

PHYSIOLOGIE DER HAUTEMPFindUNGEN

UND

DER GEMEINGEFÜHLE

VON

WEIL. PROF. O. FUNKE IN FREIBURG UND PROF. E. HERING IN PRAG.

Der nachfolgende Abschnitt war FUNKE's letzte Arbeit. Am 16. August 1879 wurde er durch eine langwierige und qualvolle Krankheit den Seinen, der Wissenschaft und dem Kreise der Bearbeiter dieses Handbuches entrissen. Mit Aufbietung seiner letzten Kräfte hatte er den von ihm übernommenen Antheil des Werkes, für welches er ein warmes Interesse hatte, bis nahe zur Vollendung gefördert, und im Entwurfe wirklich abgeschlossen.

OTTO FUNKE wurde am 27. October 1828 als Sohn eines hohen sächsischen Beamten in Chemnitz geboren. Auf dem Zwickauer Gymnasium und der Dresdener Kreuzschule vorgebildet, studirte er von Ostern 1846 bis ebendahin 1851 in Leipzig Medicin und promovirte mit der bekannten Abhandlung: „de sanguine venae lienalis“. Zwei Jahre später habilitirte er sich in Leipzig für Anatomie und Physiologie, wurde 1854 zum Extraordinarius ernannt, und Ostern 1860 als ordentlicher Professor der Physiologie und Zoologie an MEISSNER's Stelle nach Freiburg berufen; fast zwanzig Jahre lang gehörte er zu den Zierden der Freiburger Universität, deren Rectorat er zweimal bekleidete.

FUNKE's zahlreiche Arbeiten, welche sich fast auf alle Gebiete der Physiologie erstreckten, ferner sein grosses Lehrbuch der Physiologie, welches in mustergültiger Weise den physiologischen Lehrstoff zu beherrschen wusste, zu einer Zeit, wo derselbe in voller Umwälzung begriffen war, sind unvergängliche Denkmäler seines Geistes, seines Wissens und seiner Arbeitskraft. Seine Wärme und Energie, seine Vaterlandsliebe, seine Rednergabe führten ihn zu segensreichem Wirken weit über den Bereich seiner Forscher- und Lehrerthätigkeit hinaus; seine aufopfernde Wirksamkeit zur Zeit des letzten Krieges ist in weiten Kreisen in dankbarer Erinnerung. Seine hohe persönliche Liebenswürdigkeit machte ihn zu einer Erscheinung, welche Jeder, der mit ihm in Berührung kam, lieb gewann. So hinterlässt er nicht bloss in der Wissenschaft, sondern auch in vielen Herzen eine schmerzliche Lücke.

Herrn Professor LATSCHENBERGER, welcher die grosse Güte gehabt hat, den Schluss der Arbeit in FUNKE's Sinne und nach dessen hinterlassenem Entwurf zu Ende zu führen, erlaube ich mir für diese Förderung des Werkes bestens zu danken.

L. H.

ERSTER THEIL.

DER TASTSINN UND DIE GEMEINGEFÜHLE.

VON
PROF. O. FUNKE IN FREIBURG.

ERSTES CAPITEL.

Der Tastsinn im Allgemeinen und seine Beziehungen zu den Gemeingefühlen.

I. Tast- und Gemeingefühle.

Unter Tastsinn¹ verstehen wir das an die äussere Haut und die Eingänge der Schleimhäute gebundene Vermögen, auf mechanische oder thermische Reizung der in ihnen endigenden sensibeln Nerven zwei specifische Empfindungsqualitäten, die Druck- und Temperaturempfindungen, zu erzeugen, welche von der Seele, unter Verknüpfung mit mehr oder weniger genauen Vorstellungen von den gereizten Orten des Tastorgans, zu Wahrnehmungen über bestimmte Qualitäten und Zustände der reizenden äusseren Objecte, sowie über deren räumliche Verhältnisse verarbeitet werden. Die Auffassung der beiden genannten Empfindungsqualitäten als specifisch verschiedene Seelenzustände hat zur Trennung des Tastsinns in einen Drucksinn und Temperatursinn veranlasst. Die Berechtigung dieser Scheidung würde eine unzweifelhafte sein, wenn sich erweisen liesse, dass trotz des gemeinschaftlichen Sitzes beider in der Haut als allgemeinem Sinnesorgan jeder derselben die Leistung eines besonderen nervösen Apparates mit specifisch verschiedenen peripheri-

¹ Als Hauptquellen der Lehre vom Tastsinn citiren wir vorläufig nur die klassischen, bahnbrechenden Arbeiten E. H. WEBER's: Annot. anat. et physiol. p. 44. Lipsiae 1834; Art.: d. Tastsinn u. d. Gemeingefühl in Wagner's Handwörterb. d. Physiol. III. 2. Abth. S. 481. Braunschw. 1846; Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1847. S. 358. 1848. S. 226. 1852. S. 85.

schen Erregungsapparaten, einerseits für mechanische, andererseits für thermische Reize, mit specifisch verschiedenen centralen Empfindungsapparaten sei. Die principielle Nothwendigkeit der in Rede stehenden Sonderung wird dagegen hinfällig, wenn festgestellt wäre, dass Druck- und Temperaturempfindungen nicht allein durch dieselben Sinnes-, Leitungs- und Empfindungsapparate vermittelt werden, sondern selbst nicht wesentlich verschieden, nur Modificationen einer identischen Grundempfindung wären. Wie die Entscheidung dieser Vorfragen auch ausfallen möge, vorläufig fordert schon die Verschiedenartigkeit der Erregungsbedingungen beider Empfindungsarten, die anscheinend absolute Heterogenität, mit welcher sie im ausgeprägten Zustand vor das Bewusstsein treten, und die Verschiedenartigkeit der objectiven Verhältnisse, zu deren Erkenntniss die Seele sie verwerthet, eine getrennte Behandlung des Druck- und Temperatursinnes. So ist auch in diesem Handbuch der Temperatursinn einem eigenen Artikel überwiesen, während uns hier nur die Darstellung des Drucksinnes in Verbindung mit dem Orts- oder Raumsinn der Haut obliegt, eine Verbindung, welche häufig als Tastsinn im engeren Sinne bezeichnet wird, weil in der That die überwiegende Mehrzahl der zufälligen Nachrichten sowohl, welche uns die Haut in ihrer wechselreichen Berührung mit Aussendungen über dieselben bringt, als der wichtigsten absichtlichen Belehrungen, welche wir uns mit bewussten Tastoperationen über äussere Verhältnisse verschaffen, auf Druckempfindungen mit den unzertrennlich damit verbundenen räumlichen Wahrnehmungen beruht. Den späteren schwierigen Erörterungen über die Entstehung der letzteren, insbesondere über die Abgränzung des „Physiologischen“ vom „Psychischen“, des Angeborenen vom Erworbenen des Raumsinns der Haut wollen wir nicht durch den Versuch einer einleitenden Definition vorgreifen.

Einige haben geglaubt, neben den Druck- und Temperaturempfindungen und neben den unmittelbar vom gereizten Tastorgan ausgehenden Anregungen der Seele, welche die Grundlagen der räumlichen Vorstellungen bilden, noch weitere einfache Empfindungsarten als fundamentale ursprüngliche Leistungen des erregten Tastnervenapparates unterscheiden zu müssen. So hat MEISSNER¹ unter dem Namen „einfache Tastempfindung“ eine neben Druck- und Temperaturempfindung bei Berührung der Haut durch äussere Objecte unabhängig einherlaufende Empfindungsqualität unterschieden, deren Inhalt die

¹ G. MEISSNER, Beitr. z. Anat. u. Physiol. d. Haut. Leipzig 1853. Ztschr. f. rat. Med. N. F. IV. S. 260. 1854. Vergl. FUNKE, Schmidt's Jahrb. LXXIX. S. 341. 1853. LXXXII. S. 287. 1854.

Wahrnehmung eines berührenden Objectes sein soll. So hat VIERORDT¹ im Anschluss an eine analoge von EXNER² für den Gesichtssinn aufgestellte Behauptung auch im Gebiete des Tastsinnes ein „Bewegungsgefühl“ unterschieden, d. h. ein ebenso unmittelbar und zwangsmässig wie Druck-, Wärme- oder Kältegefühl durch die Reizung der Tastnerven unter gewissen Umständen ausgelöstes Gefühl, dessen Inhalt die Wahrnehmung der Bewegung des Tastobjectes sein soll. Es wird aus der speciellen Darstellung hervorgehen, dass und warum wir diese Unterscheidung, die Einweisung der sogenannten einfachen Tastempfindung und des Bewegungsgefühls in die Kategorie der unmittelbaren primitiven Sinnesthätigkeiten, auf welche der Begriff „Empfindung“ eingeengt bleiben muss, entschieden als berechtigt nicht anerkennen können, dass wir dieselben vielmehr zu der Classe der unter der Bezeichnung „Vorstellungen“ abzugrenzenden secundären Acte der Sinnesthätigkeit zählen, welche die Seele durch eine in den meisten Fällen sicher erst erlernte urtheilende Thätigkeit an die primären reinen Empfindungen, und zwar in vielen Fällen an gewisse Combinationen mehrerer gleichzeitiger Empfindungen anknüpft.

Wenn die Ablösung des Temperatursinnes auf der einen Seite eine Einschränkung des hier zu behandelnden Gebietes mit sich bringt, sind wir auf der anderen Seite veranlasst, über seine engeren Gränzen hinauszugreifen. Ein wesentlicher Theil der Charakteristik der Tastempfindungen beruht auf der Feststellung ihrer unterscheidenden Merkmale gegenüber den sogenannten „Gemeingefühlen“, d. h. einer Reihe von Empfindungen, welche zwar an sich heterogen, aber durch die theilweise Identität der Erregungsherde und vielleicht sogar des vermittelnden nervösen Apparates, sowie durch die Identität oder nur graduelle Verschiedenheit der Erregungsbedingungen unter sich und mit den Tastempfindungen in verwandtschaftliche Beziehung gestellt werden. Die Charakteristik der letzteren erheischt daher eine eingehende vergleichende Analyse der Gemeingefühle, insbesondere ihres Hauptrepräsentanten: der Schmerzempfindung. Bei der Durchführung derselben wird sich die Nothwendigkeit herausstellen, aus dem Verband der Gemeingefühle eine spezifische Empfindungsart auszuschneiden, welcher jede Heimathsberechtigung in dieser untergeordneten Classe von Empfindungen fehlt, welche vielmehr durch die Art ihrer psychischen Verwerthung sich als eine ächte Sinnesempfindung sui generis ausweist, und als solche zuerst von

1 C. VIERORDT, Ztschr. f. Biologie XII. S. 226. 1876.

2 S. EXNER, Sitzgsber. d. Wiener Acad. 3. Abth. LXXII. S. 156. 1875.

E. H. WEBER und nach seiner klaren Beweisführung von der Mehrzahl der Physiologen als Grundlage eines besonderen sechsten Sinnes angesprochen worden ist, d. i. die eigenthümliche, die Thätigkeit unserer willkürlichen Muskeln begleitende Empfindung, das sogenannte „Muskelgefühl“, auf dessen Interpretationen die Leistungen des vielseitigen „Muskelsinnes“ beruhen. Obwohl demnach diesem Sinn in Folge der specifischen „Modalität“ (HELMHOLTZ) seiner Empfindungen und des Besitzes eigener Apparate ein selbständiges Gebiet zuerkannt werden muss, ist doch eine, wenn auch nur beiläufige Besprechung und Zergliederung seiner Leistungen hier so wenig wie in der Lehre vom Gesichtssinn zu umgehen, weil zahlreiche Gesichts- und Tastwahrnehmungen lediglich unter seiner Mitwirkung zu Stande kommen, weil wir die Frage zu prüfen haben, ob ihm bei der Erziehung des Raumsinnes der Haut eine wesentliche Rolle zuzusprechen sei.

Die Physiologie fast gemeinhin unter dem Sammelnamen: „Gefühlsempfindungen“ alle diejenigen mannigfachen, unter sich nicht vergleichbaren und an sich, wie alle Empfindungen, nicht definirbaren Empfindungsarten zusammen, welche von allen überhaupt „empfindlichen“ Organen und Geweben des Körpers ausser den peripherischen Eigenapparaten des Seh-, Gehörs-, Geruchs- und Geschmacksnerven aus vermittelt werden, welche also nicht Gesichts-, Gehörs-, Geruchs- oder Geschmacksempfindungen sind. Zu dieser negativen Kategorie rechnet man Schmerz-, Kitzel-, Schauder-, Wollust-, Hunger-, Durst-, Druck-, Temperatur-Empfindungen, ferner zwei Arten von Empfindungen, welche die Thätigkeit der willkürlichen Muskeln begleiten: das sogenannte Muskel- oder Anstrengungsgefühl im engeren Sinne, welches wir bereits vorläufig als specifische Sinnesempfindung bezeichnet haben, und das sogenannte Ermüdungsgefühl.

Es fragt sich, wie weit diese Zusammenfassung auch durch irgend welche positive verwandtschaftliche Beziehungen der aufgezählten Empfindungen gerechtfertigt ist, da selbstverständlich ihre Nichtidentität mit den Empfindungen der genannten übrigen Sinne dieselbe nicht genügend begründet. In der That ist nun der Nachweis einer solchen positiven Gemeinschaft nicht mit Sicherheit und nicht für alle in Rede stehenden Gefühle zu führen. Aus dem unbestreitbaren Satz, dass keine einzige Empfindungsqualität nach objectiven, ihr selbst angehörigen Merkmalen in ihrem Wesen definirt werden kann, folgt von selbst, dass es auch nicht Gleichheit irgend welcher Eigenschaften aller sogenannten Gefühlsempfindungen selbst

sein kann, auf welche sich ihre Coordination basiren lässt. Durst- und Wollust- oder Kitzel- und Ermüdungsgefühl stehen einander ebenso unvergleichbar gegenüber, wie Licht- und Tonempfindung, und wenn man behauptet, dass gewisse Paare der aufgezählten Gefühle, wie Kitzel- und Wollust- oder Kitzel- und Schaudergefühl in einem ähnlichen subjectiven Verwandtschaftsverhältniss zu einander zu stehen scheinen, wie zwei notorisch in ein und dasselbe Gebiet eines anderen Sinnes gehörige Empfindungsqualitätenpaare, z. B. zwei Lichtempfindungen verschiedener Farbe oder zwei Tonempfindungen verschiedener Höhe, für welche uns auch jedes objective Verwandtschaftsmerkmal fehlt, so mangelt dieser Behauptung das Beweismittel, auf welches hin wir mit Recht z. B. zwei Tonempfindungen subjectiv als Modificationen einer identischen Empfindungsmodalität auffassen, d. i. die Wahrnehmbarkeit von Uebergangsempfindungen. Es scheint uns ja in der That bei stätiger Zunahme der Schwingungszahl, wie wir sie z. B. bei einer in Schwingung versetzten gespannten Saite durch stätige Erhöhung der Spannung erzielen können, die Tonempfindung ganz allmählig ohne Sprünge die Qualität, welche wir als Höhe bezeichnen, zu ändern. Allerdings scheint uns auch das Wärmegefühl, welches bei Einwirkung einer höheren Temperatur auf eine bestimmte Hautpartie entsteht, ganz successiv in Schmerzempfindung überzugehen, wenn wir die einwirkende Temperatur stätig wachsen lassen. Aber es fragt sich doch sehr, ob eine vollständige Analogie zwischen diesem Uebergang und dem der Tonhöhe besteht. Erstens findet letzterer in ganz gleicher Weise in der ganzen Breite der Empfindungsscala statt, während die Schwelle des Schmerzes nur in ein ganz bestimmtes engbegrenztes Gebiet der Wärmeempfindungsscala fällt. Zweitens ist der Uebergang der Wärmeempfindung in Schmerz bei der successiven Erwärmung der Haut ebenso gut als durch die allmähliche Modification einer identischen Grundempfindung dadurch zu erklären, dass bei einer bestimmten Reizstärke der Schmerz, als eine neue Empfindungsmodalität, sich gewissermaassen neben der Temperaturempfindung einschleicht, und dieselbe im Bewusstsein übertäubt, oder auch, dass letztere überhaupt bei den schmerzerweckenden Reizgraden nicht mehr zu Stande kommt. Drittens ist hervorzuheben, dass wir zwar in der ganzen Breite der Tonempfindungsscala Empfindungen verschiedener Höhe, sobald sie nicht zu weit auseinanderliegen, oder unser „Gehör“ nicht durch Uebung sehr verfeinert ist, mit einander verwechseln können, nicht aber eine Wärmeempfindung mit einer Schmerzempfindung. Auf weitere, wenn auch nicht in ihrem eigenen Wesen begründete

Differenzen der beiden letzteren kommen wir alsbald zu sprechen. Ebenso soll an einer späteren Stelle die speciell für Druck- und Temperaturempfindungen auf Grund der Möglichkeit einer Verwechslung beider behauptete nahe Verwandtschaft näher discutirt werden.

Dass man die Zusammengehörigkeit der Gefühlsempfindungen in eine Kategorie nicht darauf begründen kann, dass eine Reihe derselben durch einen und denselben reizenden äusseren Vorgang, wenn auch durch verschiedene Grade desselben hervorgerufen wird, z. B. Kitzel-, Schauer-, Wollust-, Druck- und Schmerzempfindung durch verschiedene Grade der Compression einer und derselben oder verschiedener Hautpartien, liegt auf der Hand. Wir müssten sonst als Consequenz dieser Beweisführung anerkennen, dass auch Licht- und Geschmacksempfindungen nur Unterarten einer und derselben Modalität seien, weil beide durch den elektrischen Strom hervorgerufen werden können.

Als gewichtigstes Argument für die in Frage stehende Zusammenfassung gilt allgemein die als thatsächlich begründet angenommene Vermittelung je mehrerer Gefühlsarten durch denselben nervösen Apparat, insbesondere die Annahme, dass eine Empfindungsart, d. i. der Schmerz, Gemeingut aller sensibeln Apparate sei, welche irgend ein oder mehrere der übrigen Gefühle zu vermitteln im Stande sind. So nehmen die Meisten an, dass derselbe Apparat, aus denselben peripherischen Endvorrichtungen in der Haut, denselben leitenden Nervenfasern und denselben centralen Empfindungsapparaten bestehend, es sei, welcher bei mässiger Compression der Haut Druckempfindung (vielleicht auch Kitzel- und Schaudergefühl), bei Aenderungen der Hautwärme innerhalb gewisser Gränzen Wärme- und Kältegefühl, und endlich bei Einwirkung hoher Wärme- und Kältegrade oder starker Compression das Gemeingefühl des Schmerzes hervorbringe, dass dieselben sensibeln Fasern, welche bei mässiger Muskelthätigkeit die als Grundlagen von Sinneswahrnehmungen verwertheten „Muskelgefühle“ erzeugen, bei excessiver oder zu häufiger Muskelarbeit den Anstrengungs- oder Ermüdungsschmerz vermitteln, dass vielleicht auch Cardialgie und Hunger nur Leistungsmodifikationen des gleichen Magennervenapparates sind. Auch diesem Argument stehen gewisse gewichtige Bedenken in Betreff seiner thatsächlichen Begründung und folglich seiner Beweiskraft für die vorliegende Frage gegenüber, selbst wenn wir von solchen Empfindungen wie Hunger und Durst, deren Erregungsweise noch ebenso unbekannt ist, wie ihr vermittelnder Nervenapparat, ganz absehen und uns nur an die in dieser Beziehung am besten studirten Hautgefühle halten.

Sind Druck-, Wärme-, Kälte- und Schmerzempfindung verschiedene Effecte eines identischen Nervenapparates, so ist diese Vielseitigkeit seiner Leistungen erklärlich, selbstverständlich nur unter der Annahme, dass eine und dieselbe leitende Nervenfasern zu verschiedenen Modificationen des Erregungsvorganges, welche durch verschiedene Arten des peripherischen Anspruchs hervorgerufen in den Centralapparaten die verschiedenen Arten der Empfindung auslösen, befähigt ist. Denn eine qualitativ unter allen Umständen identische Reizwelle kann in demselben Wirkungsapparat, welchem die Nervenfasern sie zuträgt, doch unmöglich wesentlich verschiedene Effecte, sondern muss immer nur denselben Vorgang, in quantitativen Abstufungen je nach ihrer eigenen Mächtigkeit, erzeugen. Obwohl nun von vornherein die Möglichkeit, dass verschiedene Arten der Erregung existiren und gerade die sensibeln Hautnervenfasern dazu befähigt sind, bei unserer Unkenntniss vom Wesen des Erregungsvorganges überhaupt weder direct erwiesen noch absolut widerlegt werden kann, so sind es doch sehr gewichtige allgemeine Gründe, auf welche hin der entgegenstehende Lehrsatz, dass es nur eine einzige für sämmtliche Nervenfasern identische Art der Erregungsbewegung gebe, mehr und mehr zum Axiom der allgemeinen Nervenphysiologie erhoben worden ist. Es ist hier nicht der Ort zu einer kritischen Abwägung dieser Gründe, nur das möchten wir hier besonders betonen, dass es gerade die Sinnesphysiologie ist, in welcher neuerdings dieser Lehrsatz bis zu den äussersten Consequenzen ausgebaut, aber auch mit den plausibelsten thatsächlichen Belegen gestützt worden ist. Während man den Hautnerven zumuthet, durch verschiedene Erregungsmodificationen zwei so verschiedene Empfindungsmodalitäten wie Druck- und Schmerzempfindung zu vermitteln, bringt man im Gebiete des Gesichts- und Gehörssinnes nicht einmal die verschiedenen Qualitäten derselben Modalität, d. i. die Lichtempfindungen verschiedener Farbe, die Tonempfindungen verschiedener Höhe auf Rechnung verschiedener Erregungsvarietäten derselben Opticus- und Acusticusfasern, sondern nimmt mindestens für eine Reihe von Grundqualitäten eine entsprechende Anzahl nervöser Sonderapparate mit specifischen Erregungs- und Wirkungsvorrichtungen an, wobei natürlich jeder Grund, den betreffenden Nervenfasern specifische Leitungsvorgänge zuzuschreiben, wegfällt. Im Gebiete des Lichtsinns statuirt die YOUNG'sche Hypothese für jeden Empfindungskreis der Netzhaut eine Trias von Apparaten, welche bei Gleichartigkeit ihrer Nervenfasern sich durch verschiedene Empfindlichkeit ihrer peripherischen Enden für Aetherwellen verschiedener Geschwin-

digkeit und durch die verschiedene Farbe der Empfindung, welche die Erregung in ihren centralen Endzellen auslöst, unterscheiden, und danach in nicht correctem Ausdruck als roth-, grün- und violett empfindende Fasern bezeichnet werden. Dieser Hypothese ist allerdings von HERING kürzlich eine neue gegenübergestellt worden, welche zwar auch eine Anzahl verschiedener „Sehsubstanzen“ mit zugehörigen Leitungs- und Perceptionswerkzeugen für die Erzeugung verschiedener Farbenempfindungsqualitäten in Anspruch nimmt, aber — was uns hier allein interessirt — insofern dem Satz von der Einartigkeit des Erregungsvorganges in den Nervenfasern derart widerspricht, als sie jeder Sehsubstanz je zwei antagonistische Qualitäten der Reaction zuerkennt, von denen die eine durch einen „Dissimilationsprocess“, die andere durch einen „Assimilationsprocess“ im peripherischen Perceptionsapparat erzeugt wird, mithin nothwendigerweise auch für die zu jeder Sehsubstanz gehörigen leitenden Nervenfasern je zwei Modificationen des Erregungsvorganges annehmen muss. Erhält HERING Recht gegen YOUNG, so würde freilich die Analogie zu Gunsten der Vorstellung, dass auch der Druck- Temperatur- und Schmerzempfindung verschiedene Modi der Erregung derselben Hautnervenfasern zu Grunde liegen, sprechen. Ganz entschieden gegen diese Vorstellung spricht aber die Analogie im Gebiete des Gehörsinnes. Hier kann ein stichhaltiger Zweifel nicht aufkommen an der von HELMHOLTZ auf die anatomisch-physikalische Analyse des CORTI'schen Organs begründeten Lehre, dass letzteres eine Claviatur von abgestimmten Resonatoren darstellt, deren jeder durch die seiner Schwingungszahl entsprechende Schallbewegung angesprochen eine besondere Nervenfasern erregt, welche ihrerseits — und zwar durch einen in allem identischen Erregungsvorgang einen gesonderten Empfindungsapparat, welcher gewissermaassen auf eine Empfindung von bestimmter Höhe gestimmt ist, in Thätigkeit setzt. Wie es sich bei den übrigen Sinnen verhält, ob sich auch die verschiedenen Qualitäten der Geruchs- und Geschmacksempfindungen auf verschiedene Sonderapparate vertheilen, ist vorläufig durchaus unentschieden; zu einer sicheren Antwort auf die in Betreff der Hautgefühle aufgeworfene Frage bietet mithin die Analogie keineswegs noch genügende Unterlagen. Es giebt aber noch ein Factum, welches wenigstens eine vollständige Identität des Tastempfindungs- und des Schmerzempfindungsapparates der Haut sehr in Zweifel stellt, d. i. die Thatsache, dass unter Umständen die Schmerzempfindlichkeit der Haut vollkommen aufgehoben sein kann, während ihre Tastempfindlichkeit ungeschwächt oder sogar erhöht fortbesteht und umgekehrt.

Ersteres Verhalten, welches mit dem Namen „Analgesie“ (BEAU¹) oder Analgie (LOTZE²) bezeichnet worden ist, kommt beim Menschen nicht selten zur Beobachtung. Einmal tritt es regelmässig in gewissen Stadien der Aether- oder Chloroformnarkose ein, in denen die betreffenden Personen zwar noch jede Berührung ihrer Haut deutlich wahrnehmen, aber selbst bei den heftigsten Schmerzeingriffen durch keinerlei Zeichen eine Schmerzempfindung kundgeben. Zweitens ist die Analgesie eine nicht seltene Erscheinung bei gewissen krankhaften Zuständen, bei denen allen jedoch keine pathologische Veränderung der Haut nachweisbar ist. So hat BEAU dieselbe in vielen Fällen bei Bleikachexie beobachtet; am häufigsten zeigt sie sich bei pathologischen Zuständen der Centralorgane des Nervensystems, insbesondere des Rückenmarks, ohne dass jedoch bisher ein constanter Zusammenhang mit bestimmten Formen und einem bestimmten Sitz der Erkrankung ermittelt wäre. Zu wichtigen Ergebnissen in letzterer Beziehung hat dagegen das physiologische Experiment geführt. Nach SCHIFF³ tritt bei Thieren Analgesie in den hinteren Extremitäten ein, wenn man oberhalb des Ursprungs der Lendennerven die graue Substanz des Rückenmarks oder auch zugleich die weisse Substanz mit alleiniger Ausnahme der Hinterstränge quer durchschneidet. Solche Thiere beantworten die leiseste Berührung der hinteren Extremitäten mit Reactionen z. B. Ohrensippen, welche von der vorderen Körperhälfte ausgehend die ungestörte Leitung des Tasteindruckes zum Hirn beweisen, während sie eine bis zur Zerquetschung gesteigerte Compression der Haut ohne das mindeste Zeichen einer Schmerzempfindung ertragen. Umgekehrt sah SCHIFF bei alleiniger Durchschneidung der Hinterstränge oder des ganzen Marks mit Ausnahme einer aus grauer Substanz bestehenden Verbindungsbrücke die Schmerzempfindlichkeit nicht allein erhalten bleiben, sondern sogar erhöht werden; ob dabei vollständige tactile Anästhesie vorhanden war, lässt sich aus den Versuchen nicht mit Bestimmtheit entscheiden. Indem wir in Betreff der näheren Erörterung dieser Thatsachen auf den Artikel „Rückenmark“ verweisen, ziehen wir hier nur die auf unsere Frage bezüglichen Folgerungen. Offenbar kann nicht daran gedacht werden, die Analgesie aus einer Abstumpfung der Empfindlichkeit der peripherischen Enden eines für Tast- und Schmerzempfindung gemeinschaftlichen Nervenapparats für Schmerzreize zu erklären; denn abgesehen von den

1 BEAU, Arch. gén. d. med. Janv. 1848. Froriep's neue Not. S. 135. April 1848.

2 LOTZE, Med. Psychologie. S. 250. Leipzig 1852.

3 SCHIFF, Lehrb. d. Physiol. I. S. 228. Lahr 1858.

Thatsachen, welche ganz bestimmt auf eine centrale Quelle des Zustandes hinweisen, wäre es paradox, eine Abstumpfung für starke mechanische und thermische Reize, welche Schmerz erzeugen, anzunehmen und die Erregbarkeit desselben Apparats für schwache Reize gleicher Art fortbestehen oder sogar wachsen zu lassen. Ein analoges Raisonnement verbietet, die Erklärung in einer Herabsetzung der Reactionsfähigkeit eines gemeinschaftlichen centralen Empfindungsapparats für starke Erregungen, wie sie die Schmerzreize an der Peripherie auslösen, zu suchen. Ganz entschieden drängen die Ergebnisse des physiologischen Experiments zu der Annahme, dass mindestens vom Rückenmark an eine Scheidung der Wege und Apparate für Tast- und Schmerzindrücke stattfindet und zwar im Sinne der zuerst von SCHIFF aufgestellten Hypothese, nach welcher die Tastindrücke durch die Fasern der weissen Hinterstränge die Schmerzindrücke durch die graue (ästhesodische) Substanz den betreffenden Empfindungsapparaten zugeleitet werden. Ob nun die Scheidung erst im Rückenmark beginnt, oder bereits diesseits desselben im peripherischen Theil der Tast- und Schmerzwerkzeuge vorhanden ist, lässt sich bis jetzt nicht entscheiden. Im ersteren Fall könnte man sich folgende Vorstellung machen. Eine und dieselbe Nervenfasern, welche von einem bestimmten Punkt der Haut entspringend, daselbst sowohl durch Tast- als durch Schmerzreize erregt werden kann, übergiebt, als hintere Wurzelfaser die graue Substanz des Rückenmarks betretend, ihre Erregungen zunächst einer Ganglienzelle, von welcher aus zwei Bahnen von verschiedenem Leitungswiderstand für die Fortpflanzung der Reizwellen sich abzweigen: eine von grossem Widerstand, d. i. diejenige, welche, zunächst wenigstens in der grauen Substanz verbleibend, zu den Schmerzempfindungsapparaten führt, eine zweite von geringerem Widerstand, welche alsbald in die weisse Substanz übertretend als Längsfaser eines Hinterstrangs zu den Tastempfindungsapparaten im Hirn führt. Dabei wäre leicht zu begreifen, dass die durch Tastreize erweckten schwachen Erregungen, ohne in die schlechtleitende Schmerzbahn einzubrechen, ungetheilt durch die Hinterstränge zu den Tastempfindungsapparaten abflössen, die starken durch Schmerzreize erzeugten Erregungen dagegen, an der Theilungsstation der Bahnen sich theilend, zu einem kleineren oder grösseren Bruchtheil unter Ueberwindung des grösseren Widerstandes in die andere Bahn eintretend zu den Schmerzempfindungsapparaten vordrängen. Es hat, beiläufig bemerkt, keine Schwierigkeiten, diese Vorstellung auch den Forderungen anzupassen, welche die Thatsachen der reflectorischen Thätigkeit des Rückenmarks an

seine Leitungsverhältnisse stellen, deren Erörterung uns jedoch zu weit vom Wege abführen würde. Im zweiten Fall, d. h. bei der Annahme einer von der Peripherie bis zum Centrum durchgehenden Scheidung des Tast- und Schmerzapparates, muss vorausgesetzt werden, dass in jedem discreten Empfindungskreis der Haut je zwei (oder wenn auch eine Sonderung des Druck- und Temperatursinnesapparats angenommen wird, je drei) Nervenfasern gesondert, jede wahrscheinlich mit anderer Endvorrichtung, entspringen, und isolirt zum Rückenmark verlaufend, jede für sich in die ihr zugehörige weitere Bahn einmünden. Allerdings liefert die anatomische Untersuchung der Haut vorläufig keine unzweideutige thatsächliche Bestätigung dieser Voraussetzung, aber noch weniger eine sichere Widerlegung. Mit grosser Wahrscheinlichkeit spricht zu Gunsten einer Scheidung des Hautnervenapparats in zwei functionell verschiedene Systeme der von den Histiologen allgemein angenommene Gegensatz mit freien Enden in den Epithelialüberzug der Haut hineinragender Nervenfasern und solcher, deren Enden mit besonderen Terminalapparaten, Tastzellen, Tastkörperchen, Endkolben, PACINISCHEN Körperchen in Verbindung treten. Die weitere Deutung, dass erstere den durch die groben allgemeinen Reize zu erweckenden Schmerzempfindungen, letztere den durch die specifischen Tastreize hervorzurufenden Tastempfindungen dienen, ergibt sich von selbst. Auf die Frage nach den functionellen Verschiedenheiten der verschiedenen Arten der zweiten Endigungsweise und einer eventuellen Sonderung des Nervenapparats für Druck- und Temperaturempfindungen kommen wir unten zurück.

Mit gleicher Bestimmtheit wie die Erscheinungen der Analgesie spricht für eine Sonderung der Tast- und Schmerzbahnen mindestens vom Rückenmark an eine sehr interessante neuere pathologische Beobachtung. Nachdem zuerst von CRUVEILHIER, später von CYON, TOPINARD und LEYDEN¹ wiederholt bei Erkrankungen des Rückenmarks eine Verlangsamung der sensibeln Leitung im Allgemeinen oder der Schmerzleitung insbesondere beobachtet war, hat OSTHOFF² in drei Fällen von Tabes dorsalis eine constante erhebliche Verschiedenheit der Zeiten, in denen nach einem und demselben Reiz die zugehörige Tast- und Schmerzempfindung eintraten, nachgewiesen. Wurden den betreffenden Personen Nadelstiche applicirt, so trat dies Berührungsgefühl momentan mit dem Stich, die Schmerzempfindung aber 1—2“ später ein. Ein gleiches Verhalten hat kürzlich BÄUMLER in einem Fall constatirt. OSTHOFF, welcher die Differenzirung der beiden Leitungen erst in der grauen

1 LEYDEN, Klinik d. Rückenmarkskrankheiten.

2 OSTHOFF, Die Verlangsamung der Schmerzempfind. bei Tabes dorsalis. Diss. Erlangen 1874.

Substanz des Rückenmarks eintreten und auf der Schmerzbahn einen grösseren Widerstand durch die grössere Anzahl der zu passirenden anastomosirenden Ganglienzellen bedingt sein lässt, sucht den Grund der Verzögerung der Schmerzleitung entweder in einer krankhaften Vermehrung dieser Widerstände in den Ganglienzellen, oder in einer durch degenerative Prozesse in der grauen Substanz herbeigeführten Nöthigung zu grösseren Umwegen für die Schmerzindrücke. Beide Erklärungsmomente der Verzögerung lassen sich ebenso gut mit der Annahme einer schon an der Peripherie beginnenden Scheidung beider Wege vereinbaren.

Möglicherweise gehört hierher auch eine bekannte Erscheinung unter normalen Verhältnissen. Stösst man beim Gehen mit einer empfindlichen Zehe gegen einen Stein, so tritt der Schmerz regelmässig merklich später ein als die Tastempfindung, überdauert aber auch letztere unter nachträglicher Steigerung meist lange Zeit. Die wahrscheinlichste Erklärung ist auch hier die, dass die an der Peripherie momentan eintretende Erregung unterwegs auf einen Widerstand stösst, welchen sie erst durch Anstauung zu einer gewissen Höhe überwinden muss, um zu den Schmerzempfindungsapparaten zu gelangen. Die Ursache der Nachdauer des Schmerzes ist wohl in einem gewissen Beharrungsvermögen der in letzteren ausgelösten Veränderung, nicht in einer entsprechenden Verlängerung des Erregungszufusses von der Peripherie her zu suchen.

Zu Gunsten der Identität des Tast- und Schmerzempfindungsapparats könnte man wohl noch anführen, dass auch in einer anderen Sinnessphäre und zwar derjenigen des Gesichtssinnes zwei Empfindungsarten, von denen die eine als ächte Sinnesempfindung zu der anderen als Gemeingefühl in demselben Verhältniss steht, wie eine Tastempfindung zur Schmerzempfindung, nach allgemeiner Annahme durch denselben Nervenapparat vermittelt werden, insofern man dieselben Opticusfasern bei mässiger Erregung Lichtempfindung, bei übermässiger Blendungsgefühl in demselben Empfindungsapparat auslösen lässt. Aber auch hier ist die Annahme der Identität nicht zweifellos erwiesen. Gegen dieselbe spricht die nicht selten beobachtete, zuerst von v. WALTER hervorgehobene Thatsache, dass Fälle von Amaurose vorkommen, in denen bei völligem Verlust des Lichtempfindungsvermögens das schmerzhaftes Blendungsgefühl und die daraus entspringende Photophobie sogar in erhöhtem Maasse fortbestehen. Möglicherweise sind noch zwei andere Empfindungsarten, welche ebenfalls sich als Sinnesempfindung und Gemeingefühl gegenüberstehen, das sogenannte Muskelgefühl und der Ermüdungsschmerz der Muskeln, Effecte der Thätigkeit verschiedener nervöser Apparate.

Wenn aus den vorstehenden Betrachtungen sich ergibt, dass ein zwingendes durchgreifendes Motiv für die übliche Zusammen-

reihung aller oben aufgezählten „Gefühle“ zu einem durch irgend welches wesentliches Gemeinmerkmal zusammengehaltenen Verband nicht sicher erwiesen ist, so ist anderseits eine Sichtung derselben in zwei durch ihre Entstehungsweise und ihre psychische Verwerthung wesentlich verschiedene, zuerst durch E. H. WEBER scharf charakterisirte Gruppen, in ächte Sinnesempfindungen und sogenannte Gemeingefühle zweifellos begründet. Bekanntlich zählt man zu den Sinnesempfindungen nur diejenigen, welche von der Seele „objectivirt“, d. h. auf Dinge einer dem empfindenden Ich gegenübergestellten Aussenwelt bezogen werden, und zwar so unmittelbar, dass die Qualitäten der Empfindung selbst, wie z. B. die Farbe einer Lichtempfindung als Qualitäten der die Empfindung verursachenden Aussendinge aufgefasst werden. Als Gemeingefühle bezeichnet man dagegen diejenigen Empfindungen, welche von der Seele unter allen Umständen nur auf das empfindende Ich bezogen, lediglich als veränderte Zustände des Bewusstseins aufgefasst werden. Nach diesem Unterscheidungsprincip erweisen sich nur die Druck- und Temperaturempfindungen als Sinnesempfindungen, als Grundlagen des Tastsinnes, alle übrigen genannten Gefühle, obenan der Schmerz, als Gemeingefühle. Nur erstere werden unmittelbar objectivirt, mit unauflöslich gewordener Nothwendigkeit auf die das Tastorgan berührenden Aussendinge bezogen. Wird ein äusseres Object gegen unsere Haut bewegt, oder bewegen wir activ einen Theil des Tastorgans gegen ein solches, so steht nicht allein unmittelbar mit der eintretenden Berührung, scheinbar als primärer Inhalt der Empfindung, vor dem Bewusstsein die Vorstellung eines Aussendinges als Empfindungsursache, sondern wir tragen sogar die Qualität der Empfindung, den empfundenen Druck, die empfundene Wärme oder Kälte als Eigenschaften auf dieses Object über, glauben, dass dieselben, in letzterem präexistirend, unverändert von demselben auf unser Sensorium überströmen. Selbst wenn wir durch Ueberlegung oder wissenschaftliche Belehrung die Ueberzeugung gewonnen, dass diese Uebertragung ein grober Irrthum, dass die von dem „warmen“ Körper auf unsere Haut übergehenden Wärmevibrationen an sich keine mit der überhaupt nicht definirbaren Qualität der Empfindungswärme irgend vergleichbare Eigenschaft haben, sind wir ausser Stande, uns von dem festgewurzeltten Irrthum zu emancipiren, die subjective Empfindungsqualität von dem vorgestellten Object wieder loszulösen. Wir begehen diesen Irrthum sogar und zwar mit der gleichen Unverbesserlichkeit, wenn das Object ein Theil unseres eigenen Körpers ist, wenn wir mit einem Theil unseres Tastorgans einen

anderen mit gleicher Empfindlichkeit begabten Theil desselben berühren, und somit zwei vermöge des Raumsinnes auseinander zu haltende Tastempfindungen gleichzeitig dem Bewusstsein sich präsentiren. Es kann dann eine wechselseitige Objectivirung beider Theile stattfinden; bei absichtlichen Tastoperationen drängt sich im Bewusstsein die Objectivirung des betasteten Theils durch den activ tastenden in den Vordergrund. Es kann aber auch für die Bevorzugung der einen oder der anderen der beiden Doppelempfindungen ihre Qualität und Intensität bestimmend sein. Berührt ein Theil von gewöhnlicher Körpertemperatur eine ungewöhnlich abgekühlte Hautpartie, so dominirt das ungewöhnliche Kältegefühl; die kühlere Hautpartie erscheint als Object mit der empfundenen Kälte als Eigenschaft und es bedarf einer besonderen Anstrengung der Aufmerksamkeit, um umgekehrt die Auffassung der normal temperirten Partie als relativ warmes Object hervortreten zu lassen. Dass Druck- und Temperaturempfindungen, wie alle übrigen Sinnesempfindungen, gerade durch diese prompte, nicht erst durch eine bewusste psychische Operation vermittelte Objectivirung, durch diese fehlerhafte aber unfehlbare Verlegung der Empfindungsqualitäten in die vorgestellten Empfindungsobjecte den Anforderungen gerecht werden, welche ihnen im Dienste des Sinnes, der als eine Sonde in die Aussenwelt einzudringen bestimmt ist, gestellt werden, dass sie nun durch diese unmittelbare Objectivirung der Seele so prompte und innerhalb weiter Grenzen zuverlässige Belehrung über Zustände und Veränderungen der Aussendinge verschaffen, und sie dadurch in den Stand setzen, rasch und sicher auf die erkannten äusseren Verhältnisse zu reagiren, liegt auf der Hand.

Entsteht ein Gemeingefühl, wird z. B. durch Berührung der Haut mit einem sehr heissen Körper Schmerz erzeugt, oder derselbe durch krankhafte Zustände eines inneren Organs hervorgerufen, so bleibt derselbe unter allen Umständen subjectiv, wird von der Seele nur als ein veränderter Zustand des Bewusstseins aufgefasst. Wir kommen wohl auch unter Umständen zu der Erkenntniss eines äusseren Objectes als Ursache des Schmerzes, aber nicht durch eine unmittelbar mit diesem verschmolzene Vorstellung, sondern entweder durch die Beihülfe einer gleichzeitigen Tastempfindung oder auf anderweitigen Umwegen und niemals verlegen wir den Schmerz als Eigenschaft in das zufällig als Ursache erkannte Aussending, in den berührenden heissen Körper, wie wir dem warmen Körper die Empfindungswärme als Eigenschaft andichten. Wohl regt auch der Schmerz und andere Gemeingefühle die Seele zu Handlungen an,

ja derselbe löst sogar zwangsmässig, ohne Zuthun eines bewussten Willensactes, auf dem Wege des einfachen Reflexes gewisse Reactionen aus, welche den Charakter der Zweckmässigkeit in Betreff der Abwehr des schmerzhaften Eingriffs an sich tragen, allein es kann keine Rede davon sein, diesen durch Gemeingefühle angeregten beschränkten und einseitigen Verkehr unseres empfindenden Ichs mit der Aussenwelt in Parallele zu setzen mit den unmittelbaren vielseitigen, die Grundlage aller Willensthätigkeit bildenden Beziehungen unserer Seele zur Aussenwelt, welche auf die Sinnesempfindungen basirt sind.

