

*Physiologische Studien.*

Von Dr. Johann Czermak in Prag.

(Mit V Tafeln.)

ZWEITE ABTHEILUNG <sup>1)</sup>.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 18. Jänner 1855.)

## I.

Zusätze zu der ersten Abtheilung dieser Studien.

Zusatz zu §. 1.

## Über die Accommodationslinien.

a) Da nach Ad. Fick's und Anderer Untersuchungen<sup>2)</sup> der optische Apparat des Auges die in der verticalen und horizontalen Ebene verlaufenden Strahlen niemals gleichzeitig auf der Retina zur Vereinigung bringt oder, anders ausgedrückt, da der Accommodationspunkt für die verticale Ebene in einer andern Entfernung vom Auge liegt, als der für die horizontale; so muss man offenbar für jeden einzelnen Accommodationszustand verschiedene Accommodationslinien erhalten, je nachdem man die Strahlenbrechung in der horizontalen, in der verticalen oder in einer geneigten Ebene betrachtet.

Wollte man alle diese Verhältnisse in Einer Accommodationslinie ausdrücken; so müsste man derselben eine körperliche, nach den drei Dimensionen des Raumes ausgedehnte Gestalt geben, indem man die Ebene, in welcher die flächenförmige Accommodationslinie verzeichnet ist, um die Sehaxe ein Mal in Gedanken rotiren liesse.

Wenn die brechende Kraft des optischen Apparates in allen Richtungen genau dieselbe wäre oder wenn die Unregelmässigkeiten der brechenden Kraft keine wahrnehmbaren Unterschiede der Vereinigungsweiten setzen könnten, so würde die körperliche Accommodationslinie die Gestalt zweier dünnen Kegel erhalten, deren

<sup>1)</sup> Die erste Abtheilung findet sich im XII. Bande, Seite 322 der Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe, 1854.

<sup>2)</sup> Zeitschrift für rationelle Medicin. Neue Folge, II, S. 83. — Vergleiche auch Sturm: Über die Theorie des Sehens. Poggendorff's Annalen, Band LXV, S. 116 und Fechner's Centralblatt für Nat. und Anthropologie, Nr. 3, S. 73, Jahrg. 1853.

Basen und Querschnitte kreisförmig und deren Spitzen durch eine Linie (Accommodationslinie i. e. S.) verbunden wären und von denen der Kegel, dessen Basis auf der Cornea steht, einen stumpferen Scheitelwinkel besäße, als jener dessen Basis vom Auge abgewendet ist.

Wenn hingegen die brechende Kraft unseres optischen Apparates, wie es nach A. Fick wirklich der Fall ist, in der verticalen Ebene eine andere wäre, als in der horizontalen und wenn diese beiden Extreme allmählich in einander übergängen, dann würden die beiden Kegel der körperlichen Accommodationslinie elliptische Basen und Querschnitte bekommen, deren Durchmesser sich für jeden einzelnen Accommodationszustand und innerhalb einer und derselben Accommodationslinie in bestimmten Verhältnissen gesetzmässig ändern müssten.

Eine solche körperliche Accommodationslinie wäre der vollständige Ausdruck der einem bestimmten Accommodationszustand entsprechenden, bei demselben Grade der Aufmerksamkeit, durch die Schärfe der Retina einerseits (physiologisch), anderseits durch den optischen Apparat (physicalisch) bedingten Verhältnisse der Deutlichkeit, mit welcher leuchtende in einer unendlichen Reihe hintereinander liegende Punkte wahrgenommen werden können.

b) Die Lehre von den Accommodationslinien, welche ich in §. 1 der ersten Abtheilung nur in den allgemeinsten Grundlinien skizzirt, und deren weitere Ausführung in Bezug auf die von A. Fick erkannten Eigenschaften des optischen Apparates ich durch den eben mitgetheilten Zusatz angedeutet habe, muss auch noch in Beziehung auf das indirecte Sehen ausgeführt werden, da bisher hiervon nicht ausdrücklich die Rede gewesen ist.

Es ist bekannt, dass die Feinheit des Raumsinnes der Retina von dem Axenpunkte an nach der Peripherie hin in überaus rascher Progression abnimmt. Diese Abnahme der Feinheit des Raumsinnes ist nun so bedeutend, dass die Zerstreungskreise, welche in Folge unpassender oder unvollkommener Accommodation auftreten, nur für die um den Axenpunkt gelegene etwa  $\frac{1}{2}$  Par. Lin. im Durchmesser haltende Fläche<sup>1)</sup> der Retina leicht wahrnehmbar und merklich störend sein können, während dieselben für den stumpferen periphe-

1) Vergl. E. H. Weber: „Über den Raumsinn,“ in den Berichten über die Verhandlung. der kön. sächs. Gesellschaft der Wissensch. zu Leipzig, II, 1853, S. 136.

rischen Theil der Retina immer bedeutungsloser werden und endlich so gut wie gar nicht vorhanden sind.

Von der Richtigkeit des Gesagten kann man sich leicht überzeugen, wenn man ein passendes Object indirect, d. h. vermittelt eines mehr oder weniger weit von dem Axepunkte entfernten Theiles der Retina fixirt und dabei den optischen Apparat des Auges für die verschiedensten Entfernungen einrichtet.

Man findet dann von den Veränderungen, welche die verschiedenen Accommodationszustände (die selbstverständlich nicht ohne Einfluss auf die optische Schärfe und Reinheit des Netzhautbildens bleiben können) hinsichtlich der Deutlichkeit der Wahrnehmung des indirect gesehenen Objectes hervorbringen sollten, um so geringere Spuren, je näher die afficirte Netzhautstelle an der *Ora serrata* liegt.

Wenn kein Undeutlicherwerden des Details und der Umrisse des indirect gesehenen Gegenstandes mehr bei unpassender Accommodation auftritt, dann nehme ich meistens noch ein Blässerwerden der fixirten Objecte wahr und erkläre mir dasselbe hauptsächlich aus der geringeren Intensität zerstreuter Bilder. Beiläufig sei bemerkt, dass wir hier in der Retina die Fähigkeit geringe Licht-Intensitätsunterschiede wahrzunehmen mit einer sehr geringen Feinheit des Raumsinnes gepaart antreffen. Die Haut der Augenlider und der Wangen bietet hierzu ein Analogon in der Sphäre des Tastsinnes, indem dieselbe nach Weber's Untersuchungen einen relativ feineren Temperatur- als Raumsinn besitzt. Über die Beschaffenheit der Accommodationslinien für das indirecte Sehen mögen folgende Andeutungen, welche sich aus den berührten Prämissen ergeben, genügen.

Mit der Abnahme der Feinheit des Raumsinnes, welche bedeutender und rascher in horizontaler als in verticaler Richtung stattfinden soll<sup>1)</sup>, wächst die Länge und die Breite der Accommodationslinie i. e. S. [wir haben hier die in einer Ebene verzeichnete Linie im Sinne, welche beiläufig bemerkt niemals, auch nicht für das directe Sehen, eine mathematische Linie ist], bis es endlich keinen Unterschied mehr zwischen einer Accommodationslinie i. e. S.

<sup>1)</sup> Vergl. G. Meissner's wichtige „Beiträge zur Physiologie des Sehorgans“, Leipzig 1854, S. 58.

und i. w. S. gibt. Ferner müssen die elliptischen Basen und Querschnitte der körperlichen Accommodationslinien allmählich in Kreise sich verwandeln und die beiden Kegel zu Einem Cylinder verschmelzen, indem die Verschiedenheit der Vereinigungsweiten der in der verticalen und in der horizontalen Ebene befindlichen Strahlen eben so wenig indirect wahrnehmbare Zerstreuungskreise zu setzen im Stande ist, als der Unterschied der Vereinigungsweiten von Strahlen leuchtender Punkte, die diesseits und jenseits des Accommodationspunktes liegen. Für das indirecte Sehen wird die Dringlichkeit der Accommodations-Veränderungen behufs des möglichst deutlichen Sehens und die Nothwendigkeit der Existenz eines sogenannten Accommodations-Vermögens, wie die Accommodationslinien beweisen, immer geringer und endlich gleich Null. Ich habe schon in meiner ersten Mittheilung über die Accommodationslinien (Verhandlung der Würzburger med.-physic. Gesch., Band I, p. 184) darauf hingewiesen, dass sich die Nothwendigkeit des Accommodations-Vermögens gar nicht einsehen und beweisen lässt, wenn man nicht neben den rein optischen Betrachtungen, auch der Schärfe der räumlichen Wahrnehmung auf der Retina Rechnung trägt. Die Betrachtung der Accommodationslinien für das indirecte Sehen liefert nun den schlagenden Beleg für die Richtigkeit dieser meiner Behauptung.

## Zusatz zu §. 2.

Über die Wirkung punktförmiger Diaphragmen auf das Sehen.

a) Ich habe daselbst die Beobachtung mitgetheilt, dass, wenn man durch ein feines Löchelchen entfernte Gegenstände fixirt und dabei für die Nähe accommodirt, dieselben auffallend kleiner werden und zugleich in der Dimension der Tiefe deutlich zurückweichen; dann aber wieder grösser werdend hervortreten, wenn man für die Ferne accommodirt.

Die Bedingungen des Kleinerwerdens der entfernten Gegenstände durch die Accommodation für die Nähe glaube ich in §. 2 der I. Abtheilung erschöpfend erörtert zu haben und weiss daher in dieser Beziehung nichts hinzuzufügen. Wenn ich trotzdem auf die mitgetheilte Beobachtung zurückkomme, so geschieht dies um durch die allseitige Erörterung der Bedingungen des Versuches jenes Moment aufzufinden, welches den Verstand bestimmt, die stätige Verkleinerung der Bilder, welche sowohl durch allmähliches sich Verkleinern

der Objecte, als durch allmähliches Entfernen derselben in der Dimension der Tiefe, hervorgebracht sein könnte, gerade nur in der letzteren Weise auszudeuten und anzusehen. In der Vergrößerung und Verkleinerung des Gesichtswinkels, unter welchem die Objecte erscheinen, kann man offenbar die Erklärung dieser Thatsache nicht finden, denn man begriffe dann nicht, warum gerade die zweite und nicht vielmehr die erste Möglichkeit der Auffassung Wirklichkeit wird. Die Veränderung der Grösse des Gesichtswinkels bedingt an und für sich keine scheinbare Verrückung der gesehenen Objecte in der Dimension der Tiefe. Erst wenn gewisse andere Momente hinzukommen oder wegfallen, erhält die Veränderung des Gesichtswinkels in der Anschauung eine bestimmte Deutung und bestimmten Werth. Unser Urtheil über die Entfernung eines Gegenstandes in der Dimension der Tiefe, wird bekanntlich wesentlich durch den Convergenzwinkel der Sehaxen und durch den Zustand des Accommodationsapparates, ferner in zweiter Linie auch durch die relative Lichtstärke und „vielleicht“ durch die verschiedene Grösse der Zerstreuungskreise, unter welchem die Gegenstände erscheinen, bestimmt <sup>1)</sup>).

Was die Art angeht in welcher diese Momente unser Urtheil bestimmen, so gilt, unter übrigens gleichen Umständen Folgendes.

Ad. 1. Je stärker die Augenaxen convergiren müssen um auf einem Gegenstande einzuschneiden, desto näher erscheint uns derselbe und umgekehrt.

Ad. 2. Die Gegenstände erscheinen uns um so näher, je grösser die Anstrengungen sind welche die Muskeln des Einrichtungsapparates machen müssen, um das Auge für divergirende Strahlen, d. h. für die Nähe zu accommodiren und das Bild deutlich zu entwerfen, und vice versa. Ich erinnere hier namentlich an die scheinbare Entfernung oder Näherung eines auf der Retina vorhandenen Blendungsbildes, je nachdem das Auge für die Ferne oder die Nähe accommodirt wird.

Ad. 3. Naeh Ludwig gewinnt die Lichtstärke nur „jenseits der deutlichen Sehweite und in Abständen, in welchen die Gegenstände mit fast parallelen Strahlen aufgefasst werden, Einfluss auf die Schätzung der Entfernung, keinesfalls aber innerhalb der

<sup>1)</sup> Vergl. Ludwig: Lehrbuch der Physiologie des Menschen. 1833, Bd. I, S. 253.

„deutlichen Sehweite“. Dies scheint mir jedoch unrichtig zu sein, indem es dann unbegreiflich wäre, auf welche Art Maler auf der Leinwandfläche durch Vertheilung von Licht und Schatten plastisch hervortretende Relieffiguren zu Stande bringen könnten u. s. w. Übrigens hat Cramer einige Versuche angegeben, welche Ludwig's Behauptung widerlegen, indem sie beweisen, dass auch innerhalb der deutlichen Sehweite lichtstärkere Gegenstände näher, lichtschwächere entfernter zu stehen scheinen. Cramer<sup>1)</sup> fand nämlich, dass die Projection einer stereometrischen Figur, welche man nach Necker's Bemerkung in doppelter Weise auffassen kann<sup>2)</sup> sich in einer bestimmten Weise der Vorstellung aufdringt, wenn der Theil der Figur, welcher hervortreten soll lichtstärker gezeichnet ist als der Theil, welcher zurücktreten soll

„Meer in het oogvallend, sagt Cramer<sup>3)</sup>, dat het meest lichtsterke zich als het naastbij zijnde aan ons voordoet, zien wij dit nog aan het volgen Fig. 5, *a*, *b* (vergl. Fig. 5), zij een korte glazen cilinder. Men kan nu bij deze figuur naar willekeur de opening *a* als de voorste en *b* als de achterste beschouwen, of ook wel omgekeerd *b* als de voorste opening — waar men inziet — aanmerken, en *a* als de achterste — waardoor men weêz uitziet.

Zoodra echter de eirkels ongelijk van lichtsterkte zijn, zoo als bij Fig. 6 en 7 (vergl. Fig. 6 und 7), dringt zich de lichte eirkel in onze voorstelling onwillekeurig als de voorste opening van den cilinder aan ons op, men kan bij Fig. 6 alleen tot de opening *a* in-en door de opening *b* uitzien, terwijl juist het omgekeerde met Fig 7 plaats heeft.“

So richtig im Ganzen Cramer's interessante Beobachtung ist, so geht derselbe doch entschieden zu weit, wenn er glaubt, dass man in Fig. 6 nur durch die Öffnung *a* hinein, durch die Öffnung *b* hinaussehen kann. Mir gelingt es wenigstens stets, nach Willkür in Fig. 6 die Stellung des Glaseylinders auch so aufzufassen, dass ich durch die Öffnung *b* hinein, durch die Öffnung *a* hinauszu sehen meine, obsehon sich allerdings eine grössere Anstrengung dabei

1) Cramer: Bijdrage tot de Verklaring der zoogenaamde Irradiatie-Versehynselen. Nedert. Lancet, 1854; 3. Serie, 3. Jaarg.

2) Eigentlich kann man sie in 3facher Weise: 1. als ebene Zeichnung, und dann noch in doppelter Weise als körperliche Figur auffassen.

3) a. a. O. pag. 17.

fühlbar macht, als bei Betrachtung der Fig. 5. Diese Anstrengung rührt offenbar daher, dass der lichtschwächere Cirkel als der nähere, der lichtstärkere aber, als der entferntere aufgefasst werden soll. Denn beschaut man Fig. 6 und 7 ganz unbefangen, so wird sich einem die von Cramer angegebene Auffassung immer von selbst aufdringen, woraus eben der Einfluss der relativen Lichtstärke auf die Schätzung der Entfernung auch innerhalb der deutlichen Schweite ersichtlich wird; und dieser Einfluss muss im Falle, dass der lichtschwächere Cirkel als der nähere aufgefasst werden soll, überwunden werden.

Schliesslich bemerke ich noch beiläufig, dass man Fig. 5 am leichtesten als ebene Zeichnung auffasst, indem bei jeder der beiden anderen Auffassungen der eine der Kreise als der vordere, der andere als der hintere betrachtet werden soll, obschon der erstere eben so lichtstark ist, als der letztere.

Ad 4. Was die Grösse der Zerstreuungskreise, als bestimmendes Moment für die Auffassung der Dimension der Tiefe anbelangt, so fand ich bei Ludwig a. a. O. keine hinreichend bestimmten und detaillirten Angaben.

Ich sah mich genöthigt den Gegenstand selbst genauer zu verfolgen. Es wird sich zeigen, dass es gerade dieses Moment ist, welches in unserem Falle besonders thätig und wirksam auftritt. Das Wachsen und Abnehmen der Zerstreuungskreise bringt, nach meinen Beobachtungen hinsichtlich der Beurtheilung der Entfernung des betreffenden Gegenstandes, entgegengesetzte Wirkungen hervor, je nachdem der Gegenstand diessseits oder jenseits des Accommodationspunktes liegt.

Betrachte ich monoocular eine wohlpolirte Nadel in beliebiger Entfernung und accommodire mein Auge für die Nähe, so dass der Accommodationspunkt näher an das Auge rückt und die Nadel immer weiter jenseits desselben zu stehen kommt, so scheint die Nadel in dem Maasse als sie in Zerstreuungskreise zerfährt, in der Dimension der Tiefe zurückzuweichen. Die Nadel scheint jedoch in dem Maasse wieder hervorzutreten, als ihre Umriss sich aus dem schwindenden Nebel der Zerstreuungskreise durch die entgegengesetzte Accommodationsthätigkeit wieder schärfer herausheben.

Hält man die Nadel näher ans Auge und accommodirt für die Ferne, wobei die Nadel diessseits des Accommodationspunktes zu

liegen kommt, so findet mit dem Wachsthum der Zerstreungskreise kein Zurückweichen des zerstreuten Bildes vom Auge, sondern im Gegentheil eine scheinbare Näherung desselben zum Auge Statt, während mit der Abnahme der Zerstreungskreise die Nadel statt wie früher hervorzutreten, auf ihren alten Platz zurückrückt.

Nach dem Gesagten halte ich mich für berechtigt, folgenden Satz auszusprechen: Ein diesseits des Accommodationspunktes befindlicher Gegenstand wird um so näher, ein jenseits des Accommodationspunktes befindlicher um so entfernter erscheinen, je grösser die Zerstreungskreise sind, welche an ihm wahrgenommen werden.

Wir haben nun zu untersuchen, welche besondere Combination der erörterten vier, unser Urtheil bestimmenden Elemente in dem oben angeführten Versuche wirksam sind.

Die durch ein Löchelehen betrachteten entfernten Gegenstände scheinen in der Dimension der Tiefe zurückzuweichen, während:

1. der Convergenzwinkel der Augenaxen grösser wird, indem sich das geschlossene Auge bei der Accommodation für die Nähe nach einwärts dreht;
2. der optische Apparat für die Nähe eingerichtet wird;
3. die sich verkleinernden Bildehen lichtschwächer, und
4. zugleich, durch die Vergrösserung der Zerstreungskreise, undeutlicher werden.

Kehren sich die aufgezählten Bedingungen um, so folgt unänderlich die entgegengesetzte Auffassung der Verhältnisse — die sich vergrössernden Gegenstände scheinen an den Beobachter näher heranzutreten.

