

Weitere Beiträge zur Physiologie des Tastsinnes.

[Wiener akademische Sitzungsberichte 1855 (Physiologische Studien).]

(Hierzu Fig. 4—9 auf Taf. 19).

Das Folgende enthält die angezeigte¹⁾ Fortsetzung jener Untersuchungen, welche S. 303 in Nr. XXV niedergelegt sind. ■

Diese Fortsetzung ist das Resultat des Bestrebens das Gebäude meiner, die Ansichten WEBER's und LOTZE's vermittelnden Lehre zu befestigen und weiter auszubauen.

Um das Folgende leichter anknüpfen zu können, sei mir hier eine kurze Revision jener Sätze gestattet, auf welche ich meine Hypothese gegründet habe.

1. Jede einzelne Nervenfasern hat ein gewisses Verästelungsgebiet in der Haut, d. h. geht in eine bestimmte Zahl (1, 2, 3 x) sensibler Punkte aus.

Dies können wir mit Sicherheit annehmen, müssen uns dagegen vorläufig jedes Ausspruchs über die Beschaffenheit und Anordnung dieser sensiblen Punkte, so wie über das gegenseitige Verhältniss der Verästelungsbezirke benachbarter Nervenfasern enthalten, da wir trotz aller Bemühungen der Mikroskopiker die eigentliche Endigungsweise der Nervenfasern in der Haut noch immer nicht genau genug kennen. E. H. WEBER's Annahme, nach welcher die Verbreitungsbezirke der einzelnen Fibrillen scharf begrenzt neben einander liegen sollen, ist nicht hinreichend begründet.

Eben so unbegründet und vielleicht noch unwahrscheinlicher war meine 1849 ausgesprochene Idee einer totalen Interferenz dieser Verbreitungsbezirke, zu welcher ich durch theoretische Gründe und durch

¹⁾ Wiener med. Wochenschrift, 1855, S. 471.

die Existenz der Nervenplexus in der Frosehnhaut verleitet wurde. Ja selbst die Negation der berührten WEBER'schen Annahme, welche ich noch in meinen letzten Mittheilungen festhalten zu müssen glaubte, lasse ich hiermit als nicht hinreichend begründet und als unwesentlich für meine Theorie fallen¹).

2. Jeder sensible Punkt, welcher in Erregung versetzt wird, theilt derselben eine eigenthümliche Färbung, ein »Localzeichen« mit, welches ein bestimmtes Glied eines stetig abgestuften Systems von Localzeichen ist.

Hierbei müssen wir es nun wieder völlig unentschieden lassen, worin diese Localzeichen eigentlich bestehen (vgl. LOTZE, Med. Psychologie, Cap. 4, S. 325) und halten nur fest, dass jeder sensible Punkt mit seinem Localzeichen ein einfaches Element unseres inneren Raumbildes repräsentirt.

Es wäre freilich auch noch denkbar, dass selbst ein einzelner sensibler Punkt — als ob er gleichsam aus mehreren zusammengeschmolzen wäre — je nach der Richtung etwa, in welcher der Tastreiz auf ihn einwirkt, verschiedene Localzeichen vermitteln und demgemäss auch mehrere einfache Raumelemente repräsentiren könnte, oder dass im Gegentheile zur Herstellung eines Localzeichens die Erregung mehrerer Punkte nothwendig sei. Dies bleibe jedoch bei unserer gegenwärtigen Unkenntniss der Nervenprocesse völlig dahingestellt — so wie auch die Frage, ob die zu einer Stammfaser gehörigen sensiblen Punkte ihrer Erregung nur absolut gleiche oder verschiedene Localzeichen mitzutheilen im Stande sind?

3. Die Feinheit der Abstufung des Systems der Localzeichen scheint mit der relativen Anzahl der sensiblen Punkte und Nervenfibrillen in den verschiedenen Regionen der Haut correspondirend zu fallen und zu steigen: doch können wir jene mit dieser vorläufig in keine andere Beziehung bringen, als dass eben Beide (die Feinheit der Abstufung der Localzeichen, wie die relative Anzahl der sensiblen Punkte) wesentlich durch die nun einmal bestehenden, aber noch nicht näher erkennbaren und zu bezeichnenden, correspondirenden Verhältnisse des centralen und des peripherischen Nervensystems begründet sind.

¹ Durch das Gesagte und indem ich noch hinzufüge, dass ich den gereizten Ton, zu dem ich mich hinreissen liess, lebhaft bedaure, glaube ich ein in meiner früheren Mittheilung (S. 343, Anmerkung) an dem grossen Physiologen begangenes Unrecht wieder gut gemacht zu haben.

Denn die grössere Zahl der sensiblen Punkte an sich bedingt offenbar nicht nothwendig auch einen grösseren Unterschied zwischen den Localzeichen der einzelnen sensiblen Punkte *et vice versa*.

Ja nicht einmal die Annahme erscheint hinreichend gerechtfertigt, dass der Unterschied der Localzeichen unmittelbar benachbarter Punkte überall derselbe sei, obschon dann allerdings die Feinheit der Abstufung der Localzeichen mit der relativen Anzahl der sensiblen Punkte in directe Beziehung gebracht wäre.

Damit soll jedoch die fragliche Beziehung, zu deren genaueren Constatirung zunächst noch directe Zählungen der sensiblen Elemente in den verschiedenen Hautregionen erforderlich wären, eben so wenig gezeugnet, als angenommen werden — wenn sie auch im Allgemeinen schon nach den bereits vorliegenden Erfahrungen in gewissen Regionen zu existiren scheint.

4. Je weiter zwei sensible Punkte einer Hautregion aus einander liegen, desto differenter müssen auch die ihnen eigenthümlichen Localzeichen sein, — wobei wir, wie gesagt, die Frage offen lassen, ob dies nur dann gilt, wenn die sensiblen Punkte mit verschiedenen Stammfasern zusammenhängen oder auch dann, wenn sie derselben Stammfaser angehören.

5. Bei der Einwirkung jedes Druckes, jedes Tastreizes wird gewöhnlich ein Complex von sensiblen Punkten erregt (MEISSNER).

Allein trotz der Erregung mehrerer sensibler Punkte (so zu sagen eines Zerstreungskreises) durch ein einfaches und punktförmig beschränktes Tastobject entsteht doch erfahrungsgemäss auf keiner Hautstelle eine vielfache Empfindung, — ja selbst mehrere zeitlich und räumlich getrennte Tastreize fliessen innerhalb bestimmter und für die verschiedenen Hautregionen verschiedener Grenzen zu einer räumlich einheitlichen, räumlich untrennbaren Wahrnehmung zusammen.

6. Es existiren daher in der Haut Bezirke von bestimmter Grösse und Gestalt, welche eine Anzahl (1, 2, 3, 4, ∞) von sensiblen, mehr oder weniger gedrängt stehenden Punkten umfassen, deren Localzeichen sich nur unmerklich von einander unterscheiden, und innerhalb welcher somit eine Wahrnehmung jedweder räumlichen Beziehungen der Eindrücke nicht mehr möglich ist.

Diese Bezirke nannte ich »Empfindungskreise«. Sie müssen als Raumeinheiten oder Raumelemente höherer Ordnung bezeich-

net werden, wenn man jeden sensiblen Punkt mit seinem Localzeichen als ein einfaches Raumelement betrachtet. Ihr Durchmesser bedingt wesentlich die Schärfe des räumlichen Wahrnehmungsvermögens.