Eine Frage von höchstem psychologischen wie physiologischen Interesse ist die nach den Ursachen und der Entstehung dieses wesentlichen Unterschiedes zwischen Sinnesempfindungen, in unserem Falle also zwischen Tastempfindungen und Gemeingefühlen. Wie kommen wir dazu, eine Druck- oder Temperaturempfindung auf ein äusseres Object zu beziehen? Was macht diese Beziehung zu einer unauflöselichen? Warum verlegen wir nicht auch den Schmerz, zumal wenn er von denselben Organen aus, wie jene, hervorgerufen wird, in die Aussenwelt? Ist die Objectivirung der erstgenannten Empfindungen ein angeborenes, in einer fertig gegebenen Einrichtung des Seelenapparates zwangsmässig begründetes Vermögen, oder ein auf Grund von Erfahrungen nach den Gesetzen des Denkens erworbenes? Welches sind in letzterem Fall die sicheren unvermeidlich jedem Individuum im Anfang des Lebens sich anbietenden Erfahrungswege, auf denen das Vermögen erworben und so befestigt wird, dass der Erfahrungsschluss scheinbar mit der Empfindung selbst zusammenschmilzt? Angeboren oder erworben, das ist dieselbe Alternative, welche in verschiedener Fassung, aber überall in fundamentaler Bedeutung der Sinnesphysiologie in verschiedenen Abschnitten ihres Gebietes entgegentritt, um deren Entscheidung neuerdings heftiger aber auch mit schärferen Waffen als zuvor der Kampf zweier extremen Theorien, welche als die nativistische und die empiristische bezeichnet werden, sich abspielt. Die Nativisten, deren eifrigster Vorkämpfer unter den Physiologen heutzutage E. HERING ist, fassen die bei allen Individuen mit gleicher Nothwendigkeit und Gesetzmässigkeit an die einfachen Empfindungen sich anschliessenden Vorstellungen durch welche dieselben sich zu Sinneswahrnehmungen gestalten, als physiologische, durch die Erregung des Sinnesnerven zwangsmässig mit der Empfindung ausgelösten Thätigkeitsäusserungen eines von Geburt an functionsfähigen Seelenmechanismus auf, dessen Leistungen höchstens noch durch individuelle Uebung

verfeinert werden und an Geläufigkeit gewinnen können, dessen Leistungsfähigkeit vielleicht durch successive Summirung des Gewinns der individuellen Uebung auf dem Wege der Vererbung erhöht worden ist. Die Empiristen dagegen, welchen heutzutage HELMHOLTZ als physiologischer Führer voranschreitet, betrachten die fraglichen Vorstellungen als individuellen psychischen Erwerb, welcher erst allmählig durch Anwendung des freien Denkvermögens der Seele auf einen Kreis unvermeidlich von den ersten Lebenstagen an sich darbietender auffälliger Erfahrungsthatsachen gewonnen wird, allerdings unter wesentlicher aber indirecter Mitwirkung gewisser angeborener physiologischer Einrichtungen. Es ist hier nicht der Ort zu einer allgemeinen kritisch-historischen Beleuchtung des Kampfes dieser beiden sich gegenüberstehenden Theorien in allen seinen Phasen. So unbestritten heutzutage die volle Competenz der Physiologie in dieser Frage feststeht, so erfordert doch ihre allgemeine Discussion eine gleichmässige Berücksichtigung verschiedener Sinnessphären und gehört daher in einen Artikel über Sinneswahrnehmungen überhaupt, oder physiologische Psychologie.¹ Während wir aber in unserem auf den Tastsinn beschränkten Gebiete ein näheres Eingehen auf den hauptsächlichlichen Angelpunkt des Streites bei der Erörterung des Raumsinnes der Haut nicht abweisen können, dürfen wir hier bei der Erklärung der Objectivirung der Tastempfindungen uns ohne Berücksichtigung der Gegner auf den empiristischen Standpunkt stellen. Ist auch wiederholt versucht worden, die Beziehung von Empfindungen auf Aussendinge als ein vor aller Erfahrung gegebenes („transcendentales“ KANT) Vermögen darzustellen, hat unter den Physiologen sich z. B. MEISSNER noch neuerdings durch die Annahme seiner „einfachen Tastempfindung“ auf den nativistischen Standpunkt gestellt, so stimmt doch jetzt zweifelsohne die grosse Mehrzahl aller Philosophen und Physiologen, darunter auch solche welche z. B. in Bezug auf die Raumschauung am entschiedensten die nativistische Theorie vertreten, darin überein, dass die Erkenntniss des Gegensatzes zwischen empfindendem Ich und Aussenwelt oder einem „Ich“ und einem „Nicht-Ich“ (FICHTE) eine auf folgendem Erfahrungswege erworben ist.

Eine Grundbedingung der bezüglichen Erfahrung liegt in der activen willkürlichen Beweglichkeit unserer Tastorgane und der Be-

¹ Wir verweisen auf die bezüglichen Erörterungen in LOTZE, Medicinische Psychologie. Leipzig 1852. WUNDT, Grundzüge der physiol. Psychologie. Leipzig 1874. HELMHOLTZ, Die Thatsachen in der Wahrnehmung. Rede geh. z. Stiftungsf. d. Berlin. Univ. Berlin 1879.

gleitung jeder activen Bewegung derselben durch eine spezifische Empfindung, welche zunächst den bewegten Zustand überhaupt der Ruhe gegenüber dem Bewusstsein kennzeichnet in zweiter Instanz aber auch der Seele von Richtung und Grösse der ausgeführten Bewegungen Kunde giebt. Definiren und durch ihre eigenen Merkmale charakterisiren lassen sich diese Empfindungen so wenig, wie irgend welche andere, aber Jeder kennt aus Erfahrung die constante Veränderung seines Bewusstseins, welche sich mit jeder willkürlichen Lageveränderung seiner beweglichen Körpertheile durch Muskelthätigkeit, verknüpft und auch ohne die Controlle des Gesichtssinnes unmittelbar die räumliche Anschauung der Bewegung selbst und ihres Resultats, der neuen Lage der bewegten Theile, erzeugt. Gleichviel, ob diese Bewegungsempfindungen centralen Ursprungs, durch direct von den Erregungsstätten der motorischen Nerven durch den Willen ausgehende Einwirkungen auf das Sensorium bedingt sind, („Innervationsgefühle“), oder ob sie durch die den Willensbefehl vollziehenden Muskeln ausgelöste Controllezeichen des Vollzugs sind, durch eine bei der Contraction derselben entstehende peripherische Erregung sensibler Nerven zu Stande kommen, gleichviel, ob und wieweit ihnen von Geburt an räumliche Vorstellungen über die ausgeführte Bewegung anhaften, oder ob diese erst erlernte Auslegungen sind, für die Erklärung der Objectivirung der Tastempfindung genügt die unbestrittene Thatsache, dass sich jede Bewegung der Tastorgane dem Bewusstsein durch eine irgend wie beschaffene Empfindung markirt und diese Marke für eine bestimmte Bewegung immer die gleiche, für jede verschiedene Bewegung aber eine verschiedene ist. Ein zweites Moment, welches die Entstehung objectiver Vorstellungen vermittelt, ist die Begabung unserer Tastorgane mit dem unten näher zu erörternden Raumsinn, vermöge dessen wir den Ort an welchem dasselbe von einem Tastreiz getroffen wird, unterscheiden. Gleichviel, ob derselbe ein angeborenes Erbgut, oder ein erworbenes Vermögen, eine erlernte Interpretation an sich nichtssagender Zeichen in räumliche Vorstellungen ist, hier kommt wiederum nur die sichere Thatsache in Betracht, dass eine und dieselbe von dem gleichen Reiz erzeugte Druck- oder Temperaturempfindung von jedem verschiedenen Ort unserer Haut aus ein irgend wie verschiedenes Gepräge erhält. Die Erfahrungen, welche nun mit Hülfe dieser beiden Momente zur Objectivirung führen, können wir im Allgemeinen als die Erfahrungen von der Incongruenz der Tastempfindungen mit den Bewegungsempfindungen bezeichnen. Von den ersten Lebensstunden an führt das Kind, gleichviel durch welche Motive veran-

lasst, in regellosem Wechsel die verschiedensten Bewegungen aus. Jede derselben trägt in das Bewusstsein ihre spezifische Marke ein; die Wiederkehr derselben Marken bei zunächst zufälliger Wiederholung derselben Bewegungen wird die Veranlassung, dass das Kind bestimmte Bewegungen absichtlich wiederholen lernt. Zu diesen Bewegungsempfindungen gesellen sich nun entweder Tastempfindungen verschiedener Art, Extensität und Intensität, oder keine, je nachdem durch die Bewegung ein Theil des Tastorgans mit einem äusseren Object in Berührung gebracht wird, oder nicht. In ersterem Fall variirt die Tastempfindung erstens mit den bei seiner Einwirkung auf die Tastorgane in Betracht kommenden Qualitäten des Objectes, seiner Grösse, Form, Schwere, Oberflächenbeschaffenheit, Cohäsion, Temperatur, zweitens mit dem gereizten Ort der Tastfläche. Andererseits entstehen auch Tastempfindungen der verschiedensten Art bei völliger Ruhe des Körpers, also völliger Abwesenheit aller Bewegungsempfindungen, sobald äussere Objecte verschiedener Qualität an einen oder den anderen Theil des Tastorgans heranbewegt, oder über eine Reihe aneinander grenzender Endbezirke von Tastnerven hinbewegt werden. Dieser Mangel aller gesetzmässigen Beziehungen zwischen Muskelgefühlen und Tastempfindungen, der regellose Wechsel zwischen Zusammentreffen und Nichtzusammentreffen der letzteren mit ersteren, und der regellose Wechsel der Beschaffenheit der letzteren und ihrer vom gereizten Ort der Haut abhängigen Marken bei gleichen Bewegungsgefühlen oder auch totalem Mangel derselben, drängt die mit angeborenem Denkvermögen begabte Seele nothwendig sehr bald zu dem Schluss, dass die Ursachen der wechselnden Tastempfindungen nicht dem empfindenden, durch eine bewusste Anstrengung die Bewegungsgefühle erzeugenden „Ich“ angehören können, sondern ausserhalb desselben liegen müssen. Damit ist die Grundlage der Objectivirung gewonnen. Bei der unvermeidlichen Häufigkeit der Wiederkehr der betreffenden Erfahrungen ist es begreiflich, dass jener Schluss alsbald geläufig werdend, schliesslich sich unbewusst vollzieht und unauflöslich wird, begreiflich aber auch die weitere Folge, dass wir die Qualitäten der Tastempfindung auf die vorgestellten ursächlichen äusseren Objecte, welche ja ausschliesslich durch dieselben auf unsere Seele wirken, übertragen, und sie alsbald für einfache Abdrücke präexistirender Eigenschaften der Aussendinge halten. Ebenso ist ferner selbstverständlich, dass überhaupt unsere Vorstellung einer Aussenwelt, welche zunächst nur als einfache Negation, als „Nicht-Ich“ zur Erkenntniss kommt, erst später und allmähig mit der durch absichtliche Versuche geförderten Erziehung der Sinne,

mit der Aufspeicherung des empirischen Wahrnehmungsmaterials, mit der Verfeinerung seiner Interpretation durch Denkprocesse, mit der erlernten Inbeziehungsetzung der Aussagen verschiedener Sinne zueinander mehr und mehr ausgearbeitet wird, bis sie endlich zu jenem unendlich reichhaltigen Complex zahlloser, mit allen denkbaren Empfindungsqualitäten ausgestatteter Einzelheiten von erkannten gesetzmässigen Beziehungen zu einander und zu unserem Ich, als welcher sie wirklich nach Absolvirung der angedeuteten Studien in unserer Anschauung sich darstellt, herangebildet ist.

Wie schon oben angedeutet wurde, lernen wir mit Hülfe der Doppelempfindungen, welche bei wechselseitiger Berührung verschiedener Theile des Tastorgans untereinander entstehen, von den absolut äusseren Dingen als relativ äussere eben diese uns selbst angehörigen Theile der Tastfläche unterscheiden. Auf diese Weise kommen wir dazu, die Haut als Erregungsstätte unserer Tastempfindungen zu erkennen, die letzteren zunächst in sie zu verlegen und gewissermaassen über diesen Zwischenpfeiler hinweg die Brücke der objectiven Vorstellungen in die Aussenwelt zu schlagen. Darauf beruht ein wesentlicher Unterschied des Tastsinns dem Gesichtssinn gegenüber. Weil wir nicht mit einem Theil der ebenfalls zu einer Fläche ausgebreiteten, ebenfalls mit Raumsinn begabten empfindlichen Nervenendausbreitung des Auges einen anderen Theil derselben betrachten, nicht der einen Netzhaut die andere als Object darbieten können, kommen wir nie dazu, unsere Lichtempfindungen zu ihr in Beziehung zu setzen, die Netzhaut als Station bei der Objectivirung der letzteren zu benutzen, sondern tragen diese unmittelbar in die Aussenwelt hinaus, selbst dann, wenn ein von einem Aussending ausgehender Lichtreiz gar nicht die Ursache der Empfindung ist, wenn wir wissend durch einen Druck unseres Fingers auf den Augapfel eine Lichterscheinung hervorrufen.

Während wir auf diese Weise mit der einen Hand die andere, mit der Zungenspitze die Zähne betasten und als relativ äussere Gegenstände wahrnehmen können, erhalten wir keine objectiven Vorstellungen bei zahlreichen regelmässig vor sich gehenden wechselseitigen Berührungen innerer Organe unseres Körpers, obwohl dieselben empfindlich sind, und die Bewegungen wenigstens einestheils derselben von Muskelgefühlen begleitet sind. Wir fühlen z. B. nicht wie E. H. WEBER hervorhebt, den Magen als Berührungsobject, während das Zwerchfell bei seiner inspiratorischen Abflachung gegen denselben drückt, auch dann nicht, wenn wir durch verschiedene Grade willkürlicher, von entsprechenden verschiedenen Graden des

Muskelgefühls begleiteter Anstrengungen des Zwerchfells diesen Druck variiren. Das Ausbleiben objectiver Berührungsvorstellungen in diesem Fall hat einen doppelten Grund. Erstens fehlen dem Zwerchfell sowohl wie dem Magen von Haus aus Tasteinrichtungen, d. h., an den Enden ihrer sensiblen Nerven angebrachte, unten in ihrer Bedeutung näher zu würdigende Vorrichtungen, welche dieselben für so geringfügige Grade mechanischer Reizung, wie sie der bei den Bewegungen des Zwerchfells entstehende Druck darstellt, empfänglich macht, wahrscheinlich aber auch an den centralen Enden dieser Nerven spezifische Empfindungsapparate, in welchen ihre Erregung die spezifische Druckempfindung auslösen könnte. Es entsteht überhaupt keine dem Muskelgefühl parallel laufende Empfindung bei dieser Bewegung, oder nur indirect von den Tastnerven der Bauchhaut, welche mit dem Niedergang des Zwerchfells eine wachsende Anspannung erleidet, vermittelte Empfindungen. Zwerchfell und Magen besitzen nur Nerven, welche durch die entsprechende Art von Reizen erregt, Schmerz hervorrufen können. Zweitens aber würden, selbst wenn die in Rede stehende Bewegung von Doppeldruckempfindungen begleitet wäre, wir doch nicht dazu kommen, den Magen als Tastobject des Zwerchfells oder umgekehrt aufzufassen, weil, wie E. H. WEBER sich ausdrückt, objective Vorstellungen nur da entstehen, „wo die eigene Bewegung unserer Organe oder die Bewegung der zu empfindenden Objecte eine hinreichend bemerkbare Abänderung der Empfindung hervorbringt.“ Hier würde eben dieselbe, durch das gleiche Bewegungsgefühl charakterisirte Bewegung des Zwerchfells unabänderlich von der in jeder Beziehung gleichen Druckempfindung gefolgt sein, letztere also als eine nothwendige subjective Begleiterscheinung des Anstrengungsgefühls dem Bewusstsein sich darstellen, der Seele jede Veranlassung fehlen, dieselbe auf eine von dem empfindenden Ich getrennte, äussere Ursache zu beziehen.

Ist nun aber die erörterte empiristische Theorie der Objectivirung die richtige, so kann man mit Recht die Frage stellen, ob nicht zu ihr in schroffem, ihre Geltung gefährdendem Widerspruch die That- sache steht, dass wir die von unserer Haut aus hervorgerufenen Schmerzempfindungen nicht objectiviren. Man könnte meinen, dass für diese dieselben Erfahrungsbedingungen vorliegen, welche nach jener Theorie zur Objectivirung von Druck- und Temperaturempfindungen nothwendig führen: das regellos wechselnde Zusammentreffen oder Nichtzusammentreffen von Schmerzempfindungen mit bestimmten Bewegungsgefühlen, das Eintreten ersterer auch bei Abwesenheit der letzteren und endlich der ebenfalls in keiner Beziehung zu den Bewe-

gungsgefühlen stehende Wechsel der Marken, welche notorisch auch dem Schmerz je nach dem gereizten Ort der Haut aufgeprägt werden. Allein dieser Widerspruch lässt sich unseres Erachtens lösen, die Subjectivität der Hautschmerzempfindungen trotz der scheinbaren Objectivirungsbedingungen zwanglos erklären. Erstens sind die betreffenden Erfahrungen in Betreff des Schmerzes viel zu selten und zufällig, um die Seele zu Reflexionen der Art, wie sie bei den häufigen unvermeidlichen Tastempfindungen sich aufdrängen anzuregen. Zweitens sind, wie E. H. WEBER betont, die Schmerzempfindungen so heftig, dass sie „das Begehrungsvermögen der Seele anregen, die ruhige Reflexion aber verhindern“; sie sind auch so unangenehm, dass sie nicht zu experimentellen Studien über ihre Abhängigkeit oder Nichtabhängigkeit von bestimmten durch bestimmte Bewegungsgefühle charakterisirten Bewegungen auffordern. Drittens ist die Qualität des von der Haut aus durch äussere Objecte erweckten Schmerzes dieselbe, wie die des in ihr durch innere Ursachen oder in inneren Organen erzeugten Schmerzes, bei welchem letzteren überhaupt alle Momente, welche die Objectivirung veranlassen könnten, fehlen. Endlich würde auch der Mangel genauer zeitlicher Congruenz zwischen Schmerzempfindung und Einwirkung des schmerz-erregenden Objects, der Umstand, dass letztere von ersterer oft längere Zeit überdauert wird, die Sicherung des Schlusses auf äussere Objecte beeinträchtigen.

II. Tast- und Gemeingefühlsreize.

Eine weitere Charakteristik der Tastempfindungen als Sinnesempfindungen den Arten des Gemeingefühls gegenüber ist in ihrer Erregungsweise begründet. Druck- und Temperaturempfindungen werden wie alle übrigen Sinnesempfindungen, durch äussere Einwirkung erzeugt, welche nicht zu den unmittelbaren, jede Nervenfasern bei der Application auf irgend eine Stelle ihres Verlaufs erregenden Nervenreizen gehören, sondern zu solchen erst umgewandelt werden, nicht durch eine spezifische Beschaffenheit der betreffenden Nervenfasern, sondern durch spezifische, dem betreffenden Agens angepasste Hülfsrichtungen, Sinnesapparate, an ihren peripherischen Enden. Wie die Schwingungen des Aethers, welche von der Netzhaut des Auges aus die Lichtempfindung hervorrufen, an sich keine Nervenfasern erregen, auch nicht die Opticusfasern, welche sie erwiesenermaassen in der Retina selbst wirkungslos durchsetzen, sondern lediglich durch die Vermittelung der Stäbchen und Zapfen in einen

Nervenreiz, aller Wahrscheinlichkeit nach einen chemischen, umgesetzt werden, so sind auch die Tastreize zwar nicht ihrem Wesen nach, wohl aber dem Grade nach specifische. Druckempfindungen werden durch Druck auf die Haut, Temperaturempfindungen durch Wärmeentziehung oder -zufuhr zur Haut (E. H. WEBER) oder durch Herstellung von Eigentemperaturen der Haut, welche über oder unter einer gewissen Nullpunktstemperatur liegen (E. HERING), erzeugt. Während nun Druckeinwirkungen ihrem Wesen nach in die Classe der allgemeinen mechanischen Nervenreize, Temperatureinwirkungen zu den thermischen Reizen gehören, sind doch die als normale Tastreize wirksamen niederen Grade beiderlei Einwirkungen unwirksam bei ihrer directen Application auf irgend welche Nervenfasern, auch die Tastnervenfasern, im Verlauf, während diejenigen Druck- und Temperaturgrade, welche unmittelbare Reize für alle Nerven sind, auf die Haut wirken, das Gemeingefühl des Schmerzes erwecken. So entsteht eine deutliche Kälteempfindung, wenn wir unsere Hand in Wasser von $+10^{\circ}$ C. eintauchen, und wenn wir sie unmittelbar darauf in Wasser von $+20^{\circ}$ überführen, zunächst eine Wärmeempfindung, welche aber bald in Kältegefühl sich verwandelt, während der bloßgelegte motorische Nerv erst bei Temperaturen unter 0 und über 44° durch Muskelzuckungen Erregung beurkundet. Ebenso bleibt letzterer in Ruhe, wenn wir durch so geringe Belastungen, wie sie auf die Haut angebracht, deutliche Druckempfindungen hervorbringen, einen Druck auf ihn ausüben. Auf der Stirnhaut genügt bereits ein Gewicht von 2 Milligramm, eine Tastempfindung hervorzurufen, während der Muskelnerv Belastungen von mehreren Grammen verträgt, ja bei allmählicher Steigerung des Druckes bis zur Zerquetschung comprimirt werden kann, ohne in Erregung zu gerathen. E. H. WEBER hat durch folgende Versuchsdata erwiesen, dass auch bei den Tastnerven nur die peripherischen Enden in der Haut, nicht die Fasern im Verlauf für jene minimalen mechanischen und thermischen Reize empfänglich sind. Injicirt man durch ein Klystier Wasser von $+6$ bis 15° R. in den Darm, so entsteht nur am After durch die Reizung der daselbst befindlichen Hautnervenenden eine deutliche Kälteempfindung, vom Innern des Darmes aus erzeugt dasselbe Wasser aber kein Kältegefühl, obwohl es nothwendigerweise durch die dünne Darmwand hindurch den in den Stämmen des Lumbal- und Sacralnerven verlaufenden Tastfasern beträchtliche Mengen von Wärme entzieht. Das nach kalten Klystieren zuweilen nachträglich entstehende, in der Bauchwand localisirte Kältegefühl erklärt WEBER aus dem Vordringen der Wärmeentziehung bis zu den in

letzterer enthaltenen Nervenenden. Es müssen also diese Enden entweder eine wesentlich höhere Erregbarkeit, als ihre leitenden Fortsetzungen besitzen oder mit besonderen Hilfsvorrichtungen ausgerüstet sein, welche in irgend welcher Weise die Wirksamkeit der Reize erhöhen. Die Analogie der übrigen Sinnesorgane lässt das zweite Verhalten als das wahrscheinlichere betrachten. Am nächsten liegt die Analogie des Gehörorgans. Auch hier stellt der spezifische Reiz, die Schallbewegung der ponderablen Materie, einen mechanischen Vorgang dar, welchem es unter gewöhnlichen Verhältnissen, insbesondere bei seiner Fortpflanzung durch die Luft nur an der nöthigen Intensität gebricht, um eine Nervenfasern im Verlauf zu erregen, welcher dagegen für die Enden des Hörnerven durch die Vermittlung lebhaft mitschwingender mechanischer Tetanisirvorrichtungen wirksam gemacht wird. Wir werden unten bei Erörterung des Drucksinns die Frage näher erwägen, welcher Art die vorausgesetzten Sinneseinrichtungen an den Tastnervenenden sind und worin ihre die Erregung durch schwachen Druck vermittelnde Wirksamkeit besteht, ohne jedoch im Stande zu sein, eine befriedigende Antwort oder auch nur Vermuthung auszusprechen. Ebenso wenig besitzen wir eine solche auf die gleichlautende Frage in Betreff der Wirksammachung der Temperaturreize. E. H. WEBER hat ferner durch Experimente zu beweisen gesucht, dass, wenn eine Tastnervenfasern nicht von den Enden aus, sondern durch einen sie im Verlauf treffenden Reiz erregt wird, diese Erregung niemals eine der beiden specifischen Sinnesempfindungen, sondern ausnahmslos nur das Gemeingefühl des Schmerzes auslöst. Die Thatsachen sind folgende: Taucht man die Spitze des Elbogens in eiskaltes Wasser oder irgend eine Kältemischung, so entsteht zunächst durch Erregung der in der eingetauchten Haut befindlichen Nervenenden Kältegefühl, einige Zeit darauf aber, wenn die Kälte bis zu dem dicht unter der Haut verlaufenden Stamm des Ulnarnerven vorgedrungen ist, durch Reizung der in ihm zusammengebetteten sensibeln Fasern im Verlauf Schmerzempfindung, welche von der Seele in die Theile der Haut des Unterarms und der Hand, in welchen diese Fasern endigen, verlegt wird. Ebenso geht die Druckempfindung, welche bei Berührung der Elbogenhaut entsteht, in Schmerzempfindung, welche wiederum in den Endbezirk des Ulnarnerven localisirt wird, über, sobald der Druck auf die Haut so hoch gesteigert wird, dass der darunter verlaufende Nervenstamm gereizt wird. Sind durch heftige Verbrennung die äusseren Hautschichten eines Körpertheils mit den darin eingebetteten Nervenenden zerstört, so hat der betreffende Theil das Vermögen verloren, Wärme

und Kälte zu unterscheiden; warme Körper, welche von gesunder Haut aus deutliche Wärmeempfindung erzeugen, rufen von den verletzten Stellen aus Schmerz hervor. Während in letzteren also der Temperatursinn verloren gegangen war, scheint in den von WEBER untersuchten Fällen das Vermögen, Druckempfindungen zu vermitteln, erhalten geblieben zu sein. Wenigstens geht aus WEBER'S Beschreibung hervor, dass die Patienten bei Berührung der Verbrennungsnarbe mit erwärmten oder abgekühlten Spateln, noch die Berührung mit einem fremden Körper wahrnahmen und nur nicht angeben konnten, ob er warm oder kalt sei. Die nähere Erklärung dieser Thatsachen ist nicht unzweideutig, die Zweifel hängen mit der Frage, ob und wie weit der nervöse Apparat für Tastempfindungen und Schmerzempfindungen identisch ist, zusammen. Existirt für beide nur ein durchweg gemeinschaftlicher Apparat, aus denselben Nervenfasern mit denselben centralen Empfindungsapparaten bestehend, dann bleibt nur eine Deutung möglich, welche auf die zuerst angeführten Thatsachen angewendet dahin lautet, dass die hohen Kälte- und Druckgrade, welche, durch die Elbogenhaut den Stamm der Ulnarnerven erreichend, die in ihm verlaufenden Tastnervenfasern reizen, eine andere Modification der Erregung in ihnen hervorbringen, als die von ihren Hautenden durch mässige Kälte- und Druckgrade erzeugte, und diese besondere Modification der Erregung auch eine besondere Modification des Effects in den Empfindungsapparaten, d. i. Schmerz, bedingt. Auf die Bedenken, welche sich gegen die dieser Deutung zu Grunde liegende Voraussetzung erheben, haben wir schon oben aufmerksam gemacht. Es ist eben durchaus unwahrscheinlich, dass die Art des Erregungsvorganges und damit die Qualität des Effects sich mit dem Ort, an welchem eine und dieselbe Nervenfaser gereizt wird, ändert. Es spricht für eine solche Annahme nicht eine einzige Analogie, wohl aber dagegen die Thatsache, dass die Sehnervenfasern im Opticusstamm durch allgemeine Reize erregt, wie dies bei Gelegenheit von Augenexstirpationen bei Durchschneidung desselben beobachtet wurde, dieselbe Empfindungsart, eine Lichterscheinung hervorrufen, wie bei der Reizung ihrer Enden in der Retina durch Lichtwellen oder auch durch Druck oder Elektrizität. Am ungezwungensten erklären sich die in Rede stehenden Versuchsergebnisse, wenn wir die Existenz zweier völlig getrennter Nervenapparate für Tast- und Schmerzempfindungen voraussetzen. Wir müssten dann annehmen, dass die zu dem Ulnarnervenstamm vordringenden starken Kälte- oder Druckgrade sowohl die in ihm enthaltenen Tastfasern als die mit ihnen verlaufenden Gemeingefühlsfasern erregen, allein der von letz-

teren erzeugte Schmerz im Bewusstsein sich in den Vordergrund drängt, die gleichzeitigen Tastempfindungen übertäubt. Stellte sich die dritte oben angedeutete Möglichkeit, eine erst im Rückenmark beginnende Scheidung der sensiblen Leitungswege, als begründet heraus, so würde die Erklärung, um die es sich hier handelt, dahin lauten, dass die starken Erregungswellen, welche Kälte oder Druck vom Stamm des Ulnaris aus erwecken, im Rückenmark vorzugsweise oder ausschliesslich den Weg durch die graue Substanz zu den Schmerzempfindungsapparaten einschlagen. Eine bestimmte Entscheidung lässt sich zur Zeit nicht geben.

Gegen die allgemeine Gültigkeit des Satzes, dass Tastempfindungen durch die an sich nicht reizenden niederen Grade mechanischer und thermischer Einwirkungen, welche erst durch Sinnesapparate in Reize verwandelt werden müssen, Gemeingefühle dagegen nur durch die allgemeinen directen Nervenreize erzeugt werden, lässt sich die Thatsache einwenden, dass Kitzel-, Schauer- und Wollustgefühl gerade vorzugsweise durch die schwächsten Grade mechanischer oder auch thermischer Hautreize veranlasst werden. So entsteht bekanntlich bei der leisesten Berührung der Lippengegend oder des Eingangs der Nasenhöhle, z. B. bei Bestreichen derselben mit einer Federfahne lebhaftes Kitzelgefühl. Ebenso wird durch leise Berührung der Rückenhaut besonders mit mässig kalten Gegenständen Schaudergefühl hervorgerufen, durch schwache mechanische Reizung der Haut der Genitalien Wollustgefühl. Allein in allen diesen Fällen stehen die Gemeingefühle nicht wie die Tastempfindungen in einer directen sondern in einer indirecten Beziehung zu dem ursächlichen Reiz. Sie sind nicht, wie letztere unmittelbare Effecte einer von den gereizten Nervenenden direct zu centralen Empfindungsapparaten geleiteten Erregung, sondern secundäre Folgen der primär durch solche Erregungen ausgelösten Tastempfindungen, entstanden durch eine in den Centralorganen vor sich gehende Irradiation der Erregung von den primär in Thätigkeit gesetzten Tastempfindungsapparaten aus. Diese Auffassung stützt sich auf die Thatsachen, dass die fraglichen Gefühle neben gleichzeitigen Tastempfindungen entstehen, mit denselben aber nicht zeitlich zusammenfallen, sondern erstens merklich später als diese, oft erst, nachdem der Reiz vorüber ist, eintreten und zweitens letztere verschieden lange Zeit überdauern, ferner dass dieselben, insbesondere der Schauer, sich in der Regel allmählich mehr weniger weit auf Hautpartien, welche von dem Reiz gar nicht getroffen worden sind, ausbreiten also successive Empfindungsapparate angreifen, deren peripherischer Leitungsapparat gar

nicht in Thätigkeit gesetzt worden ist. Ferner spricht gewichtig für die secundäre Entstehung, dass solche Gefühle auch als Begleiterscheinungen im Gefolge gewisser anderen Sinnessphären angehöriger Empfindungen auftreten. So entsteht bei vielen Personen ein lebhaftes in der Haut localisirtes, oft die ganze Körperoberfläche überrieselndes Schaudergefühl in Begleitung hoher schriller Gehörsindrücke, wie sie z. B. beim Kratzen eines Messers auf dem Teller oder eines Schieferstiftes auf der Tafel hervorgerufen werden, oder auch in Begleitung intensiver saurer Geschmackseindrücke; ja bei Manchen vermag schon die Vorstellung solcher Eindrücke Schaudergefühl zu erwecken. In allen diesen Fällen kann von einer directen Reizung von Nervenfasern, welche die Hautpartien, in denen das Gefühl localisirt wird, mit den betreffenden Empfindungsapparaten verbinden, keine Rede sein, bleibt also keine andere Erklärung, als durch centrale Ausstrahlung einer Erregung von den Gehörs- oder Geschmacksempfindungsapparaten aus auf die das Gemeingefühl vermittelnden. Endlich spricht zu Gunsten der in Rede stehenden Auffassung der Umstand, dass neben Kitzel und Schauer bei schwacher mechanischer oder thermischer Reizung der Haut noch andere unzweifelhafte Zeichen centraler Irradiation in Form von Reflexerscheinungen auftreten, so die unwillkürlichen und durch den Willen schwer zu hemmenden Muskelzuckungen bei leiser Berührung „kitzlicher“ Hautstellen, das Niesen auf Reizung der Nasenschleimhaut, die Schüttelbewegungen und die Contractionen der Muskeln der Haarbälge, welche das Schaudergefühl begleiten. Wie es kommt, dass gerade die schwachen Reizungen des Tastnervenapparats diese centralen Ausstrahlungen herbeiführen, während die Wirkung eines stärkeren Drucks auf dieselbe Hautstelle, deren leise Berührung Kitzel oder Schauer erzeugt, sich auf die primäre Tastempfindung und die an diese ankrystallisirenden Vorstellungen beschränkt, ist eine vorläufig nicht zu beantwortende Frage.

III. Weitere Unterschiede zwischen Tastempfindungen und Gemeingefühlen.

Schliesslich heben wir noch einen praktisch sehr bedeutsamen Unterschied zwischen Tastempfindungen und Gemeingefühl hervor. Während bei ersteren die Intensität der Empfindung in einer verhältnissmässig feingliedrigen Scala merklicher Abstufungen, nach einem bestimmten Gesetz mit der Verstärkung des Reizes zunimmt, während ferner die Dauer der ersteren in strengster Weise durch

die Dauer der reizenden Einwirkung bestimmt wird, treffen wir in beiden Beziehungen eine weit geringere Feinheit und grössere Unregelmässigkeit bei den Gemeingefühlen. Während, wie wir sehen werden, trotz der Unentschiedenheit des Kampfes, welcher sich neuerdings um die specielle Gestalt der Curve, welche die Intensität der Druckempfindungen als Function der Reizgrössen darstellt, erhoben hat, thatsächlich die Feinheit unseres Drucksinnes so gross ist, dass wir innerhalb weiter Grenzen annähernd genau Belehrungen über die absoluten und relativen Grössen der objectiven Druckeinwirkungen auf unser Tastorgan erhalten, sind wir nie im Stand, aus der Intensität der Schmerzempfindungen uns entsprechend genaue und zuverlässige Urtheile über die Stärke der erregenden Ursachen zu bilden. Es wächst im Allgemeinen wohl auch die Stärke des Schmerzes mit der Reizgrösse, allein erstens ist, sobald erstere einen bestimmten Werth erreicht hat, eine Proportionalität des Wachsens beider nicht mehr nachweisbar, und zweitens ist überhaupt das Auffassungsvermögen der Scala für verschiedene Grade der Schmerzempfindung von Haus aus weit stumpfer und durch Uebung bei weitem weniger verfeinert, wie für verschiedene Grade der Druckempfindung. Dazu kommt noch, dass die Empfänglichkeit für verschiedene Grade der schmerzerregenden Einwirkungen in viel weiteren Grenzen und weit unregelmässiger schwankt als die Empfänglichkeit für Tasteindrücke, und zwar ebensowohl, soweit dieselbe in der Reizbarkeit der peripherischen Nervenapparate bedingt ist, — man denke an die enorm gesteigerte Schmerzempfindlichkeit entzündeter Theile —, als soweit sie von der Receptivität der centralen Empfindungsapparate und den veränderlichen Widerständen der Leitungsbahnen abhängt. Analoge Unterschiede zu Ungunsten der Schmerzempfindungen stellen sich in Betreff der zeitlichen Beziehungen beider Empfindungsarten zum Reiz heraus. Während die Tastempfindung in allen Breiten der Intensität mit gleicher Promptheit in einem für die unmittelbare Wahrnehmung verschwindenden Zeitintervall nach Beginn der Reizung eintritt, und ebenso die letztere nur um unmerkliche, in engsten Grenzen schwankende Zeittheilchen überdauert, liegt zwischen schmerzerregender Einwirkung und Beginn des Schmerzes oft ein über mehrere Sekunden ausgedehntes Intervall, und umfasst die Nachdauer des Schmerzes oft ausserordentlich lange Zeiträume. In Betreff des verspäteten Eintritts des Schmerzes verweisen wir auf die sorgfältigen Versuche E. H. WEBER's, nach denen beim Eintauchen des Fingers in heisses Wasser das Intervall zwischen dem Moment des Eintauchens und dem Beginn des Schmerzes, d. h. dem Uebergang der Wärmeempfin-

dung in Schmerz, um so grösser ausfiel, je niedriger die Temperatur des Wassers. So betrug das Intervall bei einer Wärme des Wassers von 70° R. $1\frac{1}{2}$ — $2''$, bei 55° $4''$, bei 48° $12''$, bei 44° sogar $28''$. Wir verweisen ferner auf die bereits oben (S. 299) angeführten That- sachen einer unter krankhaften, aber auch normalen Verhältnissen zu beobachtenden Schmerzverspätung und deren mögliche Erklärungs- momente. Für die lange Ueberdauer des Schmerzes sprechen zahl- reiche bekannte Facta der täglichen Erfahrung, z. B. die anhalten- den Verbrennungsschmerzen nach momentaner Berührung sehr heisser Körper. Diese lange Dauer beruht indessen in der Mehrzahl der Fälle doch auf einer fortdauernden peripherischen Reizung durch secundäre Veränderungen, welche der ursprüngliche Reiz in dem die Nervenenden umgebenden Hautgewebe hervorgerufen. Theilweise er- klärt sich dieselbe aber auch aus einem schon früher erwähnten ge- wissen Beharrungsvermögen der die Schmerzempfindung vermittelnden Centralapparate. Während demnach die Tastempfindungen auch über die zeitlichen Verhältnisse der äusseren Vorgänge, welche sie hervorrufen und auf welche sie unmittelbar bezogen werden, der Seele zuverlässige Belehrungen verschaffen und so ihrer Aufgabe als Sinnesempfindungen gerecht werden, können die subjectiven Gemeingefühle nicht einmal mittelbar der Seele zu richtigen Urtheilen über die zeitlichen Verhältnisse ihrer objectiven Ursachen verhelfen.

ZWEITES CAPITEL.

Der Drucksinn.

I. Drucksinn und Verschiedenheit des Apparates für Druck- und Temperatursinn.

Die Grundlage des Drucksinnes bildet eine spezifische Art von Empfindungen, welche wir nach der Art ihrer erregenden Ursachen als Druckempfindungen bezeichnen, ohne durch diese Bezeich- nung irgend etwas über das Wesen der Empfindungen auszusagen, ohne überhaupt dieses Wesen durch irgend ein der Empfindung selbst entlehntes Merkmal definiren zu können. Eine Druckempfindung ent- steht, sobald die oberflächlichen, die Nervenendigungen enthaltenden Theile der Haut in gewissem Grade comprimirt oder auch ex-

pandirt werden, sobald also entweder ein äusseres Object gegen einen Theil der ruhenden Tastfläche herabbewegt wird, oder eine bewegte Tastfläche auf ein äusseres Object trifft, wobei in beiden Fällen der Widerstand, welchen der ruhende Theil der Weiterbewegung des Bewegten nach erfolgter Berührung entgegengesetzt, die Ursache einer Compression der Haut wird, oder auch sobald von aussen her auf irgend einen Theil der Tastfläche ein Zug ausgeübt, mithin eine Dehnung derselben hervorgerufen wird. Die Grade der Compression und Expansion, welche die verschiedenen Grade der Druckempfindung erzeugen, liegen zu einem grossen Theil mindestens, unzweifelhaft unterhalb der Grenzwerte mechanischer Einwirkungen, welche eine Nervenfasern bei directer Application in ihrem Verlauf in Erregung zu versetzen vermögen. Sie erhalten dadurch die Bedeutung spezifischer Sinnesreize und es liegt uns vor allen Dingen ob, die Art und die Wirkungsweise der spezifischen Hülfsvorrichtungen an den Enden der dem Drucksinn dienenden Nervenfasern, welche ihre Umgestaltung zu Reizen vermitteln, festzustellen.

Diese Untersuchung führt uns nothwendig auf eine allgemeine bereits im Eingang des Artikels aufgeworfene Frage, welcher wir hier eine nähere Erörterung widmen müssen. Da bei jeder Berührung eines äusseren Objects, sobald dasselbe die Eigentemperatur der Haut ändert, von denselben Theilen der letzteren, deren Compression die Druckempfindung erzeugt, eine zweite Empfindungsart, eine Temperaturempfindung, welche in der Regel deutlich geschieden neben der Druckempfindung vor das Bewusstsein tritt, hervorgerufen wird, müssen wir zu entscheiden suchen, ob es dieselben oder verschiedene Sinnesapparate sind, welche die beiden Empfindungsarten vermitteln, und im Fall ersteres erweislich wäre, worauf die Verschiedenheit des Effectes je nach der mechanischen oder thermischen Ansprache des gemeinschaftlichen Apparats beruht.

Eine unbefangene subjective Beurtheilung ausgeprägter Druck- und Temperaturempfindungen würde für sich gewiss niemals Veranlassung gegeben haben, die Möglichkeit zu erwägen, ob sie nicht als Leistungsmodifikationen eines identischen Sinnesapparates zu erklären seien. Beide erscheinen gerade so different, so unvergleichbar, und demnach als verschiedene Empfindungsmodalitäten, wie Licht- und Schallempfindungen. Was immer und immer wieder jene Erwägung, herausgefordert und eine bejahende Beantwortung derselben sogar als wahrscheinlich hat erscheinen lassen, war in erster Reihe der durchaus negative Ausfall aller anatomischen Bestrebungen, einen Doppelapparat nachzuweisen und erst in zweiter Reihe gewisse, wie

wir sehen werden nicht ganz unzweideutige Ergebnisse subtilerer physiologischer Experimente über die Beziehungen beider Empfindungsarten zu einander. Da beide, gleichzeitig oder getrennt, von jedem beliebigen kleinsten Hauttheilchen aus hervorgerufen werden können, gehört, wie bereits ausgesprochen wurde, zur vollen Berechtigung der Scheidung in zwei Sinne der Nachweis, dass von jedem Hauttheilchen je zwei isolirt zum Hirn laufende Nervenfasern mit gesonderten Enden entspringen, von denen das eine eine spezifische Endvorrichtung für die thermische, das andere für die mechanische Reizung trägt. Dieser Nachweis ist allerdings bis heute durchaus nicht geführt, aber auch keineswegs ein sicherer Gegenbeweis erbracht.