Sehen wir nun zu, in welcher Art die einzelnen Elemente, welche unser Urtheil über die Dimension der Tiefe bestimmen, thätig sind, so werden wir zunächst die Vergrösserung des Convergenzwinkels, welche ohnedies ein Nähertreten und nicht ein Zurückweichen der Gegenstände zur Folge haben müsste, in unserem Falle als bedeutungslos und unwirksam erklären müssen, da nur mit Einem Auge gesehen wird.

Die Accommodation für die Nähe, welche *caeteris paribus* eine Verkleinerung und Näherung des gegebenen Gegenstandes bedingt, wirkt in der einen Richtung, hinsichtlich der Verkleinerung

der Objecte, welche factisch eintritt (vergl. I. Abtheilung, §. 2), ungehindert, wird aber in der andern Richtung ihres bestimmenden Einflusses — hinsichtlich der scheinbaren Näherung des Objectes, welche hier gerade in das Gegentheil umschlägt, durch andere gleich anzugebende Momente überwogen und vollständig gebunden.

Diese andern entgegengesetzt wirkenden Momente, welche uns bestimmen, die sich verkleinernden Gegenstände zugleich als zurückweichend aufzufassen, sind die Abnahme der Lichtstärke und die Zunahme, d. h. Vergrößerung der Zerstreuungskreise, welche letztere, da sie hier, bei jenseits des Accommodationspunktes gelegenen Objecten (vergl. oben ad 4) auftritt, ein scheinbares Zurückweichen derselben bedingt.

Da beim Accommodiren des Auges für die Ferne alle erörterten Umstände sich umkehren, so hat es keine Schwierigkeit einzusehen, dass auch unser Urtheil über die Richtung der scheinbaren Bewegung in der Dimension der Tiefe in entgegengesetzter Weise ausfällt.

Dass die erörterte Ersehung wirklich durch die angegebenen Momente bedingt wird, und nicht etwa eine nur durch die schnelle Veränderung des Gesichtswinkels, unter welchen die Objecte erscheinen, gesetzte Täuschung ist — obgleich ich die Möglichkeit einer solchen Täuschung nicht absolut leugnen will, — ersieht man leicht daraus, dass kaum eine Spur des scheinbaren Vor- und Zurücktretens bemerkt wird, wenn man den Versuch so einrichtet, dass alle jene Momente, welche nach unserer Meinung die Ersehung bedingen, wegbleiben.

α. Ich zeichnete auf eine sogenannte Stampfer'sche Wunderseheibe eine Reihe von Kreisen, deren Durchmesser nach der einen Seite immer kleiner und kleiner genommen wurden, bis die Reihe endlich mit einem Punkte schloss. Betrachtete ich nun diese Zeichnung durch die mit Spalten versehene Durchsichtsscheibe, so erschienen mir, je nachdem ich nach rechts oder nach links drehte, Kreise die zu Punkten zusammenschrumpften oder Punkte, die sich zu Kreisen ausdehnten — ich konnte jedoch nichts von einem Hervor- oder Zurücktreten der Kreise und Punkte bemerken.

β. Betrachtet man einen verticalen nach unten an Dicke zunehmenden Strich durch ein feines Löffelchen, indem man denselben in gleichbleibender Entfernung senkrecht auf- und abschiebt, so dass das von dem Strich gesehene Stück stätig an Grösse ab- und zunimmt

so müsste, wenn die Vergrößerung und Verkleinerung des Gesichtswinkels, unter welchem die Objecte erscheinen, das Vor- und Zurücktretten in die Dimension der Tiefe wesentlich bedingte, der Strich sich zu nähern und zu entfernen scheinen. Dies habe ich jedoch nicht beobachten können, sondern der Strich schien mir einfach dicker und dünner zu werden ohne seine scheinbare Entfernung zu ändern.

b) Bei dem Versuche, wo man einen nahe an das Auge gehaltenen Gegenstand durch das feine Löffelchen im Kartenblatte bedeutend vergrößert sieht, wenn das Auge für eine grössere Entfernung accommodirt ist, habe ich bei willkürlicher Veränderung des Accommodationszustandes nur Spuren einer solchen Bewegung der Gegenstände in der Dimension der Tiefe und eines solchen Grössenwechsels derselben wahrnehmen können.

Dies kann nicht Wunder nehmen, da unter den obwaltenden Bedingungen die Veränderung des Accommodationszustandes factisch weder eine merkliche Vergrößerung und Verkleinerung der Bilder, noch einen auffallenden Wechsel der Lichtstärke, noch auch eine hinreichende Zu- und Abnahme der Zerstreungskreise setzt.

Überdies wirkt das Moment der relativen Lichtstärke, welches im vorigen Falle (vgl. oben unter a) gleichsinnig mit dem Momente des Wachsthumes der Zerstreungskreise wirkte, hier demselben entgegen.

Unter den obwaltenden Verhältnissen werden nämlich, wenn man überhaupt Spuren einer Veränderung merkt, beim Accommodiren für die Nähe die sich verkleinernden Bilder lichtstärker und optisch deutlicher, beim Accommodiren für die Ferne hingegen lichtschwächer und optisch undeutlicher.

Da die gesehenen Gegenstände im vorliegenden Falle diesseits des Accommodationspunktes gelegen sind, so ist mit der Verkleinerung der Zerstreungskreise ein Zurückweichen, mit der Vergrößerung derselben ein Nähertreten, wie man Spuren davon wirklich bei angestrebten Accommodationsbewegungen beobachten kann, verknüpft; während die Verhältnisse der Lichtstärke, welche im ersten Falle zu- im zweiten Falle abnimmt, gerade die entgegengesetzte Beurtheilung der Bewegung der Gegenstände in der Dimension der Tiefe verlangen. Die entgegengesetzten Wirkungen dieser beiden Momente heben sich in der Art

auf, dass das erstere mit einem geringen Überschusse die Oberhand behält und das Urtheil ganz allein bestimmt. Dieser Überschuss wird jedoch noch etwas abgeschwächt, indem ein Theil desselben den Einfluss der Accomodationsthätigkeit, die gerade so wie im vorigen Falle (sub *a*) in entgegengesetztem Sinne wirkt, bindet und unschädlich macht. Da zu den an und für sich unbedeutenden Veränderungen noch solche Hemmungen hinzukommen, so ist es wohl begreiflich, warum die scheinbare Entfernung und Näherung der Gegenstände in dem eben besprochenen Falle weit unbedeutender ausfallen muss, als in dem sub *a* erörterten Falle; dort hat man es mit fernen, hier mit sehr nahen Gegenständen zu thun.

*c*) Eine wesentliche Bestätigung erhält der von mir sub *a* ad 4 aufgestellte Satz über die Art, in welcher der Grössenwechsel der Zerstreuungskreise unser Urtheil über die Entfernung eines diesseits oder jenseits des Accomodationspunktes gelegenen Gegenstandes bestimmt, durch die folgenden Versuche und Betrachtungen.

Ich habe schon in dem §. 2 der I. Abtheilung angegeben, dass man bei den Versuchen mit punktförmigen Diaphragmen unter übrigens gleichen Umständen aus rein optischen Gründen eine um so bedeutendere Vergrösserung oder Verkleinerung der betrachteten Gegenstände erzielt, je mehr man die punktförmige Öffnung des Kartenblattes dem Durchkreuzungspunkte der Strahlen *bd* und *ac* nähert (vgl. Fig. 3, 4 und 5 der I. Abtheilung). Die bedeutendste Vergrösserung oder Verkleinerung erzielt man natürlich, wenn man die punktförmige Öffnung mit diesem Durchkreuzungspunkte zusammenfallen lässt. Von der Beugung der Lichtstrahlen am Rande der Öffnung sehe ich hier vorläufig ganz ab. Wenn man einen Gegenstand nahe vor das Auge bringt, während das Auge für die Ferne accommodirt ist, so dass derselbe diesseits des Accomodationspunktes zu liegen kommt, und dann zwischen Gegenstand und Auge ein durchlöcheretes Kartenblatt bringt, so sieht man den Gegenstand, wie bereits erörtert wurde <sup>1)</sup>, mehr oder weniger stark vergrössert. Schiebt man nun das durchlöcherete Kartenblatt zwischen dem Auge und dem Gegenstande gleichsam auf der Schaxe, welche durch das Löchelchen geht, hin und her, so bemerkt man, dass die Vergrösserung merklich zunimmt, wenn das Kartenblatt vom Auge entfernt wird, dass sie hingegen

<sup>1)</sup> Vergl. §. 2, I. Abtheilung.

abnimmt, wenn das Kartenblatt dem Auge genähert wird. Dabei habe ich ferner den bemerkenswerthen Umstand beobachtet, dass der Gegenstand in sehr auffallender Weise in Bewegung zu gerathen und zwar während seiner Vergrößerung zugleich gegen die Öffnung des Kartenblattes heranzutreten, während seiner Verkleinerung hingegen von derselben zurückzuweichen scheint.

Durch das Hin- und Herschieben des punktförmigen Diaphragmas bringen wir also bei unverändertem Accommodationszustande genau dieselbe Erscheinung der scheinbaren Näherung und Entfernung der Gegenstände hervor, wie sie bei feststehendem Diaphragma durch Veränderung des Accommodationszustandes mit Nothwendigkeit eintritt. Könnten wir für beide Fälle das Vorhandensein der gleichen, unser Urtheil bestimmenden wesentlichen Umstände nachweisen, so würde unser Vertrauen zu der Richtigkeit der ganzen hier mitgetheilten Betrachtungen nicht unbeträchtlich wachsen. Diesen Nachweis nun können wir in der That liefern.

Vergegenwärtigen wir uns zuerst, dass die Näherung des Diaphragma's an das Auge die gleiche Folge hat, wie das Accommodiren des Auges für die Nähe — nämlich das scheinbare Zurückweichen des Gegenstandes; und dass die Entfernung des Diaphragma's vom Auge die gleiche Folge hat, wie das Accommodiren für die Ferne — nämlich die Näherung des Gegenstandes.

Untersuchen wir nun sofort die Umstände, welche durch das Verschieben des Kartenblattes gesetzt werden, ob es wesentlich dieselben sind, welche unser Urtheil bei der Veränderung des Accommodationszustandes bestimmen. Durch das Entfernen des Kartenblattes vom Auge wird das sich vergrößernde Bild des Gegenstandes zu gleicher Zeit lichtschwächer und undeutlicher, d. h. die Zerstreungskreise nehmen an Grösse zu. Zuzufolge der Abnahme der Lichtstärke sollte uns zwar der Gegenstand zurückzuweichen scheinen; die Vergrößerung der Zerstreungskreise bei einem diesseits des Accommodationspunktes gelegenen Gegenstande bestimmt uns aber zur entgegengesetzten Auffassung, und da dieses letztere Moment hier das bedeutendere ist, so überwindet es das erstere und wir beurtheilen die scheinbare Bewegung des Gegenstandes in seinem Sinne — als Näherung.

Schieben wir das Kartenblatt zurück, wodurch es dem Auge genähert wird, so treten die entgegengesetzten Veränderungen an dem sich etwas verkleinernden Bilde ein — es wird lichtstärker und deutlicher, d. h. seine Zerstreuungskreise nehmen an Grösse ab — und die scheinbare Bewegung muss in ihr Gegentheil umschlagen, der Gegenstand scheint zurückzuzweichen.

Aus welchem Grunde und in welcher Art das Verschieben des Diaphragma's im ersten Falle eine Vergrösserung, im zweiten eine Verkleinerung der Zerstreuungskreise setzt, ersieht man leicht durch die genauere Betrachtung von Fig. 1 und 2. Dass mit der Vergrösserung der Zerstreuungskreise eine Verminderung der Lichtstärke gesetzt wird, lehrt der Augensehein — und versteht sich wohl auch von selbst.

Vergleichen wir jetzt die unser Urtheil über die Dimension der Tiefe bestimmenden Umstände, welche einerseits die Veränderung des Accomodationszustandes bei feststehendem Diaphragma, andererseits die Verschiebung des Diaphragma's bei feststehender Accomodation zur Folge hat, so werden wir finden, dass diese Umstände für beide Fälle wesentlich dieselben sind, mit dem einzigen Unterschiede, dass bei der Verschiebung des Diaphragma's der schädliche Einfluss, welchen die willkürliche Veränderung des Accomodationszustandes ausübt (vgl. oben sub *b*) wegfällt, wodurch es sich denn, abgesehen von der verschiedenen Grösse der hier und dort gesetzten Veränderungen, auch zum Theil erklärt, warum die scheinbare Entfernung und Näherung des Gegenstandes bei Verschiebung des Diaphragma's ungleich auffallender und beträchtlicher ist, als bei willkürlicher Veränderung des Accomodationszustandes.

*d*) Liegt der Gegenstand, wie in dem sub *a* betrachteten Falle, weit jenseits des Accomodationspunktes, so sieht man von der Verschiebung des Diaphragma's gar keinen Erfolg, während, wie bereits sub *a* erörtert wurde, die Veränderung des Accomodationszustandes eine sehr auffallende scheinbare Bewegung der Gegenstände bedingt. Dass die Verschiebung des Diaphragma's hier keine Wirkung hervorbringt, scheint mir wesentlich darin zu liegen, dass die von fernen Gegenständen kommenden Strahlen zu wenig divergiren, als dass durch den verschiedenen Standpunkt des Diaphragma's eine wahrnehmbare Vergrösserung oder Verkleinerung der Zerstreuungskreise, wie wir eine solche für mehr divergierend

auffallende Strahlen in Fig. 1 und 2 nachgewiesen haben, bedingt werden könnte. — Das Ausbleiben der Erscheinung unter diesen Umständen liefert uns zugleich einen weiteren Beweis, dass die scheinbare Bewegung der Objecte in der Dimension der Tiefe wesentlich von den angegebenen Momenten und nicht etwa lediglich von dem Grössenwechsel der Gesichtswinkel, unter welchen das Object und das Löffelchen des Kartenblattes erscheinen, abhängt.

Zusatz zu §. 3.

Über den Zusammenhang zwischen der Convergenz der Augenaxen und dem Accommodationszustand der Augen.

Ich habe seit der Veröffentlichung der I. Abtheilung dieser „Studien“ auch einige neue in den §. 3 gehörige Versuche und Beobachtungen gemacht, welche ich hier nachzutragen mir erlaube, weil dieselben, wie mir scheint, zur Aufklärung der Art jenes eigenthümlichen Zusammenhanges zwischen Accommodation und Augenstellung wesentlich beitragen und zur weiteren Bestätigung meiner am Schlusse des Paragraphen über diesen Punct ausgesprochenen Ansicht dienen dürften.

a) Mit der willkürlichen Vergrößerung des Convergenzwinkels der Sehaxen ist selbst dann eine Einstellung des Accommodationsapparates für die Nähe unabänderlich verknüpft, wenn die Augen bereits für einen näheren Punkt, als den Durchkreuzungspunkt der Sehaxen accommodirt sind.

Von der Richtigkeit dieser beachtenswerthen Thatsache kann man sich leicht überzeugen, wenn man den Donders'schen Versuch mit der Papierdüte<sup>1)</sup> anstellt, und sich bemüht die hinter der Buchfläche sich schneidenden Sehaxen durch willkürliche Vergrößerung des Convergenzwinkels auf oder in derselben zum Durchschneiden zu bringen. In Fig. 3 ist *L* das linke, *R* das rechte Auge, *l* und *r* sind ihre respectiven Drehpunkte, *AB* die in deutlicher Schweite befindliche Buchfläche, und *D* die vor das linke Auge gehaltene Papierdüte. Die Sehaxen schneiden sich hinter der Buchfläche in *C*, während die Augen für die Entfernung der Druckschrift und nicht für die Entfernung des Punktes *C* accommodirt sind. Es findet hier also eine ungesetzmässige Combination zwischen Accommodation und Augenstellung Statt,

<sup>1)</sup> Vergl. I. Abtheilung dieser Studien, Seite 21 des Separatabdruckes.

welche nur entweder durch Veränderung des Accommodationszustandes oder des Convergenczwinkels der Sehaxen corrigirt werden kann.

Wendet man das rechte Auge so weit nach innen, dass seine Sehaxe den vom linken Auge durch die Papierdüte hindurch fixirten Punkt  $m$  trifft, so sollte man erwarten, dass sich der Accommodationszustand der Augen nicht ändern werde, indem die falsche Augenstellung durch die willkürlich herbeigeführte Vergrößerung des Convergenczwinkels der Sehaxen corrigirt wird. Diese Erwartung wird jedoch — wie der Versuch lehrt — vollkommen getäuscht, denn während man den Convergenczwinkel der Sehaxen vergrößert, accommodiren sich die Augen für die Nähe, so zwar, dass wenn der Durchkreuzungspunkt der Sehaxen endlich mit dem Punkte  $m$  zusammenfällt, die Accommodationspunkte der Augen mit den näher gelegenen Punkten  $a$  und  $b$  zusammenfallen und die Druckschrift wohl nicht mehr im Doppelbilde, dafür aber undeutlich, d. h. in Zerstreuungskreisen erscheint. Die gesetzmässige Combination von Accommodation und Augenstellung bleibt also in ähnlicher Weise gestört, wie vor der beabsichtigten Correctionsbewegung, weil der Zusammenhang der Centren der beiden Functionen von der Art ist, dass sie in dieser Richtung durch den Willensimpuls nicht isolirt sondern nur gemeinschaftlich erregt werden können.

b) Hält man die gewonnene Augenstellung, bei welcher  $m$  der Durchkreuzungspunkt der Sehaxen ist, fest und versucht die Augen, welche für die Entfernung der Punkte  $a$  und  $b$  eingestellt sind, für  $m$  zu accommodiren — wodurch das gesetzmässige Verhältniss zwischen Accommodation und Augenstellung herbeigeführt werden würde —, so wird die Correctionsbewegung um so mehr Mühe und Anstrengung kosten, je mehr das Gesichtsfeld des linken Auges durch die Papierdüte beschränkt ist, ja es wird bei jedem Versuche die Augen für  $m$  zu accommodiren, der Durchkreuzungspunkt der Sehaxen wieder hinter die Buchfläche  $AB$  fallen, d. h. die Correction wird gar nicht gelingen, wenn wegen der Kleinheit der Öffnung der Papierdüte ein weiter unten hervorgehobener Umstand nicht eintreten kann, — und zwar aus demselben Grunde, welchen wir für die Fruchtlosigkeit der willkürlich eingeleiteten Correction der Augenstellung bei dem zuerst erörterten Versuche angegeben haben.

Aus den beiden Versuchen ersieht man wie Recht ich hatte, Volkman n gegenüber zu behaupten: „Dass die Bewegungseentra für die verknüpften Thätigkeiten (bezüglich der angegebenen Combination derselben) in einem solchen organischen (anatomischen) Verhältnisse und Zusammenhange gedacht werden müssen, dass sich der Reiz, welchen der Wille auf das eine derselben ausübt, nothwendig auch auf das andere überträgt und daselbst ein bestimmtes Quantum Bewegung auslöst“.

c) Wenn man in dem sub *a* beschriebenen Versuche die Donders'sche Papierdüte weglässt, so tritt die Vergrößerung des Converganzwinkels der Sehaxen ohne unser Zuthun<sup>1)</sup>, durch die instinctive Correction — und dann ohne eine Accommodationsbewegung für die Nähe — ein.

