung der Haut noch räumlich gesondert empfunden werden können, offenbar =  $Z'' Z''$  sein und daher geringer ausfallen muss als  $Z' Z'$ , welches der proportional der Dehnung vergrösserte, frühere Abstand der Zirkelspitzen ist. Dasselbe leuchtet aus Fig. 12, welche den Fall einer allseitigen Dehnung der Haut illustriert, deutlich ein. Die ganze Erscheinung ist also eigentlich dadurch bedingt, dass die Stellen, an welchen die Haut von den Zirkelspitzen berührt wird, keine mathematischen Punkte, sondern kleine Flächen sind.

In den Schemen Fig. 10, 11, 12 (Taf. 17) sind die Durchmesser der Berührungsflächen (Zerstreuungskreise) kleiner als die Durchmesser der Empfindungskreise angenommen. Man erhält aber dieselben Resultate, wenn man die Durchmesser der Berührungsflächen gleich oder grösser setzt, als die Durchmesser der Empfindungskreise. Vgl. Fig. 13, 14, 15 und Fig. 16, 17, 18 (Taf. 17).

In ganz derselben Weise erklärt es sich auch, warum der Abstand der Zirkelspitzen in Folge einer Zusammenziehung der Haut nicht proportional dieser Zusammenziehung abnimmt, vgl. Fig. 19 und 20 (Taf. 17). Man ersieht aus diesen beiden Schemen zugleich, dass die Zirkelspitzen, wenn man sie, wie oben erwähnt, nach der Zusammenziehung der Haut wieder auf die mit Tusche oder Lapis bezeichneten Punkte aufsetzt, nicht mehr räumlich getrennt empfunden werden können, indem dann die Berührungsflächen (vgl. Fig. 20 die punktierten Kreise  $Z'$  und  $Z'$ ) bis in den Empfindungskreis *B* hineinreichen.

Wären die Berührungsflächen zwischen der Haut und den Zirkelspitzen keine Flächen, sondern mathematische Punkte, oder würde der Abstand der Zirkelspitzen statt von den Berührungsmittelpunkten  $ZZ$  und  $Z' Z'$  u. s. w. von den Punkten  $\alpha$  und  $\alpha$ , wo die Berührungskreise die Peripherie der Empfindungskreise *A* und *C* tangiren, gemessen, dann liesse sich nach E. H. WEBER'S Theorie durchaus nicht begreifen, warum der Abstand der Zirkelspitzen nicht genau proportional der Ausdehnung des Hautstückes sein sollte. Da jedoch die Berührung der Haut, auch wenn sie mit einer sehr feinen Spitze ausgeübt wird, nie-

mals punktförmig, sondern stets trichterförmig ist und sich auf diese Art gewissermaassen mit einem »Zerstreuungskreis« umgibt und da ferner die Peripherie dieses Zerstreuungskreises nie so scharf markirt ist, dass von ihr aus die Entfernung zweier solcher Zerstreuungskreise gemessen werden könnte, so darf man wohl die vorstehende auf WEBER's Hypothese gebaute Erklärung als gegründet und ausreichend ansehen.

Die Grösse des Zerstreuungskreises, welcher um den Berührungsmittelpunkt herum entsteht, muss mit der Stärke des Druckes bei der Berührung und mit dem Spannungsgrad der Haut und deren Unterlage in Beziehung stehen und daher variabel sein. Den Druck und alles Uebrige gleichgesetzt, dürfte es wohl wahrscheinlich sein, dass die Grösse des Zerstreuungskreises bei grösserer Spannung der Haut abnehmen werde und umgekehrt. Trägt man diesem Umstande in den schematischen Zeichnungen (Figur 10 bis 20) Rechnung, dann wird die Differenz zwischen den Abständen der Berührungsmittelpunkte vor und nach der Dehnung oder Zusammenziehung der Haut bedeutender, als sie sich bei der Annahme, dass der Zerstreuungskreis sich gleich bleibt (vgl. die Zeichnungen), herausstellt.

Sollte sich der Zerstreuungskreis in Folge der Spannung der Haut entgegen der obigen Vermuthung vergrössern und *vice versa*, so würde das entgegengesetzte Resultat folgen.

Uebrigens glaube ich, dass eine erhebliche, die Messung wesentlich beeinflussende Veränderung des Durchmessers des Zerstreuungskreises doch nur in Folge sehr beträchtlicher Spannungsdifferenzen der Haut eintreten kann, und dass man bei geringen Spannungsgraden der Haut keinen erheblichen Fehler begehen werde, den Durchmesser des Zerstreuungskreises als constant anzunehmen.

Ist aber der Durchmesser des Zerstreuungskreises constant oder wird derselbe durch Spannung der Haut statt kleiner grösser, durch Erschlaffung statt grösser kleiner, und hält man WEBER's Hypothese und die von mir gegebene Erklärung der Messungen des Verhältnisses zwischen der Ausdehnung der Haut und dem Feinheitsgrade des Raumsinnes fest, so wird man in diesen Messungen das erste und bisher einzige Verfahren begrüssen müssen, durch welches ein Grenzwertth des absoluten Durchmessers der WEBER'schen Empfindungskreise näherungsweise ausgemittelt werden könnte.

Unter den gemachten Voraussetzungen kann man in der That aus den vier in den Tabellen IV und V enthaltenen Bestimmungen mit Leichtigkeit einen Theil des unbekanntem Durchmessers der Empfindungskreise berechnen und von dem unbekanntem Durchmesser daher

behaupten, dass er keinesfalls kleiner sein kann, als die berechnete Grösse. Damit ist nun freilich über die absolute Grösse des Empfindungskreises nichts gesagt, allein unsere Vorstellung von derselben ist doch wenigstens nach einer Seite hin limitirt, und man kann sich dieselbe nicht mehr »so klein denken, als man will.«

Legen wir die Schemen Fig. 10 bis inclusive Fig. 18 zu Grunde, so gestaltet sich die Berechnung folgendermaassen:  $z' z' - z'' z'' = 2m$ ,  
 $m = \frac{z' z' - z'' z''}{2}$ , da aber  $x : m = z z : z' z'$ , so ist  $x = \frac{m z z}{z' z'}$  also  
 $x = \frac{z z (z' z' - z'' z'')}{2 z' z'}$ .

Legt man der Berechnung hingegen Fig. 19 und 20 zu Grunde, dann entsteht zunächst die Frage, welcher der beiden Ausdehnungszustände der Haut der natürliche oder primäre sei. Ist der Zustand geringerer Ausdehnung (Figur 20) der primäre, so ist einfach  $x = \frac{z'' z'' - z' z'}{2}$ ; dies ist z. B. der Fall bei der Haut der Schwangeren. Ist hingegen der Zustand grösserer Ausdehnung (Fig. 19) der natürliche, so gibt (da  $x : \frac{z'' z'' - z' z'}{2} = z z : z' z'$ ) für  $x$  offenbar die Formel  $x = \frac{z z (z'' z'' - z' z')}{2 z' z'}$ .

Uebrigens hat schon WEBER Auskunft über die verhältnissmässige Grösse der Empfindungskreise gegeben und behauptet, »dass die Empfindungskreise in manchen Theilen der Haut noch einmal so gross gedacht werden müssten, als in anderen und dass sie in noch anderen Theilen der Haut, in welchen der Raumsinn noch stumpfer wäre, 5mal, 10mal, 20mal, 30mal, 40mal und sogar 50mal grösser angenommen werden müssten, als in den Theilen der Haut, wo der Raumsinn am feinsten ausgebildet sei«. Diese Daten können nun mehrfach benützt werden, um die von mir angedeuteten Berechnungen der Wahrheit mehr anzunähern und vor groben Fehlern zu bewahren. Hätte man z. B. auf einer feiner fühlenden Hautstelle den Werth von  $x$  bestimmt, so könnte man bezüglich des Durchmessers der Empfindungskreise einer 30mal stumpfer fühlenden Hautstelle behaupten, dass er mindestens  $30 x$  betragen müsse u. s. w. Der Werth der Grösse  $x$  hängt aber wesentlich ab von der Ausdehnung oder Zusammenziehung der Haut und dem Verhältnisse zwischen dem Durchmesser des Berührungskreises (Zerstreuungskreises) und dem absoluten Durchmesser der Empfindungskreise, so zwar, dass für den Fall, dass der Durchmesser des Berührungskreises beträchtlich grösser ist, als der Durchmesser des Empfindungskreises und die

Spannungsgrösse der Haut zugleich ein gewisses Maass überschreitet, der Werth von  $x$  grösser ausfallen muss, als der Durchmesser der Empfindungskreise. Vgl. Fig. 21 und 22. Hiermit scheint nun das ganze Verfahren zur Bestimmung eines kleinsten Grenzwertes des Durchmessers der Empfindungskreise über den Haufen geworfen zu sein. In der That ist es nicht zu leugnen, dass dieser Umstand meinem Verfahren den grössten Theil seiner ohnehin schon durch andere Momente vielfach beeinträchtigten Sicherheit raubt. So rasch glaube ich, darf man sich jedoch nicht entmuthigen und von dem betretenen Wege — dem einzigen, der bisher zum Ziele zu führen schien, — weil er nicht ganz eben ist, zurückschrecken lassen. Ich meine, es lohne sich doch der Mühe, den Versuch zu wagen, den Weg zu ebnen und vor Allem praktisch zu erproben, um zu sehen, wie die gewonnenen Resultate stimmen. Dass es wirklich zu vorschnell wäre, jeden weiteren Versuch mit dem vorgeschlagenen Verfahren aufzugeben, glaube ich durch folgende Bemerkungen begründen zu können.