In gewisser Beziehung hängt jedoch die Feinheit desselben auch von den so zu sagen mechanischen Verhältnissen der sensiblen Punkte an der Peripherie ab (s. unten über die »Irradiationskreise« § 8 ad 2).

7. Die Anordnung der Empfindungskreise, welche, wie gesagt, je nach der Hautregion eine bestimmte Anzahl von mehr oder weniger gedrängt stehenden sensiblen Punkten umfassen, muss man sich erfahrungsgemäss unter dem Bilde von unendlich vielen Kreisen oder Ellipsen¹⁾ denken, welche sich so interferiren, dass ihre Mittelpunkte die ganze Hautoberfläche stetig erfüllen²⁾. Ich übersehe hierbei nicht, dass die sensiblen Punkte — soweit unsere histologischen Daten reichen — durch unempfindliches Gewebe getrennt sind.

8. Die durch die Empfindungskreise repräsentirten Raumeinheiten höherer Ordnung fallen insoweit zusammen, als sich die Empfindungskreise interferiren.

Die Elemente unseres subjectiven Raumbildes correspondiren eben genau — auf eine vorläufig unerklärbare Weise — mit den fixen, geometrischen Verhältnissen der sensiblen Punkte an der Peripherie.

9. Auf der Mosaik der sensiblen Hautpunkte und der Empfindungskreise können sich die Gestalten, Entfernungen und Bewegungen der wahrzunehmenden Tastobjecte gleichsam abbilden; und die Seele wird vermöge dieser bestehenden Einrichtung in den Stand gesetzt, die räumlichen Beziehungen der die Haut treffenden Reize aus einander zu halten und anzuschauen.

10. Concentration der Aufmerksamkeit und Uebung des Tastorgans endlich können das Wahrnehmungsvermögen für die Unterschiede der den sensiblen Punkten eigenthümlichen Localzeichen ansehnlich schärfen. Auch von der (durch *Narcotica* u. s. w.) variablen Disposition der Centralorgane ist die Feinheit der Abstufung des Systems der Localzeichen und somit die Grösse der Durchmesser der Empfindungskreise abhängig.

¹ Vielleicht auch unregelmässig begrenzten Flächen?

² Jeder sensible Punkt gehört daher vielen Empfindungskreisen an, nimmt aber in jedem derselben eine andere relative Lage zum Mittelpunkte ein.

Zum Beleg dafür lassen sich mancherlei Erfahrungen anführen.

Bei vorurtheilsfreier Erwägung der mitgetheilten zehn Thesen wird man, wie ich glaube, bald zu der festen Ueberzeugung gelangen, dass meine die Ansichten LOTZE's und WEBER's versöhnende Theorie des Raumsinnes der Haut auf einer sicheren, unserem gegenwärtigen geringen Wissen allein vollkommen entsprechenden und jede voreilige oder nicht hinreichend begründete Annahme streng ausschließenden Basis ruhe, und sowohl Jenen, welche die Wahrnehmung der räumlichen Beziehungen der äusseren Objecte auf dem Wege der »Auffassung«, als Jenen, welche dieselbe nur auf dem Wege der »Wiedererzeugung der Räumlichkeit« erklären zu können meinen, wesentlich genügen dürfte. Auch kenne ich keine Thatsache, welche sich nicht auf die ungezwungenste Weise mit meiner Theorie in Zusammenhang bringen und deuten liesse.

Wollte man aber einwerfen, dass meine Theorie Nichts eigentlich erkläre, indem sie gewissermaassen nur eine Umschreibung der Thatsachen sei, so könnte ich darauf hinweisen, dass WEBER's, LOTZE's und MEISSNER's Hypothesen durchaus Nichts besser erklären, dagegen aber zum Theil unbegründete Annahmen herbeiziehen, zum Theil mit gewissen Thatsachen nicht in Einklang zu bringen sind.

Der von mir eingeschlagene Weg erscheint mir als der vorläufig einzig mögliche und der besonnenen empirischen Forschung allein entsprechende.

Uebrigens halte ich meine Darstellung durchaus nicht für abgeschlossen, und es ist mir überhaupt nur um die Sache, nicht um das Rechthaben zu thun, weshalb mir jeder fördernde Widerspruch, jede freundliche Zurechtweisung willkommen sein wird.

Die Fortbildung der Theorie und die Erforschung der Thatsachen in anderen Richtungen auf eine spätere Zeit verschiebend, beschränke ich mich hier nur darauf, Einiges auszuführen und mitzutheilen, was sich hauptsächlich auf die Messung der Empfindungskreise, auf die Würdigung der von LOTZE zusammengestellten Einwürfe gegen die Existenz der festen Empfindungskreise überhaupt, und auf die experimentelle Begründung dieser Annahme gegenüber der LOTZE-MEISSNER'schen Hypothese bezieht.

§ 8. Ueber Messung der Empfindungskreise.

Es ist LOTZE, welcher zuerst darauf aufmerksam gemacht hat, dass der nach WEBER's alter Methode als Einheit empfundene Raum,

für ungleichzeitige Erregungen die Möglichkeit differenter Raumpfindung birgt.

Aus dieser Thatsache ergibt sich, nach den vorausgeschickten Begriffsbestimmungen, zunächst der Schluss, dass die wahren Empfindungskreise einen kleineren Durchmesser haben müssen, als jene Bezirke, innerhalb welcher zwei gleichzeitige Eindrücke nicht mehr räumlich unterschieden werden, und dann die doppelte Aufgabe: 1. den Grund der verschiedenen Feinheit des Wahrnehmungsvermögens für Raumbeziehungen gleichzeitiger und ungleichzeitiger Erregungen zu ermitteln, und 2. eine Methode aufzufinden, welche die Durchmesser der Empfindungskreise, wo möglich, direct und genau misst.

Ad 1. Vor Allem haben wir uns zu erinnern, dass die Erregung der zu einem Empfindungskreise gehörigen sensiblen Punkte die Möglichkeit aller und jeder differentiellen Raumpfindung ausschliesst, dass somit Empfindungen nicht eher irgend welche räumliche Beziehungen zu einander erhalten können, als bis nicht der Abstand der erregten Punkte wenigstens etwas grösser ist, als der Durchmesser eines Empfindungskreises.

Um einfach die Lage zweier auf einander folgender, zeitlich aus einander gehaltener Eindrücke zu beurtheilen, wird es daher — für den ersten Moment der späteren Berührung — im Allgemeinen genügen, dass der Abstand der erregten sensiblen Punkte den Durchmesser eines Empfindungskreises übersteigt (Taf. 19, Fig. 4 a, b), während zwei gleichzeitige Erregungen bei demselben Abstände in eine (vielleicht etwas längliche, aber jedenfalls) räumlich untrennbare Empfindung unaufhaltsam zusammenfliessen müssen; da eine deutliche, totale, räumliche Unterscheidung und Trennung des gleichen oder verschiedenen qualitativen Inhalts gleichzeitig erregter Empfindungen offenbar nur möglich ist, wenn wir eine Vorstellung von dem dieselben trennenden Zwischenraum bekommen.