Hat man in dem sub *b* mitgetheilten Versuche die Augenaxen durch willkürlichen Impuls in *m* zum Durchschneiden gebracht, wobei die Accommodationspunkte der Augen bis *a* und *b* (vgl. Figur 3) gerückt sind, und bemüht sich nun vergebens die Augen für *m* zu accommodiren, so wird man finden, dass sich diese Correction augenblicklich ohne unser Zuthun herstellt, wenn man die beschränkende Papierdüte rasch entfernt oder ihre vordere kleine Öffnung beträchtlich vergrößert wird, weil die Correction nur durch die Doppelbilder — welche durch die feine Öffnung der Papierdüte auf eine punktförmige Fläche beschränkt, bedeutungslos sind — ermöglicht und geleitet wird, indem dieselben in dem Masse sich decken und deutlich gesehen werden, als die richtige Combination von Augenstellung und Accommodation zu Stande kommt. Dies ist nun der Umstand, auf welchen ich oben sub *b* hingewiesen habe, ohne dessen Vorhandensein sich keine Correction einstellen kann.

d) Von weleh bedeutendem Einflusse die instinctive Tendenz deutlich und einfach zu sehen auf die Verknüpfung und Combination eines bestimmten Accommodationszustandes der Augen mit einer bestimmten Stellung der Sehaxen ist, und dass die dieser Tendenz entsprechende instinctive Correction falscher Combinationen von Augenstellung und Accommodationszustand nur durch

---

<sup>1)</sup> Ja man muss sich sogar jedes vehementeren befördernden Willenseinflusses enthalten, da sonst leicht auch hier die unter *a* und *b* erwähnte Übertragung des Impulses auf beide Bewegungseentra sich einstellt und die Correction vereitelt.

die Zerstreungskreise und Doppelbilder, welche die falschen Combinationen setzen, ermöglicht und geleitet wird — etwa so, wie wir durch gewisse Empfindungen geleitet werden, unbewusst zweckmässige Bewegungen zur Erhaltung des Gleichgewichtes auszuführen — ersieht man mit Sicherheit aus folgenden zwei Reihen von Versuchen.

Zu der einen Reihe zählen die Versuche, in welchen wir die Augen unter solche Verhältnisse bringen, dass die beiden leitenden Momente der corrigirenden Thätigkeit nicht in Wirksamkeit treten können, und deren gemeinsames Resultat darin besteht, dass die sonst gewohnten, gesetz- und zweckmässigen Combinationen von Accommodationszustand und Augenstellung nicht zu Stande kommen.

Während die andere Reihe Versuche enthält, welche — da beide leitenden Momente in voller Wirksamkeit sind — das übereinstimmende Resultat geben, dass allerdings innerhalb gewisser Grenzen selbst ungewohnte, und dem gewöhnlichen Combinationsgesetze widersprechende Combinationen beider Functionen, welche zum Theil (vgl. I. Abth. §. 3,  $A_2$  und  $B_2$ ) durch willkürliche Trennung des Zusammenhanges der Accommodations- und Augenbewegungen durchaus nicht oder nur in ungleich geringerem Grade zu erzwingen sind, — in Erscheinung treten.

1. Zu den Versuchen der ersten Reihe rechne ich:

α. die oben sub *a* und *b* mitgetheilten Versuche, wo das Gesichtsfeld des Einen Auges durch die feine Öffnung in der Spitze der Papierdüte beschränkt wird, ferner

β. die Schliessung oder blosser Bedeckung des Einen Auges, in Folge deren die Stellung der Augen bei gleichbleibendem oder wenig verändertem Accommodationszustande — selbst wenn man sich bemüht hat die richtige Stellung festzuhalten — dermassen verändert, so zu sagen desorientirt wird, dass nach Öffnung oder Aufdeckung des geschlossen oder bedeckt gewesenen Auges der Durchkreuzungspunkt der Sehaxen mehr oder weniger weit hinter den Accommodationspunkten, d. h. jenseits derselben, gefunden wird.

2. Zu den Versuchen der zweiten Reihe sind zu zählen:

α. die Versuche mit concaven und convexen Brillengläsern (Donders)<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Donders: Ned. Lancet 2. Serie, 2. Jaarg., Seite 156.

β. das Stereoskopiren mit rechtseitigen und verkehrten Doppelbildern im freien Sehen<sup>1)</sup>;

γ. das Stereoskopiren durch die verschiedenen gebräuchlichen Stereoskope. Ich habe nämlich die meines Wissens bisher noch von Niemandem hervorgehobene Bemerkung gemacht, dass alle, wie immer (mit Linsen, Prismen oder Spiegeln) construirte Stereoskope eine Trennung der gewöhnlichen Combinationen von Accommodationszustand und Stellung der Augen verlangen, selbst dann, wenn das stereoskopische Bild bei einem bestimmten Convergenczwinkel der Schaxen mit dem legitim zu diesem Winkel gehörigen Accommodationszustande gesehen werden kann, was sogleich deutlich ist, wenn man erwägt, dass die beiden Bilder des Gegenstandes ebene Zeichnungen sind, welche bei wechselndem Convergenczwinkel einen nahezu gleichbleibenden, für die Entfernung der Bildebene passenden Accommodationszustand nöthig machen.

Ich sagte „nahezu gleichbleibenden Accommodationszustand“ weil dies streng genommen nicht der Fall ist, wie sich aus der Betrachtung der Fig. 4 ergibt, welche ein Wheatston'sches Spiegelstereoskop darstellt, obsehon Differenzen, wie die zwischen  $aA''$  und  $a'B''$  (namentlich wenn die Bilder klein und mehre Zolle von den Spiegeln entfernt sind) allerdings gänzlich vernachlässigt werden können.

Beiläufig erlaube ich mir noch anzumerken, dass die erörterten Verhältnisse einen nicht unwesentlichen Unterschied zwischen dem Sehen wirklicher Körper und dem Stereoskopiren durch stereoskopische Apparate begründen, welcher, wie mir scheint, erklärt, warum uns die plastischen Bilder (namentlich Landschaften) im Stereoskope mit ungewohnter, ich möchte sagen unnatürlicher Klarheit und Schärfe entgegentreten, und dann, warum das Stereoskopiren durch Stereoskope eine fühlbare Anstrengung, welcher auch wohl Ermüdung folgt, kostet, während wir unter übrigens gleichen Umständen beim Betrachten wirklicher, nach drei Dimensionen des Raumes ausgedehnter Körper nichts von diesen Folgen spüren.

δ. Hierher gehört endlich auch das, was ich über das Sehen der Punkte des Müller'schen Horopterkreises (I. Abth., §. 3, S. 32—34) gesagt habe.

<sup>1)</sup> Vergl. H. Mayer: Pogg. Annal. Bd. LXXXV, Seite 189, und besonders auch G. Meissner a. a. O., Seite 117.

e) Meine am Ende des §. 3 der I. Abth. dieser Studien ange-deutete Ansicht über die Art der Verknüpfung der Aecommodations- und Convergenczbewegungen, will ich nun etwas ausführlicher und bestimmter behandeln, mit Beziehung auf die von R. Wagner ange-balinte, auf mikrotomischer Basis ruhende Innervations-Theorie, welehe mir bereits seit geraumer Zeit durch meinen hochverehrten Lehrer Prof. Purkyně bekannt und geläufig ist<sup>1)</sup>.

Vorher erlaube ich mir die Stelle aus R. Wagner's neurologi-schen Untersuchungen zu citiren, welehe sich auf die sogenannten Mit-bewegungen bezieht.

R. Wagner sagt<sup>2)</sup>: „Ich nehme zwei Classen von Mitbewe-gungen an: 1) Solche, welehe angeboren und durch einen unabänder-„liehen Mechanismus das ganze Leben auf eine nicht zu beseitigende „dem Zwecke der Functionen dienende Weise mit anderen automati-„sehen oder intendirten Bewegungen zwangsmässig verbunden sind. „Dahin rechne ich z. B. die Contraction der Pupille bei kräftiger

1) Purkyně trägt sich nämlich schon seit der durch ihn gemachten Entdeckung der mehrfach geschwänzten Ganglienzellen der grauen Substanz mit ganz ähnlichen hypothetischen Ideen über die Innervations-Erscheinungen in den Centralorganen, wie solche in jüngster Zeit R. Wagner nach so manchen neuen, ermunternden, mikroskopisch-anatomischen Thatsachen, welehe Purkyně damals nur erst ahnen konnte, ausgesprochen hat. Ja Purkyně theilt schon seit Jahren diese Ideen in seinen Vorlesungen den Zuhörern mit. Durch vorliegende Anmerkung können und sollen R. Wagner's grosse Verdienste um die Gestaltung einer exacteren Nerven-physiologie durchaus nicht geschmälert werden. Die Absicht meiner Mittheilung ist nur die, hier an den Mann zu erinnern, in dessen auserwähltem, durchaus ursprünglichem Geiste schon so mancher folgenreiche Gedanke aufgegangen war, der wie im vorliegenden Falle, erst später an anderen Orten, von anderen Län-den zur Reife gebracht wurde. So hatte Purkyně lange vor Schwann die Grundzüge der Zellentheorie erfasst und in aller Stille für sich und seine Freunde und Schüler bearbeitet, allein der kühnere und weniger zurückhaltende Schwann hat, wie Purkyně in einer Besprechung der Schwann'schen Untersuchungen scherzweise sich ausdrückte, die Braut, die er (Purkyně) längst kannte und um die er schon lange warb, heimgeführt. Obschon es keinem Zweifel unterliegt, dass Purkyně sowohl die Innervations- als die Zellentheorie weit früher als Wagner und Schwann erfasst und aufgebaut hat, so kann doch diese That-sache keine Bedeutung für die Prioritätsfrage gewinnen, da Purkyně die Mühe geschenkt hat, seine längst gehegten Ideen der Öffentlichkeit zu übergeben.

Ich aber glaubte nichts destoweniger — als Jünger dieses Meisters — die Verpflichtung zu haben, den mitgetheilten Sachverhalt, wenn auch nur gleichsam als biographische Notiz, zur Sprache zu bringen.

2) Nachrichten v. d. G. A. Universität und der k. Gesellschaft d. Wissensch. zu Göttingen. 6. März 1854, Nr. 26, S. 98.

„Zusammenziehung der *m. m. recti interni* in der Convergenzstellung beider Augenaxen beim Nahesehen. Ich erkläre dies aus einer „anastomotischen Verbindung der multipolaren Ganglienzellen im „Kerne des *Nerv. oculomotorius* unterhalb der sylvischen Wasserleitung, welche die Ursprungsfasern des *M. rectus internus* abgeben, „mit anderen Ganglienzellen, aus denen die Sphinterenmuskelfasern „der Iris ihre Nerven erhalten<sup>1)</sup>. 2) Zur zweiten Classe von Mitbewegungen rechne ich diejenigen, höchst zahlreichen, welche sich „durch Übung beseitigen lassen, z. B. die bei intendirten Bewegungen „einzeln Finger wider den Willen miterfolgenden Bewegungen „anderer Finger. Hier tritt die allbekannte Erfahrung auf, dass in „Folge vielfältiger Übung alle isolirten Erregungen einzelner Muskeln und Muskelapparate uns allmählich leichter werden, daher denn „auch Kinder noch mit vielen Mitbewegungen behaftet sind, welche „Erwachsene längst unbemerkt beseitigt haben. Eine Erklärung „dafür ist nach meiner Annahme zahlreicher anastomotischen Verbindungen zwischen dem die einzelnen Muskeln beherrschenden „multipolaren Ganglienzellen leicht.“

„Die Willensimpulse werden nach dem einfachen Gesetze der „Übung und Gewohnheit, die zur Realisirung ihrer Zwecke nöthigen „Bahnen schon finden lassen. Dies kann unmöglich für einen so feingegliederten und seiner Seele im normalen Zustande so dienstbaren „Organismus schwer fallen, welcher im Stande ist, beim Gesang die „feinsten Spannungsverhältnisse zu empfinden und für das Bedürfniss „der Modulationen seiner Stimme abzuändern, ohne dazu der anatomischen Kenntnisse zu bedürfen.“

Die Art der Verknüpfung der Accommodations- und Augenbewegungen, wie wir dieselbe durch die mitgetheilten Versuche genauer kennen gelernt haben, passt vollständig weder in die eine, noch in

---

<sup>1)</sup> „Dass ich die im Bezirke der Hirnnerven, z. B. in der Region der Sinnesnerven vorkommenden Bewegungen meinem Systeme von multipolaren Ganglienzellen unterordne und im Wesentlichen dieselben Bedingungen, wie im Rückenmarke anzunehmen geneigt bin, habe ich schon in meiner letzten Mittheilung „über die „Elementarorganisation des Gehirnes“ erwähnt. Wem für die Sinnesnerven, „wie namentlich für Seh- und Hörnerven die Annahme eigener excitomotorischer Fasern noch bedenklicher erscheinen mag, als für die Rückenmarksnerven, dem „möchte ich entgegen, dass gewiss ein Theil der Reflexbewegungen, welche man „sich durch die Fasern der Sinnesnerven vermittelt denkt, den excitirenden „Fasern des Trigemini und Vagus zukommt . . .“

die andere Classe von Mitbewegungen, welche Wagner aufgestellt hat. Die Verhältnisse sind in unserem Falle so complicirt, dass wir die charakteristischen Merkmale beider Classen von Mitbewegungen vorfinden:

α) Nach meinen bisherigen Erfahrungen sind die willkürliche Erregung einer Convergenzbewegung der Augen mit einer Accommodationsbewegung für die Nähe, und eine willkürliche Erregung einer Accommodationsbewegung für die Ferne mit einer relativen Divergenzbewegung der Augen zwangsmässig verbunden, so dass diese beiden Bewegungen zu den Mitbewegungen der ersten Classe gehören.

[Innerhalb sehr enggesteckter Grenzen gehören auch diese Mitbewegungen für manche Individuen, wie mir Coecius in Leipzig mitgetheilt hat, in die zweite Classe. Mag dem sein wie ihm wolle, der von mir aufgedeckte Unterschied der Innigkeit des Verbandes, welcher diese Bewegungen verknüpft, und des Verbandes, welcher die sub β angeführten Bewegungen zusammenkettet, bleibt zu Recht bestehen.]

β) Während die Mitbewegungen, welche durch die willkürliche Erregung einer relativen Divergenzbewegung der Schaxen oder einer Accommodationsbewegung für die Nähe gewöhnlich ausgelöst werden, zu den Mitbewegungen der zweiten Classe zu zählen sind, weil dieselben, wie ich gezeigt habe, durch Übung innerhalb gewisser Grenzen zu beseitigen sind.

γ) Ferner sind die Bewegungseentra beider Functionen, ebenfalls innerhalb bestimmter Grenzen, in Folge unbewusster, instinctiver Erregung einer isolirten Thätigkeit fähig<sup>1)</sup>.

Hiernach werden wir sehr verschiedene Innervationsbahnen zur Erklärung dieser eigenthümlich verknüpften Bewegungen annehmen müssen. Versuchen wir — eingehend auf die Wagner'sche Hypothese — uns eine bestimmtere Vorstellung darüber zu bilden, so werden wir hinsichtlich der sub α betrachteten willkürlichen Erregungen eine anastomotische Verbindung der multipolaren Ganglienzellen im Kerne des *N. oculomotorius*, welche die Ursprungsfasern des *M. rectus internus* abgeben, mit anderen

<sup>1)</sup> Vergl. oben sub d.

Ganglienzellen, aus denen der Accommodationsapparat, welcher die Adaption für die Nähe besorgt, seine Bewegungsnerven erhält — und ferner eine anastomotische Verbindung der Ganglienzellen des Centralorganes für die Accommodationsbewegungen, welche die Adaption für die Ferne vermitteln, mit anderen Ganglienzellen, von welchen die Fasern für den *M. rectus externus* und die anderen Auswärtsroller der Augen entspringen, annehmen müssen.

Hinsichtlich der sub  $\beta$  erörterten willkürlichen Impulse, welche in Folge vielfältiger Übung die Centra der beiden Functionen innerhalb gewisser Grenzen isolirt erregen können, werden wir mit Wagner die Annahme „zahlreicher anastomotischer Verbindungen zwischen den die einzelnen Muskeln (gewisse Augen- und Accommodationsmuskeln) beherrschenden multipolaren Ganglienzellen“ machen. Durch die Annahme mehr oder weniger zahlreichen Anastomosen zwischen den Ganglienzellen würde also nach Wagner's Vorstellungen zu erklären sein, warum die Übertragung eines willkürlichen Impulses von einem Centrum auf das andere, in dem ersten Falle (sub  $\alpha$ ), bei weniger Anastomosen, schwerer, als im zweiten Falle (sub  $\beta$ ), bei zahlreicherer anastomotischer Verbindung, verhindert werden können. Vielleicht erscheint es Manchem plausibler die Annahme umzukehren und den innigeren Verband durch mehr, den lösbareren Verband hingegen durch weniger Anastomosen zu erklären. Hier hat die Phantasie noch ganz freien Spielraum.

Was endlich die sub  $\gamma$  betrachteten isolirten Erregungen der Centra der beiden Functionen durch unwillkürliche, instinctive Impulse betrifft, so möchte man, wie mir scheint, beinahe zur Statuirung excitirender Fasern geneigt sein, deren peripherische Enden entweder in die Retina oder in den Theil des Sensoriums, in welchem die Gesichtsvorstellungen zu Stande kommen, und deren centrale Enden in gewisse Ganglienzellen der beiden Centra zu verlegen wären.

Dass die isolirte Thätigkeit der Centra der beiden Functionen in Folge der instinctiven und der willkürlichen Impulse nur innerhalb gewisser Grenzen, d. h. nur bis zu einer limitirten Grösse der ausgelösten Bewegungen, möglich ist, dürfte sich aus der für grössere Bewegungen benötigten grösseren Intensität des Impulses und dem dadurch bedingten grösseren Erregungsbezirke erklären lassen. Hierauf deutet schon Wagner, indem er

sagt: <sup>1)</sup> „Nehme ich die multipolaren Ganglienzellen als Knotenpunkte für Innervationsprocesse an, so liegt allerdings eine Schwierigkeit darin, zu erklären, warum die Erregungen von einer Faser bald in der ersten Zelle ruhen bleiben, bald auf benachbarte oder entferntere, oft sehr viele Zellen und die von denselben abgehenden Commissuren und Fasern übergehen. Dies kann nun möglicherweise theils von der Intensität der Reize, theils von der ganzen Stimmung der multipolaren Ganglienzellen, die jedenfalls variabel ist — z. B. abhängig von der Blutzufuhr, von specifischen Reizmitteln, wie Strychnin u. s. w. herrühren“.

Man könnte hier auch an eine Verschiedenheit der Impulse und Innervationsprocesse denken, welche etwa der Verschiedenheit zwischen gewöhnlichen und polarisirten Lichtstrahlen analog wäre. Nähme man dann noch in dem Inhalte der Nervenzellen und Fäden gewisse den Elasticitätsunterschieden des Lichtäthers in doppeltbrechenden Substanzen analoge Veränderungen an, so liesse sich begreifen, warum die Erregungen bald in den ersten Zellen liegen bleiben müssen, bald auf mehrere Zellen u. s. w. übergehen.