Ich gebe zu erwägen, dass das angeführte Bedenken nur für den Fall gilt, dass 1. der Durchmesser der Empfindungskreise beträchtlich kleiner ist, als der Durchmesser des Zerstreungs- oder Berührungskreises und 2. die Ausdehnung oder Zusammenschrumpfung der Haut ein gewisses Maass überschreitet; während das Bedenken für alle anderen durch die Figg. 10 bis inclus. 20 illustrierten Fälle keine Bedeutung hat. Hiernach hätte man nur den Resultaten zu misstrauen, welche an besonders feinfühlenden Hautstellen bei beträchtlicher Dehnung oder Schrumpfung der Haut mit stumpfen Zirkelspitzen gewonnen wurden, nicht aber jenen, welche an stumpfer fühlenden Hautstellen gewonnen wurden.

Wollte man nun auch Messungen an feiner fühlenden Hautstellen mit feineren Zirkelspitzen bei leiserem Aufdrücken derselben und bei geringerer Ausdehnung und Schrumpfung der Haut für unstatthaft erklären, so bliebe doch noch ein Mittel diesen Ausfall zu decken. Das Mittel nämlich aus den unbezweifelten Bestimmungen an stumpfer fühlenden Hautstellen die verhältnissmässige Grösse des Durchmessers der Empfindungskreise zu berechnen, um auf diese Weise zu kleinsten Grenzwerten zu kommen u. s. w.

Für jetzt will ich nicht weiter auf diesen Gegenstand, über den sich noch Vieles sagen liesse, eingehen, und so mögen denn die gegebenen Andeutungen genügen, welche noch länger zurückzuhalten ich um so weniger Veranlassung finde, als ich hoffen darf, durch dieselben auch andere Forscher zu weiteren Untersuchungen in diesem Gebiete anzuregen und zu Mitarbeitern zu gewinnen. Was ich bis-

her mitgetheilt habe, sind Gedanken und Folgerungen, die sich mit Nothwendigkeit aus WEBER'S Lehre über den Raumsinn der Haut ergeben und früher oder später ausgesprochen werden mussten. Ich habe sie ausgesprochen, ohne damit für WEBER'S Lehre ganz und gar einstehen zu wollen, denn in den Grundzügen halte ich WEBER'S Lehre wohl für vollkommen richtig und begründet, nicht aber in der speciellen Ausführung, welche mir im Gegentheil ungenügend und einer Verbesserung sehr bedürftig erscheint.

Ich schliesse diesen Paragraph mit einem Ergebniss, welches für die Lehre vom Raumsinn überhaupt und für die vergleichenden Beobachtungen über die Feinheit des Raumsinnes der Haut bei Kindern und bei Erwachsenen insbesondere von Wichtigkeit ist.

Nach den Messungen, welche im § 1 mitgetheilt sind, muss man schliessen, dass Kinder einen nicht unbedeutend feineren Raumsinn in der Haut besitzen, als Erwachsene. Dieses Factum hatte ich a priori erschlossen, indem ich erwog, dass unter übrigens gleichen Umständen die Feinheit des Raumsinnes offenbar in einem entgegengesetzten Verhältnisse zur linearen oder quadratischen Ausdehnung der Haut stehen müsse. Die Erfahrung hat die Richtigkeit dieses Schlusses bestätigt, indem sich die vermutheten Differenzen in der That herausgestellt haben.

Diese Differenzen sind aber an vielen Stellen grösser ausgefallen, als sie bei den gemachten Voraussetzungen ausfallen konnten. Es lässt sich nämlich die Grösse der Abnahme der Feinheit des Raumsinnes, während des Wachsthums und nach vollendetem Wachstume, um so weniger nur aus der Vergrösserung der Hautoberfläche erklären, als nach dem oben aufgestellten Gesetze die Abnahme der Feinheit des Raumsinnes, der Zunahme der Hautausdehnung nicht einmal proportional ist.

Ich habe versucht die Vergrösserung der Hautausdehnung zu berechnen, welche nöthig wäre, um die (Tab. I) für die Knaben angegebenen Feinheitsgrade soweit abzustumpfen, dass sie mit den Feinheitsgraden des Erwachsenen stimmen.

Ich habe hierbei an vielen Stellen, selbst unter der Voraussetzung, dass die Abnahme der Feinheit des Raumsinnes genau proportional sei der Zunahme der Hautausdehnung, solche Werthe erhalten, dass die Knaben zum Theil in riesigen Dimensionen auswachsen müssten, um die gewöhnlichen Feinheitsgrade Erwachsener zu bekommen.

Hieraus ergibt sich nun mit Nothwendigkeit der Satz: dass während des Wachsthums eine Vergrösserung der Em-

pfindungskreise nicht nur in Folge der Zunahme der Hautoberfläche, sondern auch in Folge gewisser, für verschiedene Regionen verschieden grosser Veränderungen der unbekanntenen Einrichtungen der Centralorgane stattfindet.

An die Möglichkeit solcher Veränderungen in den Centralorganen, welche schon a priori mehr als wahrscheinlich erscheinen muss, habe ich von Anfang an gedacht und auf dieselbe zu wiederholten Malen in den vorhergehenden Mittheilungen hingewiesen, ob schon ich geflissentlich keine weitere Rücksicht darauf genommen habe, um meine Betrachtungen, welche jetzt in mehrfacher Weise zu modificiren und zu ergänzen sind, unter den einmal gemachten Voraussetzungen consequent zu Ende bringen zu können.

Eine ähnliche Vergrösserung der Empfindungskreise, welche LICHTENFELS<sup>1)</sup> nach der Einwirkung narcotischer Gifte auf das Hirn (Atropin, Daturin, Morphin etc.) auftreten sah, muss ich auf Grund der obigen Mittheilungen für eine normale, physiologische, das Wachsthum des Gehirns begleitende Erscheinung erklären.

Die Bestätigung dieses Satzes durch die directen Beobachtungen an den vier Knaben erst noch abzuwarten, halte ich deshalb für überflüssig, als dieselbe gar nicht ausbleiben kann, da mit voller Sicherheit anzunehmen ist, dass weder sämmtliche vier Knaben zu Riesen auswachsen, noch auch alle vier einen ausnahmsweise und abnorm feinen Raumsinn behalten werden.

#### § 4. Beobachtungen über das Wahrnehmen gleichzeitiger, heterogener Eindrücke, welche einander so nahe gerückt sind, dass sie nicht mehr räumlich unterschieden werden.

Ich habe Reihen von Versuchen angestellt, um zu erfahren, wie zwei gleichzeitige aber ungleiche Eindrücke gefühlt werden, wenn man sie innerhalb eines Hautbezirkes applicirt, dessen Durchmesser zu klein ist, als dass daselbst zwei gleichzeitig aufgesetzte Zirkelspitzen deutlich unterschieden werden könnten.

Diese Versuche wurden folgendermaassen angestellt. Ich bestimmte zuerst mittelst des Zirkels in verschiedenen Hautregionen die Grösse des Bezirkes, innerhalb welches die gleichzeitigen und gleichen Eindrücke der Zirkelspitzen zu einer einzigen Empfindung ver-

<sup>1)</sup> Sitzb. d. kais. Akademie d. Wissensch. zu Wien. IV, S. 338.

schmolzen. Nachdem ich diesen sorgfältig bestimmten Bezirk mit Tusche umrissen hatte, setzte ich an zwei beliebigen Punkten desselben statt der Zirkelspitzen zwei sehr kleine Reagensgläschen, von denen das eine mit heissem Oel, das andere mit einer Kältemischung gefüllt war, mit ihren abgerundeten unteren Enden auf.

Daß übereinstimmende Resultat meiner auf diese Art an mir und Anderen auf den verschiedensten Hautregionen ausgeführten Versuche ist nun folgendes. Man unterscheidet unter den angegebenen Bedingungen den Kälteeindruck des einen Gläschens deutlich von dem Wärmeeindruck des anderen, allein (und dies versetzt den Beobachter in eine eigenthümliche, nicht zu beschreibende Verwirrung) man hat keine Ahnung von ihrem Nebeneinander; man kann durchaus nicht angeben, ob der Wärmeeindruck rechts oder links, nach vorn oder hinten von dem Kälteeindruck sich befindet. Manchmal glaubt man zwar, die räumliche Disposition der Eindrücke wahrzunehmen, gibt dann aber regelmässig das gerade Gegentheil von Dem an, was wirklich stattfindet. Ich erwähne dieses Umstandes, weil er sich in meinen Versuchsreihen so oft wiederholt hat, dass ich ihn kaum für ganz zufällig halten kann. Erst wenn man die verschieden temperirten Gläschen in solchem Abstände von einander mit der Haut in Berührung bringt, als zur räumlichen Unterscheidung zweier Zirkelspitzen erforderlich ist, erst dann nimmt man auch die räumliche Disposition jener heterogenen Eindrücke wahr.