Diese Vorstellung beginnt, nach meiner Lehre von der Interferenz der Empfindungskreise, zu entstehen, nachdem einmal der Abstand der gleichzeitig erregten sensiblen Punkte so gross geworden ist, dass sich keine der betreffenden Empfindungskreise mehr interferiren¹⁾ (Fig. 4 a, c), kann aber erst dann vollkommen deutlich werden, wenn der fragliche Zwischenraum durch ein ganzes Raumelement höherer Ordnung repräsentirt wird, d. h. wenn zwischen die

¹ Vergl. oben S. 373 Anmerkung und Thesis Nr. 8.

einander zugekehrten Grenzen der betreffenden Empfindungskreise ein ganzer Empfindungskreis zu liegen kommt (Fig. 4 a, d).

Mit diesen Consequenzen, welche sich aus keiner der anderen Theorien so klar ableiten lassen, stimmt es nun auf eine erfreuliche und überraschende Weise zusammen, dass (wie mein der Wissenschaft zu früh entrissener, ehemaliger Mitschüler R. LICHTENFELS mit feiner Beobachtungsgabe hervorgehoben hat¹⁾), »die Ueberschreitung jener Distanz, für welche zwei (gleichzeitige) Eindrücke als unzweifelhafte Einheit erscheinen, nicht sogleich mit dem vollen Bewusstsein einer Doppelpfindung sich verknüpft und ebenso umgekehrt«.

Ausser jenem Raume, in welchem ein Verschmelzen gleichzeitiger Eindrücke stattfindet, und jenem an dessen Grenzen die beiden Eindrücke völlig getrennt bleiben, existirt also wirklich noch ein mittlerer Raum, in dem die erzielten Empfindungen noch nicht entschieden getrennt, aber auch nicht mehr verschmolzen erscheinen.

Die Breite dieses mittleren Raumes entspricht, beiläufig bemerkt, dem Durchmesser eines Empfindungskreises (Fig. 4 c, d) und beträgt immer weniger als den dritten Theil der Distanz zwischen a und d .

Hiermit scheint nun der bisher kaum geahnte Grund des Widerspruches der Beobachtungen über die Feinheit des Wahrnehmungsvermögens für die räumlichen Beziehungen gleichzeitiger und ungleichzeitiger Eindrücke auf eine sehr einfache, naturgemässe, aus meiner Theorie von selbst sich ergebende Weise genügend erklärt zu sein.

Schliesslich muss ich noch eines interessanten Umstandes gedenken, welcher uns auf ein bisher unberührtes, hier in Betracht kommandes Moment hinweist. Ich meine die Bemerkung LOTZE'S²⁾: »dass man oft, auch wenn die Zirkelspitzen gleichzeitig aufgesetzt werden, deutlich zwei Empfindungen erhält, die erst später zu einer einzigen verschmelzen«. Es dürfte nämlich, falls die LOTZE'sche Beobachtung nicht etwa doch auf einer Täuschung in Folge ungleichzeitigen Aufsetzens der Zirkelspitzen beruht, hieraus mit Nothwendigkeit auf eine analoge Erlahmung³⁾ der sensiblen Elemente der Haut und auf eine Abstumpfung des Unterscheidungsvermögens des Raumsinnes, wie eine solche im Gebiete anderer Sinne in Folge andauernder Erregung der Nervensubstanz längst constatirt ist, zu schliessen sein.

Ad 2. Die alte WEBER'sche Messungsmethode wird, nach den

¹ Vgl. Wiener Sitzungsber. 1851, Bd. VI, S. 341.

² A. a. O. S. 403.

³ Vgl. HOPPE's Med. Briefe XII. Heft, 1854. 47. Brief. HOPPE geht jedoch entschieden zu weit!

vorausgeschickten Auseinandersetzungen, zwar neben ihrem historischen, immer noch auch einen praktischen Werth zur Bestimmung der Feinheitverhältnisse des Raumsinnes der Haut und zur etwaigen Berechnung des Durchmessers der Empfindungskreise, welcher, wie oben beiläufig bemerkt wurde, stets weniger als den dritten Theil der nach WEBER gemessenen Abstände betragen muss, behalten; allein sie taugt nur in jener sinnreichen Form, in welcher sie von R. LICHTENFELS angewendet wurde, zu einer genaueren indirecten Messung dieser Diameter, und macht die neue Methode, welche ich auf die Beobachtung der, zur Unterscheidung räumlicher Beziehungen ungleichzeitiger Eindrücke erforderlichen Distanzen zu gründen gedenke, durchaus nicht überflüssig.

R. LICHTENFELS hat nämlich in Folge der oben citirten Beobachtung für nöthig erachtet, nicht nur den Abstand zu messen, bei welchem zwei gleichzeitige Eindrücke eine deutliche Doppelempfindung zu veranlassen beginnen, sondern auch jenen, bei welchem die Verschmelzung der Eindrücke zu einer einfachen, räumlich untrennbaren Wahrnehmung ihre Grenze hat.

Leider hat LICHTENFELS seine Messungen nur an einer einzigen Stelle (an der Dorsalfäche des rechten Unterarmes), bei longitudinalem Ansetzen der Zirkelspitzen in der Mittellinie, ausgeführt und sechs derartige Versuchsreihen in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Ergebniss der	Grenze der einfachen Empfindung	Beginn der deutlichen Doppelempfindung
1. Versuchsreihe	25 mm	29 mm
2. -	28 -	34 -
3. -	26.5 -	32.5 -
4. -	27 -	33 -
5. -	26 -	28 -
6. -	26 -	35 -
Mittel	26.4 mm	32 mm
Grösse d. Schwankung	3 -	6 -

Aus dieser Tabelle ergibt sich, dass, während die Grenze der einfachen Empfindung kaum variabel ist, indem die Schwankung von 3 mm auf Rechnung der Beobachtungsfehler kommt, das Urtheil über den Beginn der vollen Doppelempfindung um die kleine Grösse von 6 mm schwankt, und — was schon LICHTENFELS nicht für zufällig ansieht — der Raum, in welchem das Urtheil sich zweifelhaft verhält; 32—26, dieselbe Grösse, nämlich 6 mm hat.

Erscheint es schon an und für sich wünschenswerth, alle Regionen des Tastorgans nach dem LICHTENFELS'schen Verfahren, soweit dasselbe anwendbar ist, zu prüfen, so dürfte doch die Wichtigkeit dieser Aufgabe erst in Erwägung der Deutung und Bedeutung, welche die, durch die angezogenen Messungen ermittelten Thatsachen nach meiner Lehre von den Empfindungskreisen erhalten, recht deutlich in die Augen springen.

Im Sinne dieser Lehre stellt es sich nämlich heraus, dass die von LICHTENFELS gemessenen Abstände den Punkten *a*, *c* und *d* meiner Schemen Fig. 5, 6, 7 (Taf. 19) — und somit auch die Differenz 32—26 = 6 mm der Differenz $ad - ac = cd$ entsprechen.

Nun ist aber $cd (= 6 \text{ mm})$ nahezu = dem Durchmesser eines Empfindungskreises; es diene also das LICHTENFELS'sche Verfahren zur indirecten Messung der Empfindungskreise. In Uebereinstimmung damit wäre es denn auch, dass der gefundene Durchmesser des Empfindungskreises, nämlich 6 mm, in der That auch weniger als den dritten Theil von 32 mm, d. i. vom Abstand *ad*, und weniger als die Hälfte von 26 mm, d. i. vom Abstand *ac* beträgt.