Um etwaigen Missverständnissen vorzubeugen, erkläre ich schliesslich erstens, dass ich die oben aufgestellte Hypothese, für nichts weiter ausbebe und angesehen wissen will, als für einen anspruchlosen Versuch die in Folge des eigenthümlichen Zusammenhanges zwischen den Accommodations- und Augenbewegungen zu beobachtenden Erscheinungen, mit einer bestimmteren Vorstellung von der anatomischen Anordnung der Innervationsbahnen in Beziehung zu bringen, — und zweitens, dass ich, trotz des Eingehens auf R. Wagner's Innervationstheorie, doch weit entfernt bin, seine sonstigen Ansichten über die Function der Centralorgane, wie sie dieser Physiologe in dem zweiten Theile seines anthropologischen Vortrages über „Menschenschöpfung und Seelensubstanz“ Göttingen, G. Wiegand 1854, auszusprechen den Muth hatte, zu theilen oder gutzuheissen.

f) Im 3. § der I. Abtheilung habe ich nachgewiesen, dass man im Stande sei die Augenaxen willkürlich zur Divergenz zu bringen (a. a. O., pag. 25), zugleich aber irrtümlich bemerkt, dass dies, wenn der Gegenstand dessen Auseinandertreten in Doppelbilder als

<sup>1)</sup> A. a. O., S. 93.

Mass der Divergenz dient und für den die Augen accommodirt bleiben, näher liege, leichter gelinge — im entgegengesetzten Falle dagegen schwerer (pag. 27 und 28). Ich berichtige hiermit diesen Irrthum dahin, dass es wohl schwieriger sei einen entfernten Gegenstand in verkehrte Doppelbilder auseinander treten zu lassen, als einen näheren, dass aber, wenn dies einmal gelungen ist, die Divergenzstellung der Augenaxen bei Fixirung eines entfernten Gegenstandes leichter zu erzwingen sei, als bei Fixirung eines näheren.

Auch nehme ich die Gründe, durch die ich den berichtigten Irrthum zu stützen glaubte, als falsch zurück, halte aber die von mir gemachte Beobachtung mit aller Bestimmtheit fest, dass man durch Übung in den Stand gesetzt werde, die Augenaxen willkürlich und im freien Sehen divergiren zu lassen, und ferner, dass man auf die von mir angegebene Weise die Grösse des Divergenzwinkels messen könne u. s. w.

Beiläufig führe ich hier an dass Turtual, obschon er noch keine Ahnung davon hatte, dass man die Augenaxen willkürlich divergent stellen könne, doch bereits erkannt hatte, dass die Augenaxen unter gewissen ungewöhnlichen Umständen in Divergenz gerathen. Turtual<sup>1)</sup> sagt nämlich: „Beim Sehen nach dem Monde „ist wegen der grossen Entfernung der Stand der Sehaxen als parallel anzunehmen; dennoch erscheint nach Befreiung des verdeckten „linken Auges anfänglich rechts ein Nebenmond, die Convergenz jenseits des Objectes ist also hier in eine Divergenz der Axen übergegangen“. — Noch wäre hier an eine Arbeit H. Meyer's<sup>2)</sup> in Zürich zu erinnern, in welcher bereits die mögliche Divergenz der Augenaxen untersucht und vermittelst des Stereoskopes demonstriert wurde.

Zusatz zu §. 4.

Zur Lehre von den Doppelbildern, die beim Sehen mit beiden Augen entstehen.

a) In dem vorliegenden § habe ich alle möglichen Hauptrichtungen, in welchen gesehene Objecte zu Doppelbildern auseinander treten können, angegeben und an einem Versuche erörtert.

1) Die Dimension der Tiefe im freien Sehen und im stereoskopischen Bilde. Münster 1842, S. 11.

2) Pogg. Annual. Bd. 85, 1852, pag. 207.

G. Meissner<sup>1)</sup> hat diesen Versuch, im Zusammenhange mit seinen vortrefflichen Untersuchungen über den Horopter, gleichfalls, jedoch nicht vollständig behandelt. Den wesentlichen Punkt meiner Mittheilung, welchen Meissner unberücksichtigt liess, bringe ich hier noch einmal zur Sprache; nämlich: jenes Auseinandertreten der Doppelbilder in verticaler Richtung, welches sich „einfach durch die Drehung eines Auges nach oben“ „oder nach unten“ — also durch Augenbewegungen erklärt, welche die Schaxen in verschiedene Ebenen auseinander stellen und ihre Intersection aufheben.

Ich habe diese neue Thatsache a. a. O. mit so geringer Ausführlichkeit behandelt, dass sehr leicht Zweifel an der Richtigkeit meiner Angabe entstehen können. Da ich überdies die Umstände, welche gewöhnlich und auch in dem mitgetheilten Versuche zum grossen Theil ein scheinbares verticales Auseinandertreten der Doppelbilder bedingen, gar nicht erwähnt habe, so liegt vielleicht für Manche der Verdacht nahe, ich hätte mir eine Verwechslung zu Schulden kommen lassen und es sei Nichts mit meiner Beobachtung, indem dieselbe auf andere Weise, als durch jene bisher bezweifelte Augenbewegungen erklärt werden müsse.

Um solchen Missverständnissen vorzubeugen und das von mir behauptete Vorkommen jener Augenbewegungen überzeugend festzustellen, lasse ich hier eine etwas ausführlichere Auseinandersetzung des Gegenstandes folgen.

Die Entstehung der Doppelbilder überhaupt beruht bekanntlich darauf, dass die Bilder eines Gegenstandes nicht auf identische Punkte der Netzhäute fallen. Die Richtung, in welcher die scheinbare Verdoppelung des Gegenstandes stattfindet, hängt von der relativen Lage der beiden Netzhautbildchen ab. Solcher Hauptrichtungen gibt es, wie ich gezeigt habe, drei und man könnte hiernach die Doppelbilder in verticale, horizontale und geneigte oder gedrehte eintheilen — der möglichen Combinationen nicht zu gedenken.

Ein Auseinandertreten der Doppelbilder in verticaler Richtung wird ganz allgemein dann stattfinden, wenn das eine Bild unter, das andere über einem Netzhautpunkte, welcher für beide Netzhäute

<sup>1)</sup> A. a. O., S. 75, S. 43.

identisch ist, auffällt. Dieses Lagerungsverhältniss der Netzhautbilder tritt nun unter verschiedenen Umständen ein.

α. Wenn die Augenaxen weder parallel stehen, noch  $45^\circ$  gegen den Horizont geneigt sind, so findet, nach Meissner<sup>1)</sup>, auf dessen Arbeit ich wegen des Details verweise, in Folge der Neigung der „Trennungslinien“ gegen einander, für die Bilder von einem neben dem fixirten gelegenen Punkte, stets ein solches Lagerungsverhältniss auf den Netzhäuten Statt, dass ein Übereinandertreten der Bilder in rein verticaler oder sehräger Richtung erfolgen muss. Die über einander verschobenen Doppelbilder werden unter diesen Umständen Beide indirect gesehen.

β. Wenn man den Kopf nach der Seite neigt, so müssen sich die rechtseitigen oder verkehrten Doppelbilder eines Gegenstandes in verticaler Richtung über einander verschieben, und zwar werden rechtseitige Bilder sich zu heben, verkehrte hingegen sich zu senken scheinen, wenn das eine Auge, welchem die Bilder angehören, durch Neigung des Kopfes über die Horizontale gehoben wird, während das andere Auge in seiner ursprünglichen Höhe erhalten oder unter die Horizontale gesenkt wird, und vice versa.

Eines der unter diesen Umständen entstandenen verticalen Doppelbilder kann direct gesehen werden, ja wenn die Bilder eine mehr als punktförmige Ausdehnung haben, können beide auf die Axenpunete der Netzhäute fallen — freilich mit verschiedenen Theilen, da sie sonst zu Einem Bilde verschmelzen müssten.

γ. Steht die die beiden Axenpunkte der Netzhäute verbindende Linie in Folge der Drehung eines Auges nach auf- oder abwärts, oder in Folge einer gleichzeitigen Wirkung der Aufwärtsroller, an dem einen, der Abwärtsroller an dem anderen Auge nicht in Einer Ebene mit der horizontal gestellten „Sehbase“ (Tourtual), so sind die Bedingungen für verticale Doppelbilder gesetzt. Es ist aber die Frage, ob solche Augenbewegungen möglich sind.

„Die Bewegungen der Augäpfel“ sagt Tourtual<sup>2)</sup>, „sind durch „eine noch unerklärte, doch ohne Zweifel in dem Verhältnisse der „Ursprünge der *Nervi oculomotorii* begründete Nothwendigkeit in

<sup>1)</sup> A. a. O., S. 59, §. 33.

<sup>2)</sup> A. a. O., S. 6.

„der Weise von einander abhängig, dass die Drehung des einen, „durch welche die Axe desselben aus der Axenebene nach oben oder „unten abweicht, auch eine gleiche Abweichung der Axe des anderen „zur Folge hat, welche nun in die Ebene, welche die bewegte erste „Axe mit der Sehbase einschliesst, zu liegen kommt. Die Axenebene „zerfällt selbst dann nicht, wenn beim Vorsichhinstarren die Axen „eine parallele Stellung annehmen oder im Schlafe ein- und auf- „wärts gewendet sind, auch scheint eine Art des Schielens, in „welcher die Axen aus der Ebene weichen, nicht vorzukommen“<sup>1)</sup>).

Diesem entgegen behaupte ich nun, dass jene bezweifelten oder geleugneten Augenbewegungen und das Zerfallen der Axenebene unter gewissen Umständen dennoch wirklich vorkommen.

Die Richtigkeit meiner Behauptung glaube ich durch folgende Versuche über allen Zweifel erheben zu können. Zunächst stelle ich eine Linie, die Zeilen einer Druckschrift oder den Rand einer Tischplatte mittelst einer Libelle genau horizontal. Dann bringe ich die „Sehbase“ und die die beiden Axenpunkte der Netzhäute verbindende Linie in eine solche Lage, dass diese beiden Linien mit dem horizontal gestellten Objecte in Eine Ebene fallen. Dies geschieht, indem ich das horizontal gestellte Object in verkehrte Doppelbilder aus einander treten lasse und, den Kopf von einer Seite zur anderen neigend, jene Stellung des Kopfes bestimme, bei welcher die verkehrten Doppelbilder genau in Einer Horizontalen stehen. Ist die gewünschte Stellung des Kopfes ausgemittelt, so lasse ich auf meinem Kopfe eine Wasserwaage horizontal befestigen, welche einem Gehilfen jede unwillkürliche seitliche Neigung des Kopfes sogleich angibt.

Nach diesen Vorbereitungen, welche mich offenbar in den Stand setzen, ein etwaiges Zerfallen der Axenebene mit grosser Genauigkeit zu erkennen, schreite ich zu folgenden Versuchen.

1. Ich schliesse und öffne abwechselnd das eine Auge, während das andere ruhig nach dem horizontal gestellten Objecte sieht und beobachte die relative Stellung der dabei entstehenden verkehrten Doppelbilder.

2. Ich verkleinere, während der Betrachtung des horizontal gestellten Objectes, den Convergenzwinkel der Schaxen immer mehr

<sup>1)</sup> Vergl. dagegen Archiv für Ophthalmologie von Graefe. Berlin 1854, Band I, Abth. I, S. 11.

und mehr, bis die Sehaxen parallel stehen und bringe dieselben endlich bis zur Divergenz.

3. Ich betrachte Objecte, welche von der Medianlinie (Mittelaxe, Tourtual) so weit seitlich entfernt sind, dass sie dem einen Auge beträchtlich näher stehen, als dem anderen<sup>1)</sup>.

Unter allen diesen Umständen habe ich verticale Doppelbilder entstehen sehen, welche einem Zerfallen der Axenebene ihren Ursprung verdanken. Ich erkannte und erschloss dies mit Sicherheit daraus 1. dass die Libelle, die an meinem Kopfe befestigt war, nicht die geringste Schwankung, während der Entstehung und Beobachtung der Doppelbilder zeigte und 2. dass die Object-Punkte, welche in die Verlängerung der Sehaxen fielen und daher auf den Axenpunkten der Netzhäute sich abbildeten nicht in einer horizontalen Linie lagen, sondern dass die diese Punkte des Objectes verbindende Gerade, nach einer oder der anderen Richtung gegen den Horizont geneigt war oder selbst vertical stand.

Ad. 1. Obsehon Tourtual<sup>2)</sup> Bell's Behauptung einer stattfindenden Bewegung des Augapfels während des Lidsehlages bestätigt und näher bestimmt hat, so ist es ihm doch entgangen, dass diese Bewegungen zum Theil soleher Art sind, wie er sie in der sub y citirten Stelle aus dem Jahre 1842 geleugnet hat.

Das Bild des geschlossenen Auges finde ich nach meinen Beobachtungen bei der Öffnung desselben in dreifacher Richtung gegen das Bild des während des ganzen Versuches offen gehaltenen Auges verschoben; experimentire ich mit dem linken Auge, so erscheint das Bild nach rechts und nach unten verschoben und meist auch etwas nach rechts und unten geneigt oder gedreht. Demgemäss hat sich also das linke Auge während des Lidsehlages nach aussen (links) und nach oben gewendet und zugleich etwas um die optische Axe in der Richtung von aussen (links) und unten nach innen und oben gedreht. Dasselbe gilt mutatis mutandis für das rechte Auge.

Ad. 2. Während ich die Convergenz der Augenaxen in den Parallelismus und diesen in die Divergenz übergehen lasse, treten die

<sup>1)</sup> Vergl. I. Abth. §. 3, S. 33—34.

<sup>2)</sup> Müller's Archiv 1838, S. 326.

verkehrten Doppelbilder, in welchen das horizontal gestellte Object erscheint, immer weiter und weiter aus einander und erleiden dabei zugleich eine mehr oder weniger auffallende verticale Verschiebung. Für eine Entfernung des Objectes von 3 Fuss mochte diese Verschiebung oft bis etwa 6 W.L. betragen. Werden die Zeilen einer Druckschrift als horizontal gestelltes Object verwendet, so kann man sich sehr leicht überzeugen, dass unter diesen Umständen die Axenebene zerfalle, indem die Verlängerungen der Augenaxen Buchstaben treffen, welche in verschiedenen Zeilen liegen. Bei mir tritt immer das Bild des linken Auges über das des rechten Auges herauf — die Sehaxe des rechten Auges trifft verlängert einen höher gelegenen Punkt des Objectes als die Sehaxe des linken Auges. Bei anderen Individuen mag dies vielleicht umgekehrt sein.

Ad. 3. Unter den angegebenen Umständen treten, wenn die Asymmetrie der Augenstellungen gewisse Grenzen überschreitet, endlich Doppelbilder auf, und es wird unmöglich, einfach und deutlich zu sehen. Befindet sich das Object, z. B. eine senkrecht auf der horizontalen Linie stehende Nadel, auf der rechten Seite, so dass beide Augen stark nach rechts gewendet werden müssen, so steht das Bild des linken Auges rechts von dem Bilde des rechten Auges und oft sehr beträchtlich tiefer als dieses und erscheint zugleich etwas nach rechts hin geneigt. Je näher das zu betrachtende Object *cæteris paribus* steht, je grösser also der Convergenzwinkel der Augenaxen sein müsste, um dasselbe einfach zu sehen; desto schwieriger ist es, die Entstehung von Doppelbildern zu verhindern und die Sehaxen auf dem Objecte zum Durchschneiden zu bringen. Durch eine mehr oder minder beträchtliche Anstrengung der Einwärtsroller der Augen gelingt es wohl meist, den geforderten Convergenzwinkel der Sehaxen zu erzwingen, so dass sich die Doppelbilder einander in horizontaler Richtung immer mehr und mehr nähern und endlich ganz in Eins verschmelzen, wenn sich die verticale Verschiebung und Neigung oder Drehung derselben corrigiren. Dies geschieht jedoch nicht immer und zwar dann nicht mehr, wenn das Object zu nahe steht und eine zu starke seitliche Drehung der Augen verlangt, um bei festgestelltem Kopfe gesehen zu werden. Die verticale Verschiebung, welche sich, wie ich bemerkt habe, mit dem Aufwärtsneigen der Sehaxen, bei höherem Stande des zu betrachtenden Objectes, steigert, corrigirt

sich beinahe noch schwieriger, als die Drehung oder Neigung, so dass man unter diesen Umständen — ohne gerade besonders geübt zu sein — oft die Gelegenheit hat, sich zu überzeugen, wie die Punkte des Objectes, welche in der Verlängerung der Sehaxen liegen, senkrecht über einander zu stehen kommen. Sind beide Augen, wie in dem obigen Falle, nach rechts gedreht, so ist die Sehaxe des rechten Auges auf einen unterhalb der Spitze gelegenen Punkt der Nadel gerichtet, während die Axe des linken Auges die Nadelspitze selbst trifft.

Die verticale Verschiebung der Zeilenhälften in dem im §. 4 der I. Abtheilung angegebenen Versuche kann nach dieser Auseinandersetzung also durch sämmtliche sub  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  erörterten Umstände bedingt sein. Welche von diesen Umständen einzeln oder combinirt in einem gegebenen Falle vorhanden sind, ist jedoch nicht immer ganz leicht zu ermitteln.

b) Dass man durch eine passende Stellung der Augen zwei Bilder oder Bildtheile zu Einem Bilde vereinigen könne, hat bereits Dove <sup>1)</sup> gezeigt und in Anwendung gebracht.

Zusatz zu §. 5.

Über die unempfindliche Stelle der Retina im menschlichen Auge.

a) Die subjectiven Erscheinungen, welche vorzüglich bei starker Drehung der Augen nach der rechten oder der linken Seite in der Gegend der Eintrittsstelle des Sehnerven wahrgenommen werden, sind je nach der Richtung und der Art, in welcher das Auge gedreht wird, hinsichtlich der Grösse, der Gestalt, der Qualität und Intensität merklich verschieden, indem die Ausdehnung und Beschaffenheit der Reizung, der die Nerven-Elemente der Retina und des Opticus dabei ausgesetzt werden, wesentlich von der Spannung und Zerrung des Opticus abhängen, welche bei den bekannten topographisch-anatomischen Verhältnissen dieses Nerven in der Augenhöhle, je nach der Richtung und Grösse der forcirten Drehung des Auges verschieden sein müssen. Wendet man z. B. beide Augen stark nach einer Seite, wobei sich das eine Auge nach innen, das andere nach aussen drehen muss, so wird man bei aufmerksamer Beobachtung finden, dass weder die Gestalt noch die

<sup>1)</sup> Darstellung der Farbenlehre und optische Studien. Berlin 1854, S. 164.