Noch muss ich folgende bei diesen Versuchen gemachte Bemerkungen mittheilen. So lange die Eindrücke innerhalb jenes Bezirkes applicirt werden, schweben die beiden gleichzeitigen aber heterogenen Empfindungen unbestimmt im Raume, etwa wie zwei Gehörsempfindungen, und scheinen gar keine Neigung zu haben, sich zu einer Empfindung zu mischen, ja es scheint unter Umständen ein Schwanken der Wahrnehmung, ähnlich dem beim sogenannten Wettstreite der Sehfelder, Platz zu greifen.

Indem ich die Aufmerksamkeit der Fachgenossen auf diese Erscheinungen, welche eine eingehendere Untersuchung verdienen, lenke, erlaube ich mir nur noch zu bemerken, dass dieselben kaum leichter und einfacher als durch die Annahme fester Empfindungskreise für den Raumsinn zu erklären sein dürften.

## § 5. Theoretische Bemerkungen.

Man ist von verschiedenen Principien ausgegangen, um die Wahrnehmungen des Raumsinnes überhaupt, ferner die in verschiedenen

Regionen des Körpers verschiedenen Grade der Feinheit desselben, und endlich das Verschmelzen zweier gleichzeitiger, gleichartiger Eindrücke zu einer Empfindung, wenn dieselbe über ein nach den verschiedenen Hautregionen verschiedenes Maass sich einander nähern, zu erklären. Bekanntlich stehen sich gegenwärtig zwei differente Erklärungsversuche gegenüber, von denen der eine durch E. H. WEBER, der andere durch LOTZE und MEISSNER vertreten wird.

E. H. WEBER<sup>1)</sup> nimmt gewisse feste geometrische Verhältnisse in der Anordnung der peripherischen Nervenverbreitung an, auf denen »sich Gestalten, Entfernungen und Bewegungen der wahrzunehmenden Körper gleichsam abbilden können« und »von denen die Seele gewissermaassen ein Bild im Gehirn haben würde, zusammengesetzt aus einer Anzahl von Raumelementen, deren jedes durch eine sensible Primitivfaser vertreten würde, so dass die Seele dann im Stande wäre, vermöge dieser bestehenden Einrichtung direct die die Haut treffenden Reize hinsichtlich ihres Ortes zu bestimmen, gleichsam abzulesen«.

LOTZE<sup>2)</sup> hingegen, welchem MEISSNER folgt, leugnet die Existenz der festen Empfindungskreise überhaupt und die Existenz jener Anordnung, welche WEBER den festen Empfindungskreisen gibt, insbesondere, denn nach ihm schliesst »die regelmässige räumliche Lage der einzelnen afficirten Nervenpunkte nicht die gleiche Nothwendigkeit ein, dass die Seele auch in ihren Empfindungen die entsprechende Form räumlicher Association wiederhole«, und lassen sich die Erfahrungen mit der von WEBER angenommenen Anordnung der Empfindungskreise zum grossen Theile nicht in Einklang bringen.

LOTZE ist der Meinung, dass sich die Erfahrungen »ohne die Annahme fester Empfindungskreise befriedigend nach dem Satze deuten lassen, dass zwei Empfindungen um so deutlicher geschieden werden, je differenter, um so undeutlicher, je identischer ihr qualitativer Inhalt sammt den Localgefühlen ist«.

Ich für meine Person bin der Meinung, dass keine der beiden Theorien vollkommend ausreichend und tadellos sei, dass vielmehr erst durch die Verschmelzung beider eine völlig stichhaltige und befriedigende Ansicht gewonnen werden könne.

Eine Verschmelzung des Brauchbaren beider Theorien ist aber nicht nur wünschenswerth, sondern, wie ich im Folgenden zeigen werde, in der That auch möglich.

<sup>1</sup> WAGNER's Handwörterb. Art. »Tastsinn« und Berichte der kön. sächs. Ges. d. W. zu Leipzig. 1852, II, S. 85: »Ueber den Raumsinn«.

<sup>2</sup> Medicinische Psychologie 1852.

Dass man sich bei WEBER's Hypothese nicht beruhige könne geht, wie mir scheint, schon daraus hervor, dass WEBER eine Anordnung der Enden der sensitiven Nerven voraussetzt, welche durch den wirklichen anatomischen Befund nicht im Entferntesten gerechtfertigt oder auch nur wahrscheinlich gemacht wird; solche scharf abgegrenzt neben einander liegende Verästelungsgebiete der einzelnen Primitivfibrillen, oder etwas der Art, hat noch Niemand in der menschlichen Haut gesehen und mittelst des Mikroskopes nachgewiesen<sup>1)</sup>.

Die LOTZE-MEISSNER'sche Hypothese ist aber eben so wenig stichhaltig, als die WEBER'sche, indem dieselbe gar nichts von festen Empfindungskreisen wissen will, — da doch ohne die Annahme einer Beziehung zwischen fixen, correspondirenden, geometrischen Verhältnissen an der Peripherie und im Centrum eine Erklärung gewisser Erfahrungen unmöglich ist: oder wie wollten LOTZE und MEISSNER im Sinne ihrer Ansicht die im § 3 niedergelegten Erfahrungen über das Verhältniss zwischen der Ab- und Zunahme der linearen Ausdehnung der Haut und der dadurch gesetzten Veränderung des Feinheitsgrades des Raumsinnes, auf eine ungezwungene Weise deuten? wie die in Folge des Wachsthumes eintretende Abstumpfung der Feinheit des Raumsinnes?

Ich wenigstens weiss diesen Einwürfen im Sinne der Auseinandersetzung MEISSNER's<sup>2)</sup> nicht zu begegnen. Ja es will mir sogar scheinen,

<sup>1</sup> Vergl. MEISSNER's Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Haut. Leipzig 1853.

<sup>2</sup> A. a. O., S. 44: »Ein jeder Reiz, welcher die Haut an irgend einer Stelle trifft, wird nothwendig, mag er noch so beschränkt und fein sein, mehr als einen sensiblen Punkt treffen, da einerseits an vielen Hautstellen die sensiblen Punkte so nahe an einander gerückt sind, dass schon die Wirkung des Reizes in gerader, senkrechter Richtung ihrer mehrere treffen muss, und da andererseits neben dieser Wirkung auch eine in seitlicher Richtung, im Umkreis jener, stattfinden muss, gewissermaassen ein Zerstreungskreis des Reizes gebildet wird. Bei der Einwirkung jedes Druckes, jedes Tastreizes also wird ein Complex von sensiblen Punkten erregt. Es ist nun kein Grund vorhanden anzunehmen, dass dies Verhältniss, welches immer stattfinden muss, nicht auch von Bedeutung für das Zustandekommen des Inhalts der entsprechenden Empfindung sein sollte; und so ist es denkbar, dass vielleicht die Erregung der Punkte, welche dem Zerstreungs- oder Irradiationskreise eines Reizes angehören, in irgend welcher Weise für die Seele das Localzeichen des Reizes ausmacht, dessen eigener qualitativer Inhalt dann durch die Wirkung in gerader Richtung, durch die Erregung der Punkte, welche das Centrum des Irradiationskreises bilden, wahrgenommen würde. Ist es nun erlaubt anzunehmen, dass die Erregung einer bestimmten Zahl sensibler Punkte einen solchen Irradiationskreis, soferne er für die Seele das Localzeichen abgeben soll, bilden muss, so dass also dann wohl zu unterscheiden sein würde,

dass sich die LOTZE-MEISSNER'sche Hypothese vergebens bemüht, die Verschiedenheiten der Genauigkeit der Ortsempfindung einfach durch die grössere oder geringere Zahl der sensiblen Punkte auf einer Hautstrecke von gegebener Grösse zu erklären. Denn wenn, wie MEISSNER sagt, an irgend einer Hautstelle »die Erregung von  $a$  Punkten erforderlich ist, um einen als physiologische Einheit functionirenden Irradiationskreis zu bilden«, so kann die Folge einer Abnahme der relativen Zahl der sensiblen Punkte offenbar nur die sein, dass die Bildung eines solchen aus  $a$  Punkten bestehenden Irradiationskreises *caeteris paribus* nicht mehr möglich ist, indem der »blos physikalische Zerstreungskreis«, dessen Bedeutung MEISSNER ganz übersieht, nicht mehr die erforderliche Zahl von  $a$  Punkten, welche ja nun auf einer grösseren Fläche zerstreut stehen, als früher, während der Zerstreungskreis noch immer denselben Durchmesser hat, erregen kann. (Vergl. Wiener med. Wochenschrift 1855 Nr. 30, S. 471).