Ich darf es hier beiläufig wohl als eine sprechende Bestätigung meiner Deutung anführen, dass unter den 32 von LICHTENFELS a. a. O. mitgetheilten Messungen, welche zum Theil unter normalen Verhältnissen, zum Theil nach der Einnahme von Atropin, Daturin, Morphin, Strychnin, Alkohol u. s. w. angestellt wurden, nur zwei (überdies verdächtige) Fälle vorkommen, in welchen die Grösse *cd* mehr als den dritten Theil von *ad* und mehr als die Hälfte von *ac* beträgt.

Aus meiner Deutung der Thatsachen ergibt sich ferner, dass:

$$2 cd + x = ac, \quad 12 \text{ mm} + x = 26 \text{ mm}$$

$$\text{und } 3 cd + x = ad, \quad 18 \text{ mm} + x = 32 \text{ mm}.$$

Dieses *x* wäre aber der doppelte Halbmesser jenes Zerstreungskreises, welcher jeden auch noch so beschränkten Tastreiz umgibt: es diene also das LICHTENFELS'sche Verfahren auch zur Bestimmung der Zerstreungskreise.

Ich habe schon oben in der 5. These darauf hingewiesen, »dass bei der Einwirkung jedes Druckes, jedes Tastreizes ein Complex von sensiblen Punkten erregt wird.« Hier ist es endlich am Orte, auf dieses wichtige Verhältniss näher — wenn auch nur andeutungsweise — einzugehen.

Schon MEISSNER sagt in seinen vortrefflichen Beiträgen zur Anatomie und Physiologie der Haut, Leipzig, 1853, 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 Umkreise jener, stattfinden muss, gewissermaassen ein Zerstreungskreis des Reizes gebildet wird;« » 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.«

Man kann in der That annehmen, dass die einzelnen Localzeichen der sämtlichen, durch die volle Wirkung des Tastreizes erregten sensiblen Punkte für die erzielte Empfindung ein Localzeichen höherer Ordnung zusammensetzen würden, welches, gegenüber dem rein physikalischen, als der physiologische Irradiationskreis zu betrachten wäre, während der eigene qualitative Inhalt des Reizes durch die Erregung der Punkte im Centrum des Irradiationskreises zur Wahrnehmung käme.

Von der Grösse des rein physikalischen Irradiationskreises, welche vom Druck, von der Elasticität der Haut, von der Beschaffenheit der Umgebung u. dgl. abhängt, bekommt man näherungsweise eine Vorstellung, wenn man darauf achtet, in welchem Umkreise um den Berührungspunkt herum die Haut, durch eine senkrecht aufgesetzte stumpfe Bleistiftspitze z. B., in Bewegung geräth. Schon bei mässigem Drucke entsteht eine trichterförmige Vertiefung, nach deren Mittelpunkt hin die Haut gezerzt und angespannt wird. Eine momentane Berührung mag eine ähnliche kreisförmige Erregungswelle zur Folge haben, wie etwa ein ins Wasser geworfener Stein. Man überzeugt sich so, durch Beobachtung der Haut, leicht, dass der physikalische Irradiationskreis einen Durchmesser von einigen Linien bis zu mehreren Zollen haben kann!

Es ist jedoch nicht anzunehmen, dass der rein physikalische Zerstreungskreis, dessen Wirkung gegen die Peripherie hin allmählich erstirbt, in seiner ganzen Ausdehnung für den physiologischen, d. h. für das Localzeichen höherer Ordnung in der Art verwerthet werde, dass er gewissermaassen ein Hinderniss für die räumliche Unterscheidung mehrerer Tastreize abgeben könnte. In welcher (möglicherweise sehr variablen) Ausdehnung er aber wirklich in dieser Beziehung

als Hinderniss in Betracht kommt, ergibt sich eben aus dem später anzuführenden Verfahren.

So findet man aus den obigen Gleichungen $x = 14$ mm, während der rein physikalische Zerstreuungskreis gewöhnlich einen weit grösseren Durchmesser besitzt.

Dies Alles sind Andeutungen, welche in der Zukunft genau verfolgt und bestimmt formulirt werden müssen, und welche ich überhaupt nur vorbringe, um merken zu lassen, dass ich gewisse Consequenzen und Bedenken nicht übersehen habe, die man vielleicht aus der Existenz der Irradiationskreise gegen meine Deutung der Thatsachen wird ziehen und dagegen wird erheben wollen, dass ich das, was oben ad 1 über die nothwendigen Abstände der erregten Punkte a, b, c und d , sofern die durch dieselben vermittelten Empfindungen räumliche Beziehungen erhalten sollen, sich ergab, hier auch von den Abständen der (schattirten) Irradiationskreise $\alpha\alpha\alpha, \beta\beta\beta, \gamma\gamma\gamma$ und $\delta\delta\delta$ (vergl. die Schemen Fig. 5, 6 und 7, welche die drei möglichen Fälle erläutern, wo der Durchmesser der Irradiationskreise kleiner, gleich und grösser ist als der Durchmesser der Empfindungskreise) behaupten möchte.

In den Schemen Fig. 5, 6 und 7 ist $\alpha\alpha = \beta\beta = \gamma\gamma = \delta\delta = \frac{x}{2}$, $\alpha\alpha = \beta\beta = \gamma\gamma = \delta\delta = x$, und daher auch $\alpha\alpha + \gamma\gamma = \alpha\alpha + \delta\delta = x$, $\alpha c = 2ab + x$, $ad = 3ab + x$, $ab = cd$ u. s. w. —

Was nun die neue Messungsmethode betrifft, welche ich, wie gesagt, auf die Beobachtung ungleichzeitiger Eindrücke zu gründen gedenke, so besteht sie einfach darin, dass man die Spitzen eines Zirkels nach einander und in bestimmter Distanz von einander, mit der Haut in Berührung bringt und darauf achtet, bei welcher Distanz der Beobachter mit Sicherheit angeben kann, wo sich der spätere Eindruck, ob oben oder unten, rechts oder links von dem früheren, befindet.

So lange der Beobachter über die Lage des späteren Eindruckes sich irren kann, so lange sind wir berechtigt anzunehmen, dass der gemessene Abstand nicht grösser ist, als der Durchmesser eines Empfindungskreises. Erst wenn der Beobachter die Lage des zweiten Eindruckes mit voller Sicherheit zu bestimmen beginnt, beträgt der gemessene Abstand wenigstens den Durchmesser eines Empfindungskreises, welcher somit den unteren Grenzwert oder vielmehr den Nullpunkt der Scale darstellt.

Dies gilt wahrscheinlich selbst dann, wenn die Irradiationskreise bedeutend grösser sind als die Empfindungskreise, weil sich die Local-

zeichen höherer Ordnung auch unter diesen Umständen nicht früher, als es dem Zweck der Messung entspricht, aus hinreichend differenten Raumelementen zusammensetzen können; obschon hier die Möglichkeit einer beiläufigen Bestimmung der Richtung, in welcher der zweite Eindruck stattfindet, vielleicht auch schon dann gegeben sein könnte, wenn ab noch kleiner als der Durchmesser eines Empfindungskreises ist; da die äussersten der, durch beide Irradiationskreise erregten Punkte (α und β , Taf. 19, Fig 8) jedenfalls bereits verschiedenen weit aus einander liegenden Empfindungskreisen angehören.