Grösse, noch auch die Färbung und die Intensität der beiden an den Eintrittsstellen der Sehnerven wahrnehmbaren Lichtphänomene vollkommen gleich sind. Wenn man den Versuch bei geschlossenen Augenlidern im Sonnenlichte oder nahe vor der Milchglas-Gloekc einer intensiv leuchtenden Lampe ausführt, dann bemerkt man leicht, dass das subjective Lichtphänomen in dem nach innen gewendeten Auge schon bei einer wenig forcirten Seitendrehung der Augen in Form eines Punktes auftritt, der nach innen an Ausbreitung zunehmend, bis zu einer rundlichen, gleichmässig blaugefärbten Fläche sich ausdehnt; während es für das nach aussen gewendete Auge einer weit forcirteren Seitendrehung bedarf, um in der Gegend der Eintrittsstelle des Opticus die subjective Farhenersehnung, welche sich hier als ein weisslich, blau und heller röthlich-orange gesprenkelter, unregelmässiger Fleck von geringerer Grösse als im anderen Auge darstellt, hervorzurufen.

Ich begnüge mich hier im Allgemeinen auf die Unterschiede der beiden Lichtphänomene hingewiesen zu haben, und verzichte auf eine detaillirte vergleichende Beschreibung derselben, weil ich das Phänomen in dem nach aussen gewendeten Auge zu verschiedenen Zeiten und bei verschiedenem Grade der Drehung allzu wechselnd in Zeichnung und Färbung fand.

Lässt man mit der forcirten Drehung der Augen plötzlich nach, so erscheinen an der Stelle der beobachteten, hellere röthlich-orange gefärbte Flecke, gleichsam subjective Blendungsbilder, welche nach einigen Augenblicken wieder verschwinden; in dem nach aussen gedrehten Auge erscheint das Blendungsbild gewöhnlich von aussen her durch einen glänzenden halbmondförmigen Strich eingefasst.

b) Stellt man den Versuch in der Dunkelheit an, so treten statt der eben beschriebenen farbigen Flecken, bekanntlich feurige Halbkreise und Kreise hervor. Nach Purkyně's Beobachtung bestehen diese Halbkreise häufig aus mehreren concentrischen, durch dunkle Zwischenräume getrennten Lichtstreifen. Ihre Concavität ist nach derselben Seite gekehrt, nach welcher die beiden Augen gewendet werden.

Schiessen sich bei forcirter Drehung die feurigen Halbkreise zu ganzen Kreisen oder Ringen, so ist die neu hinzu gekommene Hälfte gewöhnlich lichtschwächer als die ursprüngliche, in welcher häufig, namentlich in dem nach aussen gewendeten Auge, sehr glänzende Lichtfunken aufsprühen.

Sehr auffallend und vorläufig unerklärlich ist der Umstand, dass die beiden Lichterseheinungen im Dunkeln fast ganz gleich aussehen, während sie doch bei erleuchtetem Gesichtsfelde (s. oben sub *a*) so wesentliche Unterschiede zeigen. Hiermit hängt noch die andere Schwierigkeit zusammen, wie man es zu erklären habe, dass die fraglichen Erseheinungen bei erleuchtetem Gesichtsfelde eine flächenförmige, in der Dunkelheit aber eine ringförmige Ausdehnung haben, da doch die mechanische Reizung der optischen Nerven-Elemente in beiden Fällen ganz dieselbe ist. Wie der Mangel des objectiven Lichtes in dem einen, das Vorhandensein desselben in dem anderen Falle eine solche Verschiedenheit der Erseheinungen bedingen kann, dürfte für jetzt völlig unbegreiflich bleiben, da sich die beiden Formen der Erseheinungen nicht etwa wie positive und negative Photographien zu einander verhalten. Für jetzt wage ich nur die Vermuthung zu äussern, dass die optischen Nerven-Elemente durch die Zerrung des Sehnerven wohl in verschiedene Reizzustände versetzt werden mögen, welche in der Dunkelheit nur einfache und gleichartige Lichtempfindungen auslösen, welche aber die Verschiedenheit der Reizung erst qualitativ zu offenbaren und die Mariotte'sche blinde Lücke mit einem Phantasma zu füllen im Stande sind, wenn sie mit der Erregung durch objectives Licht combinirt sind.

*c*) Stellt man den Versuch vor einer nicht allzu grell beleuchteten weissen Wand an, so erseheint in dem nach innen gedrehten Auge ein dunkler ins Grüne steehender rundlicher Fleck, in dem nach aussen gedrehten Auge aber ein Fleck von röthlicher Farbe, der nach innen und etwas nach unten von einem dunklen ins Grüne ziehenden kleineren Fleck, der bei forcirterer Augendrehung eine halbmondförmige Gestalt annimmt, begrenzt wird. Dieser Halbmond seheint dem feuerigen Halbkreise im finstern Gesichtsfelde zu entsprechen.

*d*) Was die „galvanische Lichtfigur“ und die wichtigen Fragen betrifft, welche ich an diese Erseheinung knüpfte, so habe ich es meiner Augen wegen leider noch immer verschieben müssen, weitere und entscheidende Versuehe anzustellen. Ich bedauere daher um so mehr, dass es Herrn R u e t e <sup>1)</sup> nicht gefallen hat, die Untersuchung

<sup>1)</sup> Bildliche Darstellung der Krankheiten des menschlichen Auges. 1. u. 2. Lieferung. Leipzig 1834, pag. 61, Taf. VIII, Fig. 10 und 11.

der „galvanischen Lichtfigur“ auf dem von mir (§. 5, pag. 45) bezeichneten Wege fortzuführen, sondern, dass er es vorgezogen hat, die schon von Purkyně viel klarer und erschöpfender beschriebenen Erscheinungen, in unvollkommener Weise zu reproduciren <sup>1)</sup>, ohne auch nur Purkyně's Beobachtungen zu citiren! Ruete spricht fast nur von den farbigen Erscheinungen an der *Macula lutea*. Das Verhalten der Eintrittsstelle des Sehnerven berührt er nur ganz oberflächlich; ja nach den grell und prächtig, aber unwahr illumirten Abbildungen Taf. VIII, Fig. X und XI zu urtheilen, ist ihm der schon von Purkyně ausdrücklich hervorgehobene Gegensatz zwischen Axenpunkt der Retina und Eintrittsstelle des Sehnerven ganz entgangen!

Unbegründet und willkürlich erscheint es mir überdies, wenn Ruete, a. a. O. pag. 62, sagt: „Die gelbrothe Farbe in der Peripherie der Retina bei der Anwendung der + Electricität, ist das Resultat der directen Thätigkeit der Retina (?), in welche sie durch die unmittelbare Einwirkung der Electricität versetzt wird, während die blaue Farbe in der Mitte die Folge des Hervortretens der Complementärfarbe an der Stelle ist, die sich in relativer Ruhe befindet (?). Die Farben bei der Application der — Electricität auf das Auge sind ganz dieselben, wie bei der +, nur ist die Vertheilung eine andere, indem hier das Centrum erleuchtet (?) ist, während in der Peripherie die blaue Complementärfarbe subjectiv (?) hervortritt“.

Ruete gibt nicht an, welche Gründe ihn zu der Annahme berechtigen, dass eine der Farben, und dass gerade das Blau eine Contrastfarbe sei. Das Gegentheil liesse sich eben so gut — behaupten! —

Zusatz zu §. 6.

Eine Modification eines Scheiner'schen Versuches.

a) Um mit Bequemlichkeit das Scheiner'sche Doppelloch mit verschiedenfarbigen Gläsern zu bedecken und die durch diese Modification ermöglichten Erscheinungen zu beobachten, habe ich mir folgenden einfachen Apparat construiren lassen. Vgl. Fig. 8. Es ist eine geschwärzte Messingplatte, in welcher sich eine quer ovale

<sup>1)</sup> Ich glaube bezweifeln zu müssen, dass Herrn Ruete die erste Abtheilung meiner „Physiologischen Studien“ erst nach der Vollendung seines Werkes zugekommen ist, doch wage ich nicht, dies mit Bestimmtheit auszusprechen.

Öffnung befindet, an dem Holzstiele *S* befestigt. An dieser Platte sind 2 um die Punkte *A* und *B* drehbare Scheiben in der Art befestigt, dass sie sich über der Mitte der querovalen Öffnung berühren. Jede der Scheiben trägt knapp an der Peripherie 7 runde Öffnungen (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6), in welchen Gläserchen von rother, oranger, gelber, grüner, blauer und violetter Farbe eingesetzt sind. Die Öffnung mit dem Zeichen 0 ist leer gelassen. Die abnehmbare Spange *D* trägt in ihrem Ringe das in ein Stückchen Zinnfolio (Staniol) eingestochene Doppelloch, welches so über die beiden eingestellten Öffnungen zu liegen kommt, dass jedes Loch von einem anderen farbigen Gläserchen verlegt wird. Hält man den Apparat knapp vor ein Auge und blickt nach dem gleichmässig umwölkten Himmel, so sieht man zwei gefärbte Kreise, welche in der Mitte über einander greifen und in diesem „Interferenzfelde“ eine eigenthümliche Mischfarbe erzeugen.

Man kann leicht durch Drehen der die farbigen Gläserchen tragenden Scheiben alle möglichen Combinationen der verschiedenen Farben einstellen, so dass dieser Apparat sehr gut zur Untersuchung der Farbmischung in einem Auge und subjectiver Farbenercheinungen u. s. w. gebraucht werden kann.

*b)* Stellt man den Apparat so ein, dass das eine Loch über die Öffnung 1, 2, 3, 4, 5 oder 6, das andere hingegen über die Öffnung 0 zu liegen kommt, so fällt durch das erstere farbiges, durch das letztere weisses Licht ins Auge. Das Interferenzfeld wird dann von weissem und farbigem Lichte zu gleicher Zeit bestrahlt. Unter diesen Umständen erscheinen die Netzhautstellen, welche nur von weissem Lichte getroffen werden, wie ich bereits in §. 6 mitgetheilt habe, nicht rein weiss, sondern complementär gefärbt zu der Farbe des angewendeten Glases, vgl. Fig. 9. Daher ist sowohl die ganze kreisförmige Fläche, welche dem das weisse Licht durchlassende Löchelchen entspricht, bis auf das Interferenzfeld, das mit einem Hauch der Farbe des angewendeten Gläserchens überzogen ist, complementär dazu gefärbt, als auch jede Stelle des Interferenzfeldes, an welcher ein durch das gefärbte Löchelchen einfallender Schatten die gefärbten Strahlen eliminirt und die weissen allein zurückbleiben.

Das letztere findet Statt, wenn man eine Nadel, welche sich diesseits oder jenseits des Accommodationspunktes befindet, gegen einen hellen Hintergrund, am besten gegen den umwölkten Himmel gehalten, betrachtet. Die Nadel wirft dann durch jedes Löchelchen

ein Schattenbild auf das Interferenzfeld. Das eine Schattenbild hebt die farbigen, das andere die weissen Strahlen an den getroffenen Netzhautstellen auf, welche daher im ersten Falle nur durch die weissen, im zweiten nur durch die farbigen Strahlen erregt werden, so dass das eine Bild der Nadel in der Farbe des angewendeten Gläschens, das andere hingegen complementär gefärbt erscheint.

Diese subjectiv auftretenden complementären Färbungen finden durch das Principle des Contrastes ihre ungezwungene Erklärung, welche Brücke <sup>1)</sup> mit gewohnter Klarheit folgendermassen ausgeführt hat:

„Wenn sich nun gleich in der physicalischen Theorie der Farben durchaus kein Anhaltspunkt findet, um die Complementärfarben an und für sich als Gegensätze zu betrachten, so ist es doch auf der anderen Seite unzweifelhaft, dass sie für die subjective Anschauung Gegensätze bilden, in dem sie sich neben oder nach einander empfunden verstärken; wenn aber ihre Eindrücke im Sensorium einander decken, sich gegenseitig zerstören, und es lässt sich leicht die Mechanik aufdecken, durch welche uns eine Farbe so afficiren kann, dass wir ihren Gegensatz, ihr Complement zu sehen glauben, wenn dasselbe weder objectiv, noch als Erregungszustand in den peripherischen Theilen unserer Sehnerven-Elemente existirt. Wenn wir angeben, dass überhaupt irgend eine Farbe vorhanden sei, so sagen wir damit, dass die Lichtwellensysteme verschiedener Schwingungsdauer nicht in solchen Amplituden mit einander combinirt sind, dass sie sich unter einander zu Weiss oder Grau neutralisiren. Unser ganzes Urtheil über Farben muss also wesentlich von der Vorstellung abhängen, welche wir vom neutralen Grau oder, wenn es sich um höhere Lichtintensitäten handelt vom reinen Weiss haben. Wenn das Gedächtniss in unseren Sinnen ein absolutes und mithin die Vorstellung vom Weiss in uns eine unwandelbare wäre, so würden wir auch immer richtig über die Farben urtheilen, d. h. wir würden Grün für grün, Roth für roth etc. erklären. Dem ist aber nicht so; vermöge der Unvollkommenheit unseres sinnlichen Gedächtnisses nennen wir zu verschiedenen Zeiten Dinge weiss, welche sich neben einander als höchst verschiedenfarbig erweisen.

<sup>1)</sup> Brücke: „Untersuchungen über subjective Farben. Denksch. d. math.-naturw. Classe d. kais. Akad. d. Wiss. in Wien. Bd. III, 1831.

„Wären wir nun disponirt, ein Licht weiss zu nennen, welches z. B. einen Überschuss an Grün enthält, so würden wir zu derselben Zeit das reine Weiss für roth erklären, und wiederum ein andermal könnten wir dieses selbe reine Weiss für grün erklären, wenn wir disponirt wären, ein Licht mit einem Überschusse an rothen Strahlen für weiss zu halten.

„Es ist nun hinreichend bekannt, dass wenn wir plötzlich eine grosse Menge farbigen Lichtes auf unsere Augen wirken lassen, z. B. wenn wir durch ein farbigen Gläschen sehen, die Farbe desselben im ersten Augenblicke mit der vollen Energie auf uns wirkt, diese aber von Moment zu Moment abnimmt und zwar in solehem Masse, dass Leute, welche eine farbige Brille tragen, oft nachdem sie dieselbe kurze Zeit vor den Augen gehabt haben, sich nicht mehr deutlich bewusst sind, dass sie die Gegenstände in anderen als in den natürlichen Farben sehen. In demselben Masse aber, in dem für uns die Energie des Farbeneindruckes verloren geht, muss offenbar auch unsere Vorstellung vom Weiss verändert werden, und wir werden desshalb unmittelbar disponirt, das reine Weiss oder das neutrale Grau, für complementär gefärbt zu halten, ja wenn die Verschiebung unserer Vorstellung von Weiss bedeutend ist, so kann uns sogar ein gefärbter Gegenstand in der zu seiner wahren Farbe complementären erscheinen. Denke ich mir z. B. ich sehe durch ein rein grünes Glas und die Energie des Eindruckes dieser Farbe sei schon so gesunken, dass ich gemischtes Licht mit einem beträchtlichen Überschuss von Grün schon für weiss erklären würde, so müsste ich offenbar ein anderes gemischtes Licht, in dem ein geringerer Überschuss von Grün vorhanden wäre, schon für roth erklären, obgleich ich im Normalzustande meiner Empfindungen keinen Augenblick angestanden haben würde, es grün zu nennen. Auf diese Weise glaube ich, erklären sich am ungezwungensten die oben angeführten Beobachtungen.“

Beiläufig erlaube ich mir hier darauf aufmerksam zu machen, dass Brücke durch die eirte Auseinandersetzung eine höchst interessante Analogie zwischen den Gesichtsempfindungen und den Wärme- und Kälteempfindungen, welche, wie E. H. Weber gezeigt hat, ebenfalls nach einem subjectiven, veränderlichen Massstabe beurtheilt werden, aufgedeckt hat. Je nachdem der Nullpunkt unseres subjectiven Thermometers in der einen oder der anderen Richtung

versehoben ist, erklären wir bekanntlich eine und dieselbe objective Temperatur bald für warm, bald für kalt u. s. w. Ich möchte behaupten, dass man unter den Thätigkeitsersehnungen der übrigen Sinne ebenfalls analoge Verhältnisse finden würde, wenn man unter den Geruchs-, Geschmacks- und Gehörs-Empfindungen solche subjective Gegensätze oder Complemente, wie unter den Empfindungen des Temperatur- und Gesichtssinnes entdecken könnte. Für das Gehör findet sich im Reiche der musikalischen Töne nichts destoweniger, wie ich glaube, eine entfernte Analogie.

Es ist nämlich bekannt genug, dass derselbe Ton, derselbe Accord bald einen angenehmen harmonischen, bald einen unangenehmen disharmonischen Eindruck macht. Spielt oder singt man z. B. die *G-dur* Tonleiter, so ist man genöthigt die siebente Stufe von *f* auf *fis* zu erhöhen, weil unserem Gehör die Tonfolge *efg* in der diatonischen *G-dur* Tonleiter widerstrebt. Dieselbe Tonfolge *efg* befriedigt uns aber vollständig, wenn wir die Tonleiter statt mit *G* mit *C* beginnen, ja, nachdem wir die *C-dur* Tonleiter gespielt oder gesungen haben, können wir auch die Octave von *G* bis *g* hören lassen und *f* statt *fis* intoniren, ohne dass unser Gehör den geringsten Anstoss daran nimmt. Die musikalische Geltung eines Tones oder Accordes wird eben nach den Grundton oder der *Tonica* beurtheilt, deshalb ändert sich jene Geltung für dieselben objectiven Töne und deren melodische oder harmonische Combinationen, je nachdem die subjective Auffassung diesen oder jenen Ton als Grundton festhält. —

Das eine der im Interferenzfelde entstehenden complementär zu einander gefärbten Doppelbilder einer Nadel (vergl. oben sub *b*) gehört unter die Erscheinungen der farbigen Schatten, welche man gewöhnlich auf andere Weise hervorzurufen pflegt. Unter den Bedingungen meines oben angeführten Versuchs tritt die subjective Färbung des Schattens mit grösster Reinheit und Intensität hervor, so dass sich der angegebene Versuch vor den anderen Arten, farbige Schatten zu erregen, zur Demonstration besonders empfiehlt.