Da die Erörterung anatomischer und histiologischer Details nicht im Plane dieses Handbuchs liegt oder nur soweit zulässig ist, als sie zum Verständniss oder zur Sicherstellung physiologischer Lehren unentbehrlich sind, müssen wir uns unter Hinweis auf die neuere histiologische Literatur auf wenige allgemeine Anmerkungen beschränken. Der von der Anatomie als sicher angenommene Gegensatz freier und mit Terminalapparaten verbundener Nervenenden in der Haut kann kaum eine andere Deutung als die oben ausgesprochene, dass erstere dem Gemeingefühl, letztere den Tastempfindungen dienen, erfahren. Die Annahme, dass die einen für die Perception der Drucke, die anderen (nach FR. MERKEL die freien Enden) für die der Temperaturreize bestimmt seien, ist durchaus nicht zu rechtfertigen, da wir für beide Reize nothwendig die Vermittelung von Hilfsvorrichtungen in gleicher Weise in Anspruch nehmen müssen. Die Terminalapparate selbst zeigen nun zwar trotz der mehr und mehr sich herausstellenden Einheitlichkeit gewisser Grundprincipien ihrer Structur gewisse, zum Theil recht auffallende Verschiedenheiten, aber keine, welche mit einiger Wahrscheinlichkeit zu Gunsten einer Scheidung in Druck- und Temperatursinnsapparate sich auslegen lassen, und noch für keinen der Apparate hat sich aus seiner Structur eine zweifelloose functionelle Beziehung zu einem oder dem anderen der beiden Sinnesreize ableiten lassen. Alle in letzterer Beziehung gemachten Versuche sind als verfehlt zu bezeichnen, z. B. der schon vom physikalischen Standpunkt aus äusserst bedenkliche Versuch KRAUSE's¹, aus der Structur der PACINI'schen Körperchen den Beweis zu führen, dass sie bestimmt seien, „äussere mechanische Einwirkungen in einen nach dem Inneren des Körperchens hin successiv wachsenden Druck umzusetzen“, demnach zum Drucksinn in Beziehung stehen. Selbstverständlich können alle diejenigen Differenzen der Terminalapparate für unsere Frage gar nicht in Betracht kommen, welche nur localer Art sind, da die gleichmässige Verbreitung beider Sinne über die ganze Haut einen entsprechend gleichmässigen Dualismus ihrer Werkzeuge an jedem Ort derselben erheischt. Es können daher weder Tastkörperchen noch PA-

1 W. KRAUSE, Ztschr. f. rat. Med. (3) XVII. S. 278.

PACINI'sche Körperchen etwa den Endkolben, oder einfachen Tastzellen gegenüber als die specifischen Apparate des einen oder des anderen Sinnes in Anspruch genommen werden. Gerade für diese auffallenden Differenzen rechtfertigen die neueren Untersuchungen mehr und mehr eine andere sehr einfache Deutung; die complicirteren Formen scheinen den einfachen gegenüber nur die Aufgabe von Multiplicatoren derselben Wirkung zu haben. So haben z. B. die Tastkörperchen ihre anscheinende Specificität verloren, seitdem sich besonders durch die Untersuchungen von FR. MERKEL u. a. herausgestellt hat, dass sie nichts als Aggregate über die ganze Haut verbreiteter Elementargebilde, der sogenannten Tastzellen sind, welche da an die Stelle der letzteren treten, wo eine feine Tastempfindlichkeit trotz ungünstiger Verhältnisse für die Zuleitung des Reizes (dicke Epidermis, oder hornige Beschaffenheit ihrer Elemente) hergestellt werden soll. Die einen sind mehrfache, über einander geschichtete, die anderen isolirte Zellen gleicher Art, welche zu den Nervenenden in die gleiche anatomische Beziehung treten, sei es nun, dass letztere in das Protoplasma der Zellen übergehen (MERKEL, FREY) oder sich zu Endplatten ausbreiten, welchen die Zellen nur anliegen (A. KEY und RETZIUS, RANVIER).¹ Ob diese Zellen dem Druck- oder Temperatursinn dienen, lässt sich aus ihrer Structur nicht entziffern, obwohl ihr Vorkommen z. B. in der Wachshaut des Entenschnabels entschieden der ersteren Function das Wort spricht. Vielleicht sind auch die von TH. EIMER² in der Haut der Maulwurfsschnauze beschriebenen Tastkegel solche Complexe zahlreicher Tastzellen; vielleicht endigen auch die Nervenfasern, welche nach SCHÖBL³ die von ihm in der Flughaut der Fledermäuse beschriebenen Terminalkörperchen umspinnen, in den Zellen, die deren Kern zusammensetzen, wie anderwärts in den Tastzellen. Wahrscheinlich sind es auch gewissermaassen nur quantitative durch locale Verhältnisse bedingte Differenzen, welche die PACINI'schen Körperchen und die einfachen Endkolben unterscheiden.

Wenn demnach die Histologie vorläufig der Annahme eines doppelten Sinnesapparates in der Haut nicht den mindesten Vorschub leistet, so begründen ihre negativen Ergebnisse doch auch keine sichere Widerlegung derselben. Es sind möglicherweise sehr geringfügige nicht in die Augen fallende Differenzen der Vorrichtungen, welche ein Nervenende einerseits für die den Druck fortpflanzenden Bewegungen der Hauttheilchen, andererseits für die Wärmebewegungen in der Haut empfänglich machen, Differenzen, welche sich ebenso noch der Beobachtung entziehen, wie die mit absoluter Sicherheit zu postulirenden Differenzen der centralen Ganglienzellen, welche die einen zu Entladungsapparaten der Willenskraft, die anderen zu Empfindungsapparaten, die einen zu Licht-, die anderen zu Tonempfindungsapparaten machen. Finden wir doch auch in

1 Vergl. FR. MERKEL, Arch. f. microscop. Anat. XI. S. 636. 1875, ebendas. XV. S. 415. 1878; FREY, Handb. d. Histol. u. Histochem. 5. Aufl. Leipzig 1878; ASPER, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1876. S. 145; A. KEY u. RETZIUS, Stud. in d. Anat. d. Nervensyst. 2. Hälfte. Stockholm 1876; RANVIER, Compt. rend. 1877. 26. Nov., Centralbl. f. d. med. Wiss. 1878. S. 353.

2 TH. EIMER, Arch. f. microscop. Anat. VII. S. 181. 1871.

3 J. SCHÖBL, ebendas. S. 1.

anderen Sinnessphären trotz anscheinend grosser Verschiedenheit der betreffenden Sinnesreize eine so weitgehende Uebereinstimmung der wesentlichen Verhältnisse der peripherischen Nervenendigung, dass wir die Histiologie vergeblich nach den Momenten fragen, welche den einen Endapparat für Schallbewegungen, den anderen für Riech- oder Geschmacksreize prädestiniren. Es ist ebensogut denkbar, dass wir später einmal zwei Arten von Tastzellen, eine für Druck- und eine für Wärmereize eingerichtet, unterscheiden lernen, als dass das Mikroskop einmal an einem Theil der bisher für frei gehaltenen Nervenenden spezifische Wärmeperceptionseinrichtungen entdeckt.

Von physiologischer Seite hat zuerst E. H. WEBER für die Gemeinschaftlichkeit des Druck- und Temperatursinnesapparates gewisse von ihm beobachtete Interferenzerscheinungen beider Empfangungsapparate geltend gemacht. Er beobachtete, dass kalte auf der Haut ruhende Körper uns schwerer, warme leichter, als sie sollten, erscheinen, dass demnach „die Empfindung der Kälte sich mit der Empfindung des Drucks zu summiren schein, während die der Wärme sich nicht summire, vielleicht sogar wie ein negativer Druck wirke und also die gleichzeitige Empfindung des Drucks vermindere.“ Unbefangene Personen, denen man bei unterstütztem Kopf (zur Ausschliessung des Muskelsinnes) abwechselnd einen auf -4 bis 7° C. abgekühlten oder zwei übereinandergeschichtete auf $+37$ bis 38° C. erwärmte Thaler auf die Stirnhaut legt, halten in der Regel beide Gewichte für gleich schwer, oder sogar den einen kalten Thaler für schwerer als die zwei warmen. Später hat SZABADFÖLDI¹ eine Umkehr dieser Interferenz bei relativ hohen Temperaturen aus der Beobachtung erschlossen, dass eine kleine auf 50° C. und darüber erwärmte Holzscheibe für schwerer taxirt werde, als eine grössere nicht erwärmte Scheibe beim Auflegen auf dieselbe Hautstelle. Es fragt sich: sind diese Thatsachen wirklich beweisend für die Identität des Druck- und Temperatursinnesapparats? Meines Erachtens durchaus nicht; ihre Auslegung in diesem Sinne stösst vielmehr auf sehr gewichtige Bedenken. Man müsste sich vorstellen, dass bei gleichzeitiger Einwirkung von Temperatur- und Druckreizen auf den einheitlichen Nervenapparat gewissermaassen eine Mischerregung in den leitenden Nervenfasern hervorgerufen würde, welche im Hirn irgendwie in zwei Componenten, die eine Druck- und eine Temperaturempfindung vermittelten, zerlegt würde, und dass bei vereinter Einwirkung eines bestimmten Druckes mit sehr niedrigen oder sehr hohen Temperaturen diese resultirende Erregung der Art wäre, dass die eine Componente, die

¹ SZABADFÖLDI, Molesch. Unters. IX. S. 631. 1865.

Druckempfindung zu hoch, höher als bei mittleren Temperaturreizen, ausfiel. Diese Erhöhung der einen Componente würde aber nicht auf Kosten der anderen erfolgen, da im WEBER'schen Versuch nicht etwa die Kälteempfindung um so viel zu gering ausfällt, als die Druckempfindung wächst. Welche plausible Vorstellung könnte man sich von dem Hergang dieser verwickelten Superposition der Erregungen oder noch mehr von ihrer Zerlegung durch die Empfindungsapparate machen? Auf welche Thatsache oder welche Analogie könnte man sich stützen? Man kann sich wohl denken, und Analogien dafür aufführen, dass bei gleichzeitiger Einwirkung zweier Reize auf eine Nervenfasern eine Summirung der Wirkung eintritt, aber schwerlich erklären, warum eine solche Verstärkung der Erregung nur dem einen der beiden Effecte, in welche dieselbe angeblich aufgelöst wird, zu Gute käme. Um zu zeigen, wie wenig glaubhaft überhaupt die Umsetzung einer einheitlichen Nervenerregung in eine im Bewusstsein deutlich geschiedene Doppelpfindung, erinnern wir nur daran, dass wir in anderen Sinnessphären sogar die zusammengesetzten Empfindungen, welche bei gesonderter Auslösung ihrer Componenten durch gesonderte Nervenleitungen entstehen, schwer oder nicht in ihre Componenten zu scheiden vermögen, dass wir sehr schwer und unvollkommen eine Klangempfindung in die Partialtöne zu sondern lernen, dass wir bei gleichzeitiger Reizung der Netzhaut durch verschiedene Lichtwellenarten trotz der Sonderung ihrer Einwirkungen durch die differenten YOUNG'schen Fasern oder HERING'schen Sehsubstanzen eine Mischempfindung erhalten, die wir nicht in die Einzelfarben aufzulösen im Stande sind. Meines Erachtens lassen sich die in Rede stehenden Interferenzerscheinungen weit einfacher mit der Annahme eines getrennten Apparats für beide Sinne vereinbaren. Entweder kann man an eine Täuschung des Urtheils, an eine irrige Taxirung der Empfindungsgrößen bei der Beschäftigung der Aufmerksamkeit durch zwei gleichzeitige Empfindungen denken. Oder es ist möglich, dass jene Temperaturgrade, bei welchen die Erscheinung auftritt, erhöhend auf die Perceptionsfähigkeit der Drucksinnesapparate in der Haut wirken, und somit einen Zuwachs in der erregenden Wirkung eines bestimmten Druckgrades erzielen. Eine sichere Entscheidung lässt sich vorläufig nicht gewinnen.

Nicht viel besser steht es meines Erachtens mit der Sicherheit der von WUNDERLI¹ versuchten Beweisführung für die Identität des

1 WUNDERLI, *Experim. Beitr. z. Phys. d. Tastsinnes*. Dissert. Zürich 1860 und Molesch. *Unters.* VII. S. 393. 1860.

Druck- und Temperatursinnesapparates. WUNDERLI hat experimentell dargethan, dass unter gewissen Verhältnissen die durch schwache Druck- oder Temperatureinwirkungen erzeugten Empfindungen nicht mit Sicherheit unterschieden, ja geradezu verwechselt werden können. Er schliesst daraus, dass beide Empfindungen überhaupt nicht specifisch von einander verschieden seien, folglich durch den nämlichen Nervenapparat vermittelt werden, und dass ihre Differenzirung, wo sie eintrete, nicht auf wesentlichen Differenzen ihrer Qualität, sondern auf nebensächlichen Momenten, welche er hypothetisch näher zu bezeichnen sucht; beruhe.

Die Thatsachen sind folgende: WUNDERLI bedeckte bei unbefangenen Personen, denen die Augen verbunden waren, in verschiedenen Regionen des Körpers die Haut mit einem Papierblättchen, in welchem sich eine kleine quadratische Oeffnung befand. Die durch diese Oeffnung freigelassene Hautpartie wurde in beliebiger Abwechslung durch leise Berührung mit Baumwolle oder durch Annäherung eines erwärmten Metallstäbchens gereizt; bei jeder Reizung mussten die Personen angeben, ob sie eine Berührungs- oder Wärmeempfindung wahrnahmen. Es stellte sich heraus, dass, wenn die Versuche an der Haut der Handvola oder des Gesichts angestellt wurden, niemals eine Täuschung über die Art der Reizung vorkam, dass dagegen bereits bei Versuchen am Handrücken zuweilen, bei Versuchen an der Rückenhaul sehr häufig Verwechselungen eintraten.

Ich kann in diesen Thatsachen eine Berechtigung zu dem von WUNDERLI gezogenen Schluss nicht finden. Sie beweisen meines Erachtens nur, dass es für Druckempfindung sowohl als für Temperaturempfindung einen unteren Grenzwert der Intensität, eine Schwelle, giebt, unterhalb welcher eine deutliche Ausprägung der Modalität im Bewusstsein wegfällt. Da nun auch diese undeutlichen Empfindungen das zu ihrer Localisirung führende Gepräge erhalten, diese „Localzeichen“ (s. unten) aber erfahrungsgemäss ausnahmslos in Begleitung der einen oder der anderen der beiden Empfindungsarten auftreten, ist die Möglichkeit einer Verwechslung begreiflich. Dass letztere leicht an der Rückenhaul wie an der Handvola eintritt, erklärt sich aus dem grösseren Reichthum der letzteren an Nervenenden. Da, wie wir zeigen werden, mit der Zahl der von einem bestimmten Reiz erregten Nervenfasern durch Summirung die Intensität der Empfindung wächst, erreicht letztere an der Handvola bereits bei Reizung sehr kleiner Hautpartien den zur Ueberschreitung der bezeichneten Schwelle erforderlichen Werth. Aehnliche Verwechselungen kommen vielleicht noch anderweitig vor. Es ist mir z. B. nach einigen Beobachtungen nicht unwahrscheinlich, dass auch die durch Einwirkung sehr schwacher Geschmacksreize auf die Zunge erweckten

Empfindungen fälschlich für Tastempfindungen oder Gemeingefühle gehalten werden können. Gewiss würde Niemand daraus folgern wollen, dass Geschmacks- und Tastsinn auf der Zunge einen gemeinschaftlichen Apparat hätten. Ebenso bedenklich, wie die eben kritisirte Schlussfolgerung erscheint mir WUNDERLI's Hypothese über die Art der Momente, welche bei stärkeren Reizen zur Differenzirung der im Wesen gleichen Druck- und Temperaturempfindungen führen. Es sollen dieselben in quantitativen Verschiedenheiten der Vertheilung der einerseits durch Druck, anderseits durch Wärme oder Kälte in einer Hautpartie hervorgerufenen Erregung auf die in ihr endigenden einzelnen Nervenfasern bestehen. Jede mechanische wie jede thermische Einwirkung auf die Haut erzeuge stets gleichzeitig eine Mehrzahl sensibler Fasern, jede Druck- und Temperaturempfindung bestehe demnach aus einer verschieden grossen Summe gleichartiger discreter Einzelempfindungen, welche vermöge des Raumsinnes von der Seele unterschieden werden können. Die Art der Zusammensetzung dieser Summen soll nun in Betreff der Grössen ihrer Elemente in der Art charakteristische Abweichungen bieten, als bei Wärmereizung im Innern des Reizbezirkes eine gleichmässige Erregung aller Nervenenden an den Rändern desselben eine allmähliche Abstufung der Erregungsstärke stattfindet, bei Druckreizung dagegen diese Abstufung am Rande fehle, im Innern aber in Folge der Unebenheit der Haut stark erregte oberflächliche mit schwacherregten oder unerregten tiefergelegenen Nervenenden abwechseln. Die erste Art der Mischung soll der Empfindungssumme das charakteristische Gepräge der Temperaturempfindung, die zweite dasjenige der Druckempfindung ertheilen! Je geringer die Anzahl der gleichzeitig getroffenen Nervenfasern, desto schwächer falle die Charakteristik aus, daher die häufigen Verwechslungen an der Rückenhaut, welche nach WUNDERLI noch dadurch begünstigt werden sollen, dass die scharfe Begrenzung des Reizbezirks durch den Papierrand die Verschiedenheiten der räumlichen Ausbreitung des Reizes am Rande desselben aufgehoben werden. Diese Erklärung ist durchaus unbefriedigend und mit den Thatsachen nicht vereinbar. Selbst wenn die angegebenen Differenzen der Vertheilung der Erregungsstärke richtig sind, ist nicht einzusehen, wie dieselben zu einer Aenderung der Qualität der Empfindung führen, wie sie etwas Anderes bewirken sollen, als eine entsprechend verschiedene Vertheilung der Empfindungsstärken in der Mosaik, zu welcher vermöge des Raumsinnes die Elemente der Summe in der Vorstellung nebeneinander gruppirt werden. Consequenter Weise müsste man voraussetzen, dass auch

die Qualität der Lichtempfindung sich ändere, je nachdem in einem von Licht bestrahlten Netzhautbezirk eine gleichmässig oder ungleichmässig vertheilte Stärke der Erregungen der einzelnen nebeneinander gebetteten Opticusenden vorhanden ist, was thatsächlich einfach zu widerlegen ist. Es ist ferner aus WUNDERLI'S Hypothese in keiner Weise zu erklären, wie es möglich ist, dass wenn ein kalter oder warmer Körper die Haut in einer gewissen Ausdehnung berührt, nebeneinander eine Druckempfindung, welche zu mehr weniger richtiger Vorstellung von seiner Schwere führt, und eine Temperaturempfindung, welche uns über seine Kälte oder Wärme belehrt, entstehen, wie also die betreffende Summe von Einzelempfindungen gleichzeitig beide charakteristische Gepräge erhalten soll.

Wir glauben uns auf Grund der vorstehenden Erörterungen zu dem Ausspruch berechtigt, dass nicht nur die Identität des Druck- und Temperatursinnesapparats nicht erwiesen ist, sondern im Gegentheil eine vollständige Sonderung der nervösen Werkzeuge für beide Sinne, von den Erregungsvorrichtungen in der Haut bis zu den centralen Empfindungsapparaten die grössere Wahrscheinlichkeit für sich hat.

Unsere nächste Aufgabe besteht in der Untersuchung der Bedingungen, unter welchen eine Druckempfindung entsteht und des vermittelnden Vorgangs in der Haut, welche den äusseren Reiz in eine Nervenregung umsetzt. Ein weiteres Eindringen in den physiologischen Process, dessen Anfangsglied die Auslösung der Erregung im peripherischen Nervenende, dessen nächstes Endglied die subjective Druckempfindung darstellt, stösst vorläufig noch auf unübersteigbare Hindernisse. Noch ist nicht einmal das Wesen des Leitungsvorganges in der Nervenfaser eruiert, noch ist absolut dunkel die Natur des „psychophysischen“ Vorgangs in der centralen Endstation und deren Verhältniss zu dem psychischen Effect.

II. Das Zustandekommen der Druckempfindung und das Wesen der Reizwirkung.

Damit bei der Berührung des Tastorganes durch ein äusseres Object eine Druckempfindung zu Stande komme, muss die Compression der Haut eine gewisse Minimalgrösse überschreiten. Wir können diesen Grenzwert, die intensive Schwelle des Reizes (FECHNER), bestimmen, indem wir feststellen, bis zu welcher Grösse wir einen auf eine Hautstelle ausgeübten, durch die Schwere eines aufgelegten Gewichts gemessenen Druck von Null aus anwachsen lassen

müssen, damit eben ein deutliches Berührungsgefühl eintritt. Die bisher allgemein gültige Annahme, dass es auch einen oberen Grenzwert des Reizes gäbe, bei dessen Ueberschreitung derselbe aufhöre Druckempfindung zu erzeugen, statt deren eine Schmerzempfindung hervorrufe, dürfte nach unserer in der Einleitung begründeten Anschauung dahin umzuformen sein, dass bei dem Anwachsen des Drucks über einen gewissen Maximalwert neben der fortbestehenden Druckempfindung eine neue durch Erregung besonderer Nervenfasern vermittelte Empfindung, der Schmerz, entsteht, welche erstere im Bewusstsein übertäubt.

Den unteren Schwellenwert hat zuerst KAMMLER¹ durch eine grosse Reihe an sich und Anderen angestellter sorgfältiger Versuche für die verschiedenen Theile des Tastorgans bestimmt. Diese Versuche haben im Allgemeinen ergeben, dass die Empfindlichkeit der Haut für minimale Druckgrössen an verschiedenen Stellen sehr beträchtliche Verschiedenheiten zeigt, diese Empfindlichkeitsscala aber auch bei verschiedenen Personen nicht ganz gleich ist. Das leichteste Gewicht, welches eine Tastempfindung erzeugt, betrug 0,002 Grm., dieselbe wurde von KAMMLER wahrgenommen an der Stirn, den Schläfen, der Dorsalseite der Vorderarme und Hände. Für die Volarseite der Vorderarme lag die Reizschwelle bei 0,003 Grm., für Nase, Lippen, Kinn, Augenlider, Bauchhaut bei 0,005 Grm., für die Volarseite der Finger sogar bei 0,005—0,015 Grm. Auf die Nägel der Finger und die Fersenhaut musste 1 Grm. aufgelegt werden, um ein Berührungsgefühl zu erwecken. Eine Vergleichung dieser Zahlen mit den unten für die Schärfe des Raumsinnes an verschiedenen Hautstellen aufzuführenden Maassen ergibt, dass letztere mit der Empfindlichkeit durchaus nicht parallel läuft, dass z. B. die Finger die Stirnhaut und weit mehr noch die Bauchhaut an Feinheit des Raumsinnes übertreffen, an Empfindlichkeit aber den genannten Theilen mehr weniger nachstehen. Es müssen daher die Momente, von denen die Grösse beider Eigenthümlichkeiten des Tastorgans abhängt, verschieden sein. Einige der Umstände, welche den Grad der Empfindlichkeit bestimmen, lassen sich a priori bezeichnen und mit den Thatsachen vereinbaren. Die Empfindlichkeit wird um so grösser sein, je zahlreicher in einer Hautstelle von bestimmtem Umfang die Nervenenden, da mit der Zahl der gleichzeitig erregten Fasern die Empfindungsintensität durch Summirung wächst (s. unten), je dünner die Epidermis, je geringer also die Schwächung des Reizes

¹ O. KAMMLER, *Exper. d. var. cutis region. minim. pondere sentiendi virtute*. Diss. Vratislav. 1858; AUBERT u. KAMMLER, *Molesch. Unters.* V. S. 145. 1859.

durch die Leitung, ferner je gespannter die Haut, je dichter unter ihr sich knöcherne Unterlagen befinden u. s. f.

Das Versuchsverfahren von KAMMLER bestand darin, dass er sehr leichte Gewichte (aus Papier, Hollundermark) von gleich grosser Oberfläche fertigte, und dieselben für sich oder noch durch aufgelegte Gewichte beschwert in allen Versuchen gleich langsam auf die zu prüfende Hautstelle herabliess.

Nach einem anderen Princip hat GOLTZ¹ die Empfindlichkeit verschiedener Hautstellen experimentell geprüft, und die gefundenen Werthe, welche von den KAMMLER'schen Resultaten wesentlich abweichen, als Maasse für die „Feinheit des Drucksinns“ aufgestellt. GOLTZ wurde zu seiner Untersuchung durch die Thatsache veranlasst, dass wir den Puls unserer Radial- oder Temporalarterien, welchen der tastende Finger deutlich wahrnimmt, nicht mit der über der Arterie selbst gelegenen Arm- oder Stirnhaut fühlen. Die Vermuthung, dass dieser Unterschied sich daraus erkläre, dass in ersterem Fall die Druckwirkung von aussen her durch die Epidermis, im zweiten Fall von innen her den Nervenenden zugeleitet werde, weist GOLTZ zurück, und sucht die Begründung desselben in verschiedenen Graden der Empfindlichkeit der Fingerhaut gegenüber der Arm- und Stirnhaut, weil er sich überzeugete, dass die Armhaut auch von aussen her auf sie wirkende Pulsschläge nicht wahrnimmt. Er kam daher auf den Gedanken, einen Maassstab für die Empfindlichkeit der verschiedenen Hautstellen dadurch zu gewinnen, dass er denselben einem mit Wasser prall gefüllten Kautschuckschlauch (in gleicher Ausdehnung) anlegte und die Stärke der in ihm durch Compression erzeugten Spannungswellen bestimmte, welche zur Wahrnehmung des künstlichen Pulses an jeder Hautstelle erforderlich war. Es ergaben sich dabei, im Gegensatz zu KAMMLER's Beobachtungen, für die verschiedenen Hautregionen ganz entsprechende Differenzen, wie sie dieselben in Betreff der Schärfe des Raumsinnes zeigen, mit der einzigen Ausnahme, dass die Druckempfindlichkeit der Zungenspitze geringer als die der Fingerspitzen erschien, während der Rannsinns der ersteren den der letzteren an Schärfe übertrifft. Ich glaube nicht, dass es statthaft ist, wie es gewöhnlich geschieht, die Beobachtungen von GOLTZ direct mit denen von KAMMLER in Vergleich zu bringen und die Ergebnisse beider als widersprechende Antworten auf eine gleichlautende Frage aufzufassen. Während KAMMLER nach unanfechtbarer Methode die intensive Reizschwelle bestimmt, misst GOLTZ die Empfindlichkeit verschiedener Hautstellen für Druckschwankungen, für die minimale Grösse des Zuwachses, welche der von dem aufgelegten Schlauch auf die Haut ausgeübte Druck durch die Pulselle erfahren muss, um einen merklichen Empfindungszuwachs zu erzielen, demnach die Welle wahrnehmbar zu machen. Die von GOLTZ beantwortete Frage ist daher nicht die nach der absoluten Empfindlichkeit, sondern die nach der Unterschiedsempfindlichkeit, mit anderen Worten, wie GOLTZ selbst sich ausdrückt, nach der Feinheit des Drucksinns in der Bedeutung, wie sie E. H. WEBER auffasst und wie wir sie unten näher

1 F. GOLTZ, Centralbl. f. d. med. Wiss. S. 273. 1863.

prüfen werden. GOLTZ selbst hat daher seine Versuche mit Recht zu den von E. H. WEBER über die Feinheit des Drucksinns angestellten nicht zu den KAMMLER'schen in Parallele gesetzt. Eine andere, hier nicht zu discutirende Frage ist, ob, in diesem Sinne angewendet, die Methode von GOLTZ frei von Bedenken ist.

Obwohl sich zur Zeit eine fest begründete physiologische Erklärung der Thatsache der Reizschwelle nicht geben lässt, so liegen doch verschiedene vollberechtigte Erklärungsmöglichkeiten vor und ist FECHNER's¹ Behauptung von der Unhaltbarkeit einer physiologischen Deutung der Reizschwelle entschieden zurückzuweisen. Es ist sehr wohl denkbar, dass der äussere Reiz eine bestimmte Minimalgrösse erreichen muss, um den inneren Sinnesreiz auszulösen, oder dass letzterer bis zu einem bestimmten Werth anwachsen muss, um die Nerven zu erregen, oder dass die Erregungswelle eine bestimmte Höhe besitzen muss, um gewisse in den centralen Endapparaten, den Ganglienzellen gegebene Widerstände zu überwinden, welche ihrer Umsetzung in den der Empfindung zu Grunde liegenden physischen Process entgegenstehen. Man könnte auch an eine Verzehrung lebendiger Kräfte der Erregung auf dem Leitungswege denken, wenn dem nicht die gegentheilige PFLÜGER'sche Hypothese vom lawinenartigen Anschwellen der Erregung entgegenstände, eine Hypothese, die zwar wiederholt angegriffen, aber meines Erachtens auch durch die neueren Einwendungen FLEISCHL's nicht entscheidend widerlegt ist. Gar keinen zwingenden Grund kann ich in FECHNER's Argumentation für die „psychophysische“ Erklärung der Schwelle erblicken, welche aussagt, dass zwar jeder über dem Nullpunkt liegende Reiz die zwischen ihm und der Empfindung liegenden Glieder des physiologischen Vorganges in einer seiner Grösse proportionalen Stärke hervorrufe, diese physischen Vorgänge aber erst bei einer bestimmten Intensität den psychischen Process in seiner niedrigsten Grösse zu erwecken vermögen. Andererseits kann ich auch AUBERT, PREYER² u. A. nicht beipflichten, welche insofern die Thatsache der Reizschwelle überhaupt anzweifeln, als sie auch bei Abwesenheit aller äusseren Reize eine continuirliche Erregung aller Sinnesapparate durch innere Reize, also auch eine continuirliche Kette dadurch erzeugter schwacher Empfindungen annehmen, so dass die durch den schwächsten wahrnehmbaren äusseren Reiz erzeugte Empfindung

¹ TH. FECHNER, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1864. S. 1; Elemente d. Psychophysik. Th. II. S. 431. Leipzig 1860.

² AUBERT, Physiol. der Netzhaut. S. 42. Breslau 1865. PREYER, Physiol. Abh. 1. Hft. S. 65. Vgl. G. E. MÜLLER, Z. Grundlegung d. Psychophysik. S. 236. Berlin 1878.

eigentlich nur eine merkliche Verstärkung der schon vorhandenen (subjectiven) Empfindung sei, die sogenannte Reizschwelle also nur eine Unterschiedschwelle (s. unten) darstelle. Ich kann mich bei der aufmerksamsten Prüfung nicht von dem beständigen Vorhandensein von Druckempfindung ohne objective Ursache von allen Stellen meines Tastorganes aus überzeugen.

Zur Aufstellung einer zweiten wesentlichen Bedingung für das Zustandekommen einer Druckempfindung ist MEISSNER¹ durch die nähere Verfolgung einer auffallenden Thatsache gelangt. Die leicht zu constatirende Thatsache ist die, dass wenn wir unsere Hand in eine Flüssigkeit, Wasser oder Quecksilber von der Temperatur der Hand eintauchen, an keinem Theil der untergetauchten Tastfläche eine Tastempfindung entsteht, obwohl der Druck der auf ihr lastenden Flüssigkeitssäule mehr weniger hoch über der Reizschwelle liegt, sondern nur an der Grenzlinie zwischen der eingetauchten und der freien Hautpartie, und zwar auch da nur an der Volarseite der Hand deutlich, eine Druckempfindung auftritt. Wir fühlen die Berührung der Flüssigkeit nur an diesem Berührungsrand nicht mit den eingetauchten Theilen. Da andererseits feststeht, dass beim Anlegen der Haut an die Oberfläche eines festen Körpers in der ganzen Ausdehnung der berührenden Tastfläche Druckempfindungen entstehen, muss ein wesentlicher Unterschied vorhanden sein einmal zwischen der Einwirkung fester und flüssiger Körper auf die Haut, zweitens zwischen der Einwirkung von Flüssigkeiten auf die untergetauchte Fläche und auf die bezeichnete Grenzlinie. Die Aufsuchung dieser Unterschiede führt uns nothwendig auf die Grundfrage nach dem Wesen der Reizwirkung, nach den Zuständen oder Vorgängen in der gedrückten Haut, welche die Erregung der sensiblen Nervenenden bewirken. Offenbar muss, sobald ein gewisser Druck von aussen her auf eine Hautpartie ausgeübt wird, derselbe die einzelnen Hauttheilchen einander zu nähern suchen und somit eine Vermehrung des Drucks, welchen sie wechselseitig auf einander ausüben, bedingen. Diese Spannungszunahme wird von dem Grade des äusseren Drucks abhängen und so lange fortbestehen, als letzterer einwirkt. Es fragt sich, ob dieser stetige neue Gleichgewichtszustand der Hauttheilchen als die unmittelbare Ursache einer anhaltenden Nervenirregung mithin einer anhaltenden Druckempfindung aufgefasst werden kann. Diese Auffassung wird ausgeschlossen durch das oberste Gesetz der allgemeinen Nervenphysiologie, nach welchem eine Ner-

1 G. MEISSNER, Ztschr. f. rat. Med. (3) VII. S. 92.

venerregung niemals durch einen statischen Zustand, sondern nur durch plötzliche, mit einer gewissen Geschwindigkeit ablaufende Veränderungen irgend welches Gleichgewichtszustandes im Nerven ausgelöst werden kann, eine scheinbar stetige anhaltende Erregung, ein Tetanus, daher nur durch einen intermittirenden Vorgang, eine Reihe rasch sich folgender einzelner Gleichgewichtsschwankungen zu Stande kommt. Mit diesem Gesetz sehen wir auch die Reizverhältnisse in anderen Sinnesgebieten, soweit sie eruiert oder plausible Hypothesen zugänglich sind, in evidentem Einklang. Entweder besteht der äussere Sinnesreiz selbst unzweifelhaft in einer periodischen Bewegung und es lässt sich erweisen, dass er als solcher an die Nervenenden herantritt, oder es liegen gewichtige Gründe für die Annahme vor, dass im Sinnesorgane der äussere Reiz in einen aus Bewegungen bestehenden inneren Sinnesreiz umgesetzt werde. Am klarsten stellt sich dieses Verhalten im Gebiete des Gehörssinnes heraus, wo nicht allein der äussere Reiz eine periodische Bewegung ist, sondern auch die seine Einwirkung auf die Nervenenden vermittelnden Vorrichtungen in Schnecke und Vorhof unzweideutig sich als mechanische Tetanisirapparate ausweisen. Für den Opticus bilden zwar die Schwingungen des Lichtäthers nicht den directen Reiz; allein es befestigt sich mehr und mehr die Vermuthung, dass es chemische Molecularbewegungen sind, durch deren Vermittlung sie erregend wirken. Ebenso sind es höchstwahrscheinlich durch riechbare und schmeckbare Substanzen hervorgerufene chemische Bewegungen, welche die Erregung der Geruchs- und Geschmacksnervenfasern auslösen; für ersteren Nerven wird diese Annahme durch die interessanten Beobachtungen WOLFF's¹ über das Verhalten des Secrets der Drüsen der Riechschleimhaut gegen Riechgase fast zur Gewissheit bestätigt. Endlich erinnern wir daran, dass auch der äussere Reiz für den Temperatursinn, die Wärme eine Bewegung ist, und dass es Aenderungen der Intensität der Wärmevibrationen der Hauttheilchen sind, welche Wärme- und Kälteempfindungen erzeugen. Nach alledem dürfen wir mit Sicherheit voraussetzen, dass auch für die Drucksinnsnerven durch die Compression der Haut geweckte Bewegungen irgend welcher Art den unmittelbaren inneren Sinnesreiz bilden. Diese Vorstellung hat zuerst LOTZE² zu begründen, und zugleich Art und Entstehung der hypothetischen Reizbewegungen näher zu definiren versucht. MEISSNER hat LOTZE's Anschauungen vollständig adoptirt und weiter

1 O. J. B. WOLFF, Die Mechanik d. Riechens. Samml. gemeinverst. wissensch. Vortr. Herausgeg. von VIRCHOW u. HOLTZENDORFF. XIII. Ser. Hft. 289. Berlin 1878.

2 LOTZE, Medic. Psychologie. S. 198. Leipzig 1852.

ausgeführt. Die nächste Folge einer Druckeinwirkung auf die Haut besteht zweifelsohne in einer successiven Verschiebung der dem Druck ausweichenden Hauttheilchen. Kämen dieselben in der neuen Lage, in welche sie durch die Verschiebung gerathen, sofort wieder zur Ruhe, so könnte diese einmalige Bewegung, wenn sie das Nervenende erreicht, nur eine einfache momentan ablaufende Reizwelle also auch nur eine mit dem Beginn der Berührung zusammenfallende momentane Empfindung hervorrufen, vorausgesetzt, dass das Nervenende in irgend welcher Weise durch seinen specifischen Endapparat für diese schwache mechanische Einwirkung empfänglich gemacht ist. Um daher die mehr weniger lange Fortdauer der Druckempfindung erklären zu können, nehmen LOTZE und MEISSNER an, dass die Hauttheilchen unter der Einwirkung äusseren Drucks nicht sofort zur Ruhe kommen, sondern in anhaltende Bewegung, in regelmässige Oscillationen um eine Gleichgewichtslage gerathen und dass diese Oscillationen den inneren Sinnesreiz bilden, die Enden der Drucksinnesnerven tetanisiren. Gegen diese Hypothese erheben sich eine Anzahl schwer wiegender Bedenken, abgesehen davon, dass sie keine Erklärung dafür giebt, wie diese schwachen, weit unter der Schwelle eines directen mechanischen Reizes liegenden Bewegungen wirksam gemacht werden. Man wendet vor Allem dagegen ein, dass die Haut in ihrer festweichen Beschaffenheit, ihrer Zusammensetzung aus den verschiedensten Gewebeelementen von vornherein ausserordentlich ungeeignet zu regelmässigen Vibrationen erscheint, und dass, wenn solche in ihr durch einen einmaligen Impuls, wie die im Beginn der Berührung eintretende Verschiebung, zu Stande kommen, sie jedenfalls so rasch an lebendiger Kraft abnehmen und ausklingen müssen, dass an eine zeitliche Deckung derselben mit der factischen Dauer der Berührungsempfindung nicht zu denken ist. Allerdings hat MEISSNER diesem Einwand zu begegnen gesucht, indem er die Vermuthung ausspricht, dass, wo wirklich eine längere Dauer der Empfindung stattfindet, eine entsprechend lange Unterhaltung der Oscillationen durch wiederholte kleine Verschiebungen der Haut gegen das drückende Object, ja schon durch die regelmässig wiederkehrenden, von den Pulswellen in den Hautarterien herrührenden Veränderungen des Compressionszustandes bewirkt werde. Wo solche Erneuerungsbedingungen der Oscillationen fehlen, vergehe auch die Empfindung mehr weniger rasch nach dem Beginn der Berührung trotz beliebig langer Fortdauer der letzteren. Allein auch diese Vertheidigung ist sehr bedenklich. Es ist nicht zu begreifen, dass so geringfügige Aenderungen des Compressionszustandes, wie sie durch die Pulswel-

len herbeigeführt werden können, die fraglichen Oscillationen in derselben Intensität, wie sie die Verschiebung im Beginn der Compression erzeugt, gleichförmig unterhalten sollen. Sicher liegen diese Aenderungen für den bei weitem grössten Theil der Haut weit unter der Reizschwelle, und selbst an solchen Stellen, wo sie durch die Nähe einer grösseren Arterie unter der berührten Hautregion einen höheren Werth erreichen, könnten sie doch nur periodische Verstärkungen der Oscillationen, demnach entsprechende Intensitätsschwankungen der Druckempfindung erzeugen. Legen wir z. B. auf eine Seite der Stirn, unter welcher kein grösserer Arterienast pulsirt, bei unterstütztem Kopf ein Gewicht, so besteht die Druckempfindung, wie man sich leicht überzeugen kann so lange gleichförmig fort, dass meines Erachtens an eine entsprechend lange Fortdauer der durch die erste Verschiebung erzeugten Oscillationen ebensowenig zu denken ist, als an eine stetige Erneuerung derselben durch unmerkliche Pulsbewegungen. Ferner sollte man nach der in Rede stehenden Theorie mit Sicherheit erwarten, dass am Ende einer Berührung bei der Wegnahme eines drückenden Gewichts die Rückkehr der Hauttheilchen zu ihrer ursprünglichen Gleichgewichtslage mit ebenso anhaltenden Vibrationen also einer langen Nachdauer der Empfindung einherginge, was durchaus nicht der Fall ist. Selbstverständlich kann nicht etwa in diesem Sinne die lange Nachdauer der Berührungsvorstellung, welche entsteht, wenn man z. B. durch vorübergehendes Aufdrücken eines Geldstückes auf die Stirnhaut einen bleibenden langsam sich ausgleichenden Eindruck erzeugt hat, gedeutet werden, da hierbei wirklich ein Compressionszustand der Haut fortbesteht.

Wenn demnach die LOTZE-MEISSNER'sche Oscillationshypothese in der dargestellten Form schwerlich haltbar ist, so wird doch dadurch die Sicherheit der Voraussetzung, dass Bewegungen den inneren Sinnesreiz darstellen, nicht alterirt. Wir müssen an der Vorstellung festhalten, dass die Compression der Haut, oder richtiger der Endapparate der Drucksinnesnerven (der Tastzellen?) in irgend welcher Weise und irgend welcher Form Bewegungen auslöst, welche den Nerven erregen, dass diese Bewegungen an Ausgiebigkeit mit dem Grad der Compression wachsen, und dass ihre zeitliche Dauer der Compressionsdauer entspricht, sofern erstere nicht durch irgend welche Erschöpfungsbedingungen verkürzt wird.

Kehren wir jetzt zum Ausgangspunkt unserer Betrachtungen, der Frage nach den Unterschieden der Einwirkung fester und flüssiger Körper auf das Tastorgan und der daraus abzuleitenden wesentlichen Bedingung für die Entstehung von Druckempfindungen zurück, so

müssen wir bei der Beurtheilung der auf dieselbe von MEISSNER gegebenen Antwort, soweit dieselbe auf der Oscillationshypothese ruht, den gegen dieselbe vorgebrachten Bedenken Rechnung tragen. Der fragliche Unterschied besteht nach MEISSNER darin, dass eine Flüssigkeit sich allen Punkten einer untergetauchten Hautfläche gleichmässig anschmiegt, ein fester Körper aber nur die vorragenden Erhabenheiten, die Leisten der Haut berührt, die dazwischenliegenden Thäler frei lässt. Die nächste Folge davon ist, dass Flüssigkeiten einen auf allen Punkten gleichen Druck auf die Tastfläche ausüben, welchem die Hauttheilchen in einer zur Oberfläche senkrechten Richtung auszuweichen streben, während bei der Berührung fester Körper den Hauttheilchen ein seitliches Ausweichen gegen den auf die Leisten ausgeübten Druck nach den freien Thälern gestattet ist, und ebenso an der Grenzlinie einer in Flüssigkeit untergetauchten Fläche eine solche seitliche Verschiebung möglich ist. Dass nun wirklich diese Verschiedenheit der Richtung, in welcher der Druck sich fortpflanzt und die Hauttheilchen demselben ausweichen, die Ursache ist, dass in dem einen Fall eine Druckempfindung eintritt, im anderen nicht, beweist MEISSNER schlagend, indem er zeigt, dass auch bei festen Körpern das Berührungsempfindungswegfällt, sobald man auch für ihn die Bedingung einer allseitigen gleichmässigen Anschmiegung an die Haut herstellt. MEISSNER stellte einen genauen Abguss der Hautoberfläche eines Fingers in Paraffin her und überzeugte sich, dass bei Berührung des Abgusses mit der entsprechenden Tastfläche die Berührungsempfindung sofort verschwindet, sowie eine genaue Einschmiegung des Hautreliefs in seine Gussform stattfindet, und dass in diesem Fall auch nicht durch Anpressung des letzteren an ersteres eine Druckempfindung hervorgerufen wird. Die weiteren Folgerungen MEISSNER's sind problematisch. Er glaubt, dass die verschiedene Richtung, in welcher die Theilchen bei der Berührung fester und flüssiger Körper ausweiche, auch eine verschiedene Richtung der hypothetischen Oscillationen bedinge. Der gleichförmige, senkrecht gegen die Cutis gerichtete Druck einer Flüssigkeit soll den Oscillationen dieselbe Richtung ertheilen, so dass sie die Tastkörperchen parallel zu ihrer Längsachse durchsetzen, mithin die nach seiner Ansicht rechtwinklig zu dieser Achse laufenden Nervenenden rechtwinklig zu ihrer Längsachse treffen. Umgekehrt sollen die bei der Berührung fester Körper seitlich ausweichenden Theilchen in Oscillationen, welche der Hautoberfläche parallel gerichtet sind, gerathen, diese daher die Nervenenden in der Richtung ihrer Längsachse durchsetzen. Dieser Ver-

lauf der Erschütterungen in den Nervenenden soll erregend wirken, die quere Richtung derselben dagegen nicht. Das Bedenkliche dieser MEISSNER'schen Erklärungen liegt nicht allein in der Unsicherheit der Oscillationshypothese, sondern auch in der zweifelhaften Richtigkeit der anatomischen Voraussetzung in Betreff des Verlaufs der Nervenenden und der Annahme einer directen Reizung dieser Faserenden durch die fraglichen Vibrationen der Hauttheilchen.