Man begreift durchaus nicht, was es unter diesen Umständen helfen soll, wenn man zwei Reize, deren Irradiationskreise zusammen eine Hautstrecke einnehmen, wo nur  $a$  sensible Punkte sind und deshalb nicht gesondert empfunden werden, weiter von einander rückt, denn ihre Irradiationskreise können sich offenbar niemals aus je » $a$ « verschiedenen Punkten zusammensetzen, somit niemals als gesonderte physiologische Einheiten functioniren, es sei denn, es vergrösserte sich ihr Durchmesser in einem der relativen Menge der sensiblen Punkte entsprechenden Verhältnisse. Sieht man aber von einer im obigen Sinne erforderlichen bestimmten Anzahl » $a$ « von sensiblen Punkten ganz ab, und betont die »Verschiedenheit« derselben, dann hat man es streng genommen schon mit »bestehenden«, »festen« Einrich-

---

zwischen einem blos physikalischen Zerstreungskreise, welcher nicht weiter in Betracht kommt (?!) und einem physiologischen Zerstreungskreise, so wird sich ein directer Zusammenhang zwischen der Zahl der sensiblen Punkte auf einer Hautstrecke von gegebener Grösse und dem Grade der Feinheit der Gliederung der Localzeichen, oder der Zahl verschiedener Localzeichen, die dort entstehen können, ergeben. Ist die Erregung von  $a$  sensiblen Punkten erforderlich, um einen in obigem Sinne als physiologische Einheit functionirenden Irradiationskreis zu bilden, so werden die Irradiationskreise zweier Reize, welche innerhalb einer Hautstrecke erfolgen, wo nur  $a$  sensible Punkte sind, aus denselben sensiblen Punkten sich zusammensetzen und somit ein und dasselbe Localzeichen für beide Reize vermitteln, welche also nicht gesondert empfunden werden; sie werden erst gesondert wahrgenommen werden, wenn sie so weit von einander gerückt sind, dass ihre Irradiationskreise sich jeder aus  $a$  verschiedenen Punkten zusammensetzt, oder vielleicht wenigstens einen Theil der sie bildenden sensiblen Punkte verschieden haben«.

tungen zu thun, durch welche die Seele in den Stand gesetzt wird, die die Haut treffenden Reize hinsichtlich ihres Ortes zu bestimmen.

Und in der That, ich sehe nicht ein, was uns hindern sollte, feste Empfindungskreise, d. h. gewisse fixe Bezirke in der Haut anzunehmen, welche im Sensorium Raumeinheiten repräsentiren, so richtig es auch sein mag, wenn LOTZE lehrt: »Was für die Seele da sein soll, muss auf sie wirken: so wie nicht das Dasein eines Objectes, sondern nur der Druck oder Stoss, den es ausübt, eine Empfindung motivirt, so motivirt alle räumliche Lagerung und Nachbarschaft erregter Nervenenden nicht im aller Mindesten eine ähnliche Lagerung und Nachbarschaft der von ihnen erregten Empfindungen«.

»Alle diese räumlichen Verhältnisse zwischen den verschiedenen Erregungen des Körpers sind nur ein Material, das wahrgenommen werden kann, und dann wahrgenommen wird, wenn es einen Eindruck zu machen versteht, das jedoch so lange wie nicht vorhanden ist, als es nur vorhanden ist und jenen Eindruck nicht macht. — Für die Beurtheilung des anatomischen Baues der Sinnesorgane geht nun hieraus eine allgemeine Maxime hervor: finden wir irgendwo Veranstaltungen getroffen, um eine Vielheit äusserer Reize in geordneten geometrischen Verhältnissen auf das Nervensystem wirken zu lassen, so sind uns solche Einrichtungen als Andeutungen wichtig, dass die Natur aus jenen räumlichen Beziehungen etwas für das Bewusstsein zu machen beabsichtigt, an sich jedoch erklären sie Nichts, und es ist nothwendig, überall in den Sinnesorganen zugleich jene anderen Mittel aufzusuchen, durch welche die Lage der erregten Punkte noch neben ihrer qualitativen Erregung auf die Seele zu wirken vermag«.

Hiernach wird man zwar zugeben müssen, dass die festen Empfindungskreise »an sich Nichts erklären«, allein man ist weder berechtigt noch genöthigt, dieselben zu leugnen. LOTZE hat durch die aus seinen Grundanschauungen mit Nothwendigkeit sich ergebenden Folgerungen — das Princip der festen Empfindungskreise keineswegs widerlegt, sondern nur gezeigt, dass dieses Princip einer höheren Begründung bedarf. Statt nun zu versuchen, diese höhere Begründung zu geben und die willkürlichen und ungenügenden Annahmen WEBER'S zu modificiren, hat LOTZE die ganz neue Theorie eines »abgestuften Systems von Localzeichen« in der Meinung aufgestellt, »die Localisation der Empfindungselemente in der räumlichen Anschauung« nun besser, d. h. wirklich erklären zu können. Allein bei Lichte besehen, ist es nicht zu leugnen, dass LOTZE mit seiner Theorie der Localzeichen im Grunde eben so wenig oder eben so viel erklärt wie

WEBER, wenn er sagt, dass »die Empfindung, die ein jeder Empfindungskreis hervorbringt, in uns die Vorstellung von einem Raumelemente erweckt«, und dass »die dunkle Erinnerung, wie viel unberührte Empfindungskreise (auf welchen wir schon oft Empfindungen gehabt haben), zwischen den berührten Empfindungskreisen der Haut liegen, in uns die Vorstellung von einem Zwischenraum erweckt, der um so grösser zu sein scheint, je mehr unberührte Empfindungskreise von dem Zirkel überspannt werden«; — denn »gesetzt auch, der Seele werde mit jeder qualitativen Empfindung zugleich jenes Localzeichen zugeführt, das nun bestehen möge, worin es wolle, ist es nicht dennoch eine Erschleichung«, wenn LOTZE behauptet, »dass sie hierdurch allein befähigt und genöthigt würde, ihre Empfindungen nicht nur überhaupt auseinander zu halten, sondern sie auch räumlich von einander zu scheiden?«

Diese Frage muss man meiner Ansicht nach ohne Rückhalt vollständig (nicht nur zum Theil, wie LOTZE will) bejahen. »Zwar, dass das Bewusstsein jene Empfindungen, welche sich mit verschiedenen Localzeichen associirt haben, überhaupt aus einander halten müsse, dürfen wir als gewiss ansehen: aber allerdings würde ihre Unterscheidung ja noch immer in jener intensiven Weise erfolgen können, in welcher wir die gleichen Töne von verschiedenem Timbre wahrnehmen, sie aus einander haltend zwar, aber doch nicht so, dass ihre Unterschiede als räumliche Distanzen erschienen«.

Es ist vergebens, wenn LOTZE diesem vernichtenden Einwurf, welchen er sich übrigens selbst macht, durch Folgendes begegnen will: »Sind einmal alle geometrischen Verhältnisse, welche zwischen den Theilen der äusseren Reize und noch zwischen den ihnen entsprechenden Eindrücken im Nerven bestanden, in dem blos intensiven Dasein verschwunden, welches den Vorstellungen in der Seele allein zukommt, und sollen sie aus diesem reconstruirt werden, so müssen an den einzelnen Empfindungen intensive Merkzeichen angebracht sein, welche die Lage ihrer Objecte im Raume vertreten, und aus welchen die Seele die räumliche Ordnung wieder herstellen kann. Hierzu allein sollen jene Localzeichen dienen«. Denn hat LOTZE durch seine Theorie der Localzeichen nicht mehr thun wollen und zu thun geglaubt, als überhaupt die Nothwendigkeit intensiver Erregungen bei der Ueberleitung geometrischer Verhältnisse zur Seele behufs räumlicher Anschauungen zu urgiren; so hätte er sich begnügen können, einfach darauf hinzuweisen, dass eine Anschauung der wirklichen Lage äusserer Objecte nicht auf dem Wege der »Auffassung«, sondern nur auf dem der »Wiedererzeugung der Räumlichkeit« vermittelt

werden könne, und dass die räumliche Lagerung und Nachbarschaft der durch die festen, in bestimmter Weise angeordneten Empfindungskreise vermittelten Erregungen, einen Eindruck auf die Seele zu machen versteht, und so auf eine freilich bisher unerklärbare Art eine ähnliche Lagerung und Nachbarschaft der von ihnen gesetzten Empfindungen motivirt.

Ich halte mich nach den vorausgeschickten Bemerkungen für berechtigt, in einer neu zu formulirenden Theorie des Raumsinnes der Haut, einerseits an der Existenz der fixen Empfindungskreise, welche ich freilich anders definire als WEBER, nach welchem Empfindungskreis und Verästelungsbezirk einer Primitivfibrille identisch sind, festzuhalten, andererseits aber auch die aus LOTZE'S Grundanschauungen nothwendig sich ergebende Forderung intensiver Localzeichen aufzunehmen und zu berücksichtigen.

Meine, die Ansichten LOTZE'S und WEBER'S vermittelnde Hypothese würde sich folgendermaassen gestalten.

Jede einzelne Nervenfibrille hat ein gewisses Verästelungsgebiet in der Haut, und es liegen diese zahllosen Verästelungsgebiete nicht scharf begrenzt neben einander, wie WEBER meint, sondern greifen vielfach in einander ein, d. h. sie decken sich zum Theil, so zwar, dass es fast keine Bezirke in der Haut gibt, welche nur von einer einzigen Primitivfibrille versorgt würden, und dass die Haut nirgends von einem Reize getroffen werden kann, er sei noch so fein und beschränkt, ohne dass hierdurch eine Summe von Nervenfibrillen erregt würde.