Was die Erscheinung selbst angeht, so können wir uns die Frage stellen: „ob der Farbe des Schattens wirklich der Erregungs-„zustand der betreffenden Netzhautstelle entspreche oder nicht“ und werden dieselbe mutatis mutandis mit Brücke (a. a. O.) folgendermassen erörtern: „Betrachte ich den rothen Schlag Schatten, „welchen ein Körper hinter einer grünen Glastafel auf einen weissen

„Grund wirft, so ist sicher, dass das dem Schatten entsprechende „Netzhautfeld nicht von rothem sondern nur von neutralem (weissem, „grauem) Lichte erregt wird. Ich kann auch nicht annehmen, dass „das grüne Licht auf diesem Netzhauttheile roth inducirt; denn Grün „inducirt, wie wir oben gesehen haben, nicht die ihm complemen- „täre, sondern die ihm gleiche Farbe. Man kann also nur annehmen, „entweder, dass der Erregungszustand jenes Netzhautfeldes der „Wirkung des neutralen Lichtes entspricht, und nur die durch das „grüne Licht in unserem Sensorium hervorgebrachte Verstimmung „bewirkt, dass wir ihn als Roth empfinden, oder dass das grüne „Licht die Netzhaut so verändert, dass die von ihm nicht getroffenen „Stellen von neutralem Licht in einen Erregungszustand versetzt „werden, der dem Roth entspricht. Da wir aber oben gesehen haben, „dass wir in Fällen, in welchen der Erregungszustand eines Netzhaut- „feldes sicher nur dem Grau oder gar dem Graugrün entspricht, ledig- „lich durch die Verstimmung unseres Sensoriums Roth empfanden, so „würde die letztere der heiden Annahmen eine unnöthige und durch „nichts gerechtfertigte Hypothese sein. Dasselbe, was über die „rothen Schatten im grünen Lichte gesagt ist, gilt von den gelben „Schatten im violetten Lichte. Bei den grünen Schatten im rothen „Lichte kann man allerdings darauf rechnen, dass das Roth auf „dem dem Schatten entsprechenden Theile der Netzhaut das ihm „complementäre Grün inducirt, aber man darf dies nicht auf „andere Farben übertragen, ehe man sich auf die oben von mir „beschriebene Weise überzeugt hat, dass sie wirklich im Stande „sind, ihre Complementärfarben zu induciren.“

Anmerkung. Nachdem ich bereits diese Zusätze zu den §§. der I. Abtheilung vollendet hatte, kamen mir die Verhandlungen der naturf. Gesellsch. in Basel 1854, I. Heft in die Hände, worin sich ein interessanter Aufsatz von Fr. Burekhardt: „Über Binocularsehen“ (pag. 123) findet. Ich habe für jetzt weder Zeit noch Raum, um genauer auf diese Arbeit eingehen zu können und muss mich darauf beschränken zu bemerken, dass Burekhardt auf ähnliche Versuche „über den Zusammenhang zwischen Accommodation und Augenstellung“ gekommen ist, wie ich, dass wir aber nichts destoweniger in manchen Punkten nicht unbedeutend von einander abweichen.

## II.

## Ein neuer Beitrag zur Physiologie des Gesichtssinnes.

## §. 7. Das Stereophoroskop.

Bei der gewöhnlichen Einrichtung des Phorolyts oder Phoroskops, welches unter dem Namen der Stampfer'sehen „Wunderseheibe“ oder der „lebenden Bilder“ in weiteren Kreisen bekannt ist, kann man streng genommen nur solche Bewegungen darstellen, die in einer Ebene und zwar in der Bildebene geschehen. Es erschien mir wünschenswerth, das Phorolyt so einzurichten, dass man in den Stand gesetzt würde, auch solche Bewegungen vorzutäuschen, welche in der Dimension der Tiefe zu geschehen scheinen.

Diese Absicht habe ich schon vor längerer Zeit auf einem doppelten Wege erreicht: *a)* einmal indem ich einfach statt ebener Bilder, körperliche Gegenstände als Gesichtsobjecte gebrauchte; *b)* das andere Mal, indem ich das Phorolyt mit dem Stereoskop verband und statt einfacher Bilder stereoskopische Doppelbilder anwendete.

In neuester Zeit hat man sich auch in Paris bemüht, eine combinirte Wirkung des Phorolyts und des Stereoskops zu erzielen. Was ich jedoch von diesen Bemühungen durch Pariser Freunde erfahren habe, kann mich um so weniger bestimmen, meine eigenen einschlägigen Versuche der Öffentlichkeit vorzuenthalten, als ich die Nachrichten über die Pariser Bestrebungen erst erhielt, nachdem ich meine Gedanken bereits ausgeführt hatte, und die ersteren nur dahin zu zielen scheinen, Bewegungen plastisch erscheinender Figuren, nicht aber Bewegungen in der Dimension der Tiefe darzustellen.

*a)* Bei der Anwendung körperlicher Gegenstände genügt die gewöhnliche Einrichtung des Phorolyts zur Darstellung der Bewegungen in der dritten Dimension des Raumes; denn um die Illusion einer Bewegung hervorzurufen, welche senkrecht zur Gesichtsfäche des Beobachters stattfindet, habe ich mich ganz einfach einer Anzahl Stecknadeln von gleicher Form und Grösse bedient. Ich stach nämlich jeder Spalte der Durchsichtsseheibe gegenüber je eine Nadel senkrecht in die Pappseheibe, welche sonst die Bilder zu tragen pflegt, ein, und ordnete dieselben so, dass die erste Nadel nur mit

dem Knopfe, die anderen aber in stätiger Reihe immer länger und länger hervorstanden und die letzte Nadel nur noch mit der Spitze — so weit als zu ihrer Befestigung erforderlich schien — in der Pappseheibe stack.

Betrachtete man nun die in angegebener Weise mit Nadeln besteckte Scheibe, während dieselbe mässig rasch um ihre Axe gedreht wurde, in gewohnter Art durch die Durchsichtsscheibe hindureh, so schien es, als ob jede Nadel durch eine unsichtbare Hand in senkrechter Richtung zur Antlitzfläche des Beobachters vor- und zurückgeschoben würde, wobei das Knopfende der Nadel gewöhnlich in ein mehr oder weniger tief gespaltenes Doppelbild zerfuhr. Der ganze Effect — obschon erwartet und vorausgesehen — überraschte doch, denn die Illusion war vollständig, und kaum von Wirklichkeit zu unterscheiden — es sei denn durch die Geräuschlosigkeit und Gleichmässigkeit der Bewegungen. Die Fülle der möglichen Modificationen und Verschönerungen dieses Grundversuches — durch welchen jedermann sein gewöhnliches Phorolyt auf die einfachste Weise in ein Stereophorolyt verwandeln kann — ist geradezu unendlich.

b) Die Einrichtung eines Stereophorolyts, bei welehem stereoskopische Doppelbilder in Anwendung kommen sollen, wird offenbar je nach der Art des Stereoskops, das man mit dem Phorolyt combiniren will, verschieden ausfallen müssen. Mir schien es am einfachsten, das bekannte Linsen-Stereoskop zu dem fraglichen Zwecke zu wählen, für welches beide Bilder auf einen und denselben Pappstreifen neben einander geklebt werden. Diese Pappstreifen, von denen jeder je zwei correspondirende Bilder trägt, befestige ich in gehöriger Reihenfolge an die Seitenflächen eines mehrseitigen, um eine horizontale Axe drehbaren Prisma's (vgl. Fig. 26, P). Zur Vollendung des Apparates ist nur noch ein der Durchsichtsscheibe des gewöhnlichen Phorolyts analoger Theil erforderlich. Er besteht bei meiner Vorrichtung in einem aus viereckigen Pappendeckelstücken zusammengesetzten Gürtel (G). Jeder Seite des die Bilder tragenden Prisma's ist in der Entfernung von einigen Zollen je ein Pappendeckelstück des Gürtels, der somit eben so viele Kanten und Flächen zählt als das Prisma, parallel gegenüber durch feine Stäbchen angebracht und befestigt. In der Mitte jedes dieser Pappendeckelstücke befindet sich eine mehrere Linien breite, der Axe des Prisma's parallele Spalte (S), durch welche hindurch das stereoskopische

Doppelbild der entsprechenden Seite des Prisma's bequem übersehen werden kann (vgl. Fig. 26).

Befestigt man nun noch den die Linsen enthaltenden Theil eines Stereoskopes in passender Entfernung von und in richtiger Stellung zu den stereoskopischen Bildern, so versteht es sich von selbst, dass, wenn das Prisma sammt dem die Spalten enthaltenden Gürtel in Rotation versetzt wird, sämtliche Bilder in geordneter Reihenfolge das Gesichtsfeld passiren und den berechneten Effect hervorbringen müssen. Der geübte Beobachter kann das Stereoskop übrigens ganz entbehren und durch die passende Stellung der Augenaxen vollkommen ersetzen.

Das Schwierigste bei der ganzen Sache ist das Entwerfen richtiger und brauchbarer stereoskopischer Bilder — doch kann man auch hierzu, wie überhaupt für das Stereoskop, die Photographie mit Vortheil benützen. Man lässt sich nämlich, statt, wie ich es hehufs der Vorversuche gethan habe, mühsam die Bilder zu construiren, körperliche Relief- oder Hohl-Modelle, z. B. eine Reihe von Pyramiden von gleicher Basis, aber stätig wachsender Höhe, anfertigen und in Form stereoskopischer Doppelbilder photographiren. So viel sich a priori schliessen lässt und ich nach meinen Versuchen bestätigen kann, zu welchen freilich keine Photographien, sondern nur selbstverfertigte Constructionen, die nicht den höchsten erreichbaren Grad von Vollkommenheit besaßen, verwendet wurden; so muss die erzielte Täusehung darin bestehen, dass (um bei dem gewählten Beispiele zu bleiben) man eine Pyramide zu sehen glaubt, welche in senkrechter Richtung zur Gesichtsfläche des Beobachters emporwächst oder zusammenschrumpft u. s. w.

Noch muss ich den Umstand hervorheben, dass bei beiden Arten des Stereophorolyts (sub *a* und sub *b*) immer Doppelbilder der nächsten oder entferntesten Punkte auftreten, sobald die Grenzunterschiede der stereometrischen Verhältnisse bedeutend sind und der Apparat rasch gedreht wird. Dies ist eine ganz nothwendige Erscheinung, welche die Illusion im Ganzen nicht beeinträchtigen kann, da sie in der Natur der Sache begründet ist.

Da man in Paris so bedeutende Fortschritte in der Photographie gemacht hat und in allen ähnlichen Dingen so viel Geschmaek und Geschick entwickelt, so wäre es nur zu wünschen, dass die weitere praktische Ausführung dieser gegenwärtig wohl viele erfinderische

Köpfe bewegenden Ideen dort in Angriff genommen würden — obschon für theoretische Zwecke die vorliegenden Mittheilungen genügen und ausreichen dürften.

### III.

#### Beiträge zur Physiologie des Tastsinnes.

§. 8. 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 Nervenstämmе 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. pag. 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

„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 moy- „enne, et surpasse même en un cas celui trouvé pour un des adultes.

<sup>1)</sup> Harting: Recherches micrométriques. Utrecht 1854.

„A 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 exa-  
 „minés, et semble fournir une preuve nouvelle de la haute impor-  
 „tance 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 Nervenfasern, 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. cubitalis* 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 Masseinheit angenommenen Fläche, z. B. auf einer Quadratlinie verbreiten. Bei Kindern kommen also auf eine Quadratlinie Haut mehr Fasern, als bei Erwachsenen.

Die von einer elementaren Nervenfasern 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 Tast-

sinn, 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 Freiheitsgrade 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 massgebende Vergleichung der gewonnenen Resultate schon wagen.

Ich habe diesen Punkt berührt, um gleich von vornherein einem Einwand zu begegnen, welchen man, ohne gründliche Überlegung, 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 Übereinstimmung 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 Feinheitgrad des Raumsinnes einer bestimmten Hautregion bei verschiedenen Individuen scheint sogar weit mehr individuellen Schwankungen unterworfen zu sein, als der relative Feinheitgrad 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 Masse 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 Wachsthumverhältnissen 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 Nervenfasern 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

1) 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''.

des Feinheitsgrades homologer Hautregionen bei Kindern und Erwachsenen auf die individuellen Abweichungen in der Anordnung und Menge der Nervenfibrillen und auf die Differenzen der spezifischen 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'sehen 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) mit den bei Kindern gefundenen Werthen des kleinsten Abstandes der Zirkelspitzen aus, so zwar, dass meine Tabellen eine leichte und vollständige Vergleichung mit Weber's Tabelle zulassen, wenngleich 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 Masse ohne das geringste Bedenken vernachlässigt werden. Die zweite Tabelle enthält die Verhältnisszahlen, welche man bei einer Vergleichung der Feinheitsgrade 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 sehrägen und wagerechten Buchstabenreihe wieder aufzufinden, um sogleich die gesuchte Verhältnisszahl zu erhalten.

Die Verhältnisszahlen sind so berechnet, dass sich die Buchstaben der sehrägen 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 Übersichtlichkeit 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 Columnen 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'' 6'''	Herr Wilhelm Lippich, † Prof. der medicinischen Klinik an der Universität zu Wien.
B.	Bohuslav	12 Jahre	55''	Herr Vinzenz Jirusch, Dr. M. und praktischer Arzt in Prag.

E. H. Weber's bekannte Methode, vermittelt 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.

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 gibt aber offenbar, wie bereits Weber bemerkt hat, keine haarscharfe Grenze zwischen einer räumlich einheitlichen Empfindung und der Wahrnehmung einer räumlich gesonderten Doppelpfindung.

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 Doppelpfindung habe<sup>2)</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 Doppelpfindung auf den zu vergleichenden Hautstellen bedingen. Für die richtige Vergleichung der Feinheitsgrade des Raumsinnes verschiedener Hautstellen ist aber das Vorhandensein dieser schwererfüllbaren Forderung eine unerlässlich

<sup>1)</sup> E. H. Weber: Über den Raumsinn. S. 89—90, in den Verhandlungen d. k. sächs. Gesellschaft d. Wissensch. in Leipzig. Math.-phys. Classe 1832.

<sup>2)</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 Vergleiche zur Längsachse der Glieder und des Körpers haben. (Weber.)

nothwendige Bedingung. Die Benützung der Mittelwerthe aus zahlreichen Beobachtungen ist auch hier das einzige Auskunftsmittel.

Der eben erörterte und ein anderer ähnlicher Übelstand 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 und Massstabe, 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, 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 Feinheitgrade 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 Grenzwert entsprechenden Bezirkes um die zuerst berührte Hautstelle herum, dessen Ausdehnung von dem vorhandenen Feinheitgrade des Raumsinnes abhängt, wird man aber an jedem Punkte stille halten und ihn 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 modifizierte, 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 ersteren 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“.

<sup>1)</sup> Handwörterb. d. Physiol. von R. Wagner. Art. „Tastsinn u. Gemeingefühl“ S. 545.

„Bei manchen Menschen wurde die Vergleichung schon nach 10 Seeunden 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 Hauptpunkt berührt worden ist. Die Stärke des ersten Eindrucks 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 Nicht-Identität der berührten Hautpunkte aufzuheben.

Ich lasse nun die Tabellen folgen:

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 Finger- gliedes . . . . .	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
C.	Rother Theil der Lippen . . . . .	2	1	$\frac{3}{4}$	1	1
D.	Volarseite des zweiten Finger- gliedes . . . . .	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$
E.	Dorsalseite des letzten Finger- gliedes . . . . .	3	2	2	2	2
F.	Nasenspitze . . . . .	3	2	2	2	2
G.	Volarseite an den capit. oss. metacarpi . . . . .	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	$3\frac{1}{4}$
M.	Plantarseite der grossen Zehe am letzten Gliede . . . . .	5	$3\frac{1}{2}$	3	—	4

1) 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. —

Buchstaben- zeichen	Theil der Haut	Abstand der Zirkelspitzen in				
		Par. Lin.	Wiener Linien			
		W.	II.	F.	E.	B.
N.	Dorsalseite des zweiten Gliedes der Finger .....	5	4	4	4	4
O.	Baeken .....	5	4 $\frac{1}{2}$	4	4	4
P.	Äussere Oberfläche des Augen- lides .....	5	4	4	4	4
Q.	Mitte des harten Gaumens .....	6	4	5	—	5
R.	Haut auf dem vorderen Theile des Joehbeines .....	7	5	5	6	5
S.	Plantarseite am Metatars. der grossen Zehe .....	7	5	4	—	5
T.	Dorsalseite des ersten Gliedes der Finger .....	7	5	4	5	5
U.	Dorsalseite der capit. oss. meta- carpi .....	8	6	6	6	6
V.	Innere Oberfläche der Lippen nahe am Zahnfleisch .....	9	5	6	6	6
W.	Haut am hinteren Theile des Joehbeins .....	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 Oe- ciput .....	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 Unterarmes .....	18	14	16	17	13
H'.	Oberer und unterer Theil des Unterschenkels .....	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 Oberschen- kels .....	16—30	11—19	14—18	22	13—19

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 blos 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, massgebendsten 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 Mannes-Alter 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 Columnne H finden wir nämlich an dem hinteren Theile der Ferse (Y) den Abstand der Zirkelspitzen = 10 Linien, ferner in der Columnne B an der Kniescheibe und Umgegend (D') den Abstand der Zirkelspitzen = 16 Linien, wie in der Columnne 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 Columnne 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 Columnnen von oben nach unten an Grösse zu, für die Knaben jedoch weniger stätig und gleichmässig als für den Erwachsenen.

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

Table with columns A through M and rows A through U. Each cell contains numerical data, often with sub-headers (W, H, F, E, B) and sub-rows (1-5). The table is a detailed data matrix for physiological studies.

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*)  $H4'''$ ,  $F5'''$ ,  $E5'''$ ,  $B6'''$ , während dieselben auf der Volarseite des letzten Fingergliedes (*B*) nur  $H1\frac{1}{4}'''$ ,  $F1\frac{1}{4}'''$ ,  $E1\frac{1}{4}'''$ ,  $B1\frac{1}{4}'''$  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 Feinheitengrade des Raumsinnes in den verschiedenen Hautregionen für die Knaben, sowohl als für den Erwachsenen im Allgemeinen übereinstimmen, indem sämtliche 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 Feinheitengrade 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 Übereinstimmung 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 „Übung“, 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 eben so gross, ja selbst noch grösser, als bei Erwachsenen, ausfallen würden.

Übrigens 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 Nerven ausbreitung 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 übermittlelt werden und umgekehrt. Die Feinheit in der Auffassung räumlicher Verhältnisse vermittelst des Tastsinnes muss offenbar durch ein schärferes Tastbild ebenso erhöht werden, als dies bei den Wahrnehmungen vermittelst 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 Menschenlein, 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 dieselben 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 Freiheitsgrade des Raumsinnes kindlicher Individuen eine Prämisse zu einem Wahrscheinlichkeitsschlusse auf ihre künftige Körpergrösse als Erwachsene gegeben.

#### §. 9. 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 Übung 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 theil-

weise 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 Bezeeny, 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 Columnne 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 durehgehends einen Zirkel mit ungedeckten Spitzen angewendet habe.

Tabelle III.