III. Intensität der Druckempfindungen.

Die Intensität der Druckempfindungen wächst und sinkt in bestimmter gesetzmässiger Zeit mit der Stärke des Reizes, mit dem Grade der Compression der Haut, also mit der Schwere des Gewichtes, durch welche letztere hervorgebracht wird. Es stellt sich uns die Aufgabe, auf empirischem Wege dieses Gesetz der Beziehungen zwischen Reiz- und Empfindungsstärke zu eruiren, seine Bedeutung zu erörtern und seine physiologische Erklärung zu versuchen. Selbstverständlich besitzt die Seele für den Drucksinn so wenig, wie für irgend welchen anderen Sinn, einen directen subjectiven Maassstab, welchen sie an eine Empfindung anlegen, an welchem sie die Stärke derselben ablesen könnte, um sich dieselbe als einen aus einer bestimmten Anzahl von Einheiten zusammengesetzten Werth vorzustellen und diesen mit der zugehörigen Grösse des äusseren Reizes zu vergleichen. Wir können niemals als Resultat einer directen Abwägung unserer Empfindungen angeben, wie stark eine solche im gegebenen Fall, um welche Grösse sie stärker oder schwächer als eine andere gleichzeitige oder vorhergegangene Empfindung derselben Modalität und Qualität. Wir können daher auch nicht direct auf dem einfachen Wege, welcher zur Erkenntniss der Intensitätsbeziehungen zweier physischer Vorgänge zu einander führt, zur Construction der Curve, welche die Grösse der Druckempfindungen auf die Grösse der Druckreize als Abscissenachse bezogen darstellt, gelangen, nicht direct die Bestätigung oder Widerlegung der von vornherein wahrscheinlichsten und teleologisch plausibelsten Voraussetzung, dass zwischen beiden Grössen das Verhältniss einfacher directer Proportionalität bestehe, gewinnen. Wohl aber vermögen wir, mit einer bis zu gewissen Grenzen gehenden Genauigkeit beurtheilen, ob zwei gleichzeitig oder nach einander auftretende Empfindungen derselben Qualität, gleich stark sind oder nicht, und welches in letzterem Fall die intensivere ist. Auf dieser Grundthatsache ruht das von E. H. WEBER zuerst klar ausgesprochene und experimentell verwerthete

Princip einer Messung der Feinheit des Drucksinnes. Da diesem Sinn die Aufgabe gestellt ist, der Seele über die relativen und mittelbar auch die absoluten Intensitäten von der Aussenwelt auf uns einwirkender Kräfte, wie der Schwerkraft, möglichst richtige Vorstellungen zu verschaffen, um dieselben als diagnostische Marken objectiver Verhältnisse weiter zu verwerthen, vor allem auch danach die nothwendige Grösse der Gegenleistung der vom Organismus entwickelten Bewegungskräfte zu bemessen, so liegt auf der Hand, dass die Feinheit der Leistungen des Drucksinnes von der Feinheit der Unterschiedsempfindlichkeit, d. h. von der Feinheit, bis zu welcher wir Verschiedenheiten objectiver Druckgrössen aus den bewusstwerdenden Intensitätsdifferenzen der von ihnen erzeugten Druckempfindungen aufzufassen vermögen, abhängt. Wir gewinnen daher ein Maass für die Feinheit des Drucksinnes, wenn wir die „Unterschiedsschwelle“ (FECHNER) d. h. die kleinsten eben merklichen Unterschiede der Reizgrössen bestimmen, mit anderen Worten, wenn wir empirisch nachweisen, umwieviel jede beliebige, z. B. durch ein beliebiges die Haut belastendes Gewicht repräsentirte Reizgrösse vermehrt oder vermindert werden muss, damit eine eben merkliche Verstärkung oder Schwächung der Druckempfindung eintritt. So einfach es scheint, die gestellte Aufgabe nach diesem Princip experimentell zu lösen, so hat sich doch bei näherer Ueberlegung und auf Grund von Erfahrungen herausgestellt, dass die Nothwendigkeit der Beseitigung gewisser Fehlerquellen einige Complicationen der Messungsmethoden bedingt. E. H. WEBER selbst hat die wichtigsten, physiologisch höchst interessanten Momente, welche die Resultate der Beobachtungen über die kleinsten merklichen Druckunterschiede wesentlich beeinflussen, richtig erkannt und bei seinen grundlegenden Versuchen berücksichtigt.

IV. Feinheit des Drucksinns.

Vor allen Dingen hat WEBER gezeigt, dass es bei einer Messung der Feinheit des Drucksinnes unerlässlich ist, die Einmischung eines zweiten Sinnes, welcher durch denselben äusseren Reiz angesprochen der Seele Belehrungen über seine Grösse verschafft, d. i. des Muskelsinnes, auszuschliessen. In der That stehen uns zwei Wege offen, welche entweder gesondert, je nach Umständen der eine oder der andere, oder auch gleichzeitig benutzt werden, um uns über die Schwere eines Gewichtes zu unterrichten. Entweder taxiren wir dieselbe nach der Intensität der Druckempfindung, welche

es durch Compression einer Hautstelle erweckt, oder nach dem Anstrengungsgefühl, welches bei seiner Hebung die dabei thätigen Muskeln uns verschaffen. Wir werden die Resultate, zu denen der zweite Weg führt, unten für sich besprechen, ihre Genauigkeit prüfen und zu der Frage, wie sie zu Stande kommen, Stellung nehmen. Da aber von vornherein durchaus nicht ersichtlich ist, ob die Aussagen beider Sinne völlig gleichlautend sind, ob nicht beim gleichzeitigen Gebrauch beider irgend welche Interferenz stattfindet, ist selbstverständlich zur Beantwortung der hier vorliegenden Frage eine isolirte Prüfung der Unterscheidungsschärfe von Druckgrösse durch Druckempfindungen geboten. WEBER erzielte diese Isolation, indem er die zu vergleichenden Gewichte bei völlig unterstützter, auf einem Tisch ruhender Hand auf die Volar- oder Dorsalseite der beiden letzten Gliedern von zwei oder drei Fingern auflegte. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass bei derartigen Versuchen auch der Gesichtssinn auszuschalten ist, dass die betreffenden Personen nicht sehen dürfen, in welchem Sinne und Maasse Veränderungen der durch den Drucksinn zu prüfenden Gewichtgrösse vorgenommen werden, damit nicht die auf diesem Wege gewonnenen Kenntnisse von der Veränderung der Reizgrösse irrhümlich auf Rechnung des Drucksinnes gebracht werden.

WEBER hat ferner festgestellt, dass es am zweckmässigsten ist, die durch den Drucksinn zu vergleichenden Gewichte unmittelbar nach einander auf dieselbe Tastfläche wirken zu lassen, dass bei diesem Verfahren sicherere und feinere Resultate gewonnen werden, als wenn wir die zu prüfenden Gewichte gleichzeitig oder auch nach einander auf zwei verschiedene Tastflächen, z. B. symmetrische Stellen beider Hände auflegen. Es ergibt sich daraus, dass wir die Intensitäten zweier gleichzeitiger Druckempfindungen, zwischen denen die Aufmerksamkeit sich theilen muss, weniger genau vergleichend zu beurtheilen vermögen, als die Intensität einer reellen gegenwärtigen Empfindung mit derjenigen des Erinnerungsbildes einer vergangenen Empfindung, dass aber auch bei zeitlich getrennten Empfindungen die Genauigkeit des Intensitätsvergleiches gestört wird, wenn die Aufmerksamkeit der Seele ausser durch die Intensitätsdifferenzen auch noch durch diejenigen Verschiedenheiten, welche zur Wahrnehmung des verschiedenen Orts der Einwirkung führen, in Anspruch genommen wird, selbst wenn letztere sich auf den Unterschied von Rechts und Links reduciren. Sind die zur Prüfung verwendeten verschiedenen Tastflächen noch dazu nicht symmetrische, gehören sie verschiedenen Hautregionen an, so kommen noch die

unten zu besprechenden factischen Differenzen der relativen Feinheit des Drucksinns derselben in Betracht. WEBER hat aber auch gezeigt, dass bei der Vergleichung der Intensitäten nacheinander folgender Empfindungen die Grösse des Zeitintervalls zwischen beiden von wesentlichem Einfluss auf die Genauigkeit des Resultats ist, dass mit der Zunahme desselben, und zwar bei verschiedenen Personen mit verschiedener Geschwindigkeit die Deutlichkeit und damit die Vergleichsfähigkeit des Erinnerungsbildes sich abschwächt, so dass die Differenz zweier eben als verschieden erkennbaren Gewichte um so grösser sich herausstellt, je längere Zeit zwischen dem Auflegen des einen und des anderen verstrichen. Während bei Intervallen von 15—30 Sec. WEBER noch Gewichte, die sich wie 29:30 verhielten, als verschieden schwer erkannte, war dies bei 60—90 Sec. nur bei solchen möglich, welche sich wie 4:5 verhielten. Es folgt daraus die Nothwendigkeit, bei Versuchsreihen ein gleiches Intervall einzuhalten.

Ferner hat WEBER als Bedingung richtiger Resultate erkannt, dass die zu vergleichenden Gewichte mit gleich grosser Oberfläche die Haut berühren, da von zwei gleich grossen Gewichten dasjenige, welches auf eine grössere Hautfläche einwirkt also eine grössere Anzahl von Nervenenden erregt, als das schwerere erscheint, analog wie die Temperatur eines warmen Wassers uns höher erscheint, wenn wir die ganze Hand, als wenn wir nur einen Finger eintauchen, wie eine gegebene Helligkeit mit der räumlichen Ausbreitung des Lichtreizes auf der Netzhaut zu wachsen scheint. Diese Thatsachen sind als Beweise angesehen worden, dass eine gewisse Summirung der Einzeleindrücke, welche die einzelnen von einem Reiz gleichzeitig getroffenen Nervenfasern erzeugen, im Sinne einer Steigerung der Intensität der Sammelempfindung stattfindet. Eine bündige Erklärung der Thatsache und der Art, wie die Summirung zu Stande kommt, besitzen wir nicht. Es lässt sich nicht entscheiden, ob die Erscheinung einen physiologischen Grund hat, ob in irgend welcher Weise der in einem einzelnen Empfindungsapparat in bestimmter Grösse erweckte Vorgang verstärkend auf den durch den gleichen Reiz ausgelösten Vorgang in einem benachbarten Apparat wirkt, oder ob es sich um eine Urtheilstäuschung handelt, um eine Verwechslung der grösseren Zahl der nicht deutlich gesondert vor das Bewusstsein tretenden Einzelempfindungen mit einer grösseren Intensität, auf deren Prüfung die Aufmerksamkeit gerichtet ist.

Endlich hat WEBER erwiesen, dass die zu vergleichenden Gewichte die gleiche Temperatur haben müssen, damit nicht durch

die bereits oben (S. 320) ausführlich erörterte sogenannte Interferenz von Druck- und Temperaturempfindungen Irrthümer in der Beurtheilung der Schwere entstehen.

Selbst bei gewissenhafter Einhaltung aller dieser von WEBER ermittelten Versuchsbedingungen wird die Gewinnung exacter Werthe für die Unterschiedsempfindlichkeit noch durch gewisse zufällige, experimentell nicht zu beseitigende Fehlerquellen erschwert. Das Vorhandensein derselben ergibt sich aus den einfachen Thatsachen, dass unter sonst gleichen Umständen eine und dieselbe Reizdifferenz von derselben Person in verschiedenen Einzelversuchen verschieden aufgefasst wird, dass eine in einem Versuch als eben merklich constatirte Differenz zweier Gewichte, in einem zweiten Versuch nicht merklich oder übermerklich erscheint, dass an dieser Grenze zuweilen ein Irrthum in der Auffassung der Empfindungsintensitäten sogar in dem Sinne auftritt, dass das schwerere Gewicht für das leichtere gehalten wird. Den Einfluss dieser Fehlerquellen hat man in verschiedener mehr weniger zuverlässiger Weise bei den einzelnen speciellen Bestimmungsmethoden des Unterschiedsschwellenwerthes zu eliminiren gesucht. Da uns zu einer erschöpfenden Erläuterung und Abwägung der einzelnen Methoden hier der Raum fehlt, beschränken wir uns unter Verweisung auf die ausführlichen kritischen Beleuchtungen von FECHNER und G. E. MÜLLER¹ auf eine kurze Definition der bisher im Gebiete des Drucksinnes besonders verwendeten Methoden.

Die von WEBER selbst zuerst benutzte Methode, welche man als die „Methode der eben merklichen Unterschiede“ bezeichnet, besteht darin, dass man ausgehend von zwei gleichen Gewichten, welche nach einander auf dieselbe Hautstelle aufgelegt selbstverständlich keinen Empfindungsunterschied erzeugen, bei einer fortgesetzten Reihe in gleichen Intervallen erfolgender Vergleichsauflegungen das eine derselben successiv so lange erhöht, bis eben ein merklicher Unterschied eintritt. Die Beseitigung der zufälligen Fehler sucht man durch eine öftere Wiederholung der gleichen Versuchsreihe zu bewirken, indem man unter der Voraussetzung, dass die dabei nach der Plus- und Minusseite begangenen Fehler sich mehr oder weniger compensiren, aus den für den kleinsten merklichen Druckunterschied in den einzelnen Reihen erhaltenen Werthen das Mittel nimmt. MÜLLER schlägt vor, zur Vergrößerung der Genauigkeit der Resultate; mit dieser Versuchsmethode eine zweite zu combiniren, deren Princip darin besteht, dass man von einem übermerklichen Gewichtsunterschiede ausgehend, das eine der vergleichend aufgelegten Gewichte successiv so lange verkleinert, bis der Unterschied eben aufhört,

¹ FECHNER, Elem. d. Psychophysik. I. S. 71; G. E. MÜLLER, Zur Grundlehre d. Psychophysik. S. 11.

merklich zu sein. Als möglichst genauer Unterschiedsschwellenwerth wird dann das Mittel aller nach der ersten Methode für den eben merklichen und nach der zweiten Methode für den eben unmerklichen Reizunterschied erhaltenen Werthe betrachtet. MÜLLER bezeichnet die so combinirte Methode der eben merklichen und eben unmerklichen Unterschiede als die „Methode der kleinsten Unterschiede“.

Eine zweite, in vieler Beziehung den Vorzug verdienende Methode ist die zuerst von FECHNER sorgfältig ausgearbeitete „Methode der richtigen und falschen Fälle“. Das Princip derselben besteht darin, dass man zwei Gewichte, deren Unterschied an der Grenze der Mercklichkeit liegt, in einer grösseren Anzahl von Einzelversuchen vergleichend nach einander auflegt und nach jedem solchen Versuch notirt, ob eines der beiden Gewichte und welches derselben als das schwerere erscheint. Man erhält so drei Reihen von Fällen, von denen jede einen bestimmten Bruchtheil der Zahl der Gesamtfälle bildet, eine Reihe $\left(\frac{r}{n}\right)$, in welcher der Gewichtsunterschied richtig erkannt wird, eine zweite $\left(\frac{f}{n}\right)$, in welcher derselbe falsch beurtheilt, das schwerere Gewicht für das leichtere gehalten wird, und eine dritte Reihe $\left(\frac{z}{n}\right)$, in denen es zweifelhaft erscheint, welches derselben das schwerere. Eine jedoch nicht völlig correcte Vereinfachung wird erzielt, wenn man, wie dies von FECHNER geschehen ist, die Hälfte der zweifelhaften Fälle zu den richtigen, die andere Hälfte zu den falschen Fällen rechnet. Durch eine mathematische Operation, zu deren umständlicher Darlegung uns hier der Raum fehlt, berechnet sich aus den experimentell erhaltenen Werthen der drei Verhältnisse der den Versuchsbedingungen entsprechende Unterschiedsschwellenwerth, d. h. diejenige Druckdifferenz, welche bei Wegfall aller zufälligen Fehler und Beseitigung aller das Resultat variirenden äusseren Einflüsse, eben merklich ist.

Eine dritte Methode, die „Methode der mittleren Fehler“, besteht darin, dass man versucht, einem gegebenen Gewicht ein zweites nach der Beurtheilung der beim vergleichungsweisen Auflegen beider erhaltenen Empfindungsintensitäten gleich zu machen. Beim Nachwägen des zweiten Gewichts bei hergestellter anscheinender Gleichheit, ergibt sich die Grösse des begangenen Fehlers. Bei Wiederholung des Versuchs erhält man Fehler verschiedener Grösse, das Mittel dieser Fehler liefert ein Maass für die Unterschiedsempfindlichkeit unter den gegebenen Bedingungen.

Von einer Erörterung einer von PLATEAU¹ begründeten, von DELBOEUF² zur Prüfung der Unterschiedsempfindlichkeit im Gebiete der Lichtempfindungen benutzten, für den Drucksinn aber noch nicht verwendeten vierten Methode, der „Methode der übermerklichen Unterschiede“ müssen wir hier absehen.

1 PLATEAU, Sur la mesure d. sensat. phys. Bull. d. l'acad. de Belgique XXXIII. p. 376. XXXIV. p. 250. 1872.

2 DELBOEUF, Mém. couronn. Bull. d. l'acad. de Belg. XXIII. 1873. XXVI. 1875.

Die Ergebnisse der nach diesen Methoden bisher ausgeführten Bestimmungen der Unterschiedsempfindlichkeit im Gebiete des Drucksinnes sind folgende. E. H. WEBER¹ beschränkte sich darauf, die kleinsten Gewichts-differenzen zu bestimmen, welche einmal bei Belastung der Haut mit Lothen, das andere Mal mit Unzen, mit Hülfe des Drucksinns aufgefasst werden konnten, und fand in beiden Fällen dieselbe relative Differenz als Grenze der Unterschiedsempfindlichkeit. Dieselbe war in beiden Fällen, bei Benutzung der Volarseite der letzten Fingerglieder als Tastfläche und successivem Auflegen der Gewichte auf dieselbe Stelle, erreicht, wenn sich die verglichenen Gewichte wie 29:30 verhielten; es wurden im günstigsten Fall eben noch $14\frac{1}{2}$ Loth von 15 Loth und $14\frac{1}{2}$ Unzen von 15 Unzen als verschieden schwer erkannt. Mit anderen Worten: wenn zur ebenmerklichen Verstärkung der Empfindung, welche eine Belastung der Haut mit $14\frac{1}{2}$ Loth erweckte, ein Reizzuwachs von $\frac{1}{2}$ Loth erforderlich war, so zeigte sich, dass bei Belastung mit $14\frac{1}{2}$ Unzen derselbe absolute Reizzuwachs von $\frac{1}{2}$ Loth nicht zur merklichen Verstärkung der Empfindung genügte, sondern zu diesem Zweck der ursprüngliche Reiz um dieselbe relative Grösse, also $\frac{1}{2}$ Unze erhöht werden musste. Eine solche Feinheit des Drucksinns, wie sie die Wahrnehmbarkeit eines Gewichtsunterschiedes von $\frac{1}{30}$ repräsentirt, wurde übrigens nur bei einzelnen Versuchspersonen unter den günstigsten Bedingungen beobachtet, bei anderen Personen blieb sie mehr weniger beträchtlich unter diesem Werth, ebenso, wenn die Vergleichsgewichte gleichzeitig auf symmetrische Taststellen aufgelegt wurden. Ebenso constatirte WEBER nicht unerhebliche Verschiedenheiten der Feinheit des Drucksinnes an verschiedenen Stellen der Tastfläche, welche im Allgemeinen den Differenzen der Feinheit des Raumsinnes derselben gleichsinnig, jedoch bei weitem geringer gefunden wurden.

Die Differenzen der Feinheit des Drucksinnes verschiedener Hautstellen prüfte WEBER nach zwei Methoden. Entweder bestimmte er an jeder verschiedenen Hautstelle für sich durch successives Auflegen der Vergleichsgewichte die kleinste wahrnehmbare Gewichts-differenz. Oder es wurden den zu vergleichenden verschiedenen Hautstellen gleichzeitig verschiedene Gewichte aufgelegt, und festgestellt, bei welchen Grössen des auf der einen oder der anderen liegenden Gewichts die Empfindung von der einen oder anderen stärker oder von beiden gleich stark erschien. Es liegt auf der Hand, dass nur die erste Methode vergleichsfähige Werthe der Unterschiedsempfindlichkeit verschiedener Stellen des Tastorganes liefern kann, die nach der zweiten Methode erhaltenen Resultate mit

1 E. H. WEBER, Annot. S. 81. Handwörterb. d. Phys. III. 2. Abth. S. 547 u. 559.

denen der ersteren eigentlich gar nicht zusammengestellt werden dürfen. WEBER vergleicht die Bestimmung der Feinheitendifferenz des Drucksinns nach der zweiten Methode mit der Berechnung der Längenverschiedenheit der Arme einer ungleicharmigen Wage aus der Differenz der an derselben im Gleichgewicht erscheinenden Gewichte. Nach der ersten Methode fand WEBER z. B., dass bei einer Person, welche mit den letzten Fingergliedern noch zwei Gewichte, welche sich wie $20 : 19\frac{1}{2}$ verhielten, als verschieden schwer erkannt, an der Mitte des Unterarms erst bei einem Verhältniss von $20 : 18,2$ die Unterscheidung eintrat. Aus den Ergebnissen der zweiten Methode heben wir folgendes Beispiel hervor. Wurden in einer Reihe von Versuchen die Lippen jedesmal mit 4 Unzen, die Volarseite der letzten Fingerglieder gleichzeitig progressiv mit 4 bis $11\frac{1}{2}$ Unzen belastet, so erschien die Druckempfindung von Seiten der Lippen stärker, so lange die Fingerbelastung unter 8 Unzen blieb; bei einer Fingerbelastung mit 8—9 Unzen erschien die Empfindung von beiden Theilen gleich stark, und erst über dieser Grenze erreichte die Empfindung der Finger das Uebergewicht.

Zu erwähnen ist noch, dass WEBER bei den meisten Personen eine stärkere Druckempfindung bei Belastung einer bestimmten Hautstelle der linken Körperseite als bei Belastung der symmetrischen Stelle der rechten Seite beobachtete, während die Unterschiedsempfindlichkeit zweier gleichzeitig belasteter Hautstellen derselben Seite sich links nicht grösser als rechts ergab.

Weber's Gesetz.

Das wichtigste Ergebniss der WEBER'schen Untersuchungen ist die von ihm gefundene Gleichheit der zur ebenmerklichen Verstärkung einer Druckempfindung erforderlichen relativen Reizzuwüchse bei verschiedenen absoluten Reizgrössen. WEBER selbst hat die Bedeutung dieses Befundes, welchen er trotz der Beschränkung seiner Versuche auf Unzen und Lothe für die ganze Scala der absoluten Druckgrössen als gültig annimmt, wohl erkannt und auf die Analogien hingewiesen, welche derselbe in anderen Sinnesgebieten nach seinen Versuchen oder seiner Auffassung bekannter Thatsachen findet. Er selbst stellte fest, dass auch bei der Verwendung des Muskelsinnes zur Unterscheidung von Gewichtsgrössen dem ebenmerklichen Unterschied bei verschiedenen absoluten Gewichtsgrössen stets dasselbe Verhältniss der Gewichte entspreche; er constatirte eine Analogie im Gebiete der extensiven Wahrnehmungen, indem er nachwies, dass auch bei der Vergleichung der Länge zweier Linien durch das Augenmaass dem kleinsten merklichen Längenunterschied immer die gleiche relative Differenz der wirklichen Längen entspreche und endlich glaubte WEBER ein Analogon darin zu erkennen, dass auch der kleinsten wahrnehmbaren Höhendifferenz zweier Töne bei allen absoluten Tonhöhen dasselbe Verhältniss der Schwingungszahlen ent-

spreche. Allein erst nach WEBER ist diesen seinen Fundamentalbeobachtungen, besonders seitdem FECHNER auf denselben das Gebäude seine Maassmethode der Empfindungen basirt hat, eine eingehende nach schärferen Methoden durchgeführte, alle Sinnesgebiete umfassende Experimentalprüfung gewidmet, die Frage nach ihrer Erklärung und Bedeutung eindringlich erörtert, und das wesentliche Resultat derselben unter der Bezeichnung des „WEBER'schen Gesetzes“ genauer formulirt. Von diesen Fassungen führen jedoch nur diejenigen den Namen WEBER's mit Recht, welche sich streng an den thatsächlichen Inhalt seiner und aller auf gleicher Grundlage gemachten Beobachtungen halten und nicht weitergehende, selbst erst zu erweisende Interpretationen der bezüglichen Thatsachen einschliessen, wie zuerst von E. HERING¹ mit vollstem Recht hervorgehoben worden ist. In diesem Sinne ist entschieden der zuerst mit WEBER's Namen belegten, von FECHNER gegebenen Fassung, auf welche wir unten näher eingehen werden, die Berechtigung zu diesem Titel abzusprechen. In diesem Sinne kann eine generelle Zusammenfassung der WEBER'schen Befunde und ihrer Erweiterungen nur dahin lauten: dass zur ebenmerklichen Verstärkung einer Empfindung, gleichviel durch welche Reizgrösse sie hervorgerufen worden ist, stets derselbe relative Zuwachs zu dieser Reizgrösse erforderlich ist, oder: dass „der wirkliche Unterschied zweier eben merklich verschieden erscheinenden Reizgrössen proportional mit den Reizgrössen wächst“ (HERING) oder ganz allgemein gefasst: dass die relative Unterschiedsempfindlichkeit von der absoluten Reizstärke unabhängig ist (G. E. MÜLLER).

Wir haben zunächst zu prüfen, ob und in welchem Grad und Umfang dem WEBER'schen Gesetz in dieser Fassung auf Grund der neueren sorgfältigen Untersuchungen eine Gültigkeit zuzuerkennen ist, speciell, da von einer eingehenden Berücksichtigung der übrigen Sinnessphären hier nicht die Rede sein kann, ob und wieweit dasselbe im Gebiete des Drucksinns zu Recht besteht. Im Allgemeinen lässt sich als Resumé dieser Prüfung aussprechen, dass der anfängliche Anschein einer bis auf kleine Einschränkungen durchgreifenden, alle Sinnesgebiete umfassenden Bewährung des Gesetzes einer gegentheiligen weiter und weiter gehenden Reduction seiner Gültigkeit gewichen ist, dass letztere nur noch in Bezug auf die Wahrneh-

¹ E. HERING, Zur Lehre von der Bez. zwischen Leib und Seele. Erste Mitth. Ueb. FECHNER's psychophys. Ges. Sitzgsber. d. Wiener Acad. 3. Abth. LXXII. S. 310. 1875.

mungen des Augenmaasses, insbesondere soweit dieselben durch Vermittlung des Muskelsinnes zu Stande kommen, vielleicht des Muskelsinnes überhaupt und der Schallintensitäten als mehr weniger streng erwiesen gelten kann, dass selbst in den beschränkten Territorien, welche dem Gesetz noch bleiben, sich obere und untere Grenzen der absoluten Reizgrösse, bei welchen es sich bewährt, herausgestellt haben, und endlich, dass gerade im Gebiete des Drucksinnes, in welchem WEBER seinen Grund gelegt, neuere Untersuchungen seine Geltung widerlegt oder mindestens sehr zweifelhaft gemacht haben.

Nachdem bereits LOTZE¹ und MEISSNER² auf die Unzulänglichkeit der auf nur zwei verschiedene absolute Reizstärken beschränkten eigenen Versuche WEBER's zur Begründung eines allgemeinen Gesetzes aufmerksam gemacht, und Zweifel ausgesprochen hatten, ob auch bei sehr geringen oder sehr hohen Belastungen der Haut z. B. mit 30 Gramm oder 30 Pfund ^{1,30} Mehrgewicht die Unterschiedschwelle des Körpers darstellen, hat zuerst DOHRN³ die Ungültigkeit des WEBER'schen Gesetzes für niedrige absolute Druckgrade experimentell erwiesen, und zugleich bei diesen Reizgrössen beträchtlichere Differenzen der Unterschiedsempfindlichkeit verschiedener Hautstellen, als WEBER bei höheren Reizgrössen gefunden, constatirt. Er fand, dass bei Belastung der Haut mit 1 Gramm an der Volarseite der letzten Fingerglieder eine merkliche Verstärkung der Empfindung erst bei einem Zuwachs von mindestens 0,2 Gramm, also $\frac{1}{5}$ des ursprünglichen Reizes eintrat, an der Volarseite der Handfläche dieser Zuwachs bereits 0,66 Gramm betrug, am Vorderarm 1 Gramm überstieg, also erst eine Verdoppelung der Reizgrösse merklich wurde, am Rücken sogar nahezu eine Vervierfachung (3,8 Gramm Zuwachs) einen merklichen Empfindungszuwachs erzielte. Bei einem 11jährigen Knaben fiel an allen Hautstellen der Unterschiedsschwellenwerth noch viel beträchtlicher aus.

DOHRN stellte seine Versuche nach der Methode der ebenmerklichen Unterschiede in der Weise an, dass von den zwei Schalen einer Waage, die eine, mit einem Uebergewicht von 1 Grm. belastete, constant mittelst eines an ihrer Unterseite befestigten Stäbchens gegen die zu prüfende (unterstützte) Hautstelle drückte, und nun die Belastung der anderen Schale successiv so lange vermehrt oder vermindert wurde, bis eben ein Empfindungsunterschied merklich wurde. Mit Recht ist diese Methode als zu scharfen Bestimmungen des Unterschiedsschwellenwerthes untauglich, ihre Hauptfehlerquelle in der nothwendig durch die Fortdauer der

1 LOTZE, Medic. Psychol. S. 208.

2 MEISSNER, Beitr. z. Anat. u. Physiol. d. Haut. S. 33. Leipz. 1853.

3 DOHRN, Beitr. z. Druckempf. d. Haut. Ztschr. f. rat. Med. (3) X. S. 339. 1861.

Druckempfindung während der ganzen Dauer der Reizveränderung bedingten Ermüdung erkannt worden. Allein keinesfalls sind die hierdurch verursachten Fehler erheblich genug, um aus ihnen die kolossalen Abweichungen der DOHRN'schen Befunde von den Forderungen des WEBER'schen Gesetzes zu erklären, und ist durch dieselben unzweifelhaft die Ungültigkeit desselben für niedere Reizgrößen im Bereich des Drucksinnes erwiesen.

Eine ausserordentlich sorgsame, auf sechs verschiedene absolute Reizgrößen von 300—3000 Gramm ausgedehnte Prüfung des WEBER'schen Gesetzes bei der Unterscheidung von Gewichten hat FECHNER¹ nach der Methode der richtigen und falschen Fälle durchgeführt. So bedeutungsvoll diese Untersuchung für die Frage nach der Gültigkeit des Gesetzes im Allgemeinen, so kommt sie doch streng genommen hier nicht in Betracht, weil bei derselben die Einmischung des Muskelsinnes nicht ausgeschlossen, demselben im Gegentheil die Hauptrolle zugewiesen war.

Das Verfahren FECHNER's war in Kürze folgendes. Die Gewichte waren dargestellt durch zwei Gefässe, deren jedes durch variable Einlagsbelastungen in den verschiedenen Versuchsreihen auf ein „Hauptgewicht“ von 300, 500, 1000, 1500, 2000, 3000 Grm. gebracht wurde, und welche an einer mit der Hand zu umfassenden Holzrolle mit freiem Arm gehoben wurden. Bei jedem Einzelversuch wurde dem einen der beiden Gefässe ein bestimmtes Zusatzgewicht, welches entweder 0,04 oder 0,08 des Hauptgewichts betrug, aufgelegt, und nun die beiden Gefässe in immer gleichem Zeitintervall hintereinander mit immer gleicher Geschwindigkeit zu immer gleicher Höhe, entweder das eine mit der rechten, das andere mit der linken Hand, oder beide mit derselben (rechten oder linken) Hand gehoben. Nach jeder Doppelhebung wurde das Ergebniss der Beurtheilung als richtiger, falscher oder zweifelhafter Fall eingetragen, und aus vielen Tausenden derartiger Einzelbeobachtungen der Unterschiedsschwellenwerth für jede der sechs verschiedenen Größen des Hauptgewichts berechnet.

Die Ergebnisse dieser Versuche standen nicht in vollem Einklang mit dem WEBER'schen Gesetz. Der Merklichkeitsgrad der gleichen relativen Reizzuwüchse war nicht, wie dasselbe fordert, bei allen absoluten Größen der Hauptgewichte derselbe, nahm beim Aufsteigen der Hauptgewichte von 300 zu 500 Gramm etwas ab, dann aber beim weiteren Wachsthum derselben stetig zu, um sich mehr und mehr der Gleichheit zu nähern. Während FECHNER das anfängliche Absteigen der Merklichkeit nicht bestimmt zu erklären weiss (dasselbe nur vermuthungsweise von einem bei niederen Druckgraden zur Geltung kommenden, bei höheren dagegen verdeckten Einfluss

¹ FECHNER, Elem. I. S. 93 u. 182.

auf die Empfindlichkeit der Nervenendapparate ableitet), glaubt er die bei höheren Druckgraden beobachteten Abweichungen vom WEBER'schen Gesetz aus einer Nichtberücksichtigung des mit den Vergleichsgewichten gehobenen Armgewichts erklären zu können. In der That lässt sich leicht zeigen, dass, wenn man das constant bleibende Gewicht des Armes zu den variablen Hauptgewichten hinzurechnet, das Verhältniss der nur den letzteren relativ gleich gemachten Zusatzgewichte zu dem Gesamtgewichte sich verkleinert, aber um so weniger, je grösser das Hauptgewicht, je weniger also die Vermehrung desselben durch das Armgewicht in Betracht kommt, dass demnach die beobachtete Zunahme der Merklichkeit und deren Annäherung an die Gleichheit möglicherweise lediglich durch die factische aber immer geringer werdende Zunahme der Gewichts-differenz beim Steigen der Hauptgewichte bedingt sein könnte. Allein selbst wenn eine Berücksichtigung des Armgewichts in diesem Sinne vollkommen gerechtfertigt, und eine dementsprechende Correctur in der Berechnung der Versuchsergebnisse oder in der Abmessung der Zusatzgewichte die gefundenen Werthe der Unterschiedsempfindlichkeit dem WEBER'schen Gesetz genau entsprechend machte, so würde dadurch die Gültigkeit desselben, wie FECHNER selbst anerkennt, doch eben nur für den Muskelsinn, nicht für den Drucksinn erwiesen sein, da selbstverständlich auf die von den gehobenen Gewichten erzeugten Druckempfindungen das Armgewicht nicht in Betracht kommt.

FECHNER selbst wirft die Frage auf, ob es zulässig sei, die Belastung des Armes durch sein eigenes Gewicht in derselben Weise, wie ein äusseres von ihm gehobenes Gewicht in Anschlag zu bringen, und macht darauf aufmerksam, dass bei einer Berücksichtigung des Armgewichts zu bedenken sei, dass dasselbe an einem kürzeren Hebelarm, als das von der Hand getragene Gewicht wirke. G. E. MÜLLER¹ weist darauf hin, dass dieses Armgewicht bei kleinen und grossen Belastungen der Hand nicht in derselben Grösse in Rechnung gebracht werden dürfe. Bei sehr kleinen Belastungen würde nur der Muskelsinn der Handmuskeln in Anspruch genommen, für diese also auch nur die Schwere der Hand in Betracht kommen, bei steigender Belastung würde zunächst der Muskelsinn gewisser Oberarmmuskeln und zuletzt erst derjenige der Schultermuskeln zur Taxirung der Gewichte verwendet werden und demgemäss zunächst einer Berücksichtigung des Vorderarmgewichts und zuletzt des ganzen Armgewichts erfordern.

Die neueste Prüfung des WEBER'schen Gesetzes im Bereich der Unterschiedsempfindlichkeit für Gewichte ist von BIEDERMANN und LÖWIT² auf Veranlassung HERING's nach der Methode der ebenmerk-

1 G. E. MÜLLER, Zur Grundl. d. Psychophys. S. 202.

2 E. HERING, Sitzgsber. d. Wiener Acad. 3. Abth. LXXII. S. 342. 1875.

lichen Unterschiede ausgeführt worden. Es zerfallen diese Versuche in drei Reihen. Bei der einen hier nicht in Betracht kommenden, wurde nach einem von WEBER benutzten Verfahren, von welchem unten die Rede sein wird, ausschliesslich der Muskelsinn zur Vergleichung der Gewichte verwendet. Bei einer zweiten wurde umgekehrt nach WEBER's Methode der Drucksinn von einer Einmischung des Muskelsinnes dadurch isolirt, dass die zu prüfenden Gewichte in allen Versuchen aus einer gleichen minimalen Höhe auf die unterstützte Fingerfläche herabfielen. Leider sind gerade von dieser Reihe die Ergebnisse nicht speciell mitgetheilt und nur angegeben, dass sie keine Uebereinstimmung mit dem WEBER'schen Gesetz zeigten. Bei einer dritten Reihe wurden die Vergleichsgewichte auf eine Pappscheibe gelegt, welche mit Daumen und Zeigefinger an einem kleinen Holzgriff gehoben wurde, während der Arm frei ausgestreckt war. Die Ergebnisse dieser Reihe sind in folgender Tabelle zusammengestellt, in welcher die erste Verticalreihe die jeweiligen Hauptgewichte, die zweite das bei jedem derselben zur ebenmerklichen Verstärkung der Empfindung erforderliche Zusatzgewicht, die dritte die entsprechenden Verhältnisse der Zusatzgewichte zu den Hauptgewichten, mithin die Werthe für die Unterschiedsempfindlichkeit enthält.

| | | |
|---------|----------|----------------|
| 10 Grm. | 0,7 Grm. | $\frac{1}{14}$ |
| 50 „ | 1,7 „ | $\frac{1}{29}$ |
| 100 „ | 2,4 „ | $\frac{1}{42}$ |
| 200 „ | 3,6 „ | $\frac{1}{56}$ |
| 300 „ | 4,6 „ | $\frac{1}{65}$ |
| 400 „ | 5,2 „ | $\frac{1}{77}$ |
| 450 „ | 6,5 „ | $\frac{1}{69}$ |
| 500 „ | 25,5 „ | $\frac{1}{20}$ |

Die Tabelle lehrt, dass die Unterschiedsempfindlichkeit bei diesen Versuchen im Widerspruch mit dem WEBER'schen Gesetz anfangs beim Anwachsen der absoluten Reizgrösse von 10—400 Grm. erheblich zunimmt, um dann bei weiterer Verstärkung derselben rasch wieder abzunehmen (und zwar bei der letzten geringen Vermehrung des Hauptgewichts um 50 Grm. in kaum glaublichem Maasse). Es fragt sich nur, ob in diesen Versuchen wirklich der Drucksinn allein in Anspruch genommen war und somit durch die Ergebnisse der Beweis der Ungültigkeit des WEBER'schen Gesetzes in seinem Gebiete als erbracht angesehen werden darf. HERING führt für die ausschliessliche Thätigkeit des Drucksinnes an, dass bei den betreffenden Versuchspersonen alle Aufmerksamkeit auf die an den Finger-

spitzen entstehenden Empfindungen gerichtet war, und dass, wenn man eine Einmischung des Muskelsinnes statuiren und in diesem Sinn nach FECHNER durch Einrechnung des Armgewichts eine Correctur zu Gunsten des Gesetzes vornehmen wollte, nur dann eine leidliche Uebereinstimmung mit letzterem erzielt wurde, wenn man das Armgewicht nur mit 100 Grm. in Rechnung brächte, während es doch mindestens 1500 Grm. beträgt. Indessen bietet die Concentration der Aufmerksamkeit auf die Fingerempfindungen keine genügende Bürgschaft dafür, dass sich nicht unbewusst wenigstens die Empfindungen der bei der Hebung der Hand thätigen Unterarmmuskeln an der Bildung des Urtheils betheilig haben, und für diese dann das Gewicht der Hand unter Berücksichtigung des kürzeren Hebelarms, an welchem es wirkte, in Rechnung zu bringen sei. Giebt man dies zu, so dürfte der zu den Hauptgewichten zu addirende Correctionszuwachs nicht allzuweit von 100 Grm. entfernt liegen.

Aus allen im Vorstehenden mitgetheilten Untersuchungen geht demnach entschieden hervor, dass sich die Gültigkeit des WEBER'schen Gesetzes im Gebiete des Drucksinnes nicht nur nicht bestätigt hat, sondern äusserst unwahrscheinlich geworden ist, dass allerdings die Reizzuwächse, welche zur eben merklichen Verstärkung einer Druckempfindung nothwendig sind, mit den absoluten Druckgrössen wachsen aber nicht den letzteren proportional, d. h. eben nicht nach dem WEBER'schen Gesetz. Zur sicheren Construction eines anderen an die Stelle des letzteren tretenden Gesetzes der Unterschiedsempfindlichkeit reichen die vorliegenden Data noch nicht aus.