Trotz der Erregung mehrerer Nervenfibrillen durch einen einfachen und beschränkten Reiz entsteht aber, wie die Erfahrung lehrt, doch auf keiner Hautstelle eine vielfache Empfindung, selbst mehrere gleichzeitige und gleiche Reize, ja sogar heterogene Reize (vergl. § 4) verschmelzen zu einer räumlich untrennbaren Wahrnehmung, wenn dieselben über ein nach den verschiedenen Hautregionen verschiedenes Maass einander genähert sind. Man kann also überall in der Haut Bezirke von bestimmter Grösse und Gestalt nachweisen und mittelst eines Zirkels messen und umschreiben, innerhalb welcher eine räumliche Trennung und Unterscheidung zweier oder mehrerer Eindrücke nicht mehr möglich ist. Diese Bezirke nun nenne ich Empfindungskreise. Jede Nervenfibrille gibt nämlich der durch sie vermittelten Empfindung ein besonderes Localzeichen mit, das ein Glied eines stetig abgestuften Systems ist, welches System in directer, vorläufig nicht näher erklärbarer Be-

ziehung steht zu den fixen, correspondirenden, geometrischen Verhältnissen der centralen und der peripherischen Nervenenden.

Je weiter im Allgemeinen die Verästelungsgebiete zweier Fibrillen aus einander liegen, desto differenter sind die ihnen eigenthümlichen Localzeichen, während Fibrillen, deren Verästelungsgebiete hart an einander stossen oder gar in einander übergreifen, fast gleiche oder nur sehr wenig differente Localzeichen vermitteln. Doch hängt der Unterschied der Localzeichen verschiedener Fibrillen nicht etwa lediglich von dem Verhältnisse ihrer peripherischen Verästelungsgebiete ab, sondern auch und zwar wesentlich von gewissen bisher noch unbekanntem Anordnungen in den Centralorganen. Jede einzelne jener Primitivfibrillen, welche sich innerhalb eines Empfindungskreises verästeln, gibt zwar der durch sie vermittelten Empfindung ein ihr eigenes Localzeichen mit, allein dieses unterscheidet sich so wenig von den Localzeichen jeder anderen zu demselben Empfindungskreise gehörigen Fibrille, dass die in Folge eines oder mehrerer innerhalb der Grenzen eines Empfindungskreises applicirten Reize erregten Empfindungen unaufhaltsam in eine räumlich einheitliche Wahrnehmung zusammenfliessen müssen. Jeder Empfindungskreis repräsentirt daher im Sensorium eine zusammengesetzte Raumeinheit — ein Raumelement höherer Ordnung. Das, was ich die den einzelnen Fibrillen eigenthümlichen Localzeichen genannt habe, entspricht gewissermaassen dem WEBER'schen Begriff eines Empfindungskreises; während Das, was ich unter »Empfindungskreis« verstehe, insofern mit MEISSNER's »physiologischen Zerstreungs- oder Irradiationskreise« zusammenfällt, als beide in unserer Vorstellung eine Raumeinheit repräsentiren, darin aber wesentlich sich unterscheidet, dass jeder meiner Empfindungskreise einen fixen Complex von sensiblen Punkten, welche in unbestimmter beliebiger Anzahl erregt, immer ein gewisses Raumelement repräsentiren, umfasst, während die Erregung einer »bestimmten Zahl sensitiver Punkte« einen MEISSNER'schen Irradiationskreis »so fern er für die Seele das Localzeichen abgeben soll, erst bilden muss«.

Was die Anordnung der Empfindungskreise in der Haut betrifft, so muss man sich dieselbe erfahrungsgemäss unter dem Bilde von unendlich vielen Kreisen oder Ellipsen denken, welche bestimmte Durchmesser haben und sich interferiren, d. h. sich zum Theile (und zwar zum grössten) decken (vergl. Taf. 18. Fig. 23), denn versucht man die Empfindungskreise mittelst des Zirkels in bekannter Weise zu bestimmen und mit Tusche graphisch auf der Haut darzustellen, so findet man leicht, dass die Mittelpunkte derselben die

ganze Hautfläche stetig erfüllen<sup>1)</sup>. Jeder sensible Hautpunkt gehört daher vielen Empfindungskreisen an, nimmt aber in jedem derselben eine andere relative Lage zum Mittelpunkt ein. In so weit die Empfindungskreise dieselben sensiblen Punkte gemeinschaftlich umfassen — sich decken, in so weit fallen auch die durch diese Empfindungskreise repräsentirten Raumeinheiten zusammen, so dass in uns die Vorstellung eines nach zwei Dimensionen des Raumes ausgedehnten Continuum's erweckt wird.

<sup>1</sup> Ich habe schon vor mehr als 6 Jahren den Gedanken an eine Interferenz der Empfindungskreise ausgesprochen und für die Theorie des Raumsinnes zu verwerthen gesucht (»Ueber die Hautnerven des Frosches«, Müll. Arch. 1849, S. 252). Damals hielt ich mich noch ganz an die WEBER'schen Begriffsbestimmungen, und meine Bemerkungen sollten nur ein Amendement der WEBER'schen und keine neue Hypothese sein. WEBER aber hat sich nicht die Mühe genommen, das Wort »interferiren« in dem von mir gebrauchten Sinne zu verstehen und geglaubt, durch folgende Verdrehung des Sinnes meiner Worte das unbequeme Amendement mit einem, auf eine nichtssagende Phrase gestützten Machtspruch zu vernichten. WEBER sagt (l. c. »Ueber den Raumsinn« Seite 118): »Verstehe ich dieses Wort (das sich Interferiren der Empfindungskreise) richtig, so meint er (ich) die Empfindungskreise grenzten nicht bloß an einander, sondern sie deckten sich zum Theil und an den Orten, wo sie sich deckten, stürten (?!) sich die daselbst ausgebreiteten Nerven einander in ihrer Function, so dass man dort keine scharfen räumlich unterscheidbaren Eindrücke erhalten könnte. Allein es ist nicht anzunehmen, dass die Nerven sich so verbreiten, dass sie sich gegenseitig stören (!) und in ihren Wirkungen vernichten!«

Ich halte jede Erwiderung hierauf nunmehr für überflüssig, da ich überzeugt bin, dass WEBER bei genauerer Ueberlegung das Missverständniß, das seinen sonst so klaren Blick nur in einem Moment einer (übrigens unerklärbaren) Gereiztheit trüben konnte, längst selbst erkannt und bei sich berichtigt habe und ferner, dass er nicht mehr geneigt sein kann, einerseits die durch keine anatomische Thatsache gestützte Annahme scharf begrenzt neben einander liegender Verästlungsgebiete der Primitivfibrillen noch festhalten, andererseits das factische Zusammenfließen seiner Empfindungskreise zu höheren Raumeinheiten, — den von mir so genannten Empfindungskreisen, und deren auf dem Wege des Experimentes exact nachweisbaren Interferenz leugnen zu wollen.

Schliesslich bemerke ich, dass nur KÖLLIKER (Mikr. Anatomie. 1850, Bd. II, 1. Hälfte, Seite 36—43) den von mir zuerst ausgesprochenen Gedanken an eine Interferenz der Empfindungskreise richtig gewürdigt und verwerthet hat, obschon er eine meiner damaligen Voraussetzungen, welche ich jetzt nicht mehr festhalte, missverstanden, aber nicht wie MEISSNER zu glauben scheint (l. c. Seite 41) widerlegt hat. Wenn KÖLLIKER übrigens sagt (l. c. Seite 40): »man müsste die Empfindungskreise WEBER's gewissermaassen ins Rückenmark an die Enden der eigentlichen Rückenmarksfasern von VOLKMANN verlegen, dieselben ebenfalls verschieden gross annehmen und mit CZERMAK sich interferiren lassen«, so hatte er offenbar eine Ahnung von den von mir charakterisirten Empfindungskreisen und ich kann daher nicht zweifeln, dass sich KÖLLIKER meiner vermittelnden Hypothese völlig anschliessen wird.

Es sind hiermit die bestimmten Zahlen- und Raumverhältnisse in der Anordnung des Nervensystems zu »Qualitäten der Reize« geworden, deren Localitäten sie zur Wahrnehmung bringen, und so wird denn unser intensives Raumbild mit den verschiedenen Tast-, Druck- und Temperatur-Empfindungen gefüllt, womit jedoch nicht gesagt sein soll, dass wir unsere Empfindungen in ein uns schon von vornherein bekanntes, a priori gegebenes Raumschema eintragen.

Jede durch die Reizung eines einzigen oder beliebig vieler sensiblen Punkte erregte Empfindung nimmt eine bestimmte Stelle unseres Raumbildes ein. Die völlige räumliche Trennung und Unterscheidung zweier gleichzeitiger Empfindungen, welche durch zwei benachbarte Reize erweckt werden, kann aber erst dann stattfinden, wenn in uns die Vorstellung eines Zwischenraumes zwischen den Localitäten jener beiden Empfindungen entsteht. Dieser Zwischenraum kann uns leer oder gefüllt, gross oder klein, verschwindend klein erscheinen, wir müssen aber eine Vorstellung von ihm haben, wenn wir zwei Empfindungen räumlich getrennt wahrnehmen wollen. Der hierzu nöthige Abstand der Reize von einander auf der Haut muss daher wenigstens so viel betragen, dass jeder von ihnen solche sensible Punkte erregt, welche nicht zu demselben Empfindungskreise oder zu, in grösster Ausdehnung sich interferirenden Empfindungskreisen gehören.