Buchsta- ben- 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 capitula ossium metacarpi .	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.	Äussere 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 Joehbeins	4	4	5
S.	Plantarseite am Mittelfusssknochen der grossen Zehe . . . . .	4	4	5
T.	Rückenseite des ersten Gliedes der Finger	4	4	5
U.	Rückenseite der capitula ossium metacarpi	$4\frac{1}{4}$	$4\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$
V.	Innere Oberfläche der Lippen nahe am Zahnfleische . . . . .	$4\frac{3}{4}$	$4\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$
W.	Haut am hinteren Theile des Joehbeins .	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

Buchstaben- zeichen	Theil der Haut	Abstand der Zirkelspitzen in Wiener Linien		
		N.	Br.	P.
C./	Scheitel . . . . .	7	8	9
D./	Kniescheibe und Umgegend . . . . .	7	8	10
E./	Kreuz . . . . .	7	8	11
F./	Auf dem Gutaes . . . . .	—	—	—
G./	Oberer und unterer Theil des Unterarmes	9—9½	11—12	12
H./	Oberer und unterer Theil des Unterseheitels	9—11	11—12	12
I./	Fussrücken in der Nähe der Zehen . . . . .	11	11	12½
K./	Haut auf dem Brustbein . . . . .	11½	11½	13—14
L./	Haut am Rückgrate in der Mitte der Hals-, Brust- und Lendengegend . . . . .	9—9½	9½—10	14
M./	An manchen Stellen in der Mitte des Ober- armes und Obersehenkels . . . . .	11½—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 Hauptregionen 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 Columnne P., Tab. III mit den Zahlen der Columnne W., Tab. I, so erkennt man, dass sich an vielen Stellen die ersten zu den letzteren verhalten etwa wie 1 zu 1½, dass somit der erwachsene Blinde einen beiläufig 1½mal 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 Wahrneh-

nehmungen ihres Tastsinnes ungleich sicherer und präeiser 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 ein- „ander entfernen. Sie scheinen an den Theilen der Haut zu diver- „giren, wo die Zirkelspitzen bei ihrer Bewegung von stumpfer füh- „lenden Hauttheilen an feiner fühlende übergehen; sie scheinen „dagegen dann zu convergiren, wenn sie von feiner fühlenden Haut- „theilen auf stumpfer fühlende übergehen. Bei einem gewissen gerin- „gen Abstände von einander erregen die Zirkelspitzen das Gefühl, als „wenn nur eine einzige Linie auf der Haut beschrieben würde 1).“

Schliesslich muss ich noch eines Umstandes erwähnen, welcher mir nebst den schon erörterten Momenten an vielen Orten dazu beitragen 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 2) zu erfolgen, indem die Blinden,

1) Vergl. Weber: Über den Raumsinn a. a. O., S. 93.

2) 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 vermittelt des Gesichtes 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

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

#### §. 10. Über das Verhältniss zwischen der Ausdehnung der Haut und dem Feinheitsgrade des Raumsinnes.

Aus dem Vorangehenden 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 *caeteris 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.

---

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 Sehversuche anstellen sah.

Meine begonnenen Beobachtungen an den vier Knaben würden unter der Voraussetzung, dass während des Wachstumes, 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 oder quadratischen Ausdehnung, welche die betreffenden Hautstellen einst im Knabenalter und dann nach vollendetem Wachstume 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 — *cæteris paribus* — bedingte Veränderung der Feinheit des Raumsinnes dieser Ausdehnung genau umgekehrt proportional sei oder nicht.

Gelegenheit zu solcher 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 Mass 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 nur 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 wievieltenmal 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 "
—	—	<i>e'</i>	<i>e</i>	<i>l'</i>	<i>l</i>

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 Dinte.

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	
Mayer . . .	Rücken der Hand	13 W. L.	18 W. L.	13 W. L.	19 W. L.
Nemeček . . .		12 $\frac{1}{2}$ "	16 "	12 $\frac{1}{2}$ "	18 "
Czermak . . .		12 "	14 "	12 "	15 "
Broeckl <sup>1)</sup> . . .		5 "	5 $\frac{1}{2}$ "	5 "	7 "
Maier . . .	Rother Theil der Unter- lippe in der Mitte	1 W. L.	1 $\frac{1}{2}$ W. L.	3 W. L.	5 $\frac{1}{4}$ W. L.
Nemeček . . .		1 $\frac{2}{3}$ "	3 "	3 "	6 "
Czermak . . .		1 $\frac{1}{2}$ "	2 $\frac{1}{2}$ "	3 $\frac{3}{4}$ "	7 "
Kohn . . .		2 "	2 $\frac{1}{4}$ "	4 $\frac{2}{3}$ "	6 $\frac{3}{4}$ "
Maier . . .	Mitte des Unterarmes (Innen- fläche)	28 W. L.	29 W. L.	28 W. L.	32 W. L.
Nemeček . . .		23 "	26 "	23 "	27 $\frac{1}{2}$ "
Czermak . . .		24 "	25 "	24 "	29 "
Kohn . . .		35 $\frac{1}{2}$ "	39 $\frac{1}{4}$ "	35 $\frac{1}{2}$ "	40 "
Broeckl . . .	Mitte des Oberarmes (Äusserer Rand des M. biceps)	10 W. L.	12 $\frac{1}{2}$ W. L.	10 W. L.	14 W. L.
Maier . . .		32 "	36 "	32 "	37 $\frac{1}{5}$ "
Czermak . . .		32 "	35 $\frac{1}{4}$ "	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 Feinheitegraden 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 Feinheitegrades 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 folgender-

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

massen formulirt werden: Wird unter übrigen gleichen Umständen die Ausdehnung der Haut verändert, so ändert sich in entgegengesetztem Sinne auch der Feinheitsgrad 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 allzugrosses 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

<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  $e : e' = l^{\frac{3}{5}} : l'^{\frac{3}{5}}$  oder  $e^5 : e'^5 = l^3 : l'^3$ . Die Zahlen der Tabelle V werden besser dargestellt durch die Proportion  $e : e' = l^{\frac{3}{4}} : l'^{\frac{3}{4}}$  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		

unmöglich, die absoluten Unterschiede der beiden Exponenten mit der erforderlichen Genauigkeit auszumitteln, so wird es doch keinem einigermaßen sorgfältigen Beobachter entgehen können, dass irgend ein 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 serupulöseste Sorgfalt verwendet werden muss, da dieser Umstand eine *conditio sine qua non* ist) — und die von den Zirkelspitzen berührten Hautpunkte mit Lapis oder Tuschse 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 leiht 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 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

<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.

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 herührten Stellen verbindet, gibt das Mass für den Feinheitsgrad des Raumsinnes der betreffenden Hautstelle 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 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 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.

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. 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 Tuschse oder Lapis bezeichneten Punkte aufsetzt, nicht mehr räumlich getrennt empfunden werden können, indem dann die Berührungsflächen (vergl. Fig. 20 die

punktirten Kreise  $Z'$  und  $Z''$ ) bis in den Empfindungskreis  $B$  hineinreihen.

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 Hauptstückes sein sollte. Da jedoch die Berührung der Haut, auch wenn sie mit einer sehr feinen Spitze ausgeübt wird, niemals punktförmig, sondern stets trichterförmig ist und sich auf diese Art gewissermassen mit einem „Zerstreuungskreise“ 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 Übrige 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.

Übrigens 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 Zerstreungskreises als constant anzunehmen.

Ist aber der Durchmesser des Zerstreungskreises 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 Feinheitgrade des Raumsinnes fest, so wird man in diesen Messungen das erste und bisher einzige Verfahren begrüssen müssen, durch welches ein Grenzwert 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 folgendermassen:  $z'z'' - z''z''' = 2m$ ,  
 $m = \frac{z'z'' - z''z'''}{2}$ , da aber  $x : m = z : z'z''$ , so ist  $x = \frac{mz}{z'z''}$  also  
 $x = \frac{z(z'z'' - z''z''')}{2z'z''}$ .

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  $x : \frac{z''z''' - z'z''}{2} = z : z'z''$ ) für  $x$  offenbar die Formel  $x = \frac{z(z''z''' - z'z'')}{2z'z''}$ .

Übrigens 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 mannigfach 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 der Empfindungskreise und die Spannungsgrösse der Haut zugleich ein gewisses Mass 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 raseh 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 ebenen und vor Allem praktisch zu erproben, um zu sehen, wie die gewonnenen Resultate stimmen. Dass es wirklich zu vorsehnell 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 Zerstreuungs- oder

Berührungskreises und 2. die Ausdehnung oder Zusammenschrumpfung der Haut ein gewisses Mass überschreitet; während das Bedenken für alle anderen durch die Fig. 10 his inclus. 20 illustrirten Fälle keine Bedeutung hat. Hiernaeh 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 bisher 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 §. 8 mitgetheilt sind, muss man schliessen, dass Kinder einen nicht unbeträchtlich feineren Raumsinn in der Haut besitzen, als Erwachsene. Dieses Factum hatte ich a priori erschlossen, indem ich erwog, dass unter übrigen

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 Wachsthumes 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 Wachsthumes eine Vergrösserung der Empfindungskreise 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, obsehon ich geflissentlich keine weitere Rücksicht darauf genommen habe, um meine Betrachtungen, welche jetzt in mehrfacher Weise zu modifiziren 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 desshalb für überflüssig, als dieselbe gar nicht ausbleiben kann, da mit voller Sicherheit anzunehmen ist, dass weder sämtliche vier Knaben zu Riesen auswachsen, noch auch alle vier einen ausnahmsweise und abnorm feinen Raumsinn behalten werden.

§. 11. 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 folgendermassen 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 verschmolzen. Nachdem ich diesen sorgfältig bestimmten Bezirk mit Tuschse umrissen hatte, setzte ich an zwei beliebigen Punkten desselben statt der Zirkelspitzen zwei sehr kleine Reagensgläserchen, von denen das eine mit heissem Öl, das andere mit einer Kältemischung gefüllt war, mit ihren abgerundeten unteren Enden auf.

Das 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 Gläserchens deutlich von dem Wärmeeindruck des anderen, allein (und dies versetzt den Beobachter in eine eigenthümliche, nicht zu beschreibende Verwir-

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

rung) 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 Gläserchen 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 Erseheinungen, welche eine eingehendere Untersuchung verdienten, 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.

#### §. 12. 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 Mass 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 Nerveverbreitung an, auf denen „sich Gestalten, Entfernungen und Bewegungen der wahrzunehmenden Körper gleichsam abbilden können“ und „von denen die Seele gewissermassen 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, inshesondere, 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 geschehen werden, je differenter, um so undeutlicher, je identischer ihr qualitativer Inhalt sammt den Localgefühlen ist.“

Ieh für meine Person bin der Meinung, dass keine der beiden Theorien vollkommen 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 ieh im Folgenden zeigen werde, in der That auch möglich.

Dass man sich bei Weber's Hypothese nicht beruhigen könne, geht, wie mir scheint, schon daraus hervor, dass Weber eine

<sup>1)</sup> Wagner's Handwörterb. Art. „Tastsinn“ und Berichte der kön. sächs. Ges. d. W. zu Leipzig. 1852, II, S. 83: „Über den Raumsinn“.

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

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 vermittelst 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 §. 10 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?

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

<sup>1)</sup> Vergl. Meissner's Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Haut. Leipzig 1833.

<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, gewissermassen 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, zwischen einem bloß physicalischen Zerstreungskreise,

sehen, 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 physicalische 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.

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,

---

welcher nicht weiter in Betracht kommt (!) und einem physiologischen Zerstreungskreis, 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.“

dann hat man es streng genommen schon mit „bestehenden,“ „festen“ Einrichtungen 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 gilt nun hieraus eine allgemeine Maxime hervor: finden wir irgendwo Veranstellungen 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 modifiziren, 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 Empfindungen, 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 herührten 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 denuoch eine Erschleichung,“ wenn Lotze behauptet, „dass sie hierdurch allein befähigt und genöthigt würde, ihre Empfindungen nicht nur überhaupt aus einander 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 vergehens, 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 Überleitung 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 folgendermassen 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. §. 11) verschmelzen zu einer räumlich

untrennbaren Wahrnehmung, wenn dieselben über ein nach den verschiedenen Hautregionen verschiedenes Mass einander genähert sind. Man kann also überall in der Haut Bezirke von bestimmter Grösse und Gestalt nachweisen und vermittelt 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 Nerven-fibrille gibt nämlich der durch sie vermittelten Empfindung ein besonderes Localzeichen mit, das ein Glied eines stätig abgestuften Systems ist, welches System in directer, vorläufig nicht näher erklärbarer Beziehung steht, zu den fixen, correspondirenden, geometrischen Verhältnissen des centralen und des peripherischen Nervensystems.

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 gewissermassen dem Weber'schen Begriff eines Empfindungskreises; während Das, was ich unter „Empfindungskreis“ verstehe, insofern mit Meissner's „physiologischen Zerstreungs- oder Irradiationskreis“ zusammenfällt, als beide in unserer Vorstellung eine Raumeinheit repräsentiren, darin aber wesent-

lich 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'sehen 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. Fig. 23), denn versucht man die Empfindungskreise mittelst des Cirkels in bekannter Weise zu bestimmen und mit Tusche graphisch auf der Haut darzustellen, so findet man leicht, dass die Mittelpunkte derselben die ganze Hautfläche stätig erfüllen <sup>1)</sup>. Jeder sensible Hautpunkt

<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. („Über die Hautnerven des Frosches“, Müll. Arch. 1849, Seite 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 Maechtspruch zu vernichten. Weber sagt (l. c. „über den Raumsinn“ Seite 118): „Verstehe ich dieses Wort (das sich Interferiren der Empfindungskreise) richtig, so meint er (ich) die Empfindungskreise grenzten nicht blos an einander, sondern sie deckten sich zum Theil und an den Orten wo sie sich deckten, störten (?) 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 Überlegung das Missverständniss, das seinen sonst so klaren Blick nur in einem Moment einer (übrigens unerklärlichen) 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 Verästelungsgebiete 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.

gehört daher vielen Empfindungskreisen an, nimmt aber in jedem derselben eine andere relative Lage zum Mittelpunkte 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.

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 einer 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,

---

Schliesslich bemerke ich, dass nur Koelliker (Mier. 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, obgleich 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 Koelliker übrigens sagt (l. c. Seite 40): „man müsste die Empfindungskreise Weber's gewissermassen ins Rückenmark an die Enden der eigentlichen Rückenmarksfasern von Volkman 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 Koelliker meiner vermittelnden Hypothese völlig anschliessen wird.

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 *a* 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 einzelnen Nervenfasern, welche durch den Reiz getroffen sind, eigenthümlichen Localzeichen in dem stätig „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 unerklärbare Weise durch gewisse correspondirende Anordnungen in dem peripherischen und centralen Nervensysteme bedingt ist <sup>1)</sup>. Die

<sup>1)</sup> Hiermit werden sich Lotze und Meissner schliesslich einverstanden erklären können und müssen, da einerseits ihrer Forderung „intensiver Lokalzeichen“

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 „physicalischen 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 Übung 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 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 Nothwendigkeit 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

---

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 Erseheichung 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.

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 angebahnt 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 §. 10 vorgeschlagenen Messungen nicht ein Theil des Durchmessers der Weber'schen Empfindungskreise gemessen wird, sondern mutatis mutandis eigentlich ein Theil des Halbmessers des „blos physicalischen Zerstreuungskreises“, wobei es offenbar keinen Fehler, wohl aber eine verschiedene Annäherung an die Wirklichkeit verursauchen würde, wenn die Grösse dieses Halbmessers caeteris paribus von den Spannungs- und Erschlaffungszuständen der Haut geändert wird oder nicht.

### §. 13. Über 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 „Verkehrtfühlen“ 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 Eindrucke der linken Seite des Tastobjectes auf den links liegenden Ulnarrand des Mittelfingers, das links erscheinende Tastbild hingegen von dem Eindrucke der rechten Seite des Tastobjectes auf den rechts liegenden Radialrand des Zeigefingers bedingt ist. Denken wir uns das einfache Kügelchen in zwei nebeneinander liegende, ein rechtes und ein linkes zerschnitten, so ist es hiernach selbst verständlich, 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 Worte „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. 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 correspondirenden 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 übereinanderliegende 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 dislozirt, — so dass sich nun solche Punkte der Lippen berühren und einander gegenüber liegen, welche bei natürlicher Lippenhaltung nicht correspondiren (vgl. 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 partibus 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 dislozirtten Ober- und der nach links dislozirtten Unterlippe, so nimmt man die beiden Eindrücke als senkrecht zur Mundspalte übereinanderstehend wahr, obsehon 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 Vor-

stellung 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 Dinte bezeichnet hat.

Hat man die Lippen in der angegebenen Weise dislozirt und drückt man nun wie früher ein Wachskügelehen 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 nemlich 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 Erseheinung des künstlich herbeigeführten „Verkehrfühlens“ 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 Erseheinungen 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.

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

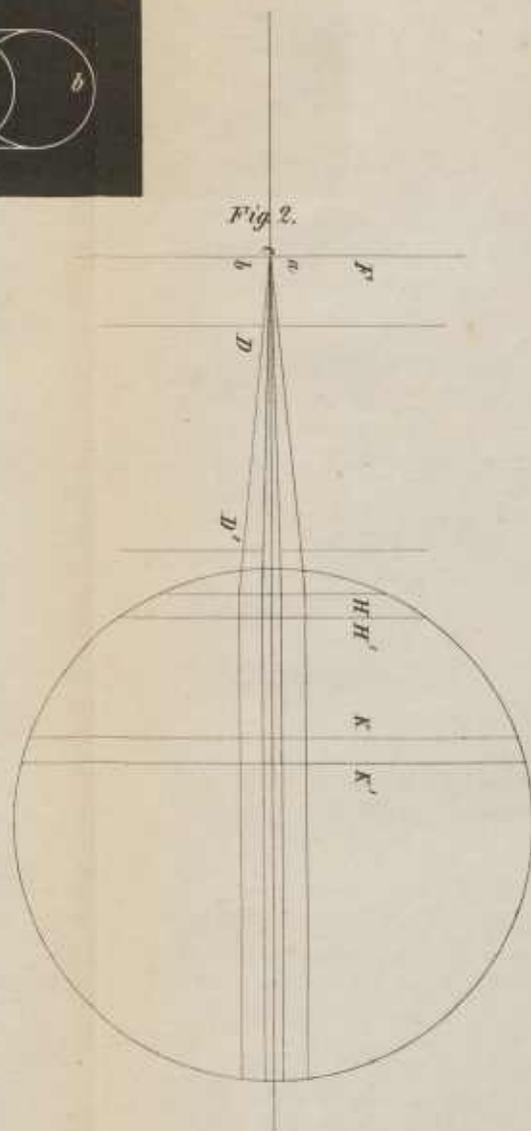
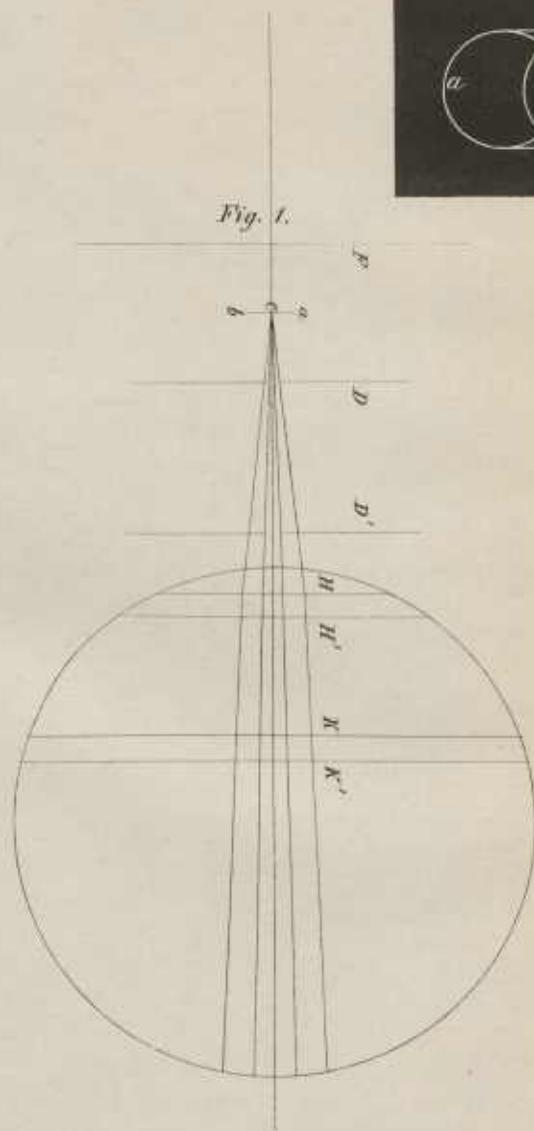
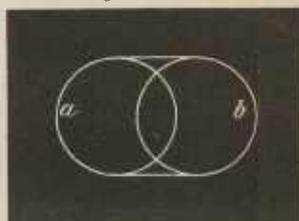
Ich bin auf den, meines Wissens bisher noch nirgends ausgesprochenen und ausgeführten Gedanken verfallen, ein Phorolyt zu construiren, welches dem Tastsinne in ähnlicher Weise Bewegungen vortäuschen soll, wie die bekannte „Wunderseibe“ dem Gesichtsinne. Ein Tastphorolyt — (sit venia verbo!) — kann von 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, folgendermassen construiren lassen:

Auf einer grossen um eine verticale 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 Halbierungs- oder Mittelpunkt in diesem oder jenem Sinne weiter gedreht worden wäre, als sein unmittelbarer Vorgänger (vergl. Fig. 27, *B, B, B . . . B*). In der Nähe des Randes dieser die Tastobjecte tragenden Scheibe war eine grosse, in verticaler Richtung bewegliche Klemme (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 Halbierungs-

- 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 Öffnung (o) gestellt ist. Das weisse Licht erscheint dann in der Contrastfarbe zu dem angewendeten Blau. Das im Interferenzfeld vorhandene Doppelbild einer diesseits 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 ständig 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 steht 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 o1'O, der andere zwischen o1U 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 weitergeht. An der Axe (A) ist ein kleines mit 12 Zähnen versehenes, horizontales Rädchen (r) angebracht; dieses greift in die archimedische Schraube (x) 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 x 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

Fig. 5.