Die Deutung des eben präcisirten Verhaltens der Unterschiedsempfindlichkeit, mit anderen Worten die Erklärung des WEBER'schen Gesetzes oder des an seine Stelle zu setzenden Gesetzes, erscheint so lange wir uns streng an den Inhalt desselben halten, als eine verhältnissmässig einfache Aufgabe der Psychologie. Gehen wir von der theoretisch und teleologisch unstreitig wahrscheinlichsten und mit den Thatsachen der Sinneswahrnehmung am einfachsten zu vereinbarenden Voraussetzung aus, dass jede Empfindung bei successiver Steigerung des ursächlichen Reizes jenseits der Reizschwelle stetig, dem Reiz proportional wächst, so besagt das WEBER'sche Gesetz oder sein Ersatzgesetz nichts Anderes, als dass das Auffassungsvermögen der Seele für die Intensitätsänderungen des einfachen Empfindungsprocesses nicht von unbegrenzter Feinheit ist, dass dieselbe nicht jede beliebige kleinste Verstärkung oder Schwächung eines solchen zu unterscheiden vermag, sondern die Intensi-

tätsänderungen, um deutlich ins Bewusstsein zu treten, eine bestimmte endliche Grösse erreichen müssen, welche um so beträchtlicher ist, je grösser die Anfangsintensität der Empfindung, von welcher sie ausgehen. Diese Interpretation des Gesetzes fusst auf dem neuerdings mehr und mehr befestigten und meines Erachtens unabweishchen Lehrsatz der Psychologie, dass eine einfache Empfindung, das unmittelbare Resultat der Einwirkung einer Nervenerregung auf einen Empfindungsapparat, und die Vorstellung einer solchen Empfindung in bestimmter Qualität und Intensität zwei verschiedene Dinge sind, die Einführung einer Empfindung in das Bewusstsein ein besonderer, nicht nothwendig an jede Empfindung sich anknüpfender Act ist, mit anderen Worten auf der Scheidung unbewusster und bewusster Empfindungen. Eine ausführliche Rechtfertigung dieser Trennung kann hier nicht unsere Aufgabe sein. Sie leitet sich zwangsmässig aus der evidenten alltäglichsten Erfahrungsthatsache ab, dass von den zahllosen äusseren und inneren Reizvorgängen, welche nachweisbar in bunter Mischung beständig gleichzeitig auf den gespannten Empfindungsapparat einwirken, immer nur ein kleiner Bruchtheil in eine mehr weniger deutliche bewusste Empfindung umgesetzt wird, und dass wir das Vermögen besitzen, durch eine willkürliche Anstrengung der Seele, die wir Aufmerksamkeit nennen, dem einen oder dem anderen Reizerfolg von dieser oder jener Modalität und Qualität, von jeder beliebigen Intensität den Eintritt ins Bewusstsein zu verschaffen, soweit sich nicht der eine oder der andere durch grosse Intensität oder andere Momente, welche ihm die Präponderanz verschaffen, den Eintritt selbst erzwingt. Anzunehmen, dass die Beschränkung der Umsetzung in bewusste Empfindungen auf einen Theil der gleichzeitigen Reize darauf beruhe, dass immer, wo ein Theil dieser gleichzeitigen dem Hirn zufließenden Erregungen überhaupt wirksam werde, bereits in den ersten Endstationen der Sinnesnerven, den Ganglienzellen, in welchen sie endigen, Hemmungen vorhanden sind, welche beseitigt werden müssen, um die Auslösung einer einfachen Empfindung zu ermöglichen, und dass die Wirkung der Aufmerksamkeit in der einseitigen Aufhebung dieser Widerstände bestehe, scheint mir physiologisch äusserst unwahrscheinlich, um so mehr, als die Aufmerksamkeit selbst den schwächsten Erregungen wie sie z. B. den subjectiven Hautgefühlen zu Grunde liegen den Vorzug im Bewusstsein zu verschaffen und umgekehrt selbst sehr intensive Erregungen von dem Bewusstsein abzublenden vermag. Weit wahrscheinlicher ist es, dass es sich um Widerstände handelt, welche irgendwo auf den von den Empfindungsherden zu den Organen

der bewussten Verarbeitung der Empfindungen führenden Wegen oder in letzteren selbst liegen, dass das Bewusstsein gewissermaassen zu eng ist, um alle Zuflüsse von den Empfindungsstationen gleichzeitig zu fassen, oder dass die ihnen zur Verarbeitung der Empfindung verfügbare Kraftsumme zu gering ist, um alle gleichzeitig in Vorstellungen, Urtheile u. s. w. umzusetzen, dass daher, wenn durch eine physiologisch durchaus noch nicht definirbare Thätigkeit der sogenannten Aufmerksamkeit der einen oder der anderen der concurrirenden Empfindung der Zugang zu den Werkstätten des Bewusstseins erschlossen ist, er den übrigen abgesperrt ist. Wie dem auch sein möge, sobald wir zugestehen, dass die bewusste Vorstellung von den Empfindungen, also auch die Beurtheilung ihrer Intensität ein besonderer secundärer psychischer Act ist, können wir uns auch vorstellen, dass diese Beurtheilung in dem Sinne, wie wir es oben aussprachen und wie es dem Inhalt des Unterschiedsempfindlichkeitsgesetzes entspricht, unvollkommen ist. Das Bewusstsein besitzt ja keinen absoluten Maassstab, den es an die eintretenden Empfindungen anlegen, an denen es ihren absoluten Intensitätswerth, die Zahl der sie zusammensetzenden Einheiten ablesen könnte, es beurtheilt zunächst nur ob sich eine Empfindung stärker oder schwächer als die andere aufdrängt, ob dieser Unterschied gross oder klein, und diese Unterscheidung relativer Intensitäten hat eben gewisse Grenzen, welche durch Uebung zwar verschoben aber nicht ganz beseitigt werden können. Weil aber diese Beurtheilung der Intensitäten zunächst nur eine relative nur eine Auffassung von Verhältnissen ist, erscheint es als selbstverständlich, dass der wirkliche Unterschied zweier im Bewusstsein eben als verschieden erkannter Empfindungsintensitäten mit den absoluten Intensitäten, indirect also mit den absoluten Reizgrössen, denen sie proportional sind, wächst, wenn auch nicht streng proportional, wie das WEBER'sche Gesetz verlangt. Die eben erörterte Unvollkommenheit der bewussten Auffassung der Grössenwerthe psychischer Grundvorgänge beschränkt sich auch keineswegs auf die Beurtheilung von Empfindungsstärken, sondern kehrt bei allen analogen Thätigkeiten des Bewusstseins wieder. Wir werden ihr wiederbegegnen im Gebiete der extensiven Wahrnehmungen beim Raumsinn der Haut, d. h. bei der Auffassung der Zahl- und Werthdifferenzen der irgendwie beschaffenen psychischen Zeichen (Localzeichen), welche, die Druck- oder Temperaturempfindungen begleitend, ihre räumliche Auslegung vermitteln. Sie zeigt sich sehr evident in allen Fällen, wo es sich nicht um die Intensität eines Eindruckes, auch nicht um die Extensität d. h. die Zahl einer Reihe

gleichzeitiger Eindrücke, sondern um die Auffassung der Zahl einer Reihe hintereinanderfolgender Eindrücke handelt, wie folgendes Beispiel lehrt. Lassen wir einen schwingenden Hammer in regelmässigen, verschieden grossen Zeitintervallen auf eine Glocke auffallen, so dass wir sowohl mit dem Auge die Einzelbewegungen des Hammers, als mit dem Ohr die aufeinanderfolgenden Töne gesondert wahrnehmen, so werden wir bei sehr langsamer Folge die in gegebener Zeit z. B. einer Secunde erfolgenden Schwingungen direct zählen und somit sehr genau das Zahlenverhältniss derselben in zwei aufeinander folgenden Reihen bestimmen können. Beschleunigen wir die Hammerbewegung, so kommen wir zu einem Punkt, wo wir zwar die einzelnen Excursionen eben nicht mehr direct zählen können, die Summe derselben in gegebener Zeit aber noch so genau taxiren, dass wir die Verschiedenheit der Geschwindigkeit ihrer Folge mit Sicherheit auffassen, wenn der Hammer z. B. einmal 10, das andere Mal 11 Schwingungen in der Secunde ausführt. Je mehr sich die Bewegung beschleunigt, desto grösser wird die wirkliche Differenz der eben noch als verschieden erkannten Summen von Schwingungen, und wenn sich z. B. herausstellte, dass wir bei 100 Schwingungen in der Secunde eine Zunahme der Geschwindigkeit erst bei einem Zuwachs von 10 Schwingungen erkennen, so wäre damit eine Bestätigung des WEBER'schen Gesetzes für den „Zeitsinn“ geliefert.

Es bedarf keines ausdrücklichen Zugeständnisses, dass die im Vorstehenden gegebene „psychologische“ Erklärung des factischen Verhaltens der Unterschiedsempfindlichkeit keine erschöpfende ist, dass dieselbe einer Uebersetzung in die exacte Sprache der Physiologie noch durchaus unzugänglich ist.

*Fechner's Gesetz.*¹

Fundamental verschieden von der erörterten ist die Auslegung des WEBER'schen Gesetzes, welche FECHNER gegeben, und auf welche derselbe mit grösstem Scharfsinn und tadelloser Folgerichtigkeit weiterbauend sein epochemachendes „psychophysisches Maassverfahren“ begründet hat, eine Auslegung, welche indes-

¹ Anmerkung der Redaction. Der Verfasser hat das psychophysische Gesetz einer ausführlichen Erörterung unterworfen, obgleich dieser Gegenstand nach dem Programm in den zweiten Band verwiesen war, und auch daselbst behandelt ist. Als das Manuscript einging, war FUNKE schon in einem solchen Zustande, dass Verhandlungen unmöglich waren, und auf eigene Hand in einer mit so grosser Sorgfalt ausgeführten Arbeit Veränderungen vorzunehmen, konnte ich mich weder während der Krankheit noch vollends nach dem Tode des Verfassers entschliessen. Dem Leser wird übrigens die doppelte Behandlung eines so streitigen Gegenstandes nicht unwillkommen sein, zumal die beiden Bearbeiter in ihren Urtheilen von einander abweichen.

sen auf einer neuen, durchaus nicht unmittelbar mit den empirischen Unterlagen des Gesetzes gegebenen Voraussetzung ruht, und daher mit dieser Voraussetzung steht und fällt. Dieselbe besteht darin, dass FECHNER die eben merklichen Zuwüchse, welche nach WEBER die Empfindung bei allen verschiedenen absoluten Reizgrössen durch relativ gleiche Reizzuwüchse erfährt, als gleich gross annimmt, in ihnen gleichgrosse elementare Einheiten des Empfindungsvorganges erblickt, dass er, um ein concretes Beispiel anzuführen, den Zuwachs, welchen die Druckempfindung erfährt, wenn wir die auf einer Hautstelle ruhende Last von 29 Gramm auf 30 Grm. erhöhen, für absolut gleich gross mit demjenigen Zuwachs erklärt, welcher bei der Zulage von 1 Pfund zu 29 Pfund Belastung entsteht. Auf Grund dieser Voraussetzung formulirt FECHNER das WEBER'sche Gesetz dahin, dass relativ gleich grossen Reizzuwüchsen absolut gleich grosse Empfindungszuwüchse entsprechen. Mit vollem Recht hat zuerst HERING hervorgehoben, dass dem so formulirten Gesetz die Bezeichnung als WEBER'sches Gesetz nicht zukommt. Während WEBER einen Satz über die Beziehungen zwischen Empfindungs- und Reizgrösse überhaupt nicht aufgestellt hat, und seine grundlegenden Beobachtungen an sich die Ableitung eines solchen überhaupt nicht gestattet, hat FECHNER durch Zuhülfenahme der Prämisse von der Gleichheit der eben merklichen Empfindungszuwüchse den Ausdruck seines Gesetzes, das wir zur Unterscheidung in der Folge als das FECHNER'sche Gesetz bezeichnen werden, in die Thatsachen erst hineingelegt, dieselben zu beweisen für den Satz umgewandelt, dass die Empfindungen nicht in dem von uns vorausgesetzten Verhältniss der Proportionalität, sondern logarithmisch mit der Intensität des Reizes wachsen. Die Art und Weise, wie FECHNER aus dieser vermeintlichen Beziehung zwischen Reiz- und Empfindungsgrössen seine Maassformel für die Berechnung der Empfindungsgrössen aus den zugehörigen Reizgrössen construirt hat, müssen wir hier als bekannt voraussetzen. Wir bemerken nur, dass das Princip derselben durch die weitgehenden Einschränkungen der Gültigkeit des WEBER'schen Gesetzes nicht alterirt wird; wo dasselbe sich nicht bewährt, tritt an seine Stelle irgend welche andere, empirisch festzustellende, gesetzmässige Beziehung der ebenmerklichen Empfindungszuwüchse zum Wachsthum des Reizes. Es würde uns ferner weit über die uns gestellten Grenzen hinausführen, wollten wir uns auf eine erschöpfende Analyse des FECHNER'schen Gesetzes und Kritik der von ihm selbst und Anderen unternommenen Versuche, die in demselben ausgesprochene auffallende

Beziehung zwischen Reiz- und Empfindungsgrössen „psychophysisch“ oder „physiologisch“ zu erklären, einlassen.¹ Für uns handelt es sich vornehmlich darum, im Allgemeinen die Berechtigung des FECHNER'schen Gesetzes und sein eventuelles Vorzugsrecht vor der von uns vertretenen Annahme der Proportionalität zwischen Reiz- und Empfindungsgrössen zu prüfen, da selbstverständlich die Erkenntniss der wahren Beziehung zwischen beiden für die Beurtheilung der Leistungen des Drucksinnes als Lehrer über objective Grössenverhältnisse von wesentlichster Bedeutung ist.

Es ist vor allem hervorzuheben, dass für die Richtigkeit der Voraussetzung, dass alle eben merklichen Empfindungsunterschiede gleich gross seien, weder von FECHNER noch von einem anderen Vertheidiger seines Gesetzes irgend ein haltbarer Beweis erbracht worden ist. Wenn FECHNER behauptet, diese gleiche Grösse sei ein directes Wahrnehmungsergebniss, die eben merklichen Unterschiede erschienen wirklich für die Empfindung gleich gross, so halte ich das für eine Selbsttäuschung, eine solche Beurtheilung überhaupt für eine Unmöglichkeit. Wenn WUNDT folgendermaassen raisonnirt: „ein solcher eben merklicher Intensitätsunterschied ist ein psychischer Werth von constanter Grösse; denn wäre einer derselben grösser oder kleiner als ein anderer, so wäre er grösser oder kleiner als eben merklich, was ein Widerspruch ist“, so ist dies nicht wie er behauptet ein absoluter Beweis für die gleiche Grösse der eben merklichen Unterschiede, sondern wie ihm bereits BRENTANO und MÜLLER entgegengehalten haben, ein ungültiger Zirkelschluss. Wenn MÜLLER HERING gegenüber ausspricht, dass die Annahme gleicher Grösse gleich merklicher Empfindungszuwächse a priori die einfachste und naheliegendste Voraussetzung sei, so kann ich das weder an sich zugestehen, noch wünschen, dass die Wahrscheinlichkeit dieser Annahme in die Wage gelegt werden darf gegenüber der Wahrscheinlichkeit des proportionalen Wachstums der Empfindungen mit den Reizen, auf welche HERING's Raisonement gegen das FECHNER'sche Gesetz sich stützt. Meines Erachtens liegt im Gegentheil die grössere aprioristische Wahrscheinlichkeit auf Seiten der Annahme, dass ein Empfindungszuwachs, um merklich zu werden, im Allgemeinen um so grösser sein muss, je intensiver die Empfindung bereits ist, wie,

1 Wir verweisen in dieser Beziehung ausser auf die bereits citirten Arbeiten von FECHNER, HERING, G. E. MÜLLER noch auf folgende: BERNSTEIN, Z. Theor. d. FECHNER'schen Ges., Arch. f. Anat. u. Phys. 1868. S. 388 und: Unters. üb. d. Erregungsvorg. im Nerven- u. Muskelsyst. Heidelb. 1871; WUNDT, Grundz. d. physiol. Psychologie S. 282; BRENTANO, Psychol. vom empir. Standp. S. 88. Leipzig 1874; LANGER, Grundlagen d. Psychophys. Jena 1876.

um einen trivialen Vergleich anzustellen, der Zuwachs eines Groschens in der gefüllten Börse des Reichen unmerklich verschwindet, während er im Beutel des Armen eine beachtenswerthe Fortune morale darstellt. Es wird doch, um nochmals auf das Beispiel von den Hammer-schwingungen zurückzukommen, gewiss Niemand behaupten wollen, dass wenn wir in einem Fall 10 von 11 Schwingungen in der Secunde, im andern 100 von 110 eben merklich unterscheiden, der Zuwachs des psychischen Processes, auf welchen sich die Beurtheilung des Unterschiedes gründet, in beiden Fällen gleich gross sei, dass nicht das Plus von zehn Empfindungsstössen in der Secunde einen grösseren Zuwachs darstelle, als das Plus von einem.

In überzeugender Weise hat meines Dafürhaltens E. HERING die Unhaltbarkeit des FECHNER'schen Gesetzes aus seinen eigenen Consequenzen demonstrirt, gezeigt, dass die thatsächliche, wenigstens annähernd richtige Vorstellung, welche wir durch unsere Sinne von dem Verhältniss extensiver und intensiver Grössen in der Aussenwelt erhalten, unmöglich bei einem logarithmischen sondern nur bei einem proportionalen Wachsthum der Empfindung mit den Reizgrössen gewonnen werden kann, dass wir nur durch ein proportionales Wachsthum beider direct in den Stand gesetzt werden, unseren willkürlichen Kraftaufwand nach der Grösse der durch ihn zu überwindenden äusseren Kräfte richtig zu bemessen. Ich kann nicht zugeben, dass diese klaren Argumentationen HERING's durch die dagegen von FECHNER und MÜLLER erhobene Polemik erschüttert oder gar widerlegt sind. Nach HERING ist es eine logische Consequenz des FECHNER'schen Gesetzes, dass wenn man in einem Fall zu einer Belastung der Haut von 100 Grm. weitere 100 Grm. und in einem zweiten Fall zu einer Belastung von 1000 Grm. weitere 1000 Grm. hinzufüge, in beiden Fällen der Zuwachs gleich gross erscheinen müsste, was thatsächlich keineswegs der Fall ist und zu der grössten Täuschung über äussere Gewichtsverhältnisse führen müsste. Die Schlussfolgerung HERING's ist unanfechtbar. Denken wir uns einerseits der Last von 100 Grm. zunächst soviel zugelegt, dass ein eben merklicher Empfindungszuwachs eine Vermehrung der Empfindungsgrösse um eine elementare Einheit entstände, dann die Last wieder successiv soweit gesteigert, bis die zweite eben merkliche Verstärkung der Empfindung einträte und so fort, so wird der Vermehrung der Belastung um 100 Grm. also um ihre ursprüngliche Grösse eine ganz bestimmte Anzahl solcher elementarer Empfindungszuwächse, welche nach FECHNER unter sich gleich gross sind, entsprechen. Verfahren wir nun andererseits genau ebenso bei einer

ursprünglichen Belastung von 1000 Grm., so haben wir wiederum, wenn wir bei ihrer Verdoppelung angelangt sind, eine Anzahl elementarer Zuwüchse an die ursprüngliche Empfindung angebaut. Da nun nach dem WEBER'schen Gesetz diese Anzahl genau so gross sein muss, wie im ersten Fall und nach dem FECHNER'schen Gesetz diese einzelnen Zuwüchse nicht nur unter sich, sondern auch mit denen der ersten Reihe gleich gross sind, müssen die 1000 Grm., welche wir den 1000 Grm. zulegen uns ebenso schwer erscheinen, wie die 100 Grm., welche wir den 100 Grm. zulegen; die 1000 Grm. Zulage erscheinen uns aber in Wirklichkeit weit schwerer als die 100 Grm. Zulage, folglich muss der der Beurtheilung ihrer Grösse zu Grunde liegende Empfindungszuwachs auch grösser sein, folglich können, wenn wir uns denselben in der beschriebenen Weise successiv aufgebaut denken, die einzelnen Bausteine, d. i. die eben merklichen Empfindungszuwüchse, nicht gleich gross sein. MÜLLER sucht dieses HERING'sche Raisonement folgendermaassen zu entkräften. Das FECHNER'sche Gesetz besage nur, dass bei gleichen relativen Reizzuwüchsen die Empfindungszuwüchse gleich gross seien, aber nicht, dass uns die Reizzuwüchse, welche diese gleich grossen Empfindungszuwüchse bewirken, ebenfalls gleich gross erscheinen müssten! Wir hätten die vielfältige Erfahrung gemacht, dass ein Gewicht von bestimmter Schwere, wenn es zu anderen bereits vorhandenen Belastungen hinzugefügt werde, einen um so weniger merklichen Zuwachs erzeuge, je grösser die letzteren bereits seien, und dass Gewichte, welche zu vorhandenen Lasten zugefügt, gleich merkliche Empfindungszuwüchse bewirkten, um so grösser seien, je beträchtlicher die vorhandene Last, und so lernten wir allmählich einen gleich merklichen Zuwachs der Empfindung auf einen um so grösseren Reizzuwachs zu beziehen, je beträchtlicher die ursprüngliche Empfindungsintensität, zu welcher jener hinzukommt. Welche unübersehbar langwierige und complicirte Erfahrungsschule müssten wir durchmachen, ehe wir dahin kämen, nicht allein die unbedingt natürlichste, von selbst sich aufdrängende Vorstellung, dass gleichen Empfindungszuwüchsen gleiche Reizzuwüchse entsprechen, überhaupt Lügen zu strafen, sondern auch in der ganzen Breite der Intensitätsscala der Empfindungen eine den objectiven Verhältnissen einigermaassen entsprechende Correctur jener Trugvorstellung mit einiger Sicherheit in jedem gegebenen Fall auszuführen! Auf welchem Wege sollten wir überhaupt zu diesem Erfahrungsschatz gelangen, da weder der Muskelsinn noch der Gesichtssinn, deren unmittelbare Aussagen ja nach FECHNER in dem gleichen Widerspruch zu den objectiven Verhält-

nissen stehen, belehrend eintreten, die Aussage des Drucksinnes corrigiren könnten. Man sollte meinen, dass nur umfassende methodische Versuchsreihen mit bekannten Gewichten Aussicht böten, zu einer richtigen Beurtheilung objectiver Gewichtsverhältnisse trotz des FECHNER'schen Gesetzes zu gelangen. Wie einfach und natürlich ergiebt sich dagegen eine solche, wenn wir die durch nichts erwiesene Voraussetzung, auf welche jenes Gesetz basirt ist, fallen lassen und an ihre Stelle die weit plausiblere Annahme der Proportionalität zwischen Empfindungs- und Reizgrössen setzen! Wir übertragen dann einfach in derselben Weise wie wir die Qualitäten der Empfindungen in die vorgestellten Empfindungsobjecte verlegen, die Intensitäten derselben auf die objectiven Empfindungsursachen, das bewusstwerdende Verhältniss zweier Druckempfindungsintensitäten auf das Gewichtsverhältniss der drückenden Objecte. Der Seele überhaupt das Vermögen abzusprechen, Unterschiede und Verhältnisse von Gewichtsempfindungen aufzufassen, erscheint mir schlechterdings unberechtigt. Eine solche Auffassung ist entschieden von Haus aus vorhanden, wenn auch in noch so unvollkommenem Maasse oder auch keine Rede davon ist, dass wir ohne Weiteres das aufgefasste Verhältniss zweier Empfindungsstärken in Zahlen auszudrücken vermöchten. Ganz sicher sind wir ohne alle Erfahrungshülfe im Stande, die Druckempfindungen, welche durch Belastung der Haut mit 100, 200, 500 und 1000 Grm. erzeugt werden, nicht allein in Bezug auf ihre Intensität in eine den Belastungen entsprechende Reihe zu ordnen, sondern auch zu erkennen, dass der Unterschied der Intensitäten, welche zu 500 und 1000 Grm. gehören sehr viel grösser ist, als derjenigen, welche zu 200 und 500 Grm. gehören u. s. f. und dass ersterer Unterschied sich etwas aber wenig vergrössert, wenn wir 1100 statt 1000 Grm. mit 500 Grm. vergleichen, das ist aber eben eine Auffassung von Verhältnissen der Empfindungsstärken.

Ebenso klar zeigt HERING, dass nur aus der Annahme der Proportionalität zwischen Gewichts- und Empfindungsgrösse sich in ungezwungener Weise die Thatsache erklärt, dass wir den verschiedenen Gewichtsgrössen entsprechend den Kraftaufwand unserer Muskeln, durch welche wir dieselben überwinden, welche wir z. B. verwenden müssen, um ein Gewicht von 1000 Grm. ebensoweit zu werfen, wie 100 Grm., auch ohne umständliche Uebung und Erfahrung annähernd richtig bemessen. Wüchsen die Gewichtsempfindungen logarithmisch mit den Gewichten, so müsste man zur Erklärung dieser Thatsache die äusserst unwahrscheinliche und unerweisliche Hülfshypothese machen, dass dieses Missverhältniss dadurch compensirt würde, dass

zwischen der Grösse des Willensimpulses und der dadurch ausgelösten Kraftentwicklung der Muskeln das umgekehrte logarithmische Verhältniss bestände, d. h. dass letztere gleich den Zahlen wachse, wenn erstere nur gleich den Logarithmen zunehme. Sehr spät und schwer würden wir, wenn wir von dieser Hypothese Abstand nehmen, die richtige Kraftbemessung erlernen, sobald wir zuvor erst auf dem oben angedeuteten Erfahrungsweg die ursprünglichen Trugangaben des Drucksinnes über objective Gewichtsverhältnisse zu corrigiren lernen müssten.

Denjenigen, welche dem FECHNER'schen Gesetz Gültigkeit zuerkennen, stellt sich die weitere schwierige Aufgabe, die darin ausgesprochene, an Analogien mindestens sehr arme logarithmische Beziehung zwischen Ursache und Wirkung, Reiz und Empfindung zu erklären, nachzuweisen, in welchem Glied der zwischen Reiz und Empfindung befindlichen Kette von Vorgängen dieselbe an die Stelle der proportionalen Beziehung tritt. Da wir diese Anerkennung nicht theilen, dürfen wir uns auf eine gedrängte Skizze des heutigen Standpunktes dieser Frage beschränken.

Die zwischen Reiz und Empfindung liegende vermittelnde Processkette gliedert sich in folgende Einzelvorgänge; erstens in den durch den äusseren Reiz hervorgerufenen inneren Sinnesreiz, welcher von ersterem wesentlich verschieden sein kann, im Auge z. B. vermuthlich ein chemischer Vorgang, welcher die Lichtätherbewegung erzeugt, ist, zweitens den durch diesen inneren Reiz geweckten überall identischen Nervenerregungsvorgang, drittens den durch diesen wiederum ausgelösten, seinem Wesen nach noch völlig unbekannt, in jeder Sinnessphäre specifisch verschiedenen physischen Process in den Endapparaten, den Ganglienzellen, in welchen die Sinnesnervenfasern endigen, welcher letztere Vorgang die unmittelbare Unterlage des psychischen Processes der Empfindung ist, und daher von FECHNER mit dem Namen „psychophysischer Process“ bezeichnet worden ist. Die Erklärungsversuche des FECHNER'schen Gesetzes zerfallen, dieser Gliederung entsprechend, in zwei Gruppen, in physiologische, welche irgend einem der aufgezählten physischen Glieder eine logarithmische Abhängigkeit von seinem Vorgänger zuerkennen und in psychophysische, welche zwischen diesen Gliedern Proportionalität voraussetzen und das logarithmische Verhältniss erst zwischen dem psychophysischen Endglied und dem psychischen Empfindungsvorgang statuiren. Der Begründer der letzteren Hypothese ist FECHNER selbst, sein Gesetz im Sinne dieser Hypothese ausgesprochen, lautet daher dahin, dass die Empfindungs-

stärke in arithmetischer Progression wächst, wenn die psychophysische Thätigkeit in geometrischer Progression zunimmt, oder dass die Empfindungsintensität logarithmisch mit der Intensität des psychophysischen Vorganges wächst. Zu dieser Auffassung ist FECHNER zunächst auf dem Wege der Ausschliessung gelangt. Weil es ihm „im Sinne der physikalischen und physiologischen Gesetze undenkbar ist“, dass zwischen physischen Vorgängen, wie sie der Reiz und die physiologischen Glieder der Kette bis zum psychophysischen Process repräsentiren, eine andere Beziehung als die der Proportionalität bestehe, sieht er sich genöthigt, die von seinem Gesetz geforderte logarithmische Beziehung zwischen Leib und Seele, zwischen dem Endglied der physiologischen Kette und dem psychischen Process der Empfindung zu suchen, zwischen welchen ihm bei ihrer angeblich wesentlichen Verschiedenheit eine solche Beziehung sehr wohl denkbar erscheint. Mit Recht ist FECHNER entgegengehalten worden, dass a priori eine Abweichung der Beziehung zwischen psychischem und psychophysischem Vorgang von der Proportionalität mindestens ebenso unwahrscheinlich ist, wie für die Beziehung der einzelnen physiologischen Glieder zu einander, da zwischen beiden ein ebenso unmittelbares Causalitätsverhältniss besteht, wie zwischen jenen, abgesehen von der materialistischen Anschauung, welche psychophysischen und psychischen Process für identisch erklärt, abgesehen von FECHNER's eigener Auffassung, nach welcher beide nur verschiedene Erscheinungsweisen desselben Wesens sind. Von den positiven Gründen, durch welche FECHNER seine psychophysische Erklärung zu stützen sucht, ist kein einziger beweiskräftig, so z. B. nicht die Thatsache der Reizschwelle, welche FECHNER als eine nothwendige Forderung seiner Erklärung hinstellt, für welche er dagegen mit Unrecht, wie wir oben gesehen haben, die Möglichkeit einer physiologischen Erklärung leugnet. Auf der anderen Seite ist es aber auch nicht gelungen, eine haltbare physiologische Erklärung des FECHNER'schen Gesetzes an die Stelle der physiopsychischen zu setzen, das Bestehen der Proportionalität zwischen Reiz und Nervenerregung oder dieser und dem psychophysischen Process in den Ganglienzellen zu widerlegen, oder gar die logarithmische Abhängigkeit je zweier solcher Glieder von einander zu erweisen, oder nur wahrscheinlich zu machen. Solange wir kein brauchbares directes Maass für die Stärke der Nervenerregung und für den noch gänzlich unnahbaren Vorgang in den Empfindungszellen haben, wird eine strenge Beweisführung für die eine oder die andere Art der Beziehung derselben zu einander überhaupt unmög-

lich sein. Einen originellen und geistreichen Versuch, das WEBER'sche Gesetz physiologisch zu erklären, hat BERNSTEIN gemacht. Allein die Prämissen, auf welchen derselbe aufgebaut ist, sind so wenig thatsächlich begründet und in mehrfacher Beziehung so bedenklich, dass wir ihn als berechtigte Hypothese nicht anerkennen können, und darum von einer ausführlichen kritischen Erörterung desselben hier absehen dürfen.

BERNSTEIN stellt sich den Centralapparat, welchem die einmündenden sensiblen Nervenfasern die von ihnen geleitete Erregung zur Weiterleitung und Auslösung psychophysischer Thätigkeit übergeben, in Form eines in einer Fläche angeordneten regelmässigen Systems untereinander anastomosirender Ganglienzellen vor. Jede solche Ganglienzelle setzt der Aufnahme und dem Durchgang der Erregung einen gewissen Widerstand entgegen, welcher überboten werden muss, damit die Erregung überhaupt in die Zelle eintreten kann, woraus sich die Thatsache der Schwelle ergibt, und welcher für jede den Schwellenwerth übersteigende Erregung bei ihrem Durchgang einen gewissen Intensitätsverlust bedingt. Dieser Verlust ist nach BERNSTEIN in jedem Moment der Intensität der Erregung proportional. Derselbe soll die Quelle der Empfindung sein, d. h. der verschwindende Theil der lebendigen Kraft der Erregung soll verwendet werden, in der Ganglienzelle aufgespeicherte Spannkraft in die entsprechende Summe der lebendigen Kräfte, welche der psychophysischen Thätigkeit zu Grunde liegen, umzusetzen. Tritt nun eine Erregung, welche z. B. ein Hautreiz in einer Tastnervenfasern erzeugt, und welche von ihr ohne Schwächung in der ursprünglichen, dem Reiz proportionalen Intensität bis zum Centrum geleitet wird, an das hypothetische Ganglienzellensystem heran, so wird dieselbe, wenn ihre Intensität den Schwellenwerth um eine bestimmte Grösse überschreitet, nicht allein in die direct mit der Tastfaser verbundene Zelle eintreten, sondern auch, wenn der Verlust in derselben sie nicht unter den Schwellenwerth herabsetzt, in den die erste Zelle zunächst umgebenden Zellenring durch die Anastomosen übertreten, in demselben ebenfalls psychophysische Thätigkeit auslösend, und wenn sie dadurch noch nicht unter den Schwellenwerth gebracht ist, in einen zweiten concentrischen Zellenkreis u. s. f. Die zuerst von der Erregung betretene Ganglienzelle stellt demnach nach BERNSTEIN das Centrum eines Irradiationskreises dar, dessen Radius mithin die Zahl der von der Erregung unter Umsetzung in psychophysische Thätigkeit durchlaufenen Ganglienzellen, von der ursprünglichen Intensität der Erregung abhängt. Von der Grösse des Irradiationskreises, mit anderen Worten von der Länge des im Centrum unter stetigem Verlust von der Erregung zurückgelegten Weges, mithin von der Zahl der von ihr unter Auslösung psychophysischer Thätigkeit passirten Ganglienzellen soll die Intensität der Empfindung abhängen. Unter den oben angedeuteten Voraussetzungen ergibt sich daraus das von FECHNER'S Gesetz geforderte Verhältniss der Empfindungsstärke zur Reizstärke.

Die Bedenken, welche dieser Theorie entgegenstehen, liegen zu Tage. Durchaus willkürliche Annahmen sind: Die der Existenz eines so regel-

mässigen flächenhaft ausgebreiteten Zellennetzes, als centralen Erregungsreizes, die Annahme der Ausbreitung der Erregung in demselben nach Art eines Wellenringes, die Annahme eines (in den peripherischen Leitungswegen fehlenden) specifischen Widerstands auf diesem Wege, welcher zugleich die Ursache der Begrenzung der Ausbreitung der Erregung, und der Entstehung von Empfindung aus ihr nach Analogie der Wärmebildung durch Reibung ist, mithin auch die aus dem vorhergehenden abgeleitete Annahme, dass jede Empfindung sich aus einer Summe von Einheiten, welche von den in jeder einzelnen Ganglienzelle des Inundationsgebietes freigemachten Quoten psychophysischer Thätigkeit gebildet werden, zusammensetzt. Es lässt sich ferner zeigen, dass BERNSTEIN'S Theorie nicht mit allen physiologischen Thatsachen in Einklang zu bringen ist. So scheint mir dieselbe in einem, von ihrem Urheber nicht gelösten Conflict mit den Thatsachen des Raumsinnes der Haut (s. unten) zu stehen. Man muss sich doch vorstellen, dass in das continuirliche Ganglienzellennetz sich in gewissen Abständen die von den verschiedenen Hautpunkten kommenden Leitungsfasern inseriren. Wächst nun mit der Intensität der Erregung einer bestimmten Faser das centrale Irradiationsgebiet derselben weiter und weiter, so wird doch ein Punkt kommen müssen, wo dieselbe auch solche Zellen betritt, welche regelmässig dem Irradiationsgebiet der benachbarten Faser angehören, ja selbst die Einmündungszelle der letzteren. Die Folge dieses Einbruchs in fremdes Gebiet müsste daher nothwendig auch die Entstehung derselben Ortsvorstellung, welche die Erregung der benachbarten Faser regelmässig bedingt, sein; d. h. mit der wachsenden Intensität der Erregung einer Faser müsste eine weiter und weiter gehende scheinbare räumliche Irradiation der Empfindung neben der Zunahme ihrer Stärke einhergehen. Eine solche räumliche Irradiation, welche alle objectiven Belehrungen des Drucksinnes trügerisch machen müsste, findet aber bei Druckempfindungen niemals statt, sondern nur bei Gemeingefühlen, für welche wir oben besondere Leitungs- und Empfindungswerkzeuge wahrscheinlich zu machen gesucht haben. Es findet eine solche mit BERNSTEIN'S Auffassung vereinbare Ausbreitung unter Umständen bei Steigerung der Intensität schmerzzerregender Einwirkungen statt, aber auch hier nicht in so regelmässiger Weise und in so strenger Proportionalität zur Stärke des Reizes, wie man erwarten sollte. Es irradiiren aber auch besonders leicht das Kitzel- und Schaudergefühl, welche überhaupt nur durch die schwächsten Hautreize hervorgerufen werden, und bei denen von einem der Reizstärke proportionalen Wachsthum des Ausbreitungsgebietes keine Rede ist. Ausserdem erscheint es überhaupt nicht plausibel, dass von demselben Moment, dem Umfang des centralen Ausbreitungsgebietes der Erregung gleichzeitig die Intensität der Empfindung und die scheinbare räumliche Ausdehnung des peripherischen Reizgebietes abhängen soll.

In Kürze wollen wir noch eines geistreichen Versuchs gedenken, welchen LOTZE¹ neuerdings gemacht hat, die vermeintliche Thatsache des sprungweisen Wachsthums der Empfindungen trotz stetiger Zunahme der Reizstärke physiologisch zu erklären. LOTZE verwerthet hierzu die-

1 H. LOTZE, Syst. d. Philos. II. Th. Metaphysik. S. 513. Leipzig 1879.

selbe der Mechanik entlehnte Hypothese, welche meines Wissens zuerst ROSENTHAL in die Physiologie eingeführt hat, zur Erklärung der Periodicität der Erregungsentladungen in gewisse Gruppen motorischer Nerven trotz stetiger Reizwirkung auf ihr Innervationscentrum, speciell zur Erklärung der rhythmisch unterbrochenen Innervation der inspiratorischen Nerven trotz stetiger Reizung des Athemcentrums. ROSENTHAL statuirt bekanntlich einen Widerstand, welcher der Entladung der stetig in den betreffenden Centralapparaten freigemachten Kräfte durch eine in die motorischen Nerven abfließenden Erregung entgegensteht und somit bedingt, dass die freigemachten Kräfte sich immer erst zu einem gewissen Grade anstauen müssen, ehe sie den Durchbruch erzwingen, während dieser Durchbruch jedesmal eine solche Erschöpfung des Kraftspeichers bewirkt, dass der Widerstand wieder die Oberhand gewinnt, um erst durch eine neue Ansammlung auf's Neue überwunden zu werden. In ähnlichem Sinne meint LOTZE, „dass man einen Bau des Nerven so voraussetzen könne, dass von jedem erreichten Grade der Erregung an eine bestimmte Sammlung und Steigerung derselben nöthig ist, um eine Bewegung zu erzeugen, die von ihm als Reiz für die Entstehung einer neuen Empfindung abgegeben werden kann; diesen Anregungen würde dann die Empfindung proportional an Intensität zunehmen.“ Abgesehen davon, dass, wie LOTZE selbst zugiebt, schwer auszudenken ist, wie eine solche Hemmungseinrichtung im Nerven realisirt sein soll, abgesehen davon, dass jeder Beweis für eine sprungweise Verstärkung der einfachen Empfindung fehlt, die Thatsache der Unterschiedsschwelle sich unseres Erachtens weit ungezwungener aus der Unvollkommenheit des Auffassungsvermögens für verschiedene Empfindungsintensitäten erklärt (siehe oben), unterliegt LOTZE'S Hypothese an sich schwerem Bedenken. Wäre sie begründet, so müsste man nothwendig voraussetzen: erstens, dass bei einem ganz stetigen Anschwellen des Reizes die stossweise Verstärkung der Empfindung sich im Bewusstsein geltend machte, zweitens, dass bei einer gewissen Langsamkeit des Anschwellens des Reizes sogar Unterbrechungen der Continuität der Empfindung eintreten, Pausen, welche den über eine gewisse Grenze ausgedehnten Anstauungsperioden der Erregung entsprächen. Beides tritt aber unter keinen Umständen ein.

DRITTES CAPITEL.

Der Muskelsinn.

I. Muskelsinn und Drucksinn.

Wie bereits aus den vorstehenden Erörterungen sich ergibt, besitzt der Organismus für die Wahrnehmung und Messung derselben äusseren Einwirkungen, welche der Beurtheilung durch den Drucksinn unterliegen, noch einen zweiten Sinn in dem sogenannten „Mus-

kelsinn“, welcher in Rücksicht auf die hier in Betracht kommenden Leistungen auch als „Kraftsinn“ (WEBER) bezeichnet wird. Wir erhalten eine Vorstellung von der Schwere eines Gewichts ausser aus der Intensität der Druckempfindung, welche dasselbe durch Compression der Haut erzeugt, auch aus der Intensität einer specifischen Empfindung, welche die Anstrengung der beim Heben des Gewichts oder der Verhinderung seines Falles thätigen Muskeln begleitet, und welche je nach der unten zu discutirenden Auffassung ihrer Entstehung Muskelgefühl, Anstrengungsgefühl, Bewegungsempfindung oder Innervationsgefühl benannt wird. Auch diese Empfindung ist selbstverständlich wie die Druckempfindung ursprünglich ein rein subjectiver psychischer Vorgang, dessen Objectivirung, dessen Uebertragung auf gewisse zu ihm in Bezug stehende äussere Verhältnisse, den Grad eines äusseren Widerstands, welchen die Muskeln bei ihrer Contraction überwinden, die Schwere eines Gewichts, die lebendige Kraft einer bewegten Masse, welche wir durch Muskeleaction zum Stillstand bringen, auf empirischem Wege gewonnen ist. Eine anderweitige objective Verwerthung der Muskelgefühle, ihre Beziehungen zu den räumlichen Wahrnehmungen wird unten beim Raumsinn der Haut zur Sprache kommen. Durch diese Objectivirung werden die fraglichen Empfindungen zu ächten Sinnesempfindungen. Als solche stehen sie einer zweiten, ebenfalls durch die thätigen Muskeln vermittelten Empfindung, dem subjectiv bleibenden in den Muskeln localisirten Gemeingefühl der Ermüdung oder des Muskelschmerzes, welches bei übergrosser oder sehr anhaltender Anstrengung der Muskeln eintritt, gerade so gegenüber, wie eine Druckempfindung einem von der Haut aus erregten Schmerzgefühl.

Im täglichen Leben werden Drucksinn und Muskelsinn meistens gleichzeitig bei der Lösung ihrer gemeinschaftlichen Aufgaben beider verwendet, jedoch mit wechselnder Bevorzugung der Aussagen des einen oder des anderen. Wollen wir die Schwere eines Gewichts taxiren, so heben wir das mit der Hand erfasste Gewicht, und wiederholen diesen Process ein oder mehrere Mal zur Sicherung des Urtheils, welchem ebensowohl die Grösse der Druckempfindung von den belasteten Hautpartien der Hand als die Intensität des Anstrengungsgefühls der hebenden Muskeln zu Grunde gelegt werden kann. Bei schwereren Lasten wenden wir unsere Aufmerksamkeit mehr weniger ausschliesslich den Aussagen des Muskelsinnes, welcher in diesem Fall mehr leistet, zu, bei kleineren Gewichten, welche gegen das Gewicht der mitzuhebenden Körpertheile Hand, Arm zurück-

treten, verwerthen wir hauptsächlich die Druckempfindungen. Wie wir oben nachwiesen, sind bei einer grossen Anzahl der Gewichtsversuche, welche zur Prüfung der Richtigkeit des WEBER'schen (oder FECHNER'schen) Gesetzes angestellt worden sind, die Aussagen beider Sinne nicht in genügender Weise gesondert worden. Während aber eine isolirte Prüfung des Drucksinnes nach dem von WEBER angegebenen Princip mit Sicherheit ausführbar ist, sind die zur völligen Ausschaltung des Drucksinnes bei der Prüfung der Leistungen des Muskelsinnes verwendeten Methoden weniger unbedenklich. WEBER legte die zu prüfenden Gewichte in ein zusammengeschlagenes Tuch, dessen vereinigte Zipfel beim Heben mit der Hand umfasst wurden. Da hierbei die Handfläche um so stärker an das Tuch angepresst werden muss, je schwerer die Last, um das Herausgleiten zu verhindern, entsteht offenbar eine mit der Grösse des Gewichts wachsende Druckempfindung neben dem Muskelgefühl, wenn dieselbe auch bei der Bildung des Urtheils vernachlässigt wird, wie aus dem von WEBER betonten Umstand hervorgeht, dass die Vorstellung von der Schwere des Gewichts nicht durch willkürliche Verstärkung des Druckes der Hand gegen das Tuch alterirt wird und aus einigen interessanten Beobachtungen LEYDEN's¹, in denen er bei pathologischer Depression der Hautempfindlichkeit für Druck, die Unterschiedempfindlichkeit für gehobene Gewichte nicht herabgesetzt fand.

II. Feinheit des Muskelsinnes.

Um die Feinheit der Leistungen des Muskelsinnes festzustellen, verwendete WEBER dasselbe Princip, nach welchem er die Feinheit des Drucksinnes mass, d. h. er bestimmte nach der Methode der eben merklichen Unterschiede, wie klein die Differenz zweier nacheinander auf die beschriebene Weise gehobener Gewichte gemacht werden konnte, ohne unmerklich zu werden. Er fand, dass im günstigsten Fall noch Gewichte für verschieden schwer erkannt wurden, welche sich wie 39:40 verhielten, und schliesst daraus, dass die Feinheit des Muskelsinnes weiter gehe, als die des Drucksinnes, bei welchem in seinen Versuchen die Grenze bei einem Verhältniss von 29:30 erreicht war. Durch gleichzeitige Verwendung beider Sinne konnte er keine weitergehende Feinheit der Unterscheidung erzielen.

Aus dem Umstand, dass WEBER die Leistungsgrenze durch ein Zahlenverhältniss ohne Zusatz der absoluten Gewichtsgrössen ausdrückt, folgt,

1 LEYDEN, Arch. f. pathol. Anat. XLVII. S. 321.

dass er auch für den Muskelsinn die Gültigkeit seines Gesetzes, nach welchem dem kleinsten merklichen Unterschied bei allen absoluten Grössen der Reizstärke derselbe relative Reizzuwachs entspricht, statuirt. Leider fehlt in WEBER's eigenen Beobachtungen für diese Uebertragung des aus dem Verhalten des Drucksinnes abgeleiteten Gesetzes auf den Muskelsinn die Begründung, da er bei den hierher gehörigen Versuchen die absolute Reizstärke gar nicht variierte, sondern nur für das Gewicht von 78 Unzen den kleinsten eben merklichen Zuwachs bestimmte. Der Einzige der späteren Experimentatoren, welcher eine isolirte Prüfung der Feinheit des Muskelsinns nach WEBER's Methode und der Gültigkeit des WEBER'schen Gesetzes für denselben unternommen, HERING mit seinen Schülern BIEDERMANN und LÖWIT, ist dabei zu Resultaten gelangt, welche zu dem fraglichen Gesetz in schroffem Widerspruch stehen. Der kleinste eben unterscheidbare Gewichtszuwachs, welcher bei einem Hauptgewicht von 250 Grm. $\frac{1}{21}$ (12 Grm.) betrug, sank bei der successiven Steigerung des Hauptgewichts bis zu 2500 Grm. allmählig auf $\frac{1}{114}$ herunter, um dann bei der weiteren Erhöhung des letzteren auf 2750 Grm. wieder auf $\frac{1}{98}$ zu steigen. Es wuchs demnach die Unterschiedsempfindlichkeit mit der Vergrösserung der absoluten Reizstärke anfangs sehr beträchtlich, und nahm später wieder ab.