Nach dieser Methode würde also näherungsweise der Abstand ab gemessen, welcher $= cd$ ist und somit ebenfalls stets weniger als den dritten Theil von ad und weniger als die Hälfte von ac betragen muss. (Fig. 5, 6, 7).

Man sieht leicht ein, wie die neue Methode und das LICHTENFELS'sche Verfahren gegenseitig sich ergänzen und controliren können und müssen.¹⁾

Einige vorläufige Versuche, meine Methode praktisch in Anwendung zu bringen, haben mich gelehrt, dass ein gewöhnlicher Zirkel kein passendes Instrument dazu ist, indem die zu messenden Abstände meist so klein sind, dass man das Nacheinander der Berührungen durch Neigen des Zirkels nur sehr unbequem und unvollkommen bewerkstelligen kann.

Ich habe mir daher zu meinen Messungen einen eigenen Stangen-zirkel machen lassen, dessen ein Schenkel kürzer und in verticaler Richtung beweglich ist, so dass er bei noch so geringem Abstände von dem andern horizontal verschiebbaren Schenkel beliebig wann mit dem Finger bis auf die Haut herabgedrückt werden kann. (Vgl. Taf. 19, Fig. 9, und die Erklärung der Abbildungen S. 391).

Die folgenden Tabellen enthalten eine Anzahl von Bestimmungen der Grössen ab , ac und ad , aus welchen sich x , d. h. der in Betracht kommende Durchmesser des Irradiationskreises, leicht berechnen lässt.

Die Spitzen des zu diesen Messungen gebrauchten Stangenzirkels (Fig. 9) hatten einen Durchmesser von je 0,4". Zur Untersuchung sehr feinführender Hautstellen dürften feinere Spitzen nöthig sein.

¹ Dem wahren Durchmesser der Empfindungskreise kann man sich offenbar oft noch mehr nähern, wenn man nicht nur die Differenz $ad - ac$, und die Distanz berücksichtigt, welche nöthig ist, um ungleichzeitige Eindrücke hinsichtlich ihrer Lage zu beurtheilen, sondern auch noch die Grenzen jener Bezirke, innerhalb welcher die Lage ungleichzeitiger Eindrücke nicht mehr wahrgenommen werden kann.

A. Versuche an einem weiblichen Individuum von 26 Jahren.

Theil der Haut	Abstand der ungleichzeitigen Eindrücke = <i>ab</i>	Abstand der gleichzeitigen Eindrücke		<i>ad - ac = cd</i>
		Grenze der einfachen Empfindung = <i>ac</i>	Beginn der deutlichen Doppel-Empfindung = <i>ad</i>	
Handrücken	2 · 3 W. L.	6 · 0 W. L.	9 · 0 W. L.	—
	1 · 5'''	5 · 0'''	6 · 7'''	—
	1 · 5'''	4 · 3'''	5 · 1'''	—
Mittel . .	1 · 7'''	5 · 1'''	6 · 9'''	1 · 8'''
Vorderarm, Mitte der Rückenfläche . . .	2 · 5'''	7 · 0'''	10 · 0'''	—
	1 · 7'''	12 · 0'''	13 · 6'''	—
	1 · 7'''	5 · 2'''	9 · 7'''	—
	1 · 9'''	10 · 0'''	—	—
	2 · 5'''	—	—	—
Mittel . .	2 · 0'''	8 · 5'''	11 · 1'''	2 · 6'''

B. Versuche an einem männlichen Individuum von 30 Jahren.

Theil der Haut	<i>ab</i>	<i>ac</i>	<i>ad</i>	<i>ad - ac = cd</i>
Handrücken	1 · 9'''	7 · 2'''	9 · 4'''	—
	1 · 8'''	6 · 0'''	8 · 0'''	—
	2 · 2'''	8 · 0'''	10 · 3'''	—
Mittel . .	1 · 9'''	7 · 0'''	9 · 2'''	2 · 2'''
Vorderarm, Mitte der Rückenfläche . . .	3 · 5'''	11 · 0'''	14 · 3'''	—
	5 · 0'''	6 · 7'''	11 · 3'''	—
	3 · 7'''	9 · 3'''	12 · 4'''	—
Mittel . .	4 · 0'''	9 · 0'''	12 · 7'''	3 · 7'''
Oberarm, Mitte der Rückenfläche	4 · 7'''	13 · 8'''	15 · 3'''	—
	5 · 1'''	12 · 8'''	16 · 2'''	—
	4 · 5'''	11 · 4'''	21 · 3'''	—
	5 · 0'''	12 · 0'''	—	—
Mittel . .	4 · 8'''	12 · 5'''	17 · 6'''	5 · 1'''

Die Resultate dieser Messungen, welche auf alle Hautregionen ausgedehnt und mit grösster Sorgfalt geprüft werden sollten, stimmen zwar mit den Forderungen meiner Lehre überraschend genau zusammen, allein schliesslich muss ich doch hervorheben, dass es in der Natur der Sache, d. h. unserer Empfindungen liegt, dass alle, durch derartige verhältnissmässig grobe Messungen gewonnenen Zahlen, nur mit der grössten Vorsicht und Zurückhaltung für oder gegen theoretische Forderungen und Hypothesen zu benutzen sind; indem mancherlei Beobachtungsfehler mit unterlaufen können, die sich zum

Theil vielleicht nicht einmal durch Berechnung von Mittelwerthen, aus sehr zahlreichen Beobachtungen, ganz eliminiren lassen: wodurch in diesem Bezug die Möglichkeit, d. h. der wissenschaftliche Werth der Messungen freilich ganz in Frage gestellt würde.

Dieses Bedenken erhebe ich nun natürlich auch gegen meine eigenen, in Nr. XXV (§ 1, 2 und 3) mitgetheilten Messungen, welche ich überdies noch insofern als unvollkommen bezeichnen muss, als sie nur nach einer (der alten WEBER'schen) Methode ausgeführt wurden.

§ 9. Beleuchtung der von Lotze¹⁾ zusammengestellten Einwürfe gegen die Existenz „fester“ Empfindungskreise.

Obschon LOTZE's Einwürfe nur gegen die ältere, in der That »ingeniös gedachte Deutung der Thatsachen« von WEBER gerichtet sind und weder WEBER's neuere Fassung, welche gewisse allgemein getheilte Missverständnisse berichtigt hat, noch auch meine eigene Lehre von den Empfindungskreisen wesentlich berühren, so bringe ich dieselben doch noch einmal hier zur Sprache, erstens um zu zeigen, wie wenig LOTZE berechtigt war am Schlusse seiner Auseinandersetzung den Satz: »die festen Empfindungskreise existiren daher nicht,« ganz allgemein hinzustellen: und zweitens um eine passende Gelegenheit zu haben, einige auf diesen Gegenstand bezügliche Bemerkungen von allgemeiner Wichtigkeit anbringen zu können.

Was zunächst den ersten Punkt betrifft, so konnte LOTZE, nach meinem Dafürhalten, in Erwägung der von ihm zusammengestellten Bedenken, nur die Existenz solcher festen Empfindungskreise leugnen, wie sie im Sinne der älteren WEBER'schen Lehre gewöhnlich (aber irrtümlich) aufgefasst wurden, denn die Annahme gewisser Bezirke von bestimmter Gestalt und Grösse, welche in der Haut die nächsten Elemente unseres Raumbildes repräsentiren und als »feste Empfindungskreise« zu bezeichnen wären, ist im Allgemeinen durch jene Bedenken durchaus nicht widerlegt.