Aus d. k. k. Hof- u. Staatsdruckerei.

Fig. 6.

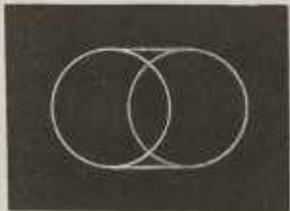
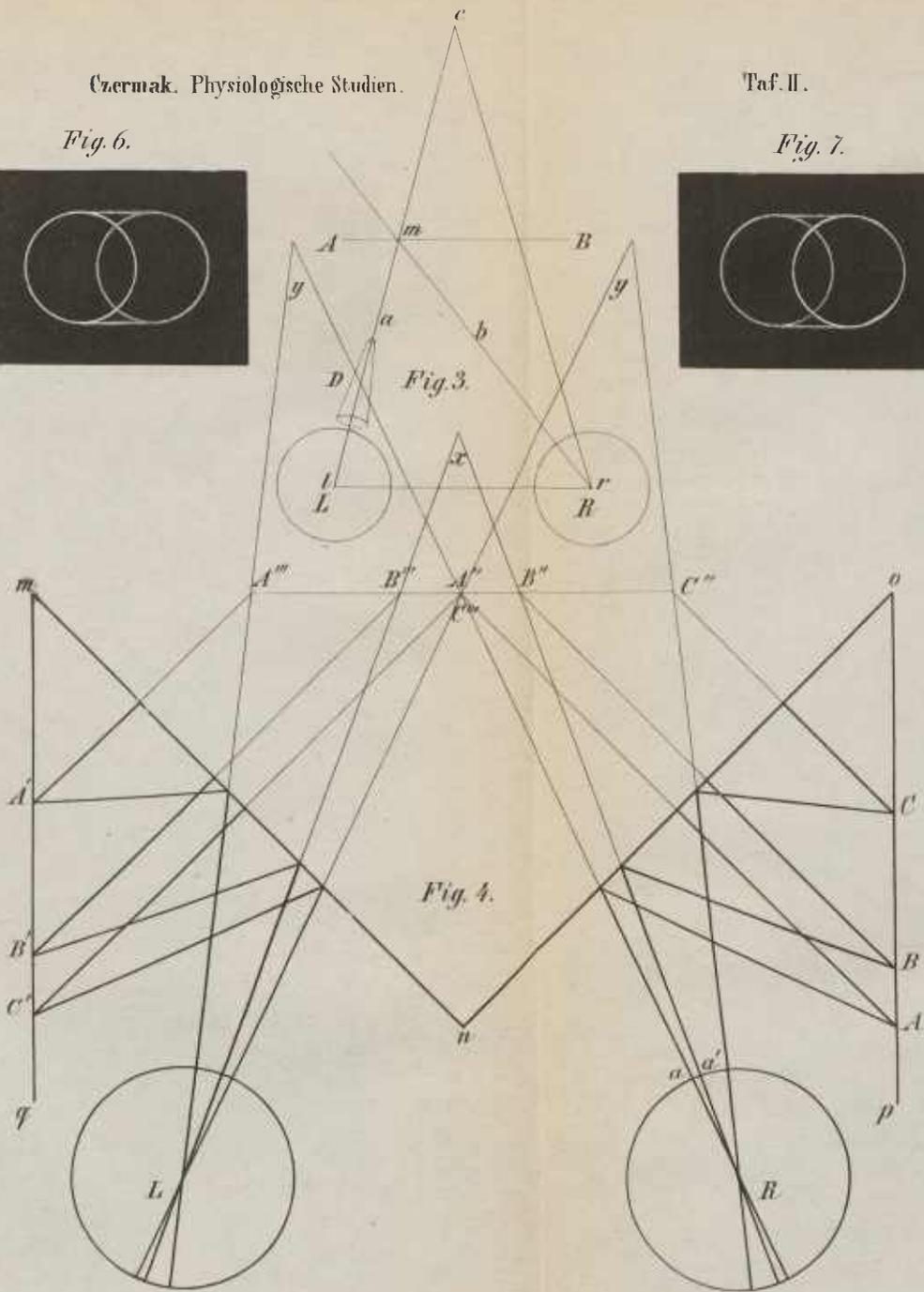
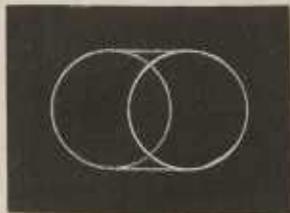


Fig. 7.



Acta d. k. k. Hof-u. Sta. at. druckerei

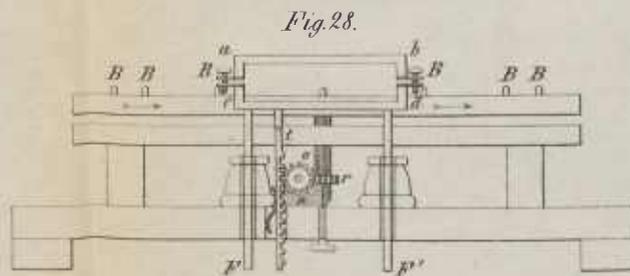
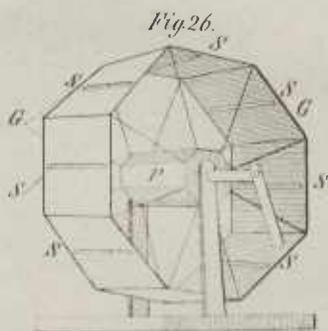
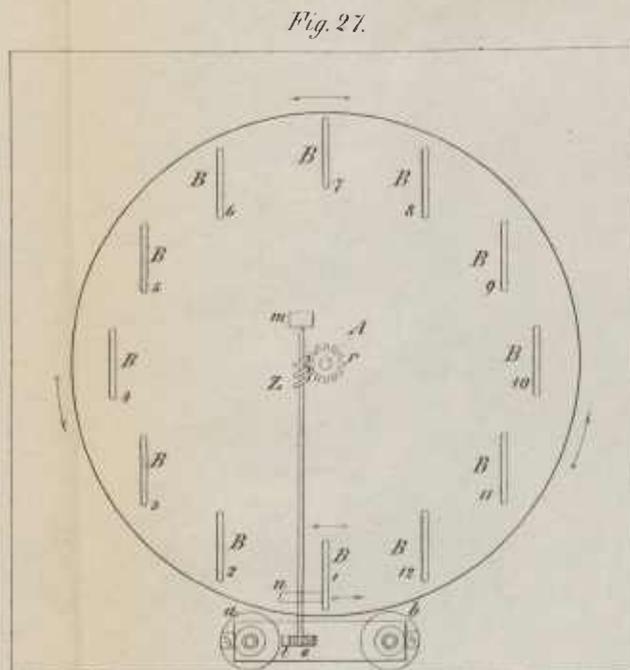
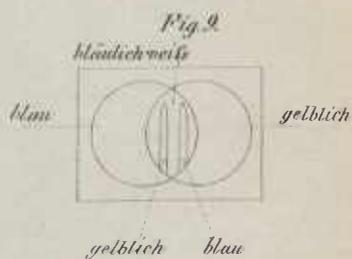
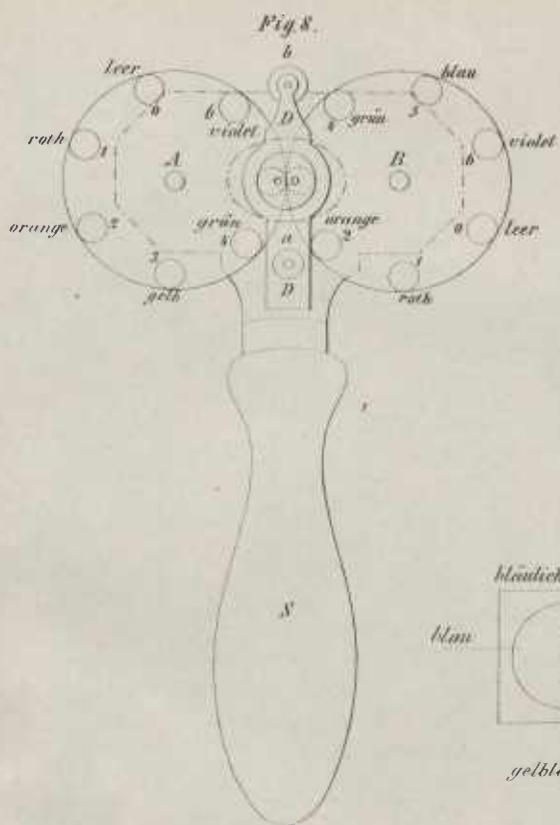


Fig. 10.

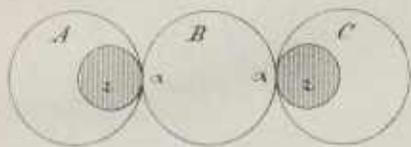


Fig. 11.



Fig. 12.

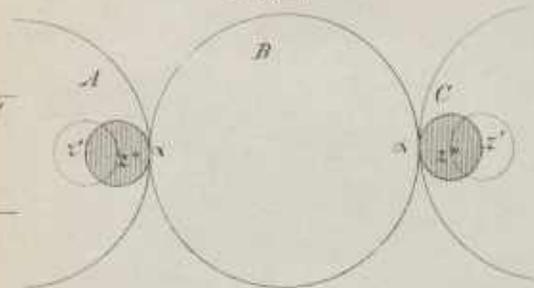


Fig. 13.



Fig. 14.

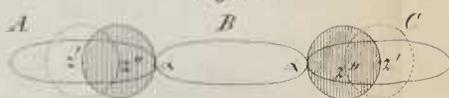


Fig. 15.

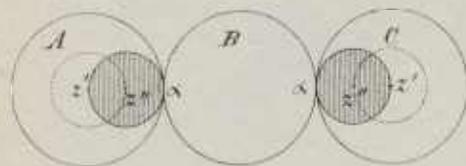


Fig. 16.



Fig. 17.

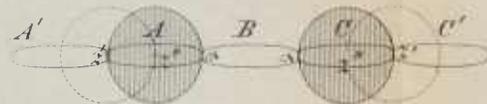


Fig. 20.

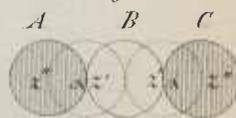


Fig. 18.

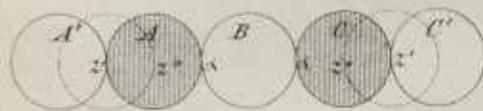


Fig. 19.

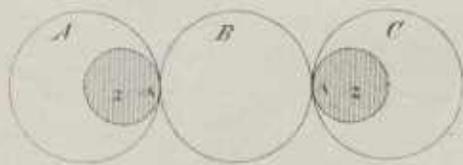


Fig. 21.

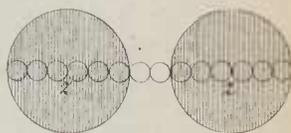
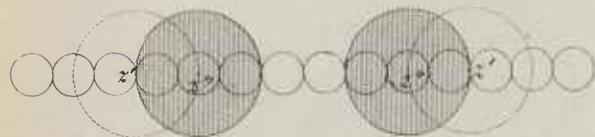


Fig. 22.



Aus d. k. k. Hofu. Staatsdruckerei.

Fig. 23.

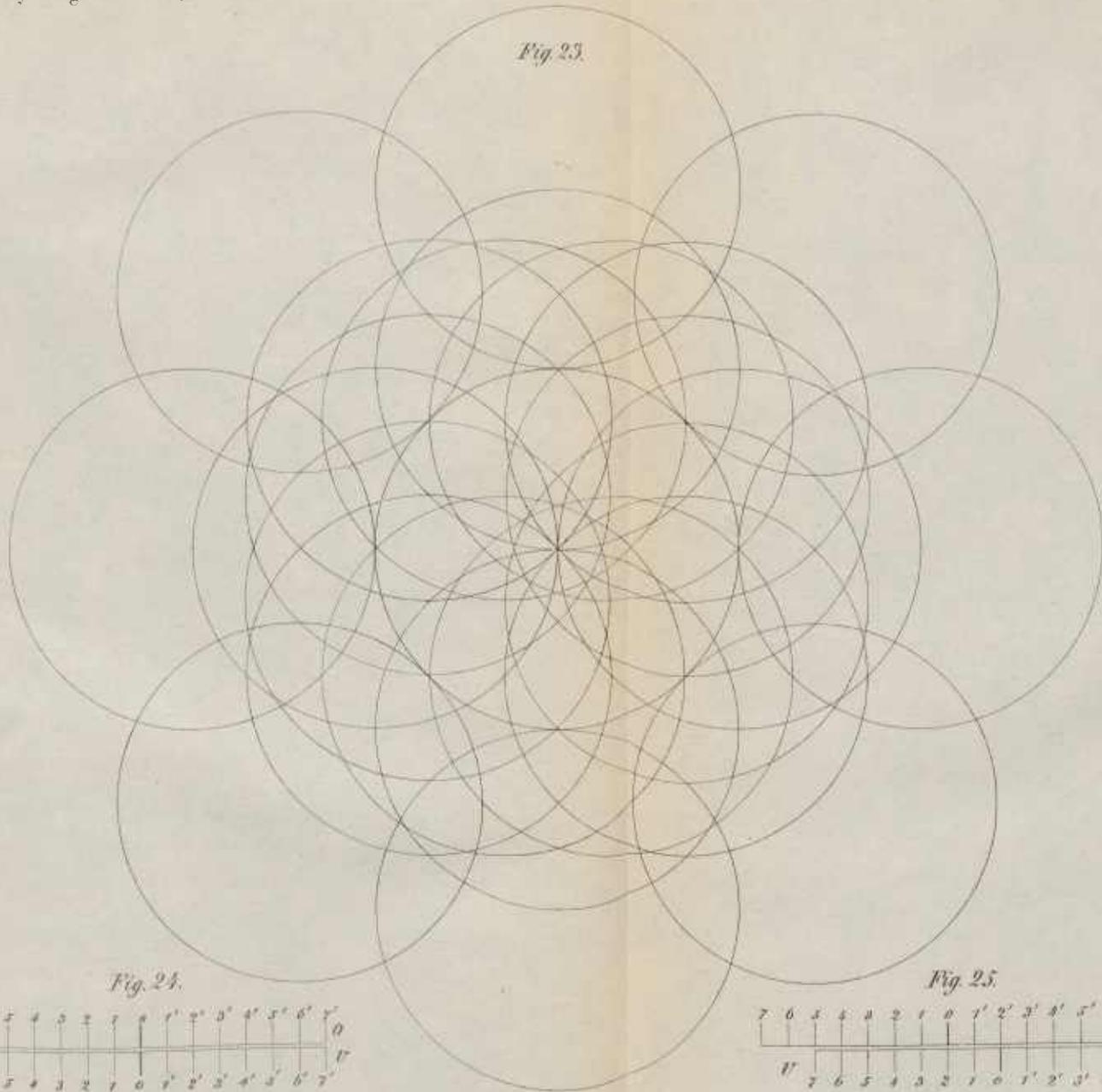


Fig. 24.

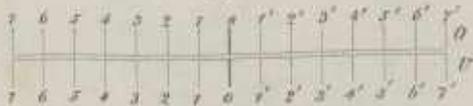


Fig. 25.



Ans d. k. k. Hof- u. Staatsdruckerei.

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 stätig 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. —

## V o r t r a g.

### *Die Echinoiden der oberen Jura-Schichten von Nikolsburg in Mähren.*

Von Dr. Friedrich Rolle,

derzeit Commissär des steiermärkischen geognostisch-montanistischen Vereines.

(Vorgelegt in der Sitzung der mathem.-naturw. Classe am 15. März 1855.)

Die versteinungsreichen Jura-Gebilde der Gegend von Nikolsburg in Mähren und Ernstbrunn in Niederösterreich sind im Laufe der letzten zehn Jahre wiederholt geologisch und paläontologisch untersucht worden, namentlich von Herrn Dr. v. Ferstl, später von Herrn Dr. Hörnes, Herrn E. Suess und Herrn Foetterle. Von den vorgefundenen Versteinungen wurden indessen bloß mehr oder minder umfassende Namensverzeichnisse gegeben. Die folgende Arbeit, welche ich der geehrten Classe mir vorzulegen erlaube, ist der erste monographische Versuch, welcher eine Anzahl jener Versteinungen sich zum Gegenstande nimmt. Eine solche specielle Bearbeitung ist vollkommen zeitgemäss. Von den hier beschriebenen Arten ist in der That nur die eine, *Cidaris coronata*, in den bisherigen Arbeiten über die Nikolsburger Gegend eifirt; die übrigen Arten sind theils neue, theils solche, die bis jetzt wenigstens aus dem Gebiete der österreichischen Monarchie noch nicht eifirt worden sind.

Das Material zu dieser Arbeit lieferte die sehr reichhaltige Echinoiden-Sammlung des k. k. Hof-Mineralien-Cabinetes; die