Die Meisten, welche überhaupt mit WEBER vom Muskel selbst aus hervorgerufene Empfindungen als die Grundlage des Muskelsinnes betrachten, haben sich auch seiner weiteren Annahme angeschlossen, dass diese Empfindungen nicht bloß bei der activen Contraction der Muskeln, durch welche sie einen äusseren Widerstand, wie die Schwere eines Gewichtes überwinden, sondern auch bei ihrer passiven Dehnung, z. B. durch den Zug eines Gewichtes, zu Stande kommen. Als Beweis dafür führt WEBER an, dass, wenn er den Arm schlaff über eine Stuhllehne herabhängen liess, so dass er in der Achselhöhle unterstützt war, und nun an demselben mittelst eines um die Handwurzel geknüpften Tuches verschiedene Gewichte ziehen liess, er den Gewichtsunterschied wahrnehmen konnte. WEBER selbst giebt zu, dass hierbei die Einmischung der von der Haut der Achselhöhle und der Handwurzel aus erzeugten, mit der Belastung wachsenden Druckempfindungen nicht ausgeschlossen war, glaubt aber doch, den Hauptantheil an der Unterscheidung den durch die Dehnung der Armmuskeln erweckten Empfindungen zuerkennen zu müssen. Ich kann dieser Behauptung nicht beistimmen. Erstens ist der Umfang der (durch das Nachgeben in den Gelenken) möglichen Dehnung der Muskeln ein sehr geringer, und schon bei geringen Belastungen seine Grenze erreicht. Zweitens habe ich mich durch einige directe Versuche überzeugt, dass bei diesem Verfahren die Unterschiedsempfindlichkeit viel weniger fein ist, als bei Hebung der Gewichte, dass ein Unterschied, welcher bei schlaff hängendem Arm nicht erkannt wird, sofort bei der geringsten Energieentwicklung der Muskeln zur Hebung merklich wird. Es liegt meines Erachtens kein haltbarer Grund vor, unter den angegebenen Verhältnissen neben den bezeichneten Hautgefühlen noch eine weitere Quelle für die Beurtheilung der Gewichtsgrössen anzunehmen. Ob ein Muskel bei ungehemmter Dehnung durch Gewichte, welche an einem freien Ende desselben ziehen, zur Unterscheidung der letzteren

brauchbare, den Contractionsgefühlen gleichartige Empfindungen auszulösen vermag, ist begreiflicherwise nicht entschieden.

Obwohl die Physiologie des Muskelsinnes strenggenommen nicht in das Gebiet unserer Aufgabe gehört, und eine erschöpfende Erörterung derselben ohne gleichmässige Berücksichtigung aller seiner mannichfachen Leistungen, ganz besonders auch derjenigen, durch welche er an den Gesichtswahrnehmungen wesentlichen Theil nimmt, nicht möglich ist, können wir uns doch einer kritischen Behandlung der viel discutirten Frage nach der Natur und Entstehung der Empfindungen, welche ihm zu Grunde liegen, nicht entziehen, schon darum nicht, weil ihm ein gesondertes Capitel in diesem Handbuch nicht angewiesen ist, und weil Einige versucht haben, die hier in Betracht kommenden Leistungen desselben auf eine versteckte Thätigkeit des Tastsinns, zurückzuführen.

III. Theorien des Muskelsinnes.

Drei wesentlich verschiedene Grundannahmen sind es, auf welche die einander gegenüberstehenden Erklärungsversuche der Äeusserungen des sogenannten Muskelsinnes basirt sind. Nach der einen zuerst von CHR. BELL¹ bestimmt ausgesprochenen, von E. H. WEBER weiter ausgeführten Theorie beruhen dieselben auf der Thätigkeit eines specifischen Sinnesnervenapparats. Eigenthümliche im Innern der Muskeln endigende sensible Fasern sind es, welche an ihren specifischen Enden irgendwie bei der Contraction der Muskeln in einer der Energie und dem Umfang der Zusammenziehung proportionalen Stärke erregt, diese Erregung specifischen centralen Empfindungsapparaten zuleiten, in denen dieselbe eine specifische, ebensowenig wie eine andere Empfindungsmodalität definirbare Art von Empfindungen auslöst, welche dann wie andere Sinnesempfindungen der weiteren psychischen Verarbeitung, der Verknüpfung mit den verschiedenartigsten Vorstellungen, z. B. also der Vorstellung der vom Muskel entwickelten Kraft und der durch dieselbe überwundenen äusseren Widerstände unterliegen. Nach einer zweiten Theorie sind „centrale Innervationsgefühle“, d. h. die in ihrer Qualität und Intensität direct zum Bewusstsein gelangenden Willensimpulse, welche von den centralen Ursprungsapparaten der motorischen Nerven aus durch deren Erregung die Muskelthätigkeit vermitteln, die Grundlagen des Muskelsinnes. Nach einer dritten Ansicht endlich beruhen die demsel-

¹ CHR. BELL, Phys. u. pathol. Unters. d. Nervensyst., übers. von ROMBERG S. 185. 1832.

ben zugeschriebenen Wahrnehmungen überhaupt nicht auf specifischen Empfindungen, sondern auf Interpretationen von Hautgefühlen, welche bei der Stellungs- und Formveränderung der Glieder durch Muskelcontraction in gedehnten oder gedrückten Hautpartien entstehen, oder auch durch Druck der Weichtheile auf Hautnervenfasern im Verlauf hervorgerufen werden sollen. Einige haben die letzten beiden Theorien combinirt, eine gleichzeitige Benutzung der Innervations- und Hautgefühle zur Bildung der in das Gebiet des Muskelsinnes verwiesenen Vorstellungen angenommen. Als entschiedene Gegner der BELL-WEBER'schen Theorie sind besonders SCHIFF, WUNDT, BAIN und HERING¹ hervorgetreten, während sie selbst untereinander in der Erklärung des Muskelsinnes nicht vollständig harmoniren. WUNDT ist der Hauptvertreter der Innervationsgefühle, während SCHIFF den Hautgefühlen den Hauptantheil an den Leistungen des Muskelsinnes zuzuschreiben gesucht hat. Es liegt auf der Hand, dass die Uebertragung des physiologischen Begriffes eines Sinnes auf den Muskelsinn und seine Parallelstellung als besonderer sechster Sinn zu den übrigen Sinnen strenggenommen nur dann gerechtfertigt ist, wenn sich die erste Erklärung als die richtige erweist, d. h. wenn specifische durch die peripherische Erregung centripetalleitender eigenthümlicher Nervenfasern ausgelöste Empfindungen seine Grundlage bilden. Selbst dann bleibt den übrigen Sinnen gegenüber noch der Unterschied bestehen, dass nicht ein äusserer durch die peripherischen Endapparate der Sinnesnerven in einen Reiz umgewandelter Vorgang die Empfindungen verursacht, sondern allerdings eine Veränderung in den peripherischen Endorganen der betreffenden Nerven, welche aber ihrerseits den reizenden Anstoss nicht von aussen, sondern durch eine vom Centrum auf Veranlassung des Willens zugeleitete Erregung erhält.

Zur Begründung der ersten Theorie des Muskelsinnes ist selbstverständlich der anatomisch-physiologische Nachweis der von ihr vorausgesetzten sensiblen Nerven der Muskeln erforderlich. Dieser Beweis ist von beiden Standpunkten aus schwer mit Sicherheit zu führen. Es ist ebenso oft die Existenz der fraglichen Nerven ohne genügenden Grund geleugnet als behauptet worden. Früher ist gegen ihre Existenz häufig die Thatsache angeführt worden, dass die Muskeln gegen mechanische, thermische, elektrische und chemische Reizung

¹ Vgl. SCHIFF, Lehrbuch d. Phys. I. S. 156. Lahr 1858—59; WUNDT, Vorles. üb. d. Menschen u. Thierseele I. S. 222, Grundz. d. phys. Psychol. S. 316 u. 488; BAIN, The senses and the intellect. 2. ed. p. 87. Lond. 1864; HERING, Beitr. z. Phys. Hft. 1—5. S. 30. 316. Leipzig 1861—64.

sich auffallend unempfindlich zeigen, weder durch Zeichen bewusster Schmerzempfindung noch durch einfache Reflexerscheinungen mit Sicherheit reagiren. Erstens sind aber solche Reactionen positiv beobachtet und eine einzige unzweideutige positive Beobachtung beweist mehr, als zahllose negative zusammen. Zweitens existirt eine Reihe bekannter physiologischer und pathologischer Erscheinungen, welche schlechterdings die Annahme sensibler Muskelnerven fordert. Das sind die Ermüdungsschmerzen und die oft sehr intensiven Schmerzen, welche unwillkürliche unter krankhaften Verhältnissen auftretende Krämpfe der Muskeln z. B. die Wadenkrämpfe bei Cholera, oder gewisse pathologische Veränderungen des Muskelgewebes begleiten. Jeder Versuch diese Schmerzen aus einer Reizung centraler Empfindungsapparate, welche mit den Muskeln nicht durch Nervenleiter verbunden sind zu erklären, oder sie als Hautgefühle zu deuten, welche durch Druck der contrahirten Muskeln auf vorüberziehende Hautnerven hervorgerufen werden, ist durchaus unhaltbar. Der gewichtigste Gegengrund liegt in der unzweifelhaften Localisation dieser Empfindungen in den Muskeln. Es ist eine beim Raumsinn zu erörternde Thatsache, dass sobald überhaupt Empfindungen bei ihrer räumlichen Auslegung auf Theile des Körpers bezogen werden, der Ort, in welchen sie verlegt werden, der periphere Endbezirk der gereizten Nerven ist. Und wenn auch diese Localisation bei Reizung im Innern des Körpers endigender sensibler Fasern keine sehr genaue ist, so ist sie doch für die Hautnerven insofern eine untrügliche, als jede Empfindung, die durch Reizung derselben, sei es an den Enden oder im Verlauf, erzeugt wird, unfehlbar in die Haut und mehr weniger präcis in den Endbezirk der betreffenden Fasern verlegt wird. Es ist also unstatthaft, da einmal die durch Vorgänge in den Muskeln verursachten Schmerzen in diesen localisirt werden, ohne zwingenden Grund nach einem anderen Endigungsort der erregten Nerven, als eben in den Muskeln zu suchen, und ganz unmöglich, ihre Endigung in der Haut anzunehmen, da wir dann unfehlbar den Schmerz in die Haut verlegen, und zwar in die vielleicht weit von dem den Schmerz veranlassenden Muskel entfernte Haut, in welcher die zufällig an ihm vorbeilaufenden Nervenfasern endigen, wie wir den Schmerz, welcher bei Druck auf den Ulnarnerven am Ellbogen entsteht, in der Haut der Finger, in denen seine Fasern endigen, localisiren. Wie diese Muskelnerven bei den verschiedenen Entstehungsarten des Muskelschmerzes erregt werden, ob mechanisch, oder chemisch durch Zersetzungsprodukte, welche bei excessiver Thätigkeit oder unter pathologischen Verhältnissen sich bilden und

anhäufen, ist unentschieden. Letztere Erregungsursache würde sehr plausibel die oft lange Nachdauer der Schmerzen erklären, welche ebenfalls mit der Annahme einer Reizung von Hautnerven unvereinbar ist. Leider ist mit dieser thatsächlichen Begründung der Sensibilität der Muskeln für unsere Frage nichts Entscheidendes gewonnen. Die Muskelschmerzen sind Gemeingefühle und sind als solche von den fraglichen objectivirbaren Sinnesempfindungen der Muskeln ebenso streng zu scheiden, wie die Gemeingefühle der Haut von den Tastempfindungen. Nachdem wir aber (S. 297) nachgewiesen haben, dass die Identität des nervösen Apparats für beide Arten der Hautempfindungen mindestens zweifelhaft ist, da ferner feststeht, dass es noch andere innere Organe giebt, welche Gemeingefühle, aber keinerlei Sinnesempfindungen vermitteln, kann aus der Schmerzempfindlichkeit des Muskels nicht geschlossen werden, dass er auch sensible Fasern für den sechsten Sinn besitze, seien es dieselben, welche unter Umständen den Schmerz erwecken, seien es besondere. Von diesem Gesichtspunkte aus können wir auch den trefflichen Untersuchungen von C. SACHS¹, durch welche die Existenz sensibler Muskelnerven zuerst sicher begründet worden ist, keine entscheidende Bedeutung für die Theorie des Muskelsinnes zuerkennen.

Nachdem bereits früher einige Anatomen (REICHERT, KÖLLIKER, ARNDT, ODENIUS)² in den Muskeln durch Art des Verlaufes und der Endigung vor den motorischen ausgezeichnete Nervenfasern gefunden und dieselben als sensible gedeutet hatten, hat SACHS nicht allein Verlauf und Endigung derselben in Terminalnetzen zwischen und auf den Muskelfasern näher erforscht, sondern ihre sensible Natur durch den Nachweis ihrer Herkunft aus den sensiblen hinteren Rückenmarkswurzeln, nach deren Durchschneidung er sie degeneriren sah, sicher demonstrirt. Derselbe constatirte ferner, dass bei mit Strychnin vergifteten Fröschen Reflexkrämpfe hervorzurufen sind einmal durch Reizung des centralen Stumpfes eines Muskelnerven z. B. des kleinen Stämmchens, welches den M. sartorius versorgt, zweitens durch elektrische oder chemische (Ammoniak) Reizung der Substanz eines isolirten Muskels selbst, welcher in Folge der Durchschneidung der vorderen Wurzeln nur noch durch die hinteren Wurzeln mit dem Rückenmark in Verbindung stand. Endlich gelang es ihm, unter dem Mikroskop durch partielle transversale Einschnitte in den Muskeln Faserabschnitte zu isoliren, welche an den von dem Nerven aus eingeleiteten Contractionen nicht Theil nahmen, aber unversehrte Nerven-

1 C. SACHS, Phys. u. anat. Unters. über die sens. N. d. Musk. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1874. S. 175. 491 u. 645.

2 REICHERT, in s. Arch. f. Anat. u. Phys. 1851. S. 29; KÖLLIKER, Microsc. Anat. II. 1. Abth. S. 240, Ztschr. f. wiss. Zool. XII. S. 149; ODENIUS, Nord. Medic. Arkiv, red. af AXEL KEY. IV. No. 18. 1872. Vgl. ausserdem TSCHIRJEW, Arch. f. Psychiatr. VIII. Heft 3, Compt. rend. 22. Oct. 1878 und Arch. f. Anat. u. Physiol. (Physiol. Abth.) S. 78. 1879.

fasern enthielten, welche er demnach als sensible auffasst. Alle diese interessanten Thatsachen beweisen eben nur, dass der Muskel mit den Nervencentren durch centripetalleitende Fasern in Verbindung steht, nicht aber, dass letztere ausser Gemeingefühl und Reflexen auch Sinnesempfindungen bei jeder durch Contraction eingeleiteten Erregung hervorbringen. Auch die Reflexe, welche SACHS in Folge von Contractionen, die er durch Reizung des nervenfreien Endquerschnitts eines Sartorius mittelst Ammoniaks auslöste, auftreten sah, berechtigen nicht zu der von SACHS als unantastbar hingestellten Folgerung, dass die Contraction eines Muskels als solche empfunden werde.

Wir müssen uns demnach nach anderen physiologischen und pathologischen Beweismitteln für die Endigung von Sinnesnerven in den Muskeln umsehen, und deren Beweiskraft ebenso sorglich prüfen, wie diejenige der für die gegenüberstehenden Theorien des Muskelsinnes und speciell des Kraftsinnes vorgebrachten Argumente.

Aus der subjectiven Beurtheilung der Qualität der Empfindungen, welche die willkürlichen Muskelcontractionen begleiten, an sich lässt sich ein sicherer Nachweis des Ortes ihrer Erregung nicht führen. Allerdings erscheint auch mir die Empfindung, welche z. B. während der Hebung eines Gewichtes mit dem Arm entsteht, wesentlich verschieden von allen Empfindungen, welche sich durch irgendwelche Einwirkung auf die Haut irgendwelches Armtheiles erzeugen lassen; allerdings glaube auch ich eine solche eigenthümliche Empfindung, welche wie der Muskelschmerz in den Muskeln zu entstehen scheint, deutlich von gleichzeitigen bestimmt in der Haut localisirten, durch Compression, Dehnung, oder Faltung einzelner Partien derselben erweckten Gefühlen zu unterscheiden. Allein erstens bin ich ausser Stande, dieselbe an sich den Hautempfindungen gegenüber bestimmt zu charakterisiren, und es erscheint geradezu naiv, wenn SACHS eine solche Charakteristik versucht, indem er angiebt, er fühle neben den Hautempfindungen etwas „Schwellendes, Zuckendes, Vibrirendes, Dröhnendes“. (Die letzteren Epitheta lassen fast daran denken, dass SACHS, dessen Beschreibung der bei Contraction des levator anguli oris auftretenden Empfindung gilt, ein fortgeleitetes Muskelgeräusch wahrgenommen und für Muskelempfindung gehalten habe, was nach HERING's¹ neuesten Mittheilungen über die Muskelgeräusche des Auges nicht unmöglich erscheint.) Zweitens sagt die Empfindung an sich nichts darüber aus, ob sie von den centralen Entladungsherden des Willens aus hervorgerufen und nur excentrisch localisirt sei, oder ob ihre Quellenstation in den Muskeln liege. Wer möchte

1 E. HERING, Sitzgsber. d. Wiener Acad. 3. Abth. LXXIX. Febr. 1879.

behaupten, er besitze ein sicheres subjectives Unterscheidungsmerkmal der isolirten Einwirkung eines Willensimpulses auf sein Sensorium, d. h. eines reinen hypothetischen „Innervationsgeföhles“? Dagegen liegt ein Argument von meines Erachtens schlagendem Werth gegen die Erklärung der Leistungen des Kraftsinnnes aus Innervationsgeföhlen in einer Thatsache, welche ohne in dieser Bedeutung gewürdigt zu werden, von einem Gegner der BELL'schen Lehre constatirt worden ist. BERNHARDT¹ untersuchte die Unterschiedsempfindlichkeit für Gewichte, welche durch Beugung eines Fusses oder Fingers mittelst einer über eine Rolle laufenden Schnur gehoben wurden, einmal während die genauen Bewegungen durch den Willen, zweitens während sie durch locale Reizung der betreffenden Muskeln mit Inductionsströmen hervorgebracht wurden und fand das Unterscheidungsvermögen im zweiten Fall gleich gross oder nur unerheblich geringer als im ersten. Wenn demnach beim Wegfall jeder willkürlichen Innervation die dem Kraftsinn zu Grunde liegenden Empfindungen und die damit verbundenen Vorstellungen unverändert auftreten, erscheint mir jede Betheiligung der angeblichen Innervationsgeföhle unbedingt ausgeschlossen. In demselben Sinne scheint mir auch die Thatsache zu sprechen, dass ebenfalls ohne Zuthun des Willens ausgelöste Reflexbewegungen sich auch mit mehr weniger genauen Vorstellungen von der entwickelten Muskelkraft, von der Grösse der überwundenen Widerstände verbinden. Das Gewicht dieser Thatsachen erscheint mir weit grösser, als das Gegengewicht, welches man in dem allerdings auffallenden Umstand suchen könnte, dass der Muskelsinn ausschliesslich an die Action der willkürlichen Muskeln gebunden ist, dass keinerlei Gefühl die Energie z. B. des Herzmuskels und mittelbar die Grösse seiner Leistung veräth. Ich kann darin keine unausweichliche Nöthigung zu dem Schluss, dass eben nur der Willensimpuls direct das Empfindungs-substrat des Muskelsinnes liefere, finden. Erstens ist es wohl möglich, dass der Herzmuskel ausnahmsweise nicht mit Sinnesnerven ausgestattet ist. Zweitens ist denkbar, dass allerdings eine (unbewusste) Empfindung jede Systole begleitet, aber in Folge ihrer unveränderlichen Regel- und Gleichmässigkeit, in Folge des Umstandes, dass weder der Wille noch wahrnehmbare äussere Momente mittelbar ihre Intensität in bestimmter Abstufung variiren können, der Einführung ins Bewusstsein und weiterer psychischer Verarbeitung sich vollständig entzieht.

1 BERNHARDT, Arch. f. Psychiatrie III. S. 627. 1872.

Dass die Aussagen des Muskelsinnes sich nicht auf die hypothetischen Innervationsgefühle als alleinige Grundlage zurückführen lassen, ist auch auf anderen Wegen meines Erachtens unanfechtbar zu demonstrieren, und auch ausdrücklich oder stillschweigend von den Gegnern eigenthümlicher Muskelgefühle anerkannt worden. Die Innervationsgefühle können der Seele eben nur kund thun, welches Maass von Willenskraft sie angewendet hat. Es muss aber doch nothwendig irgend eine Controlle über die Ausführung der Willensbefehle vorhanden sein; eine solche kann nur durch eine Empfindung geführt werden, an der peripherischen Wirkungsstätte des Willens hervorgerufene, mit dem Grad des vom Willen erzielten Effectes Schritt haltende Empfindungen sind für diesen Zweck unentbehrlich. Beruhten die Wahrnehmungen des Kraftsinnes auf den Innervationsgefühlen allein, so müsste der Amputirte sich nach wie vor alle die Wahrnehmungen produciren können, welche vorher mit der willkürlichen verschiedenartigen und verschiedengradigen Innervation der Muskeln des fehlenden Gliedes verknüpft waren. Es müssten dann, wie LOTZE¹ treffend bemerkt, wenn der Arm durch Druck auf seinen Nerven „eingeschlafen“ ist, wegen Unterbrechung der Leitung in den gedrückten Nervenpartien die Willensbefehle der Armmuskeln nicht mehr zugeleitet werden, trotz der Unbeweglichkeit des Armes, jede gewollte Bewegung dieselben Bewegungsgefühle und Vorstellungen veranlassen, wie die wirklich ausgeführte Bewegung. Wenn jede peripherische Controlle des Willensvollzuges fehlte, wenn die ausgeführten Bewegungen nicht durch charakteristische nach ihrer Energie und ihrem Umfang abgestufte Marken gekennzeichnet wären, so wäre überhaupt nicht zu begreifen, wie der Wille erlernen könnte, den ihm unterthanen Bewegungsmechanismus in einer den mannichfachen Aufgaben desselben so genau angepassten Weise mit solcher Präcision, wie es thatsächlich der Fall ist, zu gebrauchen. Daraus erklärt sich auch, dass in einem Gliede, dessen sensibler Verkehr mit den Centralorganen mittelst Durchschneidung der betreffenden hinteren Rückenmarkswurzeln vollständig aufgehoben ist, wie PANIZZA, SCHIFF und CL. BERNARD² an Fröschen gezeigt haben, die Erscheinungen eintreten, welche man als Zeichen des Verlustes des Muskelsinnes deutet und unter dem Namen „Ataxie“ zusammenfasst. Trotz der vorausgegangenen Einübung des Willens im zweckmäßigen Gebrauch der Muskeln des Gliedes, geht die Sicherheit seiner

1 LOTZE, Medicin. Psychol. S. 310.

2 PANIZZA, Ricerche sperim. sopra i nervi, Pavia; SCHIFF, Lehrb. d. Physiol. S. 143; CL. BERNARD, Leç. s. l. phys. et pathol. d. syst. nerv. p. 254. Paris 1858.

Herrschaft über dieselben, die richtige Coordination und Abstufung der Bewegungen des Gliedes verloren.

Es kann daher nur in Frage kommen, in welcher Weise, durch welche Sinne die unerlässliche Controlle ausgeübt wird, ob, was von vornherein jedenfalls als das Einfachste und Zweckmässigste erscheint, durch den Muskeln selbst zu diesem Behuf verliehene, nothwendig durch ihre Thätigkeit erregte sensible Nerven, wie die Vertreter eines specifischen Muskelsinnes behaupten, oder durch indirecte Nebenwirkungen der Muskelcontraction auf einen der bekannten fünf Sinne, wie die Gegner darzuthun suchen. So schreibt HERING die Controlle über den Vollzug der Willensimpulse für die Augenmuskeln ausschliesslich dem Raumsinn der Netzhaut zu; nicht Aenderungen in den gänzlich von ihm in Abrede gestellten Spannungsgefühlen der Augenmuskeln, sondern lediglich die mit den Augenbewegungen verknüpften Verschiebungen der Netzhautbilder sollen zur Erkenntniss der Aenderungen der Augenstellung verwendet werden. Indem ich unter Verzicht auf eine nähere Discussion über die Auffassung wie überhaupt auf die Erörterung aller Beziehungen zwischen Muskel- und Gesichtssinn auf HERING's eigene Darstellung (Bd. III 1. dieses Handbuchs) verweise, bemerke ich nur, dass ich seiner Erklärung immer noch die Thatsache gegenüberstelle, dass wir auch bei geschlossenem Auge, also Ausschaltung der HERING'schen Controllmittel, ziemlich genaue Vorstellungen von der Blickrichtung erhalten. Für fast alle übrigen Muskeln, insbesondere die der Extremitäten, deren Thätigkeit, wie leicht erweislich, ohne jede Ueberwachung durch den Gesichtssinn sich mit den genauesten Aeusserungen des Muskelsinnes verbindet, bleibt natürlich, wenn man ihnen die Selbstcontrolle abspricht, nur der Tastsinn als Controlleur denkbar. Hautgefühle sind es daher, welche Einige, vor allen SCHIFF den specifischen Sinnesempfindungen der Muskeln ebenso wie ihren specifischen Gemeingefühlen zu substituiren gesucht haben, sei es dass sie Zerrungen, Compressionen der Haut bei den Form- und Lageveränderungen der bewegten Glieder, oder Druck der contrahirten Muskeln auf Hautnerven als Ursachen der Hautgefühle annehmen, oder (RAUBER¹) die meist ausserhalb der Muskeln in der Nähe der Gelenke aufgefundenen PACINI'schen Körperchen als die mittelbaren Sinnesorgane der Muskeln in Anspruch nehmen.

Gegen diese Verwendung von Hautgefühlen im Dienste des Muskelsinnes und zwar zunächst des Kraftsinnes lassen sich zunächst

1 RAUBER, Vater'sche Körp. d. Bänder- u. Periostnerv. u. ihre Bez. z. sogen. Muskelsinn. Inaug.-Diss. München 1865.

allgemeine Einwände aufführen, von denen ein Theil schon bei Erörterung der Gemeingefühle der Muskeln zur Sprache gekommen ist. Es lässt sich nicht einsehen, warum in diesem Fall nicht auch durch Hervorrufung der betreffenden Hautgefühle mittelst äusserer Reize die gleichen Vorstellungen des Muskelsinnes erzeugt werden können, oder wenn man dagegen sagen wollte, dass dazu die Combination bestimmter Hautgefühle mit bestimmten Innervationsgefühlen erforderlich sei, wie erstere die Controlle der letzteren ausüben sollen, wenn entweder ihre Entstehung durch äussere Momente verhindert wird, oder wenn sie gleichzeitig durch äussere Einwirkungen hervorgerufen die specifischen Empfindungen des Tastsinns und die an diese sich anknüpfenden Vorstellungen vermitteln.

Die Ergebnisse der physiologischen Versuche über die fragliche Stelle der Hautgefühle sprechen entschieden eher gegen als für dieselbe, obwohl kein *experimentum crucis* darunter ist. Der Angabe SCHIFF's, dass das die energische Contraction der Masseteren begleitende Spannungsgefühl verschwinde, wenn man mittelst des Backenbarts die Backenhaut von den Muskeln abziehe, wird schwerlich Jemand irgend welche Beweiskraft für die Reduction der Muskelgefühle auf Hautgefühle zuerkennen. Weit gewichtiger spricht dagegen die Beobachtung CL. BERNARD's, dass Frösche die coordinirten Bewegungen des Springens, Schwimmens u. s. w. nach der Enthäutung ungestört ausführen. Eine Entscheidung suchte BERNHARDT dadurch zu gewinnen, dass er untersuchte, ob die Unterschiedsempfindlichkeit für gehobene Gewichte, welche er, wie bereits mitgetheilt, bei localer elektrischer Reizung und willkürlicher Innervation der hebenden Muskeln gleich fein fand, auch bestehen bliebe, wenn die Haut durch Aether oder Chloroform anästhetisch gemacht würde. Die Versuche ergaben keine Herabsetzung der Feinheit des Kraftsinns; es war aber auch in keinem derselben gelungen die Haut vollständig unempfindlich zu machen.

Auch das pathologische Beobachtungsmaterial, welches man zur Entscheidung der Frage nach den Quellen des Muskelsinnes herangezogen hat, liefert meines Erachtens bei unbefangener Interpretation gewichtige Argumente zu Gunsten der BELL-WEBER'schen Theorie und Entscheidungsgründe sowohl gegen die Zurückführung der „Muskelgefühle“ auf reine Innervationsgefühle als gegen ihre Identificirung mit Hautgefühlen. Sicher ist, dass eine Anzahl von Fällen beobachtet sind, in denen bei vollständiger Anästhesie der Extremitäten keinerlei Störungen in dem willkürlichen Gebrauch derselben sich zeigen, der Kraftsinn durchaus intact ist. Andererseits ist constatirt, dass häufig hochgradige Ataxie, d. h. also die auf Schwächung oder Lähmung des Muskelsinnes gedeuteten Erscheinun-

gen, sich zeigt, ohne dass eine Herabsetzung der Sensibilität der Haut, eine Schwächung des Tastsinns nachweisbar ist. Zu einer kritischen Besprechung der einzelnen Beobachtungen fehlt uns hier der Raum, wir beschränken uns auf folgende Bemerkungen. LEYDEN, welcher im Allgemeinen die Existenz sensibler Nerven in den Muskeln und deren Beteiligung an den Leistungen des Muskelsinnes zugiebt, glaubt doch beweisen zu können, dass sie ebensowenig wie die Hautgefühle die alleinigen Vermittler des letzteren sind. Er fand bei einem Tabeskranken mit hochgradiger Ataxie und hochgradiger Herabsetzung der Hautempfindlichkeit die Unterschiedempfindlichkeit für gehobene Gewichte von normaler Feinheit. Da er nun bei diesem Patienten durch locale elektrische Reizung auch kein „Gefühl der Muskelspannung“ (ausser bei den stärksten Contractionen) hervorrufen konnte, schliesst er, dass auch das Muskelgefühl vollständig erloschen gewesen sei, mithin der erhaltene Kraftsinn nur als eine Function des „Sensoriums“, d. h. wohl der Innervationsgefühle, erklärlich sei. Abgesehen von der Frage, ob die Angaben solcher Patienten über Vorhandensein oder Fehlen der überhaupt so dumpfen und wenig charakteristischen Muskelgefühle, zumal wenn dieselben vor gleichzeitigen nicht völlig unterdrückten Hautschmerzen zu scheiden sind, völlig zuverlässig sind, ist bei der notorischen geringen Erregbarkeit der sensiblen Muskelnerve für die allgemeinen äusseren Reize das Ausbleiben der Muskelgefühle bei directer Muskelreizung kein entscheidender Beweis für den totalen Verlust der Muskelempfindlichkeit. Von höchstem Werth scheinen mir zwei von CH. BELL und MAUDSLEY beobachtete Fälle¹. Die betreffenden Patienten, welche die Erscheinungen der Muskelsinneslähmung darboten, konnten mit der Hand oder dem Arm ergriffene Gegenstände nur festhalten, so lange sie die Augen darauf gerichtet hielten; bei Abwendung des Blicks liessen sie dieselben fallen. Da in diesen Fällen sowohl die willkürliche Innervation der betreffenden Muskeln ungestört, als der Tastsinn erhalten war, scheint mir kaum eine andere Erklärung der Thatsache denkbar als die aus einem Verlust specifischer von den contrahirten Muskeln aus erweckter Empfindungen. Mit dem Wegfall derselben war die natürliche Controlle über den richtigen Vollzug der vom Willen einzuleitenden, zum Halten erforderlichen Muskelactionen aufgehoben. Aus den hypothetischen Innervationsgefühlen allein erfuhr die Seele nichts über deren Fortbestand; wohl aber trat der Gesichtssinn vicarirend für die Muskelgefühle ein, indem er die Erhaltung einer bestimmten, beim Ergreifen der Gegenstände angenommenen Form und Stellung der Glieder überwachte. Dass der Tastsinn in diesen Fällen nicht einmal aushülfsweise, wie der Gesichtssinn, die Controlle übernehmen, die Seele von dem Fortbestand der beim Erfassen der Gegenstände entstandenen Druckgefühle in gleicher Art und Intensität unterrichten und dadurch zur Unterhaltung der nöthigen motorischen Innervation veranlassen konnte, ist sehr auffallend, spricht aber gewiss entscheidend gegen die von SCHIFF u. A. ihm zugeschriebene normale und wesentliche Rolle bei den Aeusserungen des Muskelsinnes.

¹ Mir sind dieselben nur aus der Mittheilung von G. E. MÜLLER, Zur Grundlegung d. Psychophys. S. 328, bekannt. MÜLLER citirt: MAUDSLEY, Phys. u. Pathol. d. Seele, Deutsch von BÖHM. S. 183.

WUNDT findet ein Hauptargument für seine Auffassung, dass die Innervationsgefühle durch ihre wechselnde Intensität allein die Vorstellungen von der wechselnden Stärke der entwickelten Muskelkraft vermitteln, in der pathologischen Thatsache, dass bei beginnenden motorischen Lähmungen (sogenannter „Parese“), wo die Ausführung einer Bewegung von bestimmter Grösse und die Ueberwindung bestimmter Widerstände durch dieselbe eine grössere Anstrengung als im Normalzustand erheischt, die Patienten das Gewicht ihrer Glieder oder einer mit denselben gehobenen Last für grösser halten, als es ist. Ich kann nicht einsehen, wie diese Urtheilstäuschung die Nichtbetheiligung von Muskelgefühlen bei der Beurtheilung der entwickelten Muskelkraft beweisen soll. Im Normalzustand verknüpft sich mit jedem Innervationsgefühl von bestimmter Art und bestimmtem Grade ein Muskelgefühl bestimmter Art und bestimmter Intensität, auf dem Wege der Erfahrung prägen sich dem Gedächtniss die correspondirenden Arten und Intensitäten beider Gefühle ein. In der Parese ändert sich dieses Verhältniss in dem Sinne, dass die Intensität des zu einem bestimmten Innervationsgefühle gehörigen Muskelgefühles abnimmt, oder zur Erzeugung eines Muskelgefühles bestimmter Stärke eine stärkere Willensanstrengung erforderlich ist. Diese Aenderung ist es, welche sich zunächst der Wahrnehmung der Patienten aufdrängt. Gleichzeitig erfahren sie aber auch durch die Aussagen des Gesichtssinnes und Tastsinnes, dass in gleichem Maasse wie das Muskelgefühl auch die durch diese Sinne wahrnehmbaren mit bestimmten Innervationsgefühlen verbundenen Veränderungen geringer ausfallen, dass die sichtbaren Stellungsveränderungen der Glieder kleiner werden, dass die Verstärkung der Druckempfindung in einem gegen ein äusseres Object oder einen anderen Theil des Tastorgans bewegten Gliede kleiner ausfällt. Da nun erfahrungsgemäss dieselben Aenderungen der durch Gesichtssinn und Tastsinn wahrnehmbaren Folgen einer bestimmten Willensanstrengung im Normalzustand auch eintreten, wenn der Bewegung der Glieder durch eine entgegenwirkende Belastung Widerstand geleistet wird, entsteht bei den Patienten die Trugvorstellung einer grösseren Schwere der Glieder, wobei allerdings die directen Aussagen der Muskelgefühle gewissermassen Lügen gestraft werden.

Nach alledem stehe ich nicht an, unter allen Hypothesen, durch welche man die Leistungen des sogenannten Muskelsinnes und zwar zunächst, soweit er als Kraftsinn fungirt, zu erklären versucht hat, diejenige, welche dieselben aus der Thätigkeit specifischer Sinnesnerven der Muskeln ableitet, immer noch für die bestbegründete, mit den Thatsachen am besten vereinbare zu erklären. Ein weiterer Ausbau der Hypothese, insbesondere die Beantwortung der Frage, in welcher Weise bei der Contraction der Muskeln die Erregung ihrer sensibeln Fasern zu Stande kommt, ist noch nicht möglich. Vermuthungen, wie die von BROWN-SÉQUARD ausgesprochene, dass der Reiz in der negativen Schwankung des Muskelstromes gegeben sei, entbehren jedes Haltes. Ob vielleicht ein Product des chemi-

schen Umsatzes im thätigen Muskel seine Sinnesnerven erregt, wie von Einigen ein chemischer Reiz als Ursache seiner Gemeingefühle vermuthet wird, oder ob in irgend welcher Weise durch die Aenderung der Form und Spannung der Muskelfasern eine mechanische Reizung vermittelt wird, muss vorläufig dahingestellt bleiben. In Bezug auf letztere Alternative ist zu bemerken, dass wir den reizenden Vorgang nicht einseitig in einer mit dem Umfang der Contraction proportional wachsenden Dehnung oder Compression der hypothetischen Empfindungsnervenenden suchen dürfen. Liessen sich auf dieses Moment auch die auf die Wahrnehmung der Stellung unserer Glieder und die Grösse der mit ihnen ausgeführten Bewegungen bezüglichen Leistungen des Muskelsinns, auf welche wir beim Ortssinn der Haut näher eingehen werden, zurückführen, so doch nicht seine Leistungen als Kraftsinn, von denen bisher vornehmlich die Rede war. Da uns derselbe über die relative Schwere zweier Gewichte auch dann belehrt, wenn wir dieselben durch Muskelcontractionen von gleichem Umfang zu gleichen Höhen erheben, müssen die Intensitätsdifferenzen der betreffenden Muskelgefühle von der Spannung und nicht vom Verkürzungsgrad der hebenden Muskeln abhängen.

VIERTES CAPITEL.

Der Ortssinn der Haut.

I. Der Ortssinn der Haut.

Unter Ortssinn oder Raumsinn der Haut begreift man das Vermögen, den durch Erregung der sensiblen Nerven der Haut erzeugten Empfindungen einen bestimmten Ort in dem räumlichen Vorstellungsbild unserer Körperoberfläche anzuweisen und zwar, dieselben in den peripherischen Endbezirk der erregten Nervenfasern in der Haut zu verlegen. Die Uebereinstimmung des vorgestellten Orts der Empfindung mit dem reellen Ort der Endigung der betreffenden Nervenfasern zeigt eine weitgehende Genauigkeit bei den Druck- und Temperatur-, d. h. den Sinnesempfindungen, welche von der Haut aus hervorgerufen werden, sie ist eine weniger vollkommene

bei den Gemeingefühlen, insbesondere den Schmerzempfindungen. Dass indessen die Lokalisation der Schmerzen, welche durch Reizung von Hautnerven entstehen, nicht lediglich auf der Localisation der gleichzeitigen, bewusst oder unbewusst die Schmerzen begleitenden Tastempfindungen beruht, geht daraus hervor, dass auch die von inneren, überhaupt keinen Tastsinn besitzenden Organen erzeugten Schmerzen sich mit Ortsvorstellungen verknüpfen, wenn auch mit äusserst ungenauen.

Trifft ein äusserer Reiz in möglichst beschränkter Ausdehnung eine Stelle des Tastorgans, berührt z. B. eine Zirkelspitze einen beliebigen Hautpunkt, so tritt vor das Bewusstsein gleichzeitig mit einer Druck- und Temperaturempfindung von beliebiger Intensität und unablöslich von derselben die Vorstellung von dem gereizten Ort; die Tastempfindung selbst scheint uns in demselben zu liegen, wir empfinden, wie der vulgäre Ausdruck lautet, Druck, Wärme oder Kälte an einem bestimmten Hautpunkt, auch ohne dass uns der Gesichtssinn denselben als Ort der Berührung nachweist. Ändert sich der Ort der Berührung, wird die berührende Spitze in irgend welcher Richtung über die ruhende Tastfläche fortbewegt, oder durch die Thätigkeit der Muskeln oder auch passive Bewegungen der Glieder die Tastfläche über dem ruhenden Object verschoben, so ändert sich der Ort der Empfindung, wir erhalten eine stetige Reihenfolge verschieden localisirter Eindrücke, aus denen die Seele die Vorstellung von der räumlichen Anordnung der successiv berührten Hautpunkte von der Richtung und Ausdehnung der Berührungsbahn combinirt. Treffen gleichzeitig zwei oder mehrere gesonderte punktförmige Eindrücke, deren Distanz über einem gewissen unten festzustellenden Minimum liegt, die Haut, so entsteht eine entsprechende Anzahl gesonderter Einzelempfindungen, deren jede mit einer bestimmten von derjenigen der anderen verschiedenen Ortsvorstellungen verbunden ist, vermöge deren die Seele neben der Zahl der Eindrücke auch die räumlichen Verhältnisse der gereizten Hautpunkte, ihre Distanz, die Richtung der zwischen ihnen gedachten Verbindungslinien wahrnimmt. Trifft die Haut eine Summe gleichzeitiger continuirlich nebeneinander gelagerter Eindrücke, berührt ein Object mit einer grösseren oder kleineren beliebig geformten Fläche die Haut, so combinirt die Seele aus den die Einzeleindrücke begleitenden Ortsvorstellungen die Wahrnehmung der Grösse und Gestalt der gereizten Hautfläche. Da wir alle Tastempfindungen objectiviren, übertragen wir auch die durch den Ortssinn erkannten räumlichen Verhältnisse der gereizten Hauttheile auf die als Ursachen der Empfindungen vorgestellten

Aussendunge, übersetzen sie in Vorstellungen von Abstand, Grösse, Gestalt derselben. Hierin liegt ein wesentlicher Unterschied des Raumsinnes der Haut gegenüber dem Raumsinn der Netzhaut. Während wir die Tastempfindungen zunächst im Sinnesorgan localisiren und erst von dieser Zwischenstation aus die Brücke zur Aussenwelt und ihren vorgestellten Inhalt schlagen, verlegen wir die durch Reizung der verschiedenen Netzhautpunkte erzeugten Lichteindrücke direct in die Aussenwelt, ordnen sie nach den ebenfalls unzertrennlich ihnen anhaftenden räumlichen Vorstellungen nicht in die gereizte Netzhautfläche, von deren Existenz und ursächlichen Beziehungen zu den Lichtempfindungen wir überhaupt keine directe sinnliche Kunde erhalten, sondern unmittelbar in einen vorgestellten äusseren Sehraum ein, construiren aus den Aussagen des Raumsinnes der Retina unmittelbar die Vorstellung der räumlichen Verhältnisse der Sehobjecte.