Wenn wir auf die einzelnen Einwürfe LOTZE's näher eingehen, so erkennen wir nämlich bald, dass sie dem Wesen der festen Empfindungskreise gar nicht widersprechen.

So sagt LOTZE a. a. O. S. 402: »Denken wir uns einen dieser Empfindungskreise, z. B. am Oberarm, wo er ja eine Ausdehnung von mehr als einem Zolle haben kann, aus den Raumpunkten *a*, *b*, *c*, *d*

¹ A. a. O., S. 204.

u. s. w. zusammengesetzt, so würde es eine Consequenz der Ansicht von WEBER sein, dass nicht nur die gleichzeitige Berührung der Punkte *a* und *d* als eine Empfindung wahrgenommen würde, sondern die Empfindung würde auch dieselbe bleiben müssen, ob wir nun mit einer einzigen Zirkelspitze *d* oder *a* berühren. Wenn wir daher die Zirkelspitze nach manchfachen Richtungen auf der Haut herumführen, ohne doch die Grenzen dieses Empfindungskreises zu verlassen, so könnten wir dadurch keine Wahrnehmung einer Bewegung erhalten, sondern Alles würde sich verhalten, als würde beständig derselbe Punkt erregt.«

Hieraus ist aber im besten Falle offenbar nichts weiter zu schliessen, als dass die festen und wahren Empfindungskreise eben einen kleineren Durchmesser haben müssen, als jene Bezirke, innerhalb welcher gleichzeitige Eindrücke zu einer räumlich untrennbaren Wahrnehmung verschmelzen, nicht aber etwa, dass überhaupt keine festen Empfindungskreise existiren.

Denn mit dem wahren Begriff eines festen Empfindungskreises ist es gar nicht unvereinbar, dass Empfindungen, die durch Erregung der zu einem Empfindungskreise gehörigen sensiblen Punkte entstehen, qualitativ verschieden seien und von der Seele in intensiver Weise aus einander gehalten und unterschieden werden könnten. Die Ununterscheidbarkeit der innerhalb eines Empfindungskreises erzielbaren Empfindungen bezieht sich nämlich lediglich auf ihre räumlichen Beziehungen, und so ist es denn so lange kein Widerspruch, dass wir es erlernen, eine ruhende Berührung von einer bewegten Berührung selbst innerhalb eines wahren Empfindungskreises wohl zu unterscheiden, so lange, sage ich, als dies nicht durch Wahrnehmung der Verschiedenheit irgend welcher räumlichen Beziehungen geschieht und wir nicht zugleich etwa eine Vorstellung von der Richtung dieser Bewegung bekommen.

Dass es aber wirklich Bezirke in der Haut gibt, innerhalb welcher durch eine leise Berührung mit einem in bestimmter Richtung bewegten Körper — wenn sie ohne alle Hautverschiebung erfolgt — die Vorstellung einer Bewegung ohne angebbare Richtung erweckt werden kann, ist eine Thatsache. ¹⁾

¹ So fühlt man z. B. auch sehr deutlich, dass ein Haar irgend eines unterstützten Körpertheiles leise bewegt und hin und her gebogen wird, ohne eine Ahnung davon zu haben, in welcher Richtung dies geschieht. Beiläufig mache ich darauf noch aufmerksam, dass unser Wahrnehmungsvermögen, unter allen räumlichen Beziehungen, für die Richtung bewegter Eindrücke am schärfsten (an manchen Orten sogar fast unbegrenzt) zu sein scheint, indem wir dieselbe

Man muss sich wohl hüten, die Vorstellungen, welche wir dem Raumsinn des Tastorgans verdanken, mit jenen Wahrnehmungen zu confundiren, welche der Tastsinn der Haut vermittelt.

Aehnlich verhält es sich mit einem andern Bedenken, das LOTZE S. 401 vorbringt. LOTZE findet es unvereinbar mit der Existenz fester Empfindungskreise, wenn man im Stande sein sollte, innerhalb eines solchen einen Kreis von einer Kreisfläche, einen Ring von einem gleichgrossen Petschaft zu unterscheiden; allein er hätte nur dann Recht, wenn er beweisen könnte, dass die Unterscheidung der beiden Eindrücke durch den Raumsinn in Folge der wirklich wahrgenommenen, verschiedenen Gestalt und räumlichen Ausdehnung der gereizten Hautstelle geschieht, und wenn nicht überdies factisch Bezirke in der Haut existirten, innerhalb welcher eine solche Unterscheidung ganz unmöglich ist.

Hinsichtlich der durch die alte WEBER'sche Methode direct gemessenen Bezirke, die aber freilich nicht für die wahren Empfindungskreise gelten können, mag LOTZE in gewisser Beziehung nicht Unrecht haben, obschon selbst innerhalb dieser Bezirke die Wahrnehmung der räumlichen Beziehungen der durch den Querschnitt eines soliden Stabes und einer gleichgestalteten Röhre erregten Empfindungen eine so vage ist, dass wir den Umriss und die verschiedene Gestalt jener beiden Tastobjecte nicht zu erkennen im Stande sind, ihre etwaige Unterscheidbarkeit daher wesentlich nur auf unräumlichen Kennzeichen beruhen muss.

Ein drittes Bedenken LOTZE's bezieht sich lediglich auf die, aus der alten, missverstandenen WEBER'schen Ansicht fließende Consequenz, dass die Empfindungskreise »von einer ganz schmalen Linie schärfster Unterscheidungsfähigkeit« umzogen sein müssten. Damit hat es nun freilich seine volle Richtigkeit, allein dieser Einwurf ist nur gegen die alten WEBER'schen, nicht gegen die Empfindungskreise überhaupt gerichtet.

Viertens endlich weiss LOTZE »der sonderbaren Folgerung nicht zu begegnen, welche KÖLLIKER aus WEBER's Annahmen zieht. Es seien *a, b, c, d, e* auf einander folgende Punkte des Oberarms. Zwei

meist schon vor Ueberschreitung eines jener Bezirke angeben können, innerhalb welcher uns noch nicht einmal die gegenseitige Lage ungleichzeitiger Eindrücke deutlich ist. Dies findet aber seine genügende Erklärung wesentlich darin, dass der rein physikalische Zerstreungskreis eines bewegten Eindruckes keiner Kreiswelle vergleichbar ist, sondern etwa jener Welle, welche ein bewegter Kahn auf dem Wasserspiegel zieht, und überdies *caeteris paribus* in Folge der Hautverschiebung stets grösser ausfallen mag, als der eines unbewegten Eindruckes.

Spitzen in *a* und *b* werden als eine empfunden, *a* und *b* mithin von derselben Primitivfaser versorgt; aber *b* und *c* gleichzeitig erregt, geben auch nur eine Empfindung; die Nervenfasern für *c* ist also dieselbe wie für *b*, folglich auch wie für *a*: zwei Spitzen in *c* und *d*, in *d* und *e* geben wieder nur eine Empfindung, also reichte dieselbe Faser auch bis *e*, und sofort über die ganze Körperoberfläche. Gleichwohl ist es nach WEBER'S vollkommen bestätigten Versuchen Thatsache, dass wenn *a* und *b*, und dann *b* und *c* zusammengereizt nur eine Empfindung geben, doch die gleichzeitige Berührung von *a* und *c* deren zwei geben kann.«

Auch dieser letzte Einwurf beweist nichts gegen die Existenz der »festen« Empfindungskreise überhaupt, an welcher wir daher unbeirrt festhalten können: ob auch müssen, wird der folgende Paragraph beleuchten.