Nach meiner Ansicht genügt es also nicht, dass, wie MEISSNER sagt, »die beiden Reize so weit aus einander gerückt werden, dass ihre physiologischen Irradiationskreise sich jeder aus  $\alpha$  verschiedenen Punkten zusammengesetzt oder vielleicht wenigstens einen Theil der sie bildenden sensiblen Punkte verschieden haben«, sondern diese verschiedenen Punkte dürfen überdies auch nicht innerhalb eines und desselben Empfindungskreises liegen, — denn es existirt ein directer Zusammenhang zwischen der Zahl der sensiblen Punkte auf einer Hautstrecke von gegebener Grösse und dem Grade der Feinheit der Gliederung der Localzeichen oder der Zahl verschiedener Localzeichen, die dort erstehen können«, nicht in der Weise, wie MEISSNER will, dass »die Erregung einer bestimmten Zahl sensibler Punkte einen Irradiationskreis, sofern er für die Seele das Localzeichen abgeben soll, bilden muss«, sondern in der Art, dass an Orten, wo die relative Menge der sensiblen Punkte grösser ist, zugleich in Folge gewisser fixer, correspondirender, geometrischer Verhältnisse in der Peripherie und im Centrum auch die Empfindungskreise kleinere Durchmesser haben, und *vice versa*.

Für die Bildung des aus den Localzeichen der einzelnen erregten

Nervenfasern resultirenden Localzeichens höherer Ordnung — des »als physiologische Einheit functionirenden Irradiationskreises« MEISSNER'S ist eben nicht die Zahl der gereizten sensiblen Punkte, welche ja auch in so ferne zufällig ist, als sie von dem Durchmesser des physikalischen Zerstreungskreises abhängt, das Wesentliche, sondern die Stellung der den einzelnen Nervenfasern, welche durch den Reiz getroffen sind, eigenthümlichen Localzeichen in dem »stetig« abgestuften System der Localzeichen«, welches, den Ausdruck der Feinheit seiner Gliederung in dem Durchmesser der fixen, von mir so genannten Empfindungskreise findend, auf eine freilich bisher unerklärliche Weise durch gewisse correspondirende Anordnungen in dem peripherischen und centralen Nervensysteme bedingt ist<sup>1</sup>). Die erforderliche Grösse des Abstandes zweier benachbarter Reize von einander auf der Haut, wenn sie räumlich getrennt empfunden werden sollen, hängt also wesentlich ab:

1. von der Grösse des Durchmessers der Empfindungskreise der betreffenden Hautstelle, denn der Abstand kann unter gewöhnlichen Umständen nicht kleiner sein als der Durchmesser eines Empfindungskreises;

2. von der Grösse der »physikalischen Zerstreungskreise« der Reize, denn je grösser der Durchmesser derselben ist, desto weiter muss man die Reize von einander entfernen, soll ein ganzer Empfindungskreis oder mehr zwischen beiden völlig unberührt bleiben: und

3. von der Uebung und Aufmerksamkeit des Individuums, denn nach diesen subjectiven Momenten richtet sich die Grösse des die Empfindungen trennenden Zwischenraumes, welche erforderlich ist, damit das Individuum denselben wahrzunehmen im Stande sei; hierin liegt zugleich die Möglichkeit einer Ausbildung und Verfeinerung des Raumsinnes.

Die bisher mitgetheilten Erörterungen haben wohl meine die

<sup>1</sup> Hiermit werden sich LOTZE und MEISSNER schliesslich einverstanden erklären können und müssen, da einerseits ihrer Forderung »intensiver Localzeichen« Genüge geschieht und da sie andererseits gegen meine Hypothese und zu Gunsten ihrer Anschauungsweise nicht geltend machen dürfen, dass die erstere ein Erklärungsversuch sei, der eigentlich Nichts erkläre, und zwar aus dem einfachen Grunde nicht, weil ihre Anschauungsweise, wie oben nachgewiesen wurde, ebenso wenig erklärt als die meine — mit dem Unterschiede jedoch, dass ich die Erklärung gewisser Grundverhältnisse offen als (für jetzt und vielleicht für immer) unmöglich bezeichne, während sie dieselben zwar ebenso wenig geben, sondern durch eine Erschleichung höchstens vortäuschen können, und ferner, dass sich wohl mit meiner, aber nicht mit ihrer Hypothese die Resultate aller Experimente etc. auf die ungezwungenste Weise in Einklang bringen lassen.

beiden Eingangs charakterisirten Anschauungen vermittelnde, so zu sagen eklektische Theorie des Raumsinnes der Haut überhaupt und ihr Verhältniss zu den beiden anderen Theorien klar genug auseinandergesetzt, so dass ich, ohne Missverständnisse befürchten zu müssen, mich der Mühe überheben darf, auf weiteres Detail, welches mit Notwendigkeit aus den gegebenen Prämissen fliessen, einzugehen.

Ich erlaube mir nur noch hervorzuheben, dass sich im Sinne meiner Hypothese die Resultate aller bisher bekannten Experimente so weit, als sie überhaupt erklärbar sind, auf die einfachste Weise erklären lassen, und dass meine Hypothese mit keiner der anatomischen Thatsachen, welche die neuesten mikroskopischen Untersuchungen der Tastorgane festgestellt haben, im Widerspruche steht.

Aus diesen Gründen schmeichle ich mir mit der Hoffnung, dass es meinen Bemühungen gelungen sein dürfte, die unserem gegenwärtigen Wissen allein entsprechende Theorie des Raumsinnes der Haut angebalmt zu haben, mit welcher auch LOTZE, MEISSNER und WEBER um so eher übereinstimmen können, als sie so viel von ihren eigenen Gedanken in derselben finden werden, dass sie gerade nur das absolut Unhaltbare ihrer früheren Ansichten aufzugeben brauchen.

Es ist wohl beinahe überflüssig, ausdrücklich daran zu erinnern, dass nach der von mir entwickelten Theorie so manches des in den früheren §§ Mitgetheilten eine Modification erleiden und in anderem Lichte erscheinen müsse, allein ich thue es doch, um mich nicht dem Vorwurfe auszusetzen, selbst etwa diesen Umstand übersehen zu haben.

Um nur Eins speciell anzuführen, weise ich darauf hin, dass durch die in § 3 vorgeschlagenen Messungen nicht ein Theil des Durchmesser der WEBER'schen Empfindungskreise gemessen wird, sondern *mutatis mutandis* eigentlich ein Theil des Halbmessers des »blos physikalischen Zerstreungskreises«, wobei es offenbar keinen Fehler, wohl aber eine verschiedene Annäherung an die Wirklichkeit verursachen würde, wenn die Grösse dieses Halbmessers *caeteris paribus* von den Spannungs- und Erschlaffungszuständen der Haut geändert wird oder nicht.

## § 6. Ueber das »Verkehrtfühlen«.

Bei der Erörterung des bekannten Versuches, wo man mit gekreuzten Fingern zwei Kügelchen statt Eines zu fühlen glaubt, hat man, so weit mir bekannt ist, immer nur diese Täuschung des Doppeltfühlens eines in der That nur einfachen Tastobjectes hervorgehoben,

eine andere, nicht minder interessante Seite des Versuches jedoch fast ganz übergangen. Ich meine eine schon bei geringer Aufmerksamkeit leicht zu constatirende Erscheinung, welche ich das »Verkehrt-fühlen« nennen möchte.

Stellt man nämlich den Versuch mit den gekreuzten Fingern der rechten Hand an, und hat das vermeintliche Doppeltfühlen des einfachen Tastobjectes einen hinreichend hohen Grad von Illusion erreicht (die Täuschung tritt bekanntlich mit wechselndem Deutlichkeitsgrade auf, ja sie kann sogar ganz verschwinden, wenn man sich die ungewöhnliche Lage der Finger vergegenwärtigt und in Rechnung bringt), so wird man finden, dass das rechts erscheinende Tastbild von dem Eindrücke der linken Seite des Tastobjectes auf den links liegenden Ulnarrand des Mittelfingers, das links erscheinende Tastbild hingegen von dem Eindrücke der rechten Seite des Tastobjectes auf den rechts liegenden Radialrand des Zeigefingers bedingt ist. Denken wir uns das einfache Kügelchen in zwei neben einander liegende, ein rechtes und ein linkes zerschnitten, so ist es hiernach selbstverständlich, dass im Tastbilde das rechte Kügelchen links, das linke rechts erscheinen müsse, dass wir somit das Nebeneinander der Tastobjecte in verkehrter Ordnung wahrnehmen, dass wir mit einem Werte »verkehrt fühlen«.

Da es immerhin einige Schwierigkeiten — wenigstens Unbequemlichkeiten hat, die von mir hervorgehobenen Erscheinungen, bei der Kreuzung zweier Finger hervorzurufen und genau zu beobachten, so habe ich nach anderen Organen gesucht, an welchen sich mit grösserer Leichtigkeit die zu dem Versuche erforderliche Verschiebung der Anordnung der peripherischen Tastnerven bewerkstelligen liesse, und bin auf den Gedanken verfallen, mit den leicht verschiebbaren und durch einen sehr feinen Ortssinn ausgezeichneten Lippen zu experimentiren. An den Lippen gelingen die Versuche in der That mit grösster Leichtigkeit und überraschendster Klarheit. Die Ränder der Lippen verhalten sich auf ähnliche Weise, wie die in der gewöhnlichen Fingerstellung einander zugekehrten Ränder der Finger. Schliesst man unbefangen den Mund, so berühren sich die rothen Ränder der Lippen ihrer ganzen Länge nach mit gleichnamigen, correspondirenden Punkten (vgl. Taf. 18, Fig. 24) und bilden ein sensibles Continuum, wie wenn die Mundspalte gar nicht vorhanden wäre. Die Form, Lage und Entfernung der Tastobjecte, welche die Lippen berühren, werden den objectiven Verhältnissen vollkommen entsprechend wahrgenommen. Drückt man ein Wachskügelchen oder das abgerundete Ende eines Federhalters in die Mundspalte, so dass die Lippen an correspondiren-

den Punkten berührt werden, so bezieht man die beiden Eindrücke — — je nachdem das Object tiefer oder weniger tief in die Mundspalte eingedrungen ist — entweder auf ein einziges Tastobject oder man nimmt zwei getrennte, senkrecht zur Mundspalte über einander liegende Eindrücke wahr.