Die Localisirung der Tastempfindungen ist nicht gebunden an ihre Erzeugung durch äussere Sinnesreize, sie tritt in gleicher Weise ein, wenn durch Einwirkung innerer Reize auf die Enden der Tastnerven in der Haut dieselben erregt werden. Das Wärmegefühl z. B., welches durch vermehrte Blutzufuhr zu einer beschränkten Hautprovinz hervorgerufen wird, localisiren wir ebenso in derselben, als ob es durch erhöhte Wärmezufuhr von aussen entstanden wäre. Die Localisirung der Hautempfindungen ist aber auch nicht an die Einwirkung eines äusseren oder inneren Reizes auf die Enden der sensibeln Hautnerven gebunden; auch die Empfindungen, welche durch zufällige oder absichtliche Reizung der Hautnervenfasern, im Verlauf erweckt werden, verknüpfen sich ausnahmslos mit Ortsvorstellungen und zwar denselben, welche die Erregung der Enden der betreffenden Fasern auslöst. Wir verlegen einen Eindruck, welcher bei Reizung einer beliebigen Hautnervenfasern an einem beliebigen Punkt ihres Verlaufes zwischen Haut und Centralorgan entsteht, irrtümlich in den peripherischen Endbezirk der Faser. Trifft ein Stoss die Ellbogenhaut an der Stelle, wo unter ihr der Ulnarnerv über den Knochen verläuft, so entsteht neben der am Ort des Stosses empfundenen Druck- bez. Schmerzempfindung, welche in der gestossenen Haut ihren Ursprung hat, eine Schmerzempfindung in der Haut des Unterarms und der Ulnarseite der Hand; d. h. wir verlegen letztere (und wie wir oben S. 312 wahrscheinlich zu machen suchten, eine sie begleitende von ihr nur übertäubte Tastempfindung), welche durch die mechanische Reizung der im Stamm des Ulnarnerven an der bezeichneten Stelle verlaufenden Hautnervenfasern erzeugt wird,

in die vom Reizort entfernten Hautstellen, in welchen dieselben endigen. Ebenso empfindet ein Amputirter, wenn durch irgend welche Momente die durchschnittenen Nervenstämme im Wundstumpf gereizt werden, die erweckten Schmerzen in der Haut des fehlenden Gliedes. Ebenso beruht z. B. der bekannte in der Wangenhaut localisirte Gesichtsschmerz in der Regel auf einer Reizung des Infraorbitalnerven im Verlauf, sei es im Infraorbitalkanal oder höher oben. Man fasst alle analogen Thatsachen als Erscheinungen des „Gesetzes der excentrischen Perception zusammen.

II. Feinheit des Ortssinnes der Haut.

Die Fähigkeit der räumlichen Unterscheidung der Tasteindrücke, mit anderen Worten die Feinheit des Ortssinnes der Haut ist keine unbegrenzte und an verschiedenen Theilen des Tastorgans erheblich verschieden. Die nähere Untersuchung der Grenzen und Differenzen derselben ist aus einem doppelten Grund von hoher Bedeutung, einmal weil von der Feinheit des Raumsinns die Leistungsfähigkeit des Tastsinnes in der Auffassung der räumlichen Verhältnisse der seiner Prüfung unterworfenen Aussendinge abhängt, zweitens weil die Erklärung derselben im innigsten Zusammenhang mit der Theorie des Raumsinnes überhaupt steht. E. H. WEBER¹ war der Erste, welcher nicht allein ein unanfechtbares Princip der Messung der Feinheit des Ortssinnes aufgestellt und nach demselben die Grenzen derselben für die verschiedenen Hautregionen bestimmt, sondern auch eine Erklärung des thatsächlichen Befundes gegeben hat, welche trotz mannigfacher Missverständnisse und Anfechtungen heute noch unerschüttert feststeht und das Hauptfundament einer haltbaren Theorie des Raumsinnes darstellt.

Das Maassprincip ist demjenigen analog, nach welchem WEBER die Feinheit des Drucksinnes ermittelte. Wir messen die Feinheit des Ortssinnes indem wir bestimmen, wie klein die Distanz zweier gleichzeitig die Haut treffender punktförmiger Eindrücke gemacht werden kann, ohne dass ihre gesonderte Wahrnehmung aufhört, sie zu einem scheinbar einfachen Eindruck verschmelzen, mit anderen Worten, welches der minimale Abstand zweier Hautpunkte ist, deren Reizung noch deutlich verschiedene Ortsvorstellungen erweckt. In Anwendung der FECHNER'schen Terminologie bezeichnet man diese Minimaldistanz kurz als „Raumschwelle“. WEBER's Verfahren,

¹ E. H. WEBER, Annot. anat. S. 149, Handwörterb. d. Phys. III. 2. Abth. S. 524; Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1852. S. 85.

dieselbe zu bestimmen, besteht darin, dass der Haut gleichzeitig die beiden abgestumpften Spitzen eines Zirkels leise aufgesetzt werden, und die Oeffnung des Zirkels solange verkleinert wird, bis die Versuchsperson (bei geschlossenen Augen) eben nicht mehr die Duplicität der Eindrücke wahrnimmt, sondern einen einfachen Eindruck, welcher jedoch im Beginn der Verschmelzung noch eine längliche Gestalt zu haben scheint, mit erkennbarer der Richtung der Zirkelspitze entsprechender Richtung der Längsachse.

Die Ausführung der Messungen nach diesem Princip kann nach denselben verschiedenen Methoden, welche wir bereits oben S. 337 kritisiert haben, erfolgen, nach der Methode der eben merklichen Unterschiede, welche WEBER selbst verwendete, oder nach der Methode der richtigen und falschen Fälle, welche besonders von den späteren Experimentatoren benutzt worden ist, und bei richtiger Berechnung der Resultate eine grössere Genauigkeit der Messung giebt.¹

Ein zweites von WEBER angegebene Verfahren, die Feinheit des Raumsinnes zu messen, besteht darin, dass man die Versuchsperson an einer Hautstelle mit einer stumpfen Spitze berührt und ihr die Aufgabe stellt, durch Aufsetzen einer Sonde den Ort der Berührung anzuzeigen. Je stumpfer der Ortssinn, desto mehr differirt der angezeigte von dem berührten Ort; die aus vielen Einzelbeobachtungen gezogenen Mittel dieser Differenzen an den verschiedenen Hautstellen liefern ein Maass der Differenzen der Feinheit ihres Ortssinnes. Dieses Verfahren ist bei weitem umständlicher und in Folge mehrfacher Umstände weniger zuverlässig als das erste.

WEBER fand bei seinen über den ganzen Körper ausgedehnten Bestimmungen überraschend grosse Differenzen der Feinheit des Ortssinnes verschiedener Regionen; es verhielten sich die niedrigsten zu den höchsten beobachteten Werthen etwa wie 1:60. Den feinsten Ortssinn fand er an der Zungenspitze nächst dem an der Haut der Volarseite der letzten Fingerglieder, den stumpfesten an der Rückenhaut. Während an der Zungenspitze ein doppelter Eindruck noch bei einem Abstand der Zirkelspitzen von $\frac{1}{2}$ ''' an den bezeichneten Theilen der Fingerhaut bei einem Abstand von 1''' wahrgenommen wurde, gehörte an der Rückenhaut zur Erzeugung eines doppelten Eindrucks ein Abstand von 30'''. Im Allgemeinen fand er die Feinheit des Ortssinnes proportional dem Grade, in welchem die verschiedenen Theile des Tastorgans durch ihre Lage, Umfang und Vielseitigkeit der Beweglichkeit durch willkürliche Muskelaction zu activen Tastoperationen befähigt sind und dementsprechend factisch verwendet werden. Die Details der WEBER'schen Messungsergebnisse ergeben

¹ Vgl. G. E. MÜLLER, Arch. f. d. ges. Physiol. XIX. S. 191. 1879.

sich aus folgender von ihm selbst gegebenen tabellarischen Uebersicht, in welcher die zu den einzelnen Hautstellen gehörigen Zahlen die die Raumschwelle repräsentirende Distanz der Zirkelspitzen in Par. Linien ausdrücken, die Hautstellen nach der abnehmenden Feinheit des Ortssinnes geordnet sind.

| | |
|--|-----|
| Zungenspitze | 1/2 |
| Volarseite des letzten Fingerglieds | 1 |
| Rother Theil der Lippen | 2 |
| Volarseite des zweiten Fingerglieds | 2 |
| Dorsalseite des dritten Fingerglieds | 3 |
| Nasenspitze | 3 |
| Volarseite der Cap. ossium metacarpi | 3 |
| Mittellinie des Zungenrückens 1 Zoll hinter der Spitze | 4 |
| Zungenrand 1 Zoll hinter der Spitze | 4 |
| Nicht rother Theil der Lippen | 4 |
| Metacarpus des Daumens | 4 |
| Plantarseite des letzten Zehenglieds | 5 |
| Rückenseite des zweiten Fingerglieds | 5 |
| Backen | 5 |
| Aeussere Oberfläche des Augenlids | 5 |
| Mitte des harten Gaumens | 6 |
| Haut über dem vorderen Theil des Jochbeins | 7 |
| Plantarseite des Mittelfussknochens der grossen Zehe | 7 |
| Dorsalseite des ersten Fingerglieds | 7 |
| Dorsalseite der Cap. ossium metacarpi | 8 |
| Innere Oberfläche der Lippen | 9 |
| Haut über dem hinteren Theil des Jochbeins | 10 |
| Unterer Theil der Stirn | 10 |
| Hinterer Theil der Ferse | 10 |
| Behaarter unterer Theil des Hinterhaupts | 12 |
| Rücken der Hand | 14 |
| Hals unter der Kinnlade | 15 |
| Scheitel | 15 |
| Kniescheibe und Umgebung | 16 |
| Kreuzbein | 18 |
| Haut über den Glutäen | 18 |
| Unterarm | 18 |
| Unterschenkel | 18 |
| Fussrücken in der Nähe der Zehen | 18 |
| Brustbein | 20 |
| Nackenhaut | 24 |
| Rückenhaut über den 5 oberen Brustwirbeln | 24 |
| " in der Lenden- und unteren Brustgegend | 24 |
| " an der Mitte des Halses | 30 |
| " " " " " Rückens | 30 |
| Mitte des Oberarms und Oberschenkels | 30 |

An Armen und Beinen fand WEBER eine grössere Feinheit des

Ortssinnes in der Querrichtung, als in der Längsrichtung; die Zirkelspitzen mussten, um eine Doppelempfindung zu erzeugen, erheblich weiter von einander entfernt werden, wenn sie parallel der Längsachse der Glieder, als wenn sie rechtwinklig zu derselben aufgesetzt wurden.

WEBER machte ferner folgende, für die Theorie bedeutsamen Beobachtungen, welche beweisen, dass zu der reellen Grösse der kleinsten wahrnehmbaren Distanz die vorgestellte Grösse einer gegebenen grösseren Distanz zweier Eindrücke im bestimmten umgekehrten Verhältniss steht. Setzt man die Zirkelspitzen in einer Distanz von $\frac{3}{4}$ Zoll senkrecht übereinander auf die Wangenhaut dicht vor dem Ohr, so entsteht die Vorstellung einer nur einfachen Berührung. Bewegt man sodann (selbstverständlich bei unbefangenen Personen, welche weder sehen noch wissen wie gross die Zirkelöffnung) die Zirkelspitzen bei ungeänderter Distanz in steter Berührung mit der Haut quer über das Gesicht gegen die Mitte, so dass schliesslich die eine einen Punkt über der Mitte der Oberlippe, die andere einen solchen über der Unterlippe berührt, so scheint sich während der Bewegung der einfache Eindruck in einen doppelten zu spalten, und die beiden Eindrücke successiv weiter auseinander zu weichen, die Zirkelspitzen also scheinbar divergirende Bahnen zu beschreiben. Setzt man die Bewegung in gleicher Weise nach der anderen Seite fort, bis die Zirkelspitzen vor dem anderen Ohr anlangen, so scheint ihre Distanz sich wieder allmählig zu verringern, bis endlich der Doppeldruck wieder zu einem einfachen verschmilzt. Bei dieser Bewegung gehen die Spitzen von Stellen stumpfen Ortssinnes zu solchen von successiv feinerem Ortssinn über, und gleiten jenseits der Mittellinie ebenso allmählig über Stellen von abnehmender Feinheit des Ortssinnes hinweg, woraus sich die oben ausgesprochene nächste Deutung der Thatsache ergibt. Dieselbe Täuschung kehrt an anderen Stellen des Tastorganes, welche gleiche Bedingungen darbieten, wieder; z. B. so scheinen die Zirkelspitzen, wenn wir sie quer in einer Distanz von 5''' auf der Volarseite einer Fingerspitz aufsetzen, und allmählig gegen die Handwurzel verschieben, sich einander zu nähern und endlich zu einer einfachen Spitze zu vereinigen.

Von den nach WEBER von anderen Experimentatoren ausgeführten Bestimmungen der Feinheit des Ortssinnes stellen wir diejenigen Resultate kurz zusammen, welche als Argumente in der folgenden theoretischen Erörterung von Belang sind.

Zunächst erwähnen wir eine Angabe VALENTIN's, nach welcher

dieselben Hautstellen bei verschiedenen Personen sehr verschiedene (bis um das Vierfache differirende) Werthe der Raumschwelle ergeben, während die relativen Werthe derselben für verschiedene Hautstellen annähernd gleich sich herausstellen.

Von höchstem Interesse ist der von VOLKMANN¹ gelieferte Nachweis einer beträchtlichen Verfeinerung des Ortssinnes durch Uebung. Nachdem bereits früher für einen solchen Einfluss der Uebung die Thatsache geltend gemacht war (CZERMAK²), dass Blinde, welche in Folge des Wegfalls des Raumsinnes der Augen für die Wahrnehmung räumlicher Verhältnisse ausschliesslich auf die Verwendung des Ortssinnes der Haut (in Verbindung mit dem Muskelsinn) angewiesen sind, einen so hohen Grad der Feinheit desselben erreichen, dass sie z. B. mit der tastenden Fingerspitze das Gepräge einer Münze zu erkennen im Stande sind, ferner die Thatsache, dass auch bei Sehenden, welche ihr Beruf zu einer regelmässigen Anwendung des Ortssinnes der Tastorgane nöthigt, derselbe sich aussergewöhnlich verfeinert, sodass z. B. geübte Schriftsetzer mit Leichtigkeit die Buchstabenform der Lettern durch ihn erkennen, hat VOLKMANN zuerst durch methodische Versuche, Grösse und Gang dieses Erfolgs der Uebung festgestellt. Wurde bei einer Person an 6 verschiedenen Hautstellen unmittelbar nacheinander der Werth der Raumschwelle bestimmt, und diese Versuchsreihe ohne Pausen (mit alternirender Reihenfolge der Hautstellen) öfters wiederholt, so zeigte sich constant bei jeder neuen Reihe eine Verkleinerung jenes Werthes für jede Hautstelle, welche für eine Hautstelle unter Umständen im Verlauf von 7 Reihen also innerhalb weniger Stunden bis zur Hälfte der ursprünglichen Grösse ging. Der Fortschritt war im Anfang ein langsamer, beschleunigte sich im Laufe der Uebung, um sich dann wieder bis zum Stillstand zu verlangsamen; an vorher schon durch den täglichen Gebrauch geübten Hautstellen war der Erfolg von Anfang an ein rascherer. Die durch einmalige Uebungsreihen erzielte Verfeinerung war jedoch keine bleibende, jede Pause der Nichtübung erhöhte die Grösse der Raumschwelle wieder, um so mehr, je länger ihre Dauer; nach monatelangen Pausen zeigte sich der Ortssinn wieder auf seinen ursprünglichen Grad der Feinheit reducirt.

Ein überraschendes Resultat der Beobachtungen VOLKMANN's ist, dass der Erfolg der an einer bestimmten Hautstelle einer Seite vorgenommenen Uebung auch der nicht direct geübten symmetrischen Hautstelle der an-

1 VOLKMANN, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1858.

2 CZERMAK, Sitzgsber. d. Wiener Acad. 2. Abth. XVII. S. 563; Molesch. Unters. I. S. 188.

deren Seite zu Gute kommt. Betrug z. B. zu Anfang einer Uebungsperiode die kleinste wahrnehmbare Distanz an einer linken Fingerspitze $0,75''$ und an der entsprechenden rechten Spitze $0,85''$, und wurde dieselbe durch eine ausschliessliche Uebung des linken Fingers auf $0,45''$ herabgesetzt, so zeigte sie sich auch am rechten Finger auf $0,4''$ gesunken. Diese Thatsache, deren nächste Deutung sich auf die von vornherein äusserst wahrscheinliche nahe Verwandtschaft der die räumliche Unterscheidung bedingenden Momente an symmetrischen Hautstellen gründet, findet ein interessantes Analogon in einer entsprechenden Mitübung symmetrischer Muskeln, auf welche E. H. WEBER aufmerksam gemacht hat. So ist z. B. die Uebung der rechten Handmuskeln, welche die Schreibebewegungen ausführen, den correspondirenden Muskeln der linken Hand soweit zu Gute gekommen, dass dieselbe ziemlich korrekt mit der rechten Hand mitzuschreiben vermag, aber nur in symmetrischen (von rechts nach links) nicht in congruenten Bewegungen.

Für die Erklärung der Differenzen des Ortssinnes schien es mir wünschenswerth zu prüfen, wie weit eine Verfeinerung desselben durch Uebung auch an solchen Hautstellen, an welchen die Raumschwelle die höchsten Werthe zeigt, und welche durch ihre Lage und Unbeweglichkeit von einer Uebung im täglichen Gebrauch ausgeschlossen sind, zu erzielen sei. Ich habe daher an einer Person längere Zeit hindurch tägliche Uebungsreihen an der Haut des Rückens zwischen den Schulterblättern und in der Lendengegend angestellt. Der Erfolg war ein weit geringerer und langsamerer als an den von VOLKMANN untersuchten Stellen. Im Laufe einer Reihe zeigte sich oft gar keine sichere oder nur eine sehr geringe Herabsetzung des Raumschwellenwerthes, und erst nach einem Monate zeigte sich derselbe um etwa ein Viertheil vermindert. Da ich die Versuche abubrechen genöthigt war, konnte ich nicht bestimmen, bei welchem Minimalwerth der Uebungserfolg seine Grenze erreichte. Dabei bestätigte sich die Beobachtung WEBER's, dass in der Mittellinie des Rumpfes der Ortssinn nicht feiner, als in den seitlichen Partien derselben Region ist, d. h. dass die Mittellinie nicht eine scharfe Grenze rechts- und linksseitiger Ortsvorstellungen bildet, wie man bei der notorischen scharfen Sonderung der rechts- und linksseitigen Tastnervenbahnen erwarten sollte. Wurde z. B. beim Aufsetzen der Zirkelspitzen in einer Distanz von $20''$ rechts oder links von einem der unteren Brustwirbel ein einfacher Eindruck wahrgenommen, so entstand ein solcher auch, wenn die Spitzen bei gleicher Distanz symmetrisch zur Mittellinie aufgesetzt wurden. Der einfache Eindruck wurde in diesem Fall in der Mitte localisirt, um nach rechts oder links verlegt zu werden, sobald die Zirkelspitzen soweit nach rechts oder links verschoben wurden, dass der grössere Theil ihrer Distanz auf die eine oder andere Seite des Rumpfes fiel.

Ausserordentlich sorgfältige umfassende Bestimmungen hat VIERORDT mit seinen Schülern KOTTENKAMP und ULLRICH, PAULUS, RIECKER und HARTMANN¹ angestellt, um die gesetzmässige Abhän-

¹ C. VIERORDT, Arch. f. d. ges. Physiol. II. S. 297. 1869, Ztschr. f. Biologie VI. S. 53. 1870; KOTTENKAMP u. ULLRICH, ebendas. S. 37; PAULUS, ebendas. VII. S. 237.

gigkeit der successiven Abstufung der Feinheit des Ortssinnes innerhalb bestimmter Abschnitte des Tastorgans von einem Moment, dessen Beziehung zum Raumsinn sich bereits aus den früheren von WEBER und VALENTIN ermittelten Werthen zu ergeben schien, sicher zu erweisen. Nach VIERORDT ist die relative Feinheit des Ortssinnes eines bestimmten Hautpunktes eines Körpertheils im Verhältniss zum Ortssinn der übrigen Punkte desselben Theils eine Function seiner Beweglichkeit, hängt ab von der relativen Grösse der Excursionen, welche er bei den Bewegungen des betreffenden Theils um die zugehörige Achse ausführt, wächst also proportional mit seinem Abstand von der Drehachse. Dieses Abhängigkeitsverhältniss gestaltet sich einfach bei Körpertheilen, welche immer als Ganzes um eine bestimmte Achse bewegt werden; es complicirt sich dagegen bei Körpertheilen, welche einmal als Ganzes bewegt werden, zugleich aber aus Unterabtheilungen bestehen, von denen jede für sich um eine besondere Achse bewegt wird. Es complicirt sich ferner bei Theilen, welche in verschiedenem Sinne um verschiedene Achsen drehbar sind. In ersterem Fall wirkt auf den Feinheitswerth des Ortssinnes eines Hautpunktes ebensowohl sein Abstand von der Hauptachse des ganzen Gliedes als von der Specialachse der Abtheilung, welcher er angehört, bestimmend ein; mit anderen Worten: es zeigt sich einmal eine successive Zunahme der Feinheit des Ortssinnes von der Hauptachse bis zum davon entferntesten Punkt des gesammten Gliedes, zweitens zeigt sich aber auch an jeder Abtheilung für sich ein dem Gesetz entsprechendes Wachstum der Feinheit von der Sonderachse derselben bis zu ihrem entgegengesetzten Ende. Im zweiten Fall tritt eine Interferenz der verschiedenen Bewegungseinflüsse auf den Ortssinn eines bestimmten Hautpunktes ein; die Feinheit desselben wird eine resultirende aus den Einzelwerthen, welche von den verschiedenen Bewegungen für sich bedingt sein würden. Würde z. B. ein Glied ebenso oft und in ebenso grossen Excursionen um sein oberes wie um sein unteres Ende gedreht, so würde die eine Bewegung eine Zunahme der Feinheit des Ortssinnes von oben nach unten, die andere eine ebenso grosse von unten nach oben bedingen; beide Einflüsse müssten sich zu Null compensiren, die Feinheit des Ortssinnes demnach in der ganzen Länge des Gliedes gleich gross sein. In der That stimmen nun die factischen Abstufungen des Ortssinnes der einzelnen Körperregionen, wie sie sich aus den Bestimmungen von VIERORDT und seinen Schülern ergeben,

ziemlich gut zu diesem Gesetz, lassen sich nach den erörterten Gesichtspunkten ohne Zwang aus den thatsächlichen Bewegungsverhältnissen derselben ableiten. Nur in der Nähe der Gelenke zeigen sich unbedeutende Sprünge in den Veränderungen der Feinheit des Ortssinnes, welche aus anderen Momenten erklärt werden müssen. Um die sehr verschiedene Geschwindigkeit, mit welcher an verschiedenen Gliedern oder verschiedenen Abtheilungen eines Gliedes die Feinheit des Ortssinnes mit gleichen Abständen von den Drehachsen zunimmt, erklären zu können, ist es nothwendig, ausser der Excursionsweite der einzelnen Hautpunkte bei bestimmten Bewegungen auch der Geschwindigkeit und der Häufigkeit mit welcher diese Bewegungen bei dem regelmässigen Gebrauch der Glieder ausgeführt werden, einen bestimmenden Einfluss zuzuerkennen.

Ohne uns hier schon auf eine nähere Deutung des VIERORDT'schen Gesetzes einzulassen, bemerken wir nur, dass es naheliegt, das Moment, welches dem darin ausgesprochenen Einfluss der Beweglichkeit zu Grunde liegt, in der Uebung zu suchen, die Verfeinerung des Ortssinnes mit der an Umfang und Häufigkeit zunehmenden Betheiligung der Hautpunkte an den activen Bewegungen der Körpertheile theils auf die Erfolge individueller Uebung, theils auf einen durch Vererbung aufgespeicherten Gewinn der Uebung fortlaufender Generationen zurückzuführen.

Zur näheren Beleuchtung des Gesetzes und als Belege seiner Bewährung stellen wir kurz die wichtigsten Ergebnisse der von VIERORDT und seinen Schülern ausgeführten Bestimmungen zusammen.

Am Arme ergab sich, seiner Drehung als Ganzes im Schultergelenk entsprechend, eine ununterbrochene Zunahme der Feinheit des Ortssinnes vom Acromion bis zu den Fingerspitzen, aber mit sehr verschiedener Geschwindigkeit in den einzelnen Abtheilungen. Setzt man den am Acromion gefundenen Ortssinneswerth = 100, so wächst er bis zur Volarseite der Fingerspitze bis auf 2582. Das Wachstum ist ein sehr geringes am Oberarm (auf 151), rascher am Unterarm (auf 272), noch rascher an der Hand (auf 659), und am raschesten an den Fingern (auf 2582 am 2.—5. Finger, auf 2417 am Daumen). Betrachtet man nach VIERORDT die vergleichbaren Werthe an jeder einzelnen Abtheilung als Summen zweier Grössen, einer constanten unmittelbar an der Gelenkachse rein hervortretenden und einer dazu sich addirenden variablen Grösse, welche den Abständen von der Gelenkachse proportional ist, so ergibt sich in Betreff der letzteren Grössen, dass in gleichen Abständen von den betreffenden Achsen sich die Feinheitszuwüchse an Oberarm, Unterarm, Hand und Fingern wie 1 : 3,5 : 29 : 160 verhalten. Auch an den Fingern selbst ist die Geschwindigkeit des Wachstums an den einzelnen Phalangen nicht gleich gross, am grössten an der dritten. Die Momente, aus welchen sich diese Verschiedenheiten erklären, ergeben sich von selbst aus den

oben erörterten Gesichtspunkten. Die grössere Feinheit des Ortssinnes in der Querrichtung gegenüber der Längsrichtung, welche bereits WEBER constatirt hatte, bestätigte sich; die Unterschiede waren auffallender an der Dorsalseite als an der Volarseite. Nach VIERORDT's Gesetz steht zu erwarten, dass auch die verschiedene Beweglichkeit der einzelnen Hautpunkte bei den Rotationen der einzelnen Armabtheilungen um Längsachsen von Einfluss auf den Ortssinn ist, dass demnach in gleichen Abständen von den Gelenken die verschiedenen Punkte der Peripherie einer Abtheilung je nach ihren grösseren oder kleineren Excursionen Differenzen des Ortssinneswerthes zeigen werden. Von VIERORDT und seinen Schülern ist diese auf das Gesetz begründete Voraussetzung nicht berücksichtigt worden. Möglicherweise sind im Sinne derselben die Verschiedenheiten der Ortssinneswerthe zu deuten, welche KLUG¹ auf gleichen Höhen der einzelnen Abtheilungen an der Radial- und Ulnarseite und der Mitte der Volar- und Dorsalseite fand, z. B. die grössere Feinheit des Ortssinnes in der Gegend des Handgelenks an der Radialseite als an der Ulnarseite.

An den unteren Extremitäten ergaben die Bestimmungen von PAULUS und RIECKER im Allgemeinen eine Zunahme der Feinheit des Ortssinnes vom Hüftgelenk gegen die Zehenspitzen zu, jedoch mit dem Unterschied, dass dieselbe erstens nicht so beträchtlich wie am Arm sich ergab (nur von 100 auf 850) und zweitens, dass sie keine stetige ist. Erstere Abweichung erklärt sich aus dem geringeren Umfang, der geringeren Geschwindigkeit und Häufigkeit der Bewegungen der Beine und ihrer Abtheilungen (vor allen der Zehen); aber auch die zweite ist im Einklang mit dem Gesetz. Während am Oberschenkel die Feinheit des Ortssinnes stetig wenn auch langsam (nur in der Nähe des Knies etwas rascher) vom Hüftgelenk gegen das Kniegelenk ansteigt, proportional den Abständen von der Achse der häufigsten Oberschenkelbewegungen (d. h. Streckung und Beugung, Ab- und Adduction) im Hüftgelenk, während ebenso am Fussrücken und den Zehen die Ortsempfindlichkeit stetig mit dem Abstand von den oberen Gelenkenden stieg, am raschesten an Zehen, fand PAULUS am Unterschenkel in der Richtung von oben nach unten anfangs ein Sinken der Ortsempfindlichkeit bis gegen die Mitte, und von da an wieder ein Ansteigen bis auf den am Knie gefundenen Werth, RIECKER dagegen im ganzen Verlauf des Unterschenkels nahezu dieselbe Feinheit des Ortssinnes. Nehmen wir letzteres Verhalten als das normale an, so erklärt sich dasselbe aus der oben besprochenen Compensation zweier entgegengesetzter, nahezu gleich grosser Bewegungseinflüsse. Bei allen Beugungs- und Streckungsbewegungen des Unterschenkels im Kniegelenk gegen den fixirten Oberschenkel nimmt die Grösse der Excursion der einzelnen Theile vom Knie nach dem Fussgelenk zu, fordert also nach dem Gesetz Zunahme der Ortsempfindlichkeit in der gleichen Richtung. Bei allen Bewegungen dagegen, bei welchen der Unterschenkel um die Achse des Fussgelenks oder eine durch die Basen der Zehen gehende Achse rotirt, wie dies regelmässig beim Gehen geschieht, während der Rumpf durch eine solche Drehung des stützenden Beines vorwärts bewegt wird, nehmen umgekehrt die Excursionen der Unterschenkeltheile von

1 F. KLUG, Arch. f. Physiol. von E. DU BOIS-REYMOND, S. 275. 1877.

unten nach oben zu und bedingen demnach an sich eine vom Fuss gegen das Knie hin wachsende Verfeinerung des Ortssinnes. Aus der Compensation dieser beiden entgegengesetzten Einflüsse muss bei gleicher Mächtigkeit derselben Gleichheit der Feinheit des Ortssinnes in der ganzen Länge des Unterschenkels resultiren.

Am Kopf gestalten sich in Folge der Mannigfaltigkeit seiner selbständigen und mit anderen Körperabschnitten gemeinsamen Bewegungen und der entsprechenden grossen Zahl der verschieden gerichteten zum Theil sehr weit von einander entfernten Achsen die Verhältnisse, welche im Sinne des VIERORDT'schen Gesetzes in Betracht kommen, ausserordentlich complicirt, die Einflüsse der verschiedenen Bewegungen auf die Feinheit des Raumsinnes eines bestimmten Punktes der Kopfhaut so verschieden gross und so mannigfach interferirend, dass die strenge Ableitung der factischen Werthe des Ortssinnes der Kopfhaut aus dem Gesetz zu einem sehr verwickelten Problem wird. Wir erinnern nur daran, dass der Kopf nicht allein selbständig um horizontale an der Basis des Hinterhaupts oder in der Halswirbelsäule gelegene Achsen gebeugt und gestreckt, und um eine durch den Zahnfortsatz des zweiten Halswirbels gehende Verticalachse gedreht, sondern auch zugleich mit dem Rumpf gegen die Beine, oder mit dem ganzen Körper gegen die Füsse in verschiedenen Richtungen und Umfang bewegt wird. Trotzdem hat RIECKER die Bewährung des Gesetzes auch für die Kopfhaut im Allgemeinen demonstrirt, die geringen Unterschiede der Feinheit des Ortssinnes an allen nicht selbstbeweglichen Kopftheilen (die höchsten und die niedrigsten Werthe verhalten sich nur wie 1:1,6) aus der Compensation der verschiedenen Bewegungseinflüsse erklärt. So folgt z. B. aus dem Gesetz die stetige Zunahme der Ortsempfindlichkeit der Wangenhaut vom Ohr gegen die Lippen hin, wie sie in dem oben beschriebenen WEBER'schen Versuch sich zeigt. Ebenso erklären sich aus dem Gesetz die grösseren Differenzen, welche die für sich beweglichen Theile, wie Lippen und Zunge zeigen; es kommt rein zur Erscheinung in der schon von WEBER constatirten stetigen raschen Abstumpfung des Ortssinnes der Zunge von der Spitze gegen die Basis hin. In Betreff der Details dieser Verhältnisse wie auch derjenigen, welche den Ortssinn der Rumpfhaut und seine Beziehungen zum VIERORDT'schen Gesetz betreffen, müssen wir auf die citirten Specialarbeiten verweisen.

Aus den Beobachtungen, welche über Veränderungen der Feinheit des Ortssinnes einer bestimmten Hautstelle unter dem Einfluss verschiedener Bedingungen (ausser dem bereits besprochenen Uebungseinfluss) gemacht worden sind, heben wir folgende hervor.

LICHTENFELS¹ fand beträchtliche Abstumpfung des Ortssinnes in Folge der Einwirkung narkotischer Gifte auf die Centralorgane, so beim Erwachen aus der Chloroformnarkose, nach Einnahme von Alkohol, Morphin oder Atropin.

BROWN-SÉQUARD² fand in einem Fall, in welchem eine beträchtliche Hyperästhesie der Fusshaut für die Schmerzenseindrücke wie für Tem-

1 LICHTENFELS, Sitzgsber. d. Wiener Acad. 2. Abth. XVI. S. 3.

2 BROWN-SÉQUARD, Journ. d. Physiol. I. p. 344. 1858.

peraturreize vorhanden war, eine enorme Verfeinerung des Raumsinnes, eine Herabsetzung des Raumschwellenwerthes, welchen er im Normalzustand zu 24—28 Mm. annimmt auf 5 Mm.

SUSLOWA¹ beobachtete Herabsetzung der Ortsempfindlichkeit, wenn die zwischen den Zirkelspitzen befindliche Hautpartie durch Inductionsströme oder durch leichte mechanische Reize (Bestreichen mit einem Pinsel) gereizt wurde. Bei Durchleitung constanter Ströme durch die Haut zeigt sich der Raumsinn in der Umgebung der Kathode erhöht, an der Anode herabgesetzt. Ferner beobachtete sie Verfeinerung des Ortssinnes, wenn die Haut in indifferente Flüssigkeiten (Wasser, Oel) von der Temperatur der Haut eingetaucht wurde.

ALSBERG² fand sowohl bei Hyperämie als bei Anämie der Haut Verminderung der Feinheit ihres Raumsinnes.

III. Theorie des Ortssinnes der Haut.

Soweit die Thatsachen, und nun zu ihrer Erklärung, zur Beantwortung der Fragen: Wie kommt überhaupt eine Raumvorstellung zu Stande, welche mit unfehlbarer Nothwendigkeit an jede durch Reizung einer Tastnervenfaser erzeugte Druck- oder Temperaturempfindung sich anschliessend, der Seele die Kenntniss vom gereizten Ort verschafft? Welches sind die Bedingungen der Verschiedenheiten dieser Raumvorstellungen, auf denen die Unterscheidung der verschiedenen Reizorte, die Erkenntniss ihrer relativen Lage und Entfernungen beruht, deren Gesammtheit dem räumlichen Vorstellungsbild unserer Leibesoberfläche zu Grunde liegt? Welches sind die Momente, von denen die factische Verschiedenheit der Feinheit der Unterscheidung der Reizorte an verschiedenen Hautstellen abhängt? Es liegt auf der Hand, dass diese Fragen Probleme enthalten, deren Lösung durchaus nicht ausschliessliche Aufgabe der Physiologie des Tastsinnes ist, sondern auf welche eine einheitliche, in ihren Grundzügen für alle Sinne, in deren Gebiet räumliche Wahrnehmungen auftreten, gültige Antwort zu suchen ist, dass der Ursprung der Raumvorstellungen, welche sich mit den Lichtempfindungen associiren, auf dieselben Grundprincipien zurückgeführt werden muss, welche für den Raumsinn des Tastorganes gelten, wenn auch die Art der Realisirung dieser Principien in verschiedenen Sinnessphären eine verschiedene ist. Der Raumsinn der Haut und derjenige der Netzhaut sind daher nur zwei verschiedene Aeusserungsarten eines allgemeinen Raumsinnes. Wenn daher eine allgemeine Raumsinneslehre ihre thatsächlichen Unterlagen sowohl, als das Material ihrer Argumen-

1 N. SUSLOWA, Ztschr. f. rat. Med. (3) XVII. S. 155. 1863.

2 ALSBERG, Unters. über den Raum- u. Temperatursinn. Inaug.-Diss. Marburg 1863; Centralbl. f. d. med. Wiss. 1864. S. 66.

tationen gleichmässig in den verschiedenen Sondergebieten der speciellen Sinne, welche räumliche Wahrnehmungen liefern, aufzusuchen hat, muss andererseits die specielle Theorie des Ortssinnes der Haut nothwendig auf den allgemeinen Principien aufgebaut, und kann eine eingehende kritische Erörterung derselben um so weniger bei ihrer Darstellung umgangen werden, als dieses ihr Fundament durchaus nicht sicher festgestellt ist, sondern von Seiten der Philosophie wie der Physiologie die widersprechendsten Gestaltungen erhalten hat, die sich heute noch in unentschiedenem Kampfe schroff gegenüberstehen. Wir können uns demnach trotz der uns gebotenen Kürze der Forderung solcher Ausblicke in die allgemeine Raumsinneslehre unmöglich entziehen, obwohl wir dabei Gefahr laufen, Erörterungen, die nothwendig bereits in der Lehre vom Raumsinn des Auges Platz gefunden haben, zu wiederholen, möglicherweise sogar im Conflict mit den dort vertretenen Anschauungen.

Einen festen Ausgangspunkt der Theorie des Raumsinnes der Haut (wie des Auges) bietet meines Erachtens eine von E. H. WEBER zunächst zur Erklärung der endlichen Begrenzung der Feinheit des Ortssinnes und ihre thatsächlichen Verschiedenheiten an verschiedenen Stellen des Tastorgans aufgestellte Hypothese, d. i. die Hypothese von anatomisch gegebenen „Empfindungskreisen“, eine Hypothese, welche, von WEBER folgerichtig aus unbestreitbaren Prämissen abgeleitet und mit den Thatsachen in vollen Einklang gebracht, trotzdem von verschiedenen Seiten zum Theil auf Grund von Missverständnissen bekämpft und verworfen worden ist, welche aber nach meiner festen Ueberzeugung heute noch unerschüttert feststeht und von keiner Seite durch eine besser begründete hat ersetzt werden können. Der unanfechtbare Vordersatz, von welchem WEBER ausgeht, lautet, dass eine und dieselbe Nervenfasern, wenn sie gleichzeitig von mehreren gesonderten Reizen von verschiedenen Orten aus in Erregung versetzt wird, unter allen Umständen nur eine in jeder Beziehung einfache Empfindung, nicht mehrere gleichzeitige discrete Empfindungen, an welche sich verschiedene Ortsvorstellungen anknüpfen können, hervorzubringen vermag, gerade so, wie ein und derselbe Telegraphendraht nicht zwei oder mehrere Ströme, welche ihm gleichzeitig zugeführt werden, gesondert zu leiten und in gesonderte Depeschen umsetzen kann. Allerdings hat VOLKMANN wiederholt gegen die Gültigkeit dieses Satzes Einsprache erhoben und aus dem thatsächlichen Verhalten des Raumsinnes der Netzhaut den Beweis zu führen gesucht, dass in einer Nervenfasern mehrere gleichzeitige Erregungen gesondert nebeneinander herzulaufen vermögen,

allein ich glaube, alle seine angeblichen Beweise sind so gründlich und schlagend als irrig widerlegt, dass wir von einer Vertheidigung des WEBER'schen Vordersatzes gegen dieselben absehen dürfen. Aus diesem Satz folgt, dass eine Hautprovinz, welche ihre Empfindlichkeit einer einzigen in ihrem Rayon mit einfachen oder mehrfachen Enden endigenden Nervenfasern verdankt, niemals zwei gleichzeitige in ihren Bereich auftreffende Eindrücke zur gesonderten Wahrnehmung mit Beziehung auf zwei gesonderte Reizorte bringen kann, sondern stets zu einem einfachen Eindruck mit einfacher Ortsvorstellung verschmelzen muss. Eine solche als Endgebiet je einer Tastnervenfasers anatomisch definirte Hautabtheilung nennt WEBER einen Empfindungskreis, und betrachtet daher die gesammte Hautoberfläche als eine continuirliche Mosaik solcher stehender Empfindungskreise von verschiedenem Durchmesser je nach dem Umfang des jeder Nervenfasers zugewiesenen Weichbildes, von kleinerem Durchmesser daher an nervenreichen Hautpartien, als an solchen, welche spärlicher, in grösseren Abständen von Nervenfasern beschickt werden. Diese anatomische Gliederung des Tastorgans bildet die Grundlage einer entsprechenden psychischen Gliederung der von ihm vermittelten Raumvorstellung in einzelne Elemente; mit den Grenzen der anatomischen Zerklüftung sind die letzten möglichen Grenzen der räumlichen Sonderung fest gegeben. Jeder anatomische Empfindungskreis repräsentirt ein physiologisches Element für den Raumsinn; jedem derselben entspricht je eines der kleinsten, nicht weiter theilbaren Raumvorstellungselemente, welche in ihrer Gesammtheit, wiederum nach Art einer Mosaik, das Raumvorstellungsbild unserer Tasteroberfläche zusammensetzen. Mit anderen Worten: Alle Druck- und Temperaturempfindungen, welche durch irgend welche Reizung der Haut innerhalb des Rayons eines Empfindungskreises, also durch Reizung einer bestimmten Nervenfasers erzeugt werden, verknüpfen sich im Sensorium mit einer ganz bestimmten Ortsvorstellung von bestimmtem — wie wir es einstweilen kurz ausdrücken wollen — Raumwerth, welcher genau derselbe ist, mag der Reiz in der Mitte oder irgend wie am Rande den Empfindungskreis treffen, mag er seinen ganzen Umfang oder nur einen Theil desselben einnehmen, mag er einfach oder in eine beliebige Anzahl getrennter, verschiedene einzelne Punkte des Kreises treffender Einzelreize gespalten sein. Die Ortsvorstellung, welche zu jedem einzelnen Empfindungskreis gehört, ist verschieden von derjenigen, die zu jedem beliebigen anderen Empfindungskreis gehört. Wir stellen dieses Verhältniss zwischen Ortsvorstellungen und

den anatomischen Elementen der Hautmosaik einstweilen als sichere Thatsache hin und verschieben auf spätere Erörterungen die schwierige Frage, wie die Verknüpfung einer bestimmten Ortsvorstellung mit den von einem bestimmten Empfindungskreis aus erweckten Tastempfindungen zu Stande kommt und welche Momente die Verschiedenheiten der Raumwerthe die zu verschiedenen Empfindungskreisen gehören, bedingen. In letzterer Beziehung bemerken wir nur, dass die Gesammtheit der verschiedenen elementaren Ortsvorstellungen ein regelmässig abgestuftes System bilden muss, dass die Differenzen ihrer Raumwerthe insofern in einer ganz bestimmten Relation zu den räumlichen Verhältnissen der Hautmosaik stehen müssen, als die Differenz der ersteren in quantitativer Beziehung um so beträchtlicher sein muss, je weiter von einander entfernt die Felder der Hautmosaik, zu denen sie gehören, die Ortsvorstellung eines Empfindungskreises die grösste Aehnlichkeit mit derjenigen eines unmittelbar angrenzenden Nachbars zeigen, in einem mit der Distanz proportional wachsenden Grade aber sich von den Ortsvorstellungen der in einer bestimmten Richtung weiter und weiter entfernten Empfindungskreise unterscheiden muss, als ferner auch in qualitativer Beziehung die Differenzen anderer Art sein müssen zwischen den Ortsvorstellungen zweier Empfindungskreise von bestimmter Distanz je nachdem die Verbindungslinie derselben in der Quer- oder Längsrichtung des Körpers liegt. Nur so lässt sich die weitgehende Congruenz der vorgestellten Orte der Empfindung mit den wirklichen Reizorten erklären.