Hier will ich nur noch einen scheinbar gewichtigen, speciell gegen meine Lehre von den Empfindungskreisen gerichteten Einwurf, welcher einige Aehnlichkeit mit der zuletzt erwähnten »sonderbaren Folgerung« KÖLLIKER'S hat, im Voraus begegnen und damit vielleicht wesentlich zum richtigen Verständnisse meiner Auffassung der Empfindungskreise beitragen.

Es seien *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* . . . auf einander folgende sensible Hautpunkte. Je drei derselben mögen zu einem Empfindungskreise gehören: *a*, *b*, *c* fallen mithin in eine Raumeinheit höherer Ordnung zusammen: aber *b*, *c* und *d* gehören ebenfalls zu einem Empfindungskreise; *d* fällt also mit *b* und *c*, folglich auch mit *a* zusammen u. s. f.

Auf diesem Wege würde man dazu kommen, dass sämtliche sensiblen Punkte der Haut nur eine einzige, ungegliederte Raumeinheit repräsentiren, dass somit meine Annahme einer Interferenz der Empfindungskreise *ad absurdum* führe, und aus diesem Grunde unstatthaft sei.

Zu demselben Endresultate würde man gelangen, wenn man jene Argumentation gewissermaassen umkehrte; weil *d* einem andern Empfindungskreise angehört als *a*, so kann es nicht mit *a* zusammenfallen, *c* gehört aber zu einem Empfindungskreise mit *d*, also kann *c* (wie *d*) wiederum nicht mit *a* zusammenfallen, obgleich es mit *a* ebenfalls zu einem Empfindungskreise gehört . . . *quod est absurdum*.

Allein diese widerspruchsvollen Folgerungen, welche übrigens nicht exacter gedacht sind, als wenn man etwa beweisen wollte, dass 1000 Weizenkörner keinen Haufen bilden können, weil ein Korn und noch eines keinen bilden, oder aber, dass schon ein Korn einen Haufen repräsentiren muss, weil 999 (d. h. 1000—1) Körner auch noch

einen Haufen ausmachen, beruhen nur auf einem Missverständniss meiner Auffassung der Empfindungskreise und ihrer Interferenz, und sind nicht zulässig. Denn die Localzeichen $\alpha, \beta, \gamma \dots$ der sensiblen Punkte $a, b, c \dots$, welche einem Empfindungskreise angehören, sind durchaus nicht identisch an sich, sondern nur in so fern nahezu identisch für uns, als sie eben ein Raumelement höherer Ordnung repräsentiren.

Wir haben es hier mit verschwindend kleinen Differenzen zu thun, die aber darum noch nicht Null sind.

Die Empfindungskreise sind nach meiner Auffassung eben nur ein, ich möchte sagen, graphischer Ausdruck der Feinheit der »fixen« Gliederung des, an die sensiblen Punkte der Haut geknüpften Systems der Localzeichen.

§ 10. Experimentum crucis.

LOTZE und MEISSNER leugnen zwar auf der einen Seite die Existenz der »festen« Empfindungskreise ganz und gar, und glauben alle Thatsachen, welche die Physiologie des Tastorgans festgestellt hat, befriedigend nach dem Satze deuten zu können, »dass zwei Empfindungen um so deutlicher geschieden werden je differenter, um so undeutlicher, je identischer ihr qualitativer Inhalt sammt den Localgefühlen ist, die sich an ihm knüpfen«; allein auf der andern Seite sagen sie selbst: »es genügt nicht, dass jede Stelle der Haut dem sie treffenden Reiz ein besonderes ihr eigenthümliches Localzeichen verleiht, sondern alle diese Localzeichen müssen Glieder einer geordneten Reihe, eines abgestuften Systems vergleichbarer Elemente sein«, und geben also eigentlich denn doch zu, dass die Seele gewissermaassen ein Bild von den geometrischen Verhältnissen in der Anordnung der sensiblen Hautpunkte — eben durch jenes abgestufte System von Localzeichen — erhalte und im Stande sei, vermöge dieser bestehenden Einrichtung die die Haut treffenden Reize, hinsichtlich ihres Ortes, zu bestimmen. Damit ist aber zugleich auch wieder die Existenz der »festen« Empfindungskreise wenigstens nach meiner Auffassung, nach welcher sie, so zu sagen, nichts anderes sind, als der graphische Ausdruck der Feinheit der fixen Gliederung jenes Systems der Localzeichen, zugestanden!

In der That, behufs einer allseitig befriedigenden Deutung der Thatsachen ist es nicht nur (vgl. § 9) erlaubt, sondern, so weit ich sehe, unumgänglich nothwendig, an diesen »festen« Empfindungskreisen festzuhalten.

Denn wie wollte man sonst die folgenden Erfahrungen erklären?

1. Vergrössert man stetig den Abstand zweier gleichzeitiger Eindrücke, die bereits so weit von einander entfernt sind, dass sie eine deutliche Doppelempfindung geben, so wächst auch stetig der zwischen den beiden erzielten Empfindungen wahrgenommene Zwischenraum. MEISSNER sagt: »Ist die Erregung von a sensiblen Punkten erforderlich, um einen in obigem (MEISSNER's) 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 einen Theil der sie bildenden sensiblen Punkte verschieden haben.«

Allein es ist nicht einzusehen, wie damit die, mit der wachsenden Entfernung der Tastreize correspondirende Vergrösserung des wahrgenommenen Zwischenraumes, welcher die beiden Empfindungen trennt, erklärt werden soll, da ja schon vom Beginn der deutlichen Doppelempfindung an, die »Irradiationskreise sich jeder aus a verschiedenen Punkten zusammensetzt«, ausser man nimmt an, dass eben die Localzeichen der sensiblen Punkte, in Folge der bestehenden Einrichtung des Tastorgans, einem stetig abgestuften, mit den geometrischen Verhältnissen correspondirenden Systeme von fixer Gliederung angehören.

2. Nehmen wir an, es seien zwei Zirkelspitzen in solcher Entfernung von einander und gleichzeitig auf eine beliebige dehnbare Hautstelle (z. B. die Lippe) aufgesetzt worden, dass sie als zwei räumlich gesonderte Eindrücke wahrgenommen werden, so erklärt sich dies nach MEISSNER so, dass bei diesem Abstände jede der beiden Zirkelspitzen » a verschiedene sensible Punkte, deren Erregung eben erforderlich ist, um »einen als physiologische Einheit functionirenden Irradiationskreis zu bilden«, erregen kann und wirklich erregt, während wir nach unserem Principe der festen Empfindungskreise den Grund der Erscheinung darin finden werden, dass die Zirkelspitzen sensible Punkte treffen, welche wahrscheinlich um mehr als das Dreifache des Durchmessers eines Empfindungskreises von einander abstehen.

Dehnen wir nun das betreffende Hautstück aus (wodurch die sensiblen Punkte desselben auf eine grössere Fläche zerstreut werden), und setzen die Zirkelspitzen in derselben Entfernung, wie vor

der Dehnung wieder auf, so werden dieselben, wie der Versuch lehrt, entweder gar nicht mehr, oder doch durch einen geringeren Zwischenraum getrennt, wahrgenommen.