Werden aber die Lippen an einander verschoben, indem man die eine derselben nach rechts, die andere nach links zieht, oder indem man nur die Eine der Lippen auf diese Art dislocirt, — so dass sich nun solche Punkte der Lippen berühren und einander gegenüber liegen, welche bei natürlicher Lippenhaltung nicht correspondiren (vgl. Taf. 18, Fig. 25), dann entspricht auch die Auffassung der Gegenstände, welche sich auf den Lippen gleichsam abbilden, den objectiven Verhältnissen nicht mehr.

Zwei in senkrechter Richtung zur Mundspalte auf die nun einander gegenüberliegenden Punkte der Lippen angebrachten Eindrücke erscheinen im entgegengesetzten Sinne zur Verschiebung der Lippen gegen einander seitlich verschoben.

Hat man die Oberlippe nach rechts, die Unterlippe nach links verschoben, so scheint uns der obere der beiden, objectiv senkrecht über einander stehenden Eindrücke links, der untere aber rechts zu liegen. Der Zwischenraum, welcher diese beiden Eindrücke in der Vorstellung trennt, kommt uns, *caeteris paribus* um so grösser vor, je weiter die getroffenen Punkte der Lippen bei der natürlichen Lage derselben in querer Richtung aus einander liegen.

Berührt man hingegen zwei sogenannte correspondirende Punkte der nach rechts dislocirten Ober- und der nach links dislocirten Unterlippe, so nimmt man die beiden Eindrücke als senkrecht zur Mundspalte übereinanderstehend wahr, obschon die die beiden Berührungspunkte verbindende Gerade nicht senkrecht zur Mundspalte steht, sondern eine der Grösse der Dislocation entsprechende Neigung von oben und rechts nach unten und links besitzt.

Werden endlich die Eindrücke so angebracht, dass die Neigung der die Berührungspunkte verbindenden geraden Linie, zwischen der Neigung, welche erforderlich ist, damit die Eindrücke sogenannte correspondirende Lippenpunkte treffen, und der zur Mundspalte Senkrechten steht — so muss das »Verkehrtfühlen« eintreten, indem dann der rechts liegende obere Eindruck in der Vorstellung links liegend, und der links angebrachte untere Eindruck rechts liegend erscheint. Man bedient sich zu diesen Versuchen am Besten eines Zirkels mit gedeckten Spitzen, nachdem man mehrere der bei natürlicher Stellung

der Lippen einander gegenüberliegenden, sogenannten correspondirenden Punkte mit Tusche oder Tinte bezeichnet hat.

Hat man die Lippen in der angegebenen Weise dislocirt und drückt man nun wie früher ein Wachskügelchen oder das abgerundete Ende eines Federhalters in die Mundspalte, so beobachtet man natürlich auch hier — wie bei dem Versuche mit gekreuzten Fingern — das sogenannte »Doppeltfühlen«, indem das einfache Tastobject deutlich doppelt vorhanden zu sein scheint. Bemerkenswerth ist dabei aber der Umstand, dass diese Täuschung ganz verschwindet, wenn man das Tastobject so weit zwischen die Lippenränder versenkt, dass es dieselben ganz umgreifen. Unter diesen Bedingungen werden wir uns nämlich der ungewöhnlichen Lage und Stellung der Lippenränder bewusst und bringen die Verschiebung derselben in Rechnung, wodurch offenbar jede Veranlassung zu einer Täuschung wegfallen muss.

Ich kann diesen Gegenstand unmöglich verlassen, ohne seine Bedeutung für das Problem des »Aufrechtsehens« hervorgehoben zu haben. In der erörterten Erscheinung des künstlich herbeigeführten »Verkehrtfühlers« der Haut findet nämlich die natürlich bedingte Beziehung, welche zwischen der Lage der erregten Netzhautpunkte und der scheinbaren Lage der Bilder im Raume besteht, in gewisser Hinsicht ihr Analogon.

Sollte es nun nicht nahe liegen und zu rechtfertigen sein, diese analogen Erscheinungen auch von analogen Einrichtungen und Verhältnissen des Nervensystems bedingt und abhängig zu denken?

Ich behalte es mir vor, auf die Beantwortung dieser Frage später einmal näher einzugehen.

### § 7. Ein Phorolyt für den Tastsinn.

Ich bin auf den, meines Wissens bisher noch nirgends ausgesprochenen und ausgeführten Gedanken verfallen, ein Phorolyt zu construiren, welches dem Tastsinne in ähnlicher Weise Bewegungen vortäuschen soll, wie die bekannte »Wunderscheibe« dem Gesichtssinne. Ein Tastphorolyt — (*sit venia verbo!*) — kann von doppelter Art sein, da nämlich die Möglichkeit vorhanden ist, entweder durch Berührung oder durch eine bestimmte Temperatur auf die Haut einzuwirken. Einen Apparat der ersten Art habe ich durch den Mechaniker des physiologischen Institutes, Herrn DURST, folgendermaassen construiren lassen:

Auf einer grossen um eine vertikale Axe drehbaren hölzernen

Scheibe, nahe am Rande derselben wurden in gleichen Abständen 12 kleine Stäbchen befestigt, von denen das erste mit der Richtung des ihm entsprechenden Radius der Scheibe zusammenfiel, während jedes der übrigen Stäbchen eine solche Stellung zu dem betreffenden Radius einnahm, als ob es immer um  $\frac{1}{12}$  eines Kreises um seinen im Radius liegenden Halbirungs- oder Mittelpunkt in diesem oder jenem Sinne weiter gedreht worden wäre, als sein unmittelbarer Vorgänger (vergl. Taf. 16, Fig. 27, *B, B, B . . . B*). In der Nähe des Randes dieser die Tastobjecte tragenden Scheibe war eine grosse, in verticaler Richtung bewegliche Klemme (Taf. 16, Fig. 28, *a b c d*) angebracht, durch welche die flache Hand ganz hindurch geschoben und in einer solchen Lage eingespannt werden konnte, dass sie über den Tastobjecten schwebte und, je nachdem sich der Vorderarm hob oder senkte, die oben erwähnten Stäbchen berührte oder nicht. Diesen Hebelbewegungen des Vorderarmes folgt natürlich jene Klemme, in der die Handwurzel eingespannt ist. Nun verbindet aber die Klemme und die verticale Axe der Tastscheibe ein einfacher Mechanismus (s. die Erklärung der Fig. 27—28) in der Art, dass bei jeder Hebung des Armes die Tastscheibe genau um  $\frac{1}{12}$  eines Kreises in bestimmter Richtung weiter gedreht wird, während dieselbe bei jeder Senkung des Armes ruhig stehen bleibt. Es ist nun leicht einzusehen, dass, wenn alles so gestellt ist, dass die flache Hand gerade eines der Stäbchen berührt, nach 12 Hebungen und Senkungen des Armes sämtliche Stäbchen der Reihe nach von der tastenden Hand berührt worden sein müssen und endlich dieselben Verhältnisse, welche vor aller Bewegung bestanden haben, sich wieder herstellen. Auf der tastenden Handfläche aber haben sich hierbei in mehr oder weniger rascher Aufeinanderfolge die Stäbchen in ihrer relativen Lage und Stellung gleichsam abgebildet, und der Beobachter, welcher immer ein und dasselbe Stäbchen betastet zu haben glaubt, ist der Meinung, dass sich ihm dieses Stäbchen unter der Hand in bestimmter Richtung um seinen Halbirungs- oder Mittelpunkt ein Mal herumgedreht habe, indem er die wahrgenommenen Stellungen der Stäbchen als Phasen einer Kreisbewegung an einander reiht und auf ein und dasselbe Object bezieht.

Es versteht sich von selbst, dass man mit dem beschriebenen Apparate die verschiedenartigsten Pendel-, Kreis- etc. Bewegungen zur Darstellung bringen könnte. Das gewählte Beispiel reicht jedoch in wissenschaftlicher Beziehung vollkommen hin.

Ich habe mit meinem Apparate, welcher sich gegenwärtig im Besitze des physiologischen Institutes befindet, in der hiesigen Blinden-

anstalt Versuche angestellt und zu meiner nicht geringen Genugthuung bemerkt, dass die herangezogenen Blinden, welche doch gewiss ganz unbefangene Beobachter waren, eine Bewegung, und bei näherem Befragen richtig die von mir beabsichtigte und erwartete Bewegung des Stäbchens wahrgenommen zu haben einstimmig behaupteten. Doch darf man die durch diesen Apparat hervorzubringende Täuschung nicht etwa für so zwingend und überwältigend halten wie jene, welche das Phoroskop veranlasst, denn die wahrgenommene scheinbare Bewegung des Stäbchens kann keine continuirliche sein und muss sich in der Empfindung sehr wesentlich von einer Drehbewegung unterscheiden, welche dadurch hervorgebracht würde, dass man ein Stäbchen, das die Hohlhand ununterbrochen berührte, um seinen Halbirungspunkt rotiren liesse.

Eine der Wirkung des Phoroskops vollkommen analoge Täuschung könnte für den Tastsinn nur durch einen Apparat der zweiten oben erwähnten Art bewerkstelligt werden, vermittelt welches nämlich statt des Drucksinnes, der unmittelbare Berührung verlangt, der Temperatursinn, auf welchen man, durch strahlende Wärme z. B., aus der Entfernung einwirken kann, erregt würde.

Die strahlende Wärme verhält sich zur Haut in ähnlicher Weise wie das Licht zur Retina. Es lässt sich daher ohne Zweifel eine Art Camera obscura mit Steinsalzlinsen construiren und vor der Haut anbringen, vermittelt welcher durch die Wärmestrahlen Punkte, Linien, Figuren und Bewegungen ganz in derselben Weise auf der Haut dargestellt werden könnten, wie dies vermittelt des optischen Apparates des Auges auf der Retina durch Lichtstrahlen geschieht.

Dies zugegeben, wird man auch die Möglichkeit eines dem Phoroskop vollkommen analogen Apparates für den Tastsinn nicht leugnen dürfen.

---

## Erklärung der Abbildungen.

### Tafel 14—18.

Fig. 1 und 2. Diese beiden Constructionen erläutern, warum die Zerstreuungskreise, welche ein in der vorderen Focalebene (*F*) oder diesseits dieser Focalebene, in der Verlängerung der Sehaxe liegender leuchtender Punkt *c* auf die Retina wirft, an Grösse zunehmen, wenn das Diaphragma von dem für die Ferne accommodirten Auge entfernt wird (*D*), dagegen abnehmen, wenn das Diaphragma dem Auge näher steht (*D'*). Dieses Verhältniss gilt jedoch nur für *c* und die in bestimmtem Umkreise um die Sehaxe gelegenen Leuchtpunkte.

Fig. 3 ist bereits im Texte weitläufig besprochen.

Fig. 4 versinnlicht, wie sich beim Stereoskopiren und zwar beim Stereoskopiren mit einem WHEATSTONE'schen Spiegelstereoskop der Convergenzwinkel der Augenaxe in grösserem Verhältnisse ändert, als der Accommodationszustand der Augen. *mn* und *no* sind die unter einem rechten Winkel zusammenstossenden Planspiegel; *op* und *mq* sind die die stereoskopischen Bilder (*ABC* und *A'B'C'*) tragenden Seitenwände des Stereoskops. *A''B''C''* und *A'''B'''C'''* geben die scheinbare Lage der Spiegelbilder an. Wird der Punkt *B''* und *B'''* fixirt, so schneiden sich die Sehaxen unter dem grösseren Winkel  $\alpha$ , werden die Punkte *A''* und *A'''* oder *C''* und *C'''* fixirt, so schneiden sich die Sehaxen unter dem kleineren Winkel  $\beta$ , während die Augen (*L* und *R*) in beiden Fällen für die Entfernung der Ebene *A'''C'''* accommodirt bleiben.

Fig. 5, 6 und 7 sind von CRAMER entlehnt und stellen die Projection eines gläsernen Cylinders dar. In Fig. 5 sind alle Linien von gleicher Stärke, in Fig. 6 ist der rechte (*b*), in Fig. 7 der linke (*a*) Kreis lichtschwächer gezeichnet. Fig. 5 erscheint am natürlichsten als plane Zeichnung, während in Fig. 6 bei unbefangener Betrachtung der linke, in Fig. 7 der rechte Kreis als der nähere imponirt.

Fig. 8 stellt einen kleinen Apparat vor, welcher zur Beobachtung der Farbmischung in Einem Auge dient. An dem Stiele (*S*) ist eine achteckige Platte befestigt, die in ihrer Mitte eine querovale Oeffnung hat; sie ist so: — . — . — skizzirt. An dieser Platte sind zwei um *A* und *B* drehbare Scheiben angebracht, welche an ihrer Peripherie je ein leeres (*o*) und sechs (1—6) mit farbigen Gläschen gedeckte Oeffnungen tragen. *DD* ist eine messingene Klemme, welche bei *a* durch ein Schraubchen von hinten her in der abgebildeten Lage befestigt wird und in dem ringförmigen Raume zwischen ihren beiden Blättern, die wieder durch das Schraubchen *b* zusammengepresst werden, ein Stück Zinnfolie trägt, in welches ein SCHEINER'sches Doppelloch in der Weise eingestochen ist, dass je nach der Stellung der Scheiben *A* und *B* Licht von beliebiger Farbe hindurch geht.

Fig. 9 ist das Spectrum, welches durch das eben beschriebene Instrument gesehen wird, wenn vor das linke Loch das blaue Gläschen (5), vor das rechte aber die leere Oeffnung (*o*) gestellt ist. Das weisse Licht erscheint dann in der Contrastfarbe zu dem angewendeten Blau. Das im Interferenzfeld vorhandene Doppelbild einer diessseits des Accommodationspunktes gehaltenen Nadel ist auch gefärbt, das linke gelblich, das rechte blau.

Fig. 10 bis inclus. 22 sind schematische Zeichnungen WEBER'scher Empfindungskreise, welche erklären sollen, warum die Veränderung des Feinheitsgrades einer Hautstelle durch Dehnung (oder Schrumpfung), dieser Dehnung (oder Schrumpfung) nicht genau proportional sein kann.

Fig. 23 gibt näherungsweise ein Bild von der Anordnung der von mir sogenannten »Empfindungskreise« in der Haut. Die wahre Anordnung derselben kann durch Zeichnung niemals vollständig wiedergegeben werden, da die Mittelpunkte der Empfindungskreise stetig die Hautfläche erfüllen.

Fig. 24 zeigt die mit einander correspondirenden Punkte der Ober- (*O*) und der Unter- (*U*) lippe bei natürlicher ungezwungener Schliessung des Mundes. Die stärkere Linie bei *o*, *o* deutet die Medianlinie an.

Fig. 25 zeigt die Lagerung der correspondirenden Punkte der Lippen, wenn die Oberlippe nach rechts, die Unterlippe nach links verschoben ist. Bei dieser Dislocation geht der *o* Punkt der Oberlippe senkrecht über Punkt 2 der Unterlippe, 1*O* über 3*U*, 1'*O* über 1'*U* u. s. w. Zwei Eindrücke, von denen der eine zwischen *o*1'*O*, der andere zwischen *o*1*U* auftritt, werden »verkehrt« gefühlt u. s. w.

Fig. 26 ist das »Stereophoroskop«.

Fig. 27 und 28 stellt das »Phorolyt für den Tastsinn« vor. Fig. 27 gibt die Ansicht von oben, Fig. 28 die von der Seite. Um die im Texte gegebene Beschreibung des Instrumentes zu vollenden, habe ich nur noch des Mechanismus mit einigen Worten zu gedenken, welcher die Klemme (*abcd*) mit der um *A* drehbaren Tastscheibe in der Weise verbindet, dass bei jeder genügenden Hebung derselben die Tastscheibe um  $\frac{1}{12}$  eines Kreises, in der Richtung der Pfeile weiter geht. An der Axe (*A*) ist ein kleines mit 12 Zähnen versehenes, horizontales Rädchen (*r*) angebracht; dieses greift in die archimedische Schraube (*z*) ein, deren Axe durch die Klötzchen *m* und *n* fixirt ist und das Rädchen (*o*) trägt, das durch die an der Klemme befestigte Zahnstange (*t*) in Bewegung gesetzt wird. Die Verhältnisse der einzelnen Theile dieses Mechanismus sind nun so getroffen, dass, wenn man die Klemme so hoch als möglich gehoben hat, — welche Bewegung durch die Stäbe *F* und *F'* gesichert und geleitet wird — die Zahnstange *t*, das Rädchen *o* und damit die Schraube *z* so oft umdreht, als erforderlich ist, um das Rädchen *r* um Einen Zahn und damit die Tastscheibe um  $\frac{1}{12}$  eines Kreises in der Richtung der Pfeile weiter zu schieben. Bei Senkung der Klemme — (wobei durch die Zahnstange nur der die Zähne tragende Rand des Rädchens (*o*) in Bewegung gesetzt wird, während der centrale Theil desselben nebst der Axe der archimedischen Schraube und somit die ganzen Tastscheiben ruhig stehen bleiben) — trifft die tastende Hand jedesmal ein anderes und zwar das links vorhergehende Stäbchen. Wird der Mechanismus stetig in Bewegung gesetzt, so bieten sich die Stäbchen der tastenden Hand in der Reihenfolge (1 . . . 12) dar und es entsteht für den Beobachter die Täuschung, als ob sich das stäbchenförmige Tastobject in der Richtung der kleinen Pfeile (bei *B* 1) um seinen Halbirungspunkt herumdrehte.