Unter diesen Voraussetzungen nun lassen sich nach WEBER'S Theorie die thatsächlichen Verhältnisse des Ortssinnes der Haut vollständig und zwanglos in folgender Weise deuten. Selbstverständlich werden je zwei oder mehrere gleichzeitige Eindrücke, welche innerhalb eines und desselben Kreises auftreten zu einem einfachen verschmolzen, welchen die Seele in das jenem Kreise entsprechende Feldchen der Vorstellungsmosaik der Hautfläche einträgt. Treffen zwei gleichzeitige Eindrücke verschiedene Empfindungskreise, so werden allerdings jedesmal zwei gesonderte Erregungen dem Hirn zufließen und daselbst auch ihre verschiedenen Ortsmarken aufgeprägt erhalten, eine Unterscheidung und räumliche Auseinanderhaltung der beiden Eindrücke wird aber nur dann eintreten, wenn die Seele die Differenz der begleitenden Raumwerthe zu erkennen vermag, also entweder die Differenz eine hinreichend grosse ist, um sich der Wahrnehmung aufzudrängen, oder das Auffassungsvermögen der Seele auch für geringe Differenzen durch Uebung hinreichend verfeinert ist. Treffen

zwei Eindrücke zwei benachbarte Empfindungskreise, so wird vielleicht nirgends oder höchstens an der Fingerspitze des Blinden, bei welchem durch Uebung das Auffassungsvermögen für die Differenzen der Raumwerthe bis zur äussersten Grenze verschärft ist, eine Doppelpempfindung ins Bewusstsein treten. An den meisten Hautstellen und bei gewöhnlichem Ausbildungsgrad des Auffassungsvermögens dagegen wird eine Spaltung in eine Doppelpempfindung erst eintreten, wenn die getroffenen Empfindungskreise, durch eine kleinere oder grössere Anzahl nicht berührter von einander getrennt, soweit auseinanderliegen, dass die Differenz der zugehörigen Raumwerthe eine mehr weniger hoch über dem Minimum gelegene Grösse erreicht, welche dann den Schwellenwerth für das Auffassungsvermögen darstellt. Mit der an dieser Schwelle eintretenden Duplicität der Empfindung ist aber zunächst noch nicht die Sonderung in zwei getrennte Eindrücke, die Wahrnehmung einer Lücke zwischen ihnen gegeben. Die eben eintretende Merklichkeit der Differenz der den Sondereindrücken anhaftenden Raumwerthe wird die Seele zunächst nur veranlassen, die betreffenden Eindrücke nebeneinanderzusetzen, zwei unmittelbar aneinanderstossende Felder der Vorstellungs mosaik mit ihnen auszufüllen, mithin eine Verbreiterung (oder Verlängerung) des einfachen Eindrucks wahrzunehmen. Damit eine Auflösung in zwei getrennte Eindrücke, die Wahrnehmung einer Lücke, einer Distanz zwischen ihnen eintrete, müssen die Reizorte noch weiter auseinanderrücken, noch eine grössere Anzahl nicht berührter Empfindungskreise zwischen die berührten eingeschaltet werden. WEBER selbst hat diese Bedingung der Distanzwahrnehmung folgendermaassen formulirt: „damit zwei gleichzeitig auf die Haut gemachte Eindrücke örtlich als zwei in einem gewissen Abstand von einander liegende Eindrücke unterschieden werden können, scheint erforderlich zu sein, dass die Eindrücke nicht nur auf zwei verschiedene Empfindungskreise gemacht werden, sondern auch, dass zwischen diesen noch ein Empfindungskreis, oder mehrere Empfindungskreise liegen, auf welche kein Eindruck gemacht wird.“ Wir möchten die Bedingung genauer präcisirt durch den Satz ausdrücken, dass die Zahl der zwischen den berührten liegenden freien Empfindungskreise in jedem Fall so gross werden muss, dass nicht allein die Differenz der Raumwerthe der berührten Kreise die zur Erkennung nothwendige Grösse erreicht, sondern dass auch zwischen denselben auffassbare, den Zwischenkreisen zugehörige Zwischenstufen der Raumwerthe liegen, welche, der Seele als Glieder der successiv abgestuften Reihe bekannt, von ihr vermisst werden können und so das Motiv

zur Leerlassung eines oder mehrerer Vorstellungsfelder zwischen den ausgefüllten bilden. Nur in den seltenen Fällen, wo die Seele gelernt hat, die minimale Differenz der Raumwerthe zweier aneinandergrenzender Empfindungskreise aufzufassen, kann ein freier Kreis zur Wahrnehmung einer Lücke genügen, in allen anderen Fällen, unter gewöhnlichen Verhältnissen auf der ganzen Hautoberfläche, sind dazu mehrere erforderlich, an manchen Stellen, wie der durch Lage und Unbeweglichkeit von jeder activen Uebung ausgeschlossenen Rücken- haut, eine sehr grosse Anzahl. Wie einfach erklärt diese Anschauung die Verfeinerung des Ortssinnes durch Uebung! Es ist dieselbe ein Analogon der in allen Sinnesgebieten bewährten Verfeinerung des Auffassungsvermögens für Qualitätsdifferenzen z. B. Farbenntiancen, Tonhöhen, durch Uebung. Wie bei dem Musiker sich das Unterscheidungsvermögen von Tonhöhen bis zu einer ebenfalls durch anatomische Verhältnisse abgesteckten Grenze, d. h. bis zu derjenigen Höhendifferenz, welche dem Stimmungunterschied zweier benachbarter CORTI'Scher Zähne entspricht, verschärfen kann, so kann hier das Auffassungsvermögen bis zu dem durch die anatomische Abgrenzung der Empfindungskreise gegebenen Extrem, d. i. bis zum Erkennen des Raumwerthsunterschiedes zweier benachbarter Kreise verfeinert werden. Daraus erklärt sich nicht allein die Verfeinerung des Ortssinnes an einer bestimmten Hautprovinz durch Uebung, wie sie aus VOLKMANN'S Versuchen sich ergibt, sondern auch die grössere Feinheit an allen Theilen, welche durch Lage und Beweglichkeit zu activen Tastoperationen am geeignetsten sind und zu solchen am häufigsten gebraucht werden; daraus erklärt sich auch die in VIERORDT'S Gesetz ausgedrückte Zunahme der Feinheit der verschiedenen Hautpunkte eines Gliedes mit dem Abstand von der Drehungsachse, d. i. mit dem Umfang der Excursionen, welche ein Punkt bei den Bewegungen des Gliedes ausführt, denn, je beweglicher ein Theil, desto mehr ist ihm Gelegenheit zur Berührung mit Aussendungen (oder anderen Theilen des Tastorgans), und somit der Seele Veranlassung gegeben, ihre Aufmerksamkeit den von ihm ausgehenden Ortsvorstellungen und deren successiven Veränderungen bei der Wanderung der Eindrücke auf der bewegten Fläche zuzuwenden.

Aus vorstehender Erörterung ergibt sich die wichtige Folgerung, dass die kleinste wahrnehmbare Distanz durchaus nicht ein directes Maass für den Durchmesser der Empfindungskreise ist. Allerdings kann man auch das durch die kleinste wahrnehmbare Distanz umschriebene Hautgebiet als eine elementare Grösse, als eine physiologische Einheit für den Raumsinn auffassen

und mit dem an sich sehr unbestimmten Ausdruck eines Empfindungskreises bezeichnen. Dann muss man aber diesen Begriff eines physiologischen Empfindungskreises streng von demjenigen eines anatomischen Empfindungskreises, wie ihn WEBER definirt hat, auseinanderhalten und darf beide nicht schlechthin identificiren. Beide stellen nur in dem seltenen Fall identische Grössen dar, wo thatsächlich ein freier anatomischer Empfindungskreis zwischen zwei berührten zur Wahrnehmung einer Lücke genügt, in der Regel umfasst ein physiologischer Empfindungskreis mehrere, oft sehr viele anatomische, und es ist daher durchaus unstatthaft aus dem beträchtlichen Durchmesser des physiologischen Empfindungskreises an Gegenden stumpfen Ortssinnes ohne Weiteres auf einen entsprechenden Umfang des anatomischen Empfindungskreises zu schliessen, am Rücken etwa dem Versorgungsgebiet einer Nervenfasers einen Durchmesser von 30^{'''} zu vindiciren. Wäre letzteres der Fall, so würden wir wahrscheinlich am Rücken die Berührung mit einer Zirkelspitze nicht als einen punktförmigen Eindruck empfinden, sondern als den Eindruck einer kleinen Scheibe, d. h. wir würden ein dem Durchmesser des Kreises entsprechend grosses Feldchen der Vorstellungs mosaik damit ausfüllen, was nicht der Fall ist. Die Differenzen der Feinheit des Ortssinnes, wie sie sich empirisch aus den kleinsten wahrnehmbaren Distanzen der Zirkelspitzen ergeben, beruhen nur zum geringsten Theil auf Differenzen der Grösse, mehr weniger ausschliesslich auf Differenzen der Zahl der anatomischen Empfindungskreise, welche in je einem physiologischen aufgehen. Diese Zahl wird durch psychische Verhältnisse, durch die wandelbare Schärfe des Auffassungsvermögens der Seele in der erörterten Weise bestimmt; Verschiedenheiten dieses Vermögens aber können theils durch verschiedene Grade der Uebung, theils auch durch verschiedene Feinheit der Abstufung der Raumwerthe von Empfindungskreis zu Empfindungskreis bedingt sein. Die physiologischen Empfindungskreise sind demnach variable z. B. durch Uebung veränderliche Grössen, die anatomischen dagegen absolut unveränderliche, physisch gegebene Grössen. Auf einer Verwechslung oder fälschlichen Identificirung beider Begriffe beruhen die meisten Angriffe, welche gegen WEBER'S Lehre geführt worden sind, und WEBER selbst hat denselben gewissermaassen Vorschub geleistet, indem er selbst beide nicht immer streng genug auseinander gehalten hat. Er selbst¹, obwohl er sich ausdrücklich dagegen verwahrt,

¹ Vergl. bes. WEBER'S eigene Vertheidigung seiner Lehre in dem Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1852. S. 85.

dass er das Einfachfühlen zweier Eindrücke als sicheres Kriterium der Versorgung der beiden getroffenen Punkte durch dieselbe Nervenfasern betrachte, obwohl er ausdrücklich ausspricht, dass zur Wahrnehmung einer Distanz wahrscheinlich mehrere freie Empfindungskreise erforderlich seien, betrachtet doch immer die kleinste wahrnehmbare Distanz als ein Maass wenigstens der relativen Grösse der anatomischen Empfindungskreise und sucht damit den der Feinheit des Ortssinnes entsprechenden Grad des Nervenreichthums verschiedener Hautprovinzen in Einklang zu bringen. Er schliesst ferner aus der Thatsache, dass an den Armen die Minimaldistanz in der Querrichtung kleiner als in der Längsrichtung gefunden wird, auf eine längliche Gestalt der Empfindungskreise, obwohl die Thatsache ebensogut darauf beruhen kann, dass vielleicht in Folge langsamerer Zunahme der Raumwerthe der einzelnen Reize in der Längsrichtung als in der Querrichtung in ersterer eine grössere Anzahl freier Zwischenkreise zur Wahrnehmung einer Lücke erforderlich ist, als in letzterer.

Die weiteren Consequenzen, welche WEBER aus seiner klaren Lehre von den Empfindungskreisen über die Wahrnehmung von Grössen und Formen mittelst des Ortssinnes der Haut ableitet, sind folgende: Zur Beurtheilung der Grösse einer Distanz zweier Eindrücke, welche über der Raumschwelle liegt, gelangt die Seele durch eine ungefähre Schätzung der Zahl freier Empfindungskreise, welche zwischen den berührten liegen; während daher in einer bestimmten Hautprovinz die vorgestellte Grösse der Zunahme der reellen Distanz der Eindrücke proportional wächst, ist für eine bestimmte Distanz in verschiedenen Hautprovinzen der Maassstab ein verschiedener, entsprechend der verschiedenen Grösse der Einheiten, d. i. der Durchmesser der einzelnen Empfindungskreise. Diese Einheiten sind auch hier meines Erachtens nicht die anatomischen, sondern die physiologischen Empfindungskreise, d. i. die kleinsten wahrnehmbaren Distanzeinheiten, durch deren Aneinanderreihung die zu messende Distanz entstanden gedacht werden kann. Viele bestreiten dieses Princip der Distanzenmessung, bestreiten, dass dabei die freien Empfindungskreise überhaupt berücksichtigt oder gar gezählt werden und nehmen an, dass die Beurtheilung der Grösse einer Distanz lediglich auf der Beurtheilung der Verschiedenheit der Raumwerthe, welche den berührten Kreisen zugehören, demnach der Verschiedenheit der Orte, welche den Eindrücken angewiesen werden beruhe. Ich halte jedoch die WEBER'sche Auffassung, nicht bloss weil sie eine nothwendige Consequenz seiner Erklärung des

Zustandekommens einer Lückenwahrnehmung überhaupt ist, für die richtigere und zwar, weil uns aus ihr sich die thatsächlichen enormen Differenzen der Grössenbeurtheilung einer gegebenen Distanz an verschiedenen Hautstellen, welche Differenzen den Differenzen der extensiven Unterschiedsempfindlichkeit genau proportional sind, ungewungen erklären, während sie zu den Forderungen der gegenübergestellten Anschauung in schroffem Widerspruch stehen. Dies wird sich klarer aus der Betrachtung eines speciellen Falles ergeben. Setzen wir die Zirkelspitzen $\frac{3}{4}$ Zoll von einander entfernt vor dem Ohr auf und bewegen sie bei ungeänderter Distanz quer über das Gesicht, so spaltet sich, wie oben beschrieben, der anfangs einfache Eindruck in zwei Sondereindrücke, welche weiter und weiter auseinander zu weichen scheinen. Die Erklärung nach WEBER's Princip lautet: weil sich auf diesem Wege mehr und mehr der kleiner und kleiner werdenden physiologischen Empfindungskreise zwischen die berührten Punkte einschalten und diese wachsende Zahl der vermissten Zwischenglieder der Aufmerksamkeit der Seele sich aufdrängt und das Urtheil bestimmt. Die gegenüberstehende Auffassung müsste behaupten, dass auf den verschiedenen Stellen des Weges die Orte, in welche nach den Raumwerthen der berührten Empfindungskreise die Eindrücke eingetragen werden, in dem Maasse, als die scheinbare Distanz wächst, weiter und weiter auseinanderrücken. Das ist aber an sich widersinnig, weil bei einem so groben Missverhältniss zwischen der vorgestellten und wirklichen Lage der Reizorte überhaupt unbegreiflich wäre, wie die Seele jemals zu einem unverzerrten Vorstellungsbild der Tastfläche gelangen könnte. Es ist aber auch thatsächlich nicht begründet; denn wenn wir an den verschiedenen Stellen des Weges die Zirkelspitzen einzeln nacheinander auf die betreffenden Punkte aufsetzen, so verbinden sich die Einzeleindrücke mit Ortsvorstellungen, welche durchaus nicht so verschieden distant erscheinen, wie bei gleichzeitiger Berührung; ja wir nehmen dann selbst am Ohr eine Verschiedenheit des Ortes der einzelnen Berührungen wahr. Das scheinbare Auseinanderweichen der Zirkelspitzen in dem beschriebenen Versuch ist daher eine Urtheilstäuschung, welche dadurch zu Stande kommt, dass die richtige Localisirung der Sondereindrücke nach den Raumwerthen der berührten Kreise durch die einseitige Aufmerksamkeit auf die Zahl der vermissten Zwischenstufen Lügen gestraft wird.

Wie die Schätzung der Distanzen, so beruht nach WEBER auch die Beurtheilung der Länge einer Reihe continuirlich an einander grenzender Eindrücke, also z. B. der Länge eines der Haut ange-

drückten Stäbchens auf einer ungefähren Taxation der Summe der berührten Empfindungskreise. Ebenso einfach erklärt sich ferner aus WEBER's Lehre die Wahrnehmung der Form eines berührten Abschnittes der Tastfläche und mittelbar des berührenden äusseren Objects. Die Seele ordnet die Einzeleindrücke, welche von den verschiedenen gleichzeitig berührten Empfindungskreisen herrühren, nach ihren Raumwerthen in die entsprechenden Felder der Vorstellungsmosaik ein, wie der Mosaikarbeiter durch entsprechende räumliche Anordnung seiner Steinchen die räumlichen Verhältnisse der Einzeltheile, in welche er sich je nach der Grösse seiner Elemente eine zu copirende Figur zerlegt, wiedergiebt, oder die Stickerin eine solche durch Ausfüllung der entsprechend gelagerten Maschen des Stramins reconstruirt. Dabei ist selbstverständlich der Seele wie dem Mosaikarbeiter für die erkennbare Darstellung von Formen und die Wiedergabe räumlicher Details mit der gegebenen endlichen Grösse der Elemente, aus denen die Raumbilder zusammensetzen sind, eine bestimmte Grenze gesetzt. Wie der Mosaikarbeiter mit einem Steinchen keinen Kreis herstellen kann, aber auch nicht mit zwei, drei oder vier Steinchen, in einem Raum, der nur für vier solche Steinchen Platz hat, daher überhaupt die Form eines Kreises nicht wiederzugeben vermag, so geht es auch der Seele bei ihrem musivischen Verfahren. Handelt es sich z. B. darum, den kreisförmigen Querschnitt einer cylindrischen Röhre durch den Ortssinn der Haut als solchen zu erkennen und von dem dreieckigen Querschnitt einer prismatischen Röhre zu unterscheiden, so wird dies absolut unmöglich sein, wenn der Durchmesser der Röhre kleiner ist, als derjenige eines Empfindungskreises der Hautstelle, auf welche der Querschnitt zur Lösung der Aufgabe aufgesetzt wird. Es kann dann nur ein einfacher Eindruck, an welchem jede feinere räumliche Unterscheidung unmöglich ist, entstehen. Es genügt aber auch dazu noch nicht ein Röhrendurchmesser, welcher dem doppelten Durchmesser eines Empfindungskreises gleich kommt. Die Erkennung der Form wird erst dann möglich, wenn der Querschnitt der Röhre so gross, oder der Durchmesser der Empfindungskreise so klein ist, dass der Rand der Röhre eine in erkennbarer Kreisform gelegene Reihe von Empfindungskreisen deckt und diese mindestens einen freien, dem Lumen der Röhre entsprechenden Empfindungskreis einschliesst. Daher wird der Querschnitt der Röhre um so beträchtlicher sein müssen, je stumpfer der Ortssinn der prüfenden Hautstelle. In der That fand WEBER, bei direct in diesem Sinne angestellten Versuchen, dass, während die Zungenspitze die Kreisform bereits bei einem Durch-

messer der Röhre von 1,5^{'''} deutlich erkannte, an der Bauchhaut dazu ein Durchmesser von 3³/₄ Zoll erforderlich war.

Zur Erkennung von Formen mittelst des Ortssinnes der Haut ist es nicht erforderlich, dass die entsprechende Reihe von Eindrücken gleichzeitig auf die Haut wirkt. Wir erkennen solche, z. B. die Figur eines Buchstaben, auch, wenn dieselben auf der Haut beschrieben, d. h. successiv nach einander die in der Richtung der Figur aneinander grenzenden Empfindungskreise berührt werden, die Seele also den im Moment der Berührung erhaltenen reellen Eindruck an einen vorhergegangenen, in der Erinnerung festgehaltenen anreicht. Auch hier ist natürlich Bedingung, dass wir den Buchstaben so gross auf die Haut schreiben, dass die Reihe der getroffenen Mosaikfelderchen die Form des Buchstaben kenntlich darstellt. Dabei machte WEBER eine höchst auffallende Beobachtung, welche zeigt, dass in gewissem Sinne eine Accomodation der durch die Haut vermittelten räumlichen Wahrnehmungen an die weit vollkommneren und durch die Häufigkeit ihrer Wiederkehr weit vertrauteren räumlichen Wahrnehmungen, welche uns der Gesichtssinn über die gleichen Objecte verschafft, stattfindet. Damit ein Buchstabe durch den Ortssinn leicht erkennbar ist, muss er in solcher Lage auf der Haut beschrieben werden, wie wir ihn wirklich auf die betreffende Stelle schreiben müssen, wenn er von dem Auge der Versuchsperson gelesen, demselben in der gewöhnlichen richtigen Lage erscheinen soll. Ein L muss demnach auf der Stirn aufrecht aber verkehrt, d. h. mit der Winkelöffnung nach links gerichtet, als ob es von den Augen durch die durchsichtige Stirnhaut gelesen werden sollte, auf der Bauchhaut, umgekehrt d. h. auf dem Kopf stehend, aber mit rechts gerichteter Apertur, auf dem Kreuz endlich zugleich verkehrt und umgekehrt geschrieben werden.

Eine Frage von hohem Interesse ist die, ob das für die Intensitäts-Unterschiedsempfindlichkeit im Gebiete des Drucksinnes von WEBER aus seinen Beobachtungen abgeleitete „WEBER'sche Gesetz“ welches wir oben weitläufig erörtert haben, sich auch für die extensiven Wahrnehmungen des Ortssinnes der Haut bestätigt, mit anderen Worten, ob, um mittelst desselben zwei Linien d. h. zwei Reihen continuirlicher gleichzeitiger Tasteindrücke eben als verschieden lang zu erkennen, der wirkliche Längenunterschied der beiden Linien bei allen absoluten Längen derselben die gleiche relative Grösse darstellen muss. Auf einen concreten Fall angewendet und in die Sprache der WEBER'schen Lehre von den Empfindungskreisen übersetzt, lautet die Frage folgendermaassen: Haben wir der Haut an einer Stelle, an welcher der Durchmesser der Empfindungskreise 1^{'''} beträgt, ein Stäbchen von 10^{'''} Länge aufgelegt und gefunden, dass wir dasselbe gerade um 1^{'''} verlängern müssen, um einen ebenmerklichen Längenunterschied wahrzunehmen, müssen wir ein Stäbchen von 100^{'''} Länge um 10^{'''} d. i. um dieselbe relative Grösse

verlängern, damit wiederum die Längenzunahme ebenmerklich wird? Entspricht demnach die extensive Unterschiedsschwelle wie die intensive stets demselben relativen Reizzuwachs, hier also demselben relativen Zuwachs der Zahl der getroffenen Empfindungskreise? Auf Grund der oben von uns vertretenen Auffassung des WEBER'schen Gesetzes ist diese Analogie von vornherein im höchsten Grade wahrscheinlich, wie wir bereits S. 348 auseinandergesetzt haben. Der sichere experimentelle Nachweis der Gültigkeit des Gesetzes für den Ortssinn der Haut stösst jedoch auf grosse Schwierigkeiten, deren wesentlichste darin besteht, dass der Umfang der Hautstellen, in denen die Einheiten d. h. die Empfindungskreise die gleiche Grösse haben, ein zu geringer ist, um die absoluten Längen der zu vergleichenden Berührungslinien hinreichend variiren zu können. Greift aber, um zu unserem Beispiel zurückzukehren, die Linie von 100^{'''} Länge in Hautgebiete über, in denen der Durchmesser der Empfindungskreise zweimal oder dreimal grösser wird, als in dem von der Linie von 10^{'''} eingenommenen Gebiet, so muss sich selbstverständlich auch der extensive Unterschiedsschwellenwerth ändern.

Daraus erklärt sich, dass die Ergebnisse der directen Bestimmungen wie FECHNER¹ gezeigt hat, mit den Forderungen des Gesetzes nicht völlig im Einklang stehen. Wir dürfen somit von einer wiederholten Discussion der Bedeutung und Erklärung des Gesetzes in Bezug auf den Ortssinn der Haut absehen und auf die Darstellung der Lehre vom Augenmaass, bei welchem eine genauere Prüfung seiner Gültigkeit für extensive Wahrnehmungen möglich ist, verweisen.

Ogleich eine Widerlegung der gegen WEBER's Lehre erhobenen Einwände im Wesentlichen bereits in der vorstehenden Erörterung derselben enthalten ist, müssen wir doch einzelnen Angriffen und Versuchen, sie durch andere Hypothesen zu ersetzen, eine kurze Specialkritik widmen. Zu den Angriffen, welche heutzutage keiner besonderen Widerlegung mehr bedürfen, gehören diejenigen, welche auf einem groben Missverständniss, auf einem Uebersehen der von WEBER für das Entstehen von Doppelempfindungen aufgestellten Bedingung freier Empfindungskreise zwischen den berührten beruhen. Dahin gehört der Versuch KÖLLIKER's², WEBER's Lehre dadurch ad absurdum zu führen, dass er aus ihr die Versorgung der gesammten Hautoberfläche mit einer einzigen Nervenfasern ableiten zu können meinte. Auch LOTZE's³ Polemik, in ihrer ursprünglichen Fassung mindestens, liegt dieser Fehler zu Grunde, indem er folgendermassen raisonnirt: Stellen wir uns drei aneinandergrenzende Empfin-

1 FECHNER, Psychophys. I. S. 235.

2 KÖLLIKER, Arch. f. microscop. Anat. II. 1. Abth. S. 43.

3 LOTZE, Medicin. Psycholog. S. 402.

dungskreise unter der Formel $(a + b + c) (d + e + f) (g + h + i)$, worin die einzelnen Buchstaben die nebeneinander liegenden Punkte der durch Klammern abgegrenzten Kreise darstellen, vor, so müsste nach WEBER die gleichzeitige Berührung von a und c , die vielleicht einen Zoll auseinander liegen, einen einfachen Eindruck erzeugen, weil sie demselben Kreis angehören, die Berührung von c und d aber, welche unmittelbar aneinander grenzen, einen doppelten, weil sie verschiedenen Kreisen angehören, was nicht der Fall ist. Die Widerlegung liegt auf der Hand; nach WEBER entsteht im günstigsten Fall bei Berührung von c und g , ein doppelter Eindruck.

Hieran reiht sich ein anderer, ebenfalls besonders von LOTZE erhobener Einwand, bei welchem zwar das Dazwischenliegen freier Empfindungskreise als Bedingung der Sonderung von Eindrücken anerkannt, aber nicht berücksichtigt ist, dass diese freien Felder in der Regel in der Mehrzahl, an vielen Stellen in der Vielzahl vorhanden sein müssen. Dieser Einwand lautet folgendermassen: Die Berührung von c und g in obigem Schema erzeugt nach WEBER einen doppelten, die Berührung von b und f dagegen, welche ebensoweit distant sind, oder sogar von a und f , welche weiter von einander abstehen als c und g , nur einen einfachen Eindruck, weil sie benachbarten Kreisen angehören. Eine und dieselbe Distanz würde also je nach dem Auftreffen der Zirkelspitze einmal einen doppelten, ein anderes Mal einen einfachen Eindruck erzeugen, die kleinste wahrnehmbare Distanz demnach eine zwischen cg und ag schwankende Grösse darstellen, während sie nach LOTZE thatsächlich constant ist. Auch dieser Einwand ist durchaus hinfällig. Erstens wird die Schwankung der kleinsten wahrnehmbaren Distanz, welche sich allerdings aus WEBER's Theorie als nothwendig ergibt, kleiner und kleiner, wenn statt einem zwei oder mehrere freie Kreise zur Sonderung der Eindrücke erforderlich sind, wie es factisch immer mit Ausnahme der oben bezeichneten extremen Fälle der Fall ist, und wird sehr bald so klein sein, dass sie der Beobachtung beim Versuch sich entzieht. Zweitens ist die von LOTZE behauptete Constanz der Raumschwelle thatsächlich nicht begründet. Der häufige Wechsel „falscher und richtiger Fälle“, welcher bei einer grösseren Anzahl hintereinander an derselben Hautstelle ausgeführter Bestimmungen an der Grenze der Wahrnehmbarkeit der Duplicität sich zeigt, beruht zum Theil wohl auf Unsicherheiten der Auffassung, zum Theil aber gewiss auch auf dem Wechsel der Lage der Eindrücke in dem oben bezeichneten Sinn.

LOTZE hat ferner als unverträglich mit WEBER's Theorie die Thatsache bezeichnet, dass an Stellen stumpfen Ortssinns, an welchen z. B. zwei gleichzeitige Eindrücke einen Zoll von einander entfernt sein müssen, um gesondert zu werden, doch innerhalb eines Rayons von einem Zoll Durchmesser erstens die Lagenveränderung eines einfachen Eindrucks, die Verschiebung einer Zirkelspitze, wahrgenommen werde, zweitens zwei nacheinander auf verschiedene Punkte des Rayons treffende Eindrücke räumlich gesondert werden, wie besonders von CZERMAK¹ her-

¹ CZERMAK, Sitzgsber. d. Wiener Acad. 2. Abth. XVII. S. 563; Molesch. Unters. I. S. 188.

vorgehoben worden ist. Beide Thatsachen sind sehr wohl mit WEBER'S Lehre in Einklang zu bringen, sobald man von der Anschauung ausgeht, dass jener Rayon von 1 Zoll Durchmesser nicht ein anatomischer, sondern ein physiologischer Empfindungskreis ist, welcher eine grössere Anzahl anatomischer Mosaikelemente mit gesonderten Nervenfasern und differenten Raumwerthen einschliesst. Sind nun auch diese Raumwerthe innerhalb dieses Bezirks so wenig different oder die Seele in ihrer Auffassung so wenig geübt, dass ihre Verschiedenheiten nicht aufgefasst werden, wenn zwei derselben gleichzeitig vor das Bewusstsein treten, so kann doch eine solche Unterscheidung möglich werden, wenn sie nacheinander, jeder für sich die ungetheilte Aufmerksamkeit geniesend, einwirken, ganz aus demselben Grunde als auch Intensitäts- und Qualitätsdifferenzen von Empfindungen, wie oben beim Drucksinn nachgewiesen wurde, weit feiner unterschieden werden, wenn sie nacheinander als wenn sie gleichzeitig dem Bewusstsein sich präsentiren. Uebrigens ist, wie ich mich überzeugt habe, innerhalb eines solchen physiologischen Empfindungskreises die Wahrnehmung der Richtung, in welcher ein Eindruck hin und her verschoben wird, eine sehr unvollkommene und unsichere, und beruht bei kleineren Verschiebungen die Vorstellung der Bewegung wohl mehr auf der Wahrnehmung kleiner Intensitätsdifferenzen der successiven Eindrücke als auf einer Auffassung der Veränderung ihrer Raumwerthe.

Man hat ferner eingewendet, dass an den Gegenden stumpfsten Ortssinnes, wie der Rückenhaul, doch jeder punktförmige Eindruck in einer entsprechend minimalen Ausdehnung localisirt, nicht als Berührung des ganzen umfangreichen (physiologischen) Empfindungskreises empfunden werde. Die Erklärung dieser Thatsache in WEBER'S Sinn lautet, wie bereits oben besprochen wurde: weil an solchen Stellen der physiologische Empfindungskreis aus sehr zahlreichen anatomischen Kreisen zusammengesetzt ist, die Localisirung des punktförmigen Eindrucks aber lediglich auf Grund des Raumwerths, welcher dem berührten anatomischen Element zugehört, geschieht.

Die Unterscheidung physiologischer und anatomischer Empfindungskreise beseitigt auch ohne Weiteres den anfangs häufig erhobenen anatomischen Einwand, dass die Differenzen des Nervenreichthums verschiedener Hautprovinzen bei weitem nicht den Differenzen der Durchmesser ihrer Empfindungskreise proportional seien, die Rückenhaul z. B. nicht dreissigmal weniger Nervenfasern für einen bestimmten Bezirk erhalte, als die Haut der Fingerspitzen. Die Thatsache ist richtig, aber ihre Beweiskraft gegen WEBER nichtig. Stellte sich z. B. heraus, dass die Versorgung der Rückenhaul mit einzelnen Nervenfasern etwa nur dreimal spärlicher als die der Fingerhaul sei, so würde dies beweisen, dass der Durchmesser der anatomischen Empfindungskreise an ersterer allerdings nur etwa dreimal grösser als an letzterer; dass dabei die kleinste wahrnehmbare Distanz, d. i. der Durchmesser des physiologischen Empfindungskreises an ersterer aber nicht drei-, sondern dreissigmal grösser als an letzterer sich ergibt, wäre daraus zu erklären, dass die Zahl der zur Auffassung einer Lücke erforderlichen freien Kreise zwischen den berührten am Rücken zehnmal grösser ist, als an der Fingerspitze.

Wenn sich somit alle speciellen Einwände gegen WEBER's Theorie so leicht entkräften lassen, so ist mir immer die vielseitige hartnäckige Opposition gegen dieselbe um so weniger verständlich gewesen, als diese Opposition sich fast ausschliesslich gegen ihre Anwendung auf den Raumsinn der Haut, nicht aber auf den Raumsinn der Netzhaut gewendet hat. Allerdings ist diese Einseitigkeit leicht erklärlich. Hätten wir in der Haut einen so evidenten Ausdruck der von der Theorie geforderten musiven Zerklüftung in den sichtbaren Strukturverhältnissen, wie in der Stäbchen- und Zapfenschicht der Retina, liesse sich bei der Haut mit solcher Schärfe durch Messung die Uebereinstimmung der kleinstmöglichen, räumlich zu sondernden Wahrnehmungselemente mit den Durchmesser der Elemente der anatomischen Mosaik ad oculos demonstriren, wie am gelben Fleck der Netzhaut, so würden viele Bedenken, die man im Gebiete des Ortssinnes der Haut künstlich grossgezogen hat, gar nicht aufgekomen und mancher gekünstelte, schon in seinen Grundlagen haltlose Versuch, WEBER's auf unanfechtbarem Vordersatz ruhender anatomischer Hypothese eine andere zu substituiren, unterblieben sein. Dass aber der Raumsinn des Auges auf einer wesentlich anderen Grundlage beruhe, als derjenige der Haut, wird Niemand im Ernst vertreten wollen. Von einer eingehenden Kritik der Gegenhypothesen dürfen wir absehen, einmal, weil wir einzelne derselben erst bei den folgenden Auseinandersetzungen berühren können, zweitens, weil wir alle diejenigen heutzutage überhaupt nicht mehr für discussionswerth halten, welche auf der Annahme beruhen, oder stillschweigend die Möglichkeit involviren, dass eine und dieselbe Nervenfasern gleichzeitig mehrere, räumlich sonderbare Eindrücke vermitteln kann. An diesem Cardinalfehler kranken z. B. die Hypothesen von MEISSNER¹ wie von CZERMAK. Beide nehmen als sensible Elemente der Haut mehr weniger dicht gedrängt stehende „sensible Punkte“ an, von denen jeder einem Nervenende seine Empfindlichkeit verdankt. Aus Aggregaten solcher Punkte, ohne dass dabei in Betracht kommt, ob ihre Nervenenden denselben oder verschiedenen Nervenfasern angehören, lässt MEISSNER die den WEBER'schen Empfindungskreisen äquivalenten elementaren Hautbezirke bestehen, und zwar soll das Maassgebende für die Abgrenzung der letzteren eine bestimmte Zahl von sensibeln Punkten sein, so dass jene Bezirke um so kleiner, der Ortssinn um so feiner ist, je dichter gedrängt die sensibeln Punkte aneinander liegen. Abgesehen davon, dass gegen diese Hypothese weit berechtigter als gegen die WEBER'sche der oben besprochene anatomische Einwand mutatis mutandis erhoben werden kann — dass nämlich an der Rücken- und Nackenhaut die Nervenenden nicht dreissigmal weiter auseinander liegen als an der Fingerspitze — steht ihr Hauptprincip vollkommen haltlos und unbegründet da. Wie eine bestimmte Zahl erregter Nervenenden das Moment zur Bildung einer bestimmten Ortsvorstellung, welche für jeden verschiedenen Hautbezirk eine verschiedene ist, abgeben soll, ist mir absolut unausdenkbar. CZERMAK schreibt sogar jedem einzelnen sensibeln Punkt, also jedem einzelnen Nervenende, die Fähigkeit zu, der von ihm aus erregten Empfindung einen bestimmten Raumwerth (Localzeichen, s. unten) zu ertheilen, also

1 MEISSNER, Beitr. z. Anat. u. Physiol. d. Haut. S. 44. Leipzig 1853.

ein Element der Vorstellungs mosaik zu repräsentiren, was jedoch praktisch nicht in Betracht komme, da jeder, auch der beschränkteste Reiz, immer gleichzeitig eine Anzahl sensibler Punkte errege, einen „physikalischen Zerstreungskreis bilde, und die Unterschiede der Raumwerthe benachbarter Punkte viel zu gering seien, um aufgefasst zu werden. Als Empfindungskreis bezeichnet CZERMAK denjenigen Hautbezirk, innerhalb dessen wegen dieser Unmerklichkeit der Raumwerthsdifferenzen differente Raumvorstellungen nicht entstehen können; damit eine Sonderung zweier Eindrücke eintrete, müsse das Gebiet eines solchen Empfindungskreises zwischen den berührten Punkten liegen. Es ist klar, dass CZERMAK's Empfindungskreise nichts Anderes sind, als was wir als physiologische Empfindungskreise in WEBER's Sinn definitirt haben, welche ebenfalls in dem Sinne, wie CZERMAK den seinigen zuschreibt, interferiren, d. h. sich theilweise decken, insofern zwei benachbarte eine Anzahl sensibler Elemente, seien es sensible Punkte, oder anatomische Empfindungskreise WEBER's, gemeinsam haben.

Nachdem wir somit die WEBER'sche Lehre von den Empfindungskreisen, als anatomischen Substraten des Raumsinnes der Haut, als vollkommen begründet in ihr Recht eingesetzt zu haben glauben, müssen wir dieselbe auch der Erörterung der weiteren allgemeinen Fragen nach dem Zustandekommen der Raumvorstellungen zu Grunde legen, diese Fragen selbst in ihrem Sinne formuliren. Dieselben lauten daher: Wie entsteht die spezifische Ortsvorstellung, welche die von jedem einzelnen Empfindungskreis aus erzeugte Druck- oder Temperatur- (oder Schmerz-) Empfindung unzertrennlich begleitet? Welches sind die Momente, welche die Differenzen dieser Ortsvorstellungen bei der Einwirkung eines identischen Reizes auf verschiedene Empfindungskreise, also bei der Erregung der verschiedenen gesonderten Nervenfasern, welche sie mit dem Centrum verbinden, bestimmen? Wir betreten mit diesen Endfragen der Raumsinnes theorie jenes ausserordentlich difficile, unsichere Territorium, auf welchem insbesondere seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts Philosophie und Physiologie, zum Theil ohne richtige Fühlung mit einander, Gegensätze der verschiedensten Art, zu den widersprechendsten Hypothesen geformt, in einen bis auf den heutigen Tag noch unentschiedenen Kampf geführt haben. Wenn unter diesen Gegensätzen derjenige, welcher nach HELMHOLTZ¹ als derjenige der empiristischen und nativistischen Anschauung bezeichnet wird, bis auf

¹ Die ausführlichste vergleichende Darstellung und sorgfältigste Kritik aller über den Ursprung der Raumvorstellungen aufgestellten Theorien giebt C. STUMPF, Ueb. d. psychol. Urspr. d. Raumvorst. Leipzig 1873. Vgl. ausserdem LOTZE, medicin. Psychol. S. 325 und: System d. Philos. II Th. Metaphysik S. 193 u. 543. WUNDT, Grundz. d. physiol. Psycholog. S. 470. HELMHOLTZ, Handb. d. phys. Optik. 3. Abschn. S. 427. 796. Leipzig 1867; Die Thatsache in d. Wahrnehmung. Rede etc. Berlin 1879.

den heutigen Tag die Hauptrolle gespielt hat, so ist nicht zu vergessen, dass sowohl die Nativisten über das, was sie als die angeborene Grundlage der Raumanschauung betrachten, als die Empiristen über den Weg, auf welchem, und die Mittel, durch welche die Raumanschauung empirisch erworben wird, unter sich in unvermitteltem Widerspruch stehen. Da eine erschöpfende historisch-kritische Darstellung aller hierher gehörigen Hypothesen und Theorien die Grenzen unserer Aufgabe weit überschreiten würde, wollen wir es versuchen, auf dem Wege des kritischen Raisonnements die unhaltbaren von den haltbaren Grundprincipien zu scheiden und so aus der bunten Mischung des historischen Materials die Elemente zu isoliren, welche nach unserer Ueberzeugung als solide Bausteine einer allen Thatsachen gerechten, unanfechtbaren künftigen Raumsinnes-theorie verwendbar sind.

Obenan steht folgender unumstössliche Grundsatz, welcher, so selbstverständlich er erscheint, doch nicht bei allen Theorien in gebührender Weise berücksichtigt worden ist: Damit zwei Eindrücke, welche ein und derselbe, qualitativ und quantitativ identisch äussere Reiz, wie z. B. der gleiche von einer Zirkelspitze auf die Haut ausgeübte Druck, von zwei verschiedenen Empfindungskreisen aus erzeugt, von der Seele auf zwei verschiedene Orte bezogen werden können, muss der physiologische Effect, welchen der Reiz von dem einen Kreis auslöst, in irgend welchem Glied der Kette von Vorgängen, aus welchen er besteht, in irgend welcher Weise verschieden sein von dem, welchen er von dem anderen Empfindungskreis aus hervorruft. Wären die physiologischen Wirkungen des Reizes bis hinauf zu dem psychophysischen Vorgang in der Endstation der Tastnervenfaser in beiden Fällen absolut identisch, so müsste auch der aus dem letzteren resultirende psychische Process, welcher sich aus einer Druckempfindung und einer damit unablässlich verbundenen Ortsvorstellung zusammensetzt, absolut derselbe sein. Damit der eine Bestandtheil des psychischen Erfolgs, die Ortsvorstellung, in beiden Fällen eine verschiedene werden kann — gleichviel in welchem Verhältniss sie zur Druckempfindung steht, gleichviel ob sie eine angeborene oder erlernte Seelenthätigkeit ob sie eine unmittelbare oder mittelbare Reaction auf die zufließende Nervenerregung darstellt — muss eine Veranlassung zur Bildung der verschiedenen Ortsvorstellungen der Seele in irgend welcher Differenz der physischen Folgen des Reizes gegeben sein, und diese Veranlassung muss eine zwingende und für jeden einzelnen Empfindungskreis eine constante sein. Es ist ein entschiedenes Verdienst von LOTZE, diesen Fundamentalsatz zuerst mit vollem

Nachdruck hervorgehoben und für die hypothetischen, von dem Ort der Reizung abhängigen und zu seiner Erkenntniss führenden Verschiedenheiten des physiologischen Reizerfolgs den allgemeinen Ausdruck: „Localzeichen“ eingeführt zu haben. Sobald man darunter nichts weiter versteht, als was wir eben erörtert haben, sobald man zunächst von jeder näheren Interpretation desselben, von jeder Hypothese über die Art der darunter zu verstehenden Differenzen und die Art ihrer Wirkung auf die Seele absieht, ist der Begriff Localzeichen ein durchaus wohlbegründeter, unanfechtbarer. Wir wollen im Folgenden seine Begründung noch etwas weiter ausführen, und unter Zurückweisung falscher Auffassungen seiner richtigen Auslegung näher zu treten suchen.

Eine absolut unhaltbare Vorstellung ist die, dass der Ort, an welchem ein Sinnesorgan von einem Reiz getroffen wird, an sich die Ursache der Wahrnehmung dieses Ortes und seiner Unterscheidung von anderen Reizorten sei. Es ist dies ebenso undenkbar, als es die Behauptung wäre, dass zur Erkenntniss der Herkunft einer telegraphischen Depesche aus der Station N die einfache Thatsache, dass der vermittelnde Draht in N entspringt, genüge. Eine solche Vorstellung, die sich immer und immer wieder einmal in die Sinnesphysiologie eingeschlichen hat, fusst auf der naiven Voraussetzung, dass die Seele eine Art von Spiegel sei, in welchem sich die peripherischen Sinnesorgane mit ihren räumlichen Verhältnissen und denjenigen der auf ihnen hergestellten Abdrücke der Aussenwelt direct spiegeln, oder als ob sie hinter dem äusseren Sinnesorgan noch ein zweites inneres besässe, von welchem sie direct die räumlichen Verhältnisse des ersteren und der dasselbe treffenden Reize ablesen könnte, eine Voraussetzung, welche abgesehen von ihrer Unverträglichkeit mit dem Wesen der Seele an die Stelle eines zu lösenden Räthsels ein neues einführt. Auf einer solchen Voraussetzung beruhen aber z. B. alle älteren Versuche, das Aufrechtsehen aus einer von der Seele vorgenommenen Umkehrung des verkehrten Netzhautbildes zu erklären, als ob die Seele jemals eine directe Kenntniss von der Existenz des letzteren und seinen verkehrten räumlichen Anordnungen erhalte! Die räumliche Ausbreitung des Tastorgans wie der Netzhaut als eine Mosaik gesonderter Nervenendigungen ist allerdings eine unerlässliche Bedingung für die Möglichkeit der räumlichen Sonderung der Eindrücke in der Vorstellung, aber niemals selbst Gegenstand directer Wahrnehmung für die Seele. Die räumlichen Verhältnisse des Netzhautbildes oder die Tastabdrücke eines äusseren Objects auf der Haut werden ja selbstverständlich mit ihrer

Umsetzung in eine Reihe von Nervenerregungen, welche im Sinnesnervenstamm nebeneinander dem Hirn zufließen, als solche vernichtet, geradeso wie in einem unterseeischen Kabel, welches z. B. die Leitungsdrähte von zehn beliebig über das Festland zerstreuten Stationen zusammenfasst, die