Auch diese Erfahrung erklärt sich noch fast gleich gut nach beiden Hypothesen; nach MEISSNER, indem sich die relative Zahl der sensiblen Punkte, in Folge der Dehnung, dermaassen verringert hat, dass die Zirkelspitzen nun nicht mehr die erforderliche Anzahl von je »a« sensiblen Punkten erregen können; nach meiner Auffassung, indem die Zirkelspitzen, in Folge der ein- oder allseitigen Vergrößerung des Durchmessers der festen Empfindungskreise, sensible Punkte treffen, welche Empfindungskreisen angehören, die um weniger Durchmesserweiten von einander entfernt liegen als jene Empfindungskreise, welchen die vor der Dehnung erregten Punkte angehörten.

Der Versuch lehrt aber weiter, dass, wenn man unter den angeführten Umständen den Abstand der beiden Zirkelspitzen um ein Bestimmtes, das ein gewisses Minimum überschreiten muss, vergrößert, dieselbe räumliche Unterscheidung der Eindrücke, wie vor der Dehnung der Haut, auch wieder eintritt, trotz der Zerstreung der sensiblen Punkte und trotz der durch die Spannung etwas veränderten Färbung der Tastempfindung.

Dieses leicht zu constatirende Factum lässt sich, wie mir scheint, nur durch die Annahme »fester« Empfindungskreise in der Haut auf ungewogene Weise erklären, indem es dann von selbst einleuchtet, wie durch die Vergrößerung des Abstandes der Zirkelspitzen von einander wieder die Berührung jener Empfindungskreise, zwischen denen die erforderliche Anzahl unberührter Raumelemente liegt und mithin die frühere räumliche Trennung der Eindrücke ermöglicht wird; während man nach MEISSNER's Hypothese durchaus nicht begreift, was das Auseinanderrücken der Zirkelspitzen nützen soll und kann, da ja die Zirkelspitzen bei der durch die Hautausdehnung gesetzten Zerstreung der sensiblen Punkte, trotz der Vergrößerung ihres gegenseitigen Abstandes, doch niemals wieder, wie vor der Dehnung, die erforderlichen »a« sensiblen Punkte zu erregen im Stande sein werden, man möchte denn der Annahme der festen Empfindungskreise, nach welcher Alles so einfach sich deuten lässt, die Ausflucht vorzuziehen geneigt sein, dass unter den durch die Dehnung eintretenden Verhältnissen entweder eine geringere Anzahl von sensiblen Punkten als »a« schon hinreichend sei, »um einen als physiologische Einheit functionirenden Irradiationskreis zu bilden«, oder die Zirkelspitzen sich mit grösseren Irradiationskreisen umgeben würden, durch welche

abermals jene früher »erforderlichen« »a« sensiblen Punkte erregt werden könnten.

Meines Erachtens jedoch scheidet an der Erklärung dieser einfachen Versuche und der sub 1 angeführten Erfahrungen, welche uns zur Annahme »fester« Empfindungskreise in der Haut zu zwingen scheinen, die von MEISSNER gegebene, sonst eben so sinnreiche, als elegante Ausführung der LOTZE'schen Principien.

Ich schliesse mit dem Satze: feste Empfindungskreise existiren daher gewiss, und mit der kurzen Erklärung: Die sensiblen Punkte bilden in der Haut eine Art von Mosaik, von der die Seele durch das, mit der Erregung der sensiblen Punkte verknüpfte, stetig, aber mit verschiedener Feinheit abgestufte System von Localzeichen, gewissermaassen ein Bild erhält, zusammengesetzt aus einer Vielheit von einfachen Raumelementen, welche in verschiedener, aber bestimmter Anzahl zu Raumeinheiten höherer Ordnung, den sogenannten festen Empfindungskreisen, zusammenfliessen, so dass die Seele im Stande ist, vermöge dieser bestehenden Einrichtung die die Haut treffenden Reize hinsichtlich ihres Ortes zu bestimmen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 19.

Fig. 1 erläutert den in Nr. XXVI angegebenen neuen Versuch zur Demonstration der Chromasie des Auges, welche sich bei falscher Accommodation geltend macht. *K* ist der Durchschnitt des Kartenblattes, in das der Löchelchenkreis gestochen ist; *a* und *b* sind zwei vom Schnitte getroffene Löchelchen, *adc* und *bcd* die durch dieselben ins Auge fallenden Lichtkegel; *cv*, *dv* die violette, *cr*, *dr* die rothe Grenze der chromatischen Abweichung. Die erstere bildet nach, die letztere vor der Durchkreuzung der Strahlen im zusammengebrochenen Lichtkegel den äusseren Mantel des Kegels und ist, so weit dies der Fall, durch volle Linien angedeutet, übrigens nur punktiert. Die sechs Ovale repräsentiren die, je nach dem Stande des Accommodationspunktes auf die Netzhaut (*R*, *R'*, *R''*) fallenden Zerstreungskreise der Leuchtpunkte *a* und *b*. Steht der Accommodationspunkt jenseits des Kartenblattes (*R'*), so bilden die rothen Strahlen die äusserste Grenze der Zerstreungskreise, steht er diesseits desselben (*R''*) — die blauen. Ist das Auge für die Entfernung von *a* und *b* accommodirt (*R*), so ist auch die chromatische Abweichung fast Null. Es versteht sich von selbst, dass sich dort, wo sich die Zerstreungskreise (auf der Linie *AX*) berühren, die Intensität der Farbensäume erheblich verstärken muss.

Fig. 2 und 3 zeigen, dass und warum der Zerstreungskreis eines Leuchtpunktes, *a*, durch ein von beliebiger Seite her gegen die Mitte der Pupille vorgeschobenes Kartenblatt (*K*) von derselben oder von der entgegengesetzten Seite her auf der Netzhaut verdunkelt werde, je nachdem in Folge des Accommodationszustandes der Vereinigungspunkt der Strahlen *o*, hinter (Fig. 2) oder vor (Fig. 3) die Netzhaut fällt.

Fig. 4, 5, 6, 7 und 8. Schematische Darstellungen der Empfindungskreise in der Haut, welche die Erörterungen des § 8, Nr. XXX erläutern. Fig. 4 ist ein idealer Grenzfall.

Fig. 9. Neuer Stangenzirkel zu Tastversuchen in natürlicher Grösse. Der kürzere Schenkel (*A*) kann, durch Druck des Fingers auf die Platte *d*, nach unten verschoben werden und kehrt durch die Wirkung der Feder *e*, von selbst in seine frühere Lage zurück. Der längere Schenkel (*B*) ist an der Hülse (*H*) befestigt, welche an der Stange (*S*) läuft und ein viereckiges Fenster hat, dessen zugespitzter unterer Rand mit einem Nonius versehen ist, so dass man an der Stangentheilung den Abstand der Zirkelspitzen bis auf Zehntel einer Wiener Linie genau ablesen kann. Da der senkrecht bewegliche kürzere Schenkel (*A*) durch die Schraube *c* in beliebiger Höhe festgestellt werden kann, so dient der Stangenzirkel eben so gut zur Erzielung gleichzeitiger als ungleichzeitiger Eindrücke. Vgl. § 8, ad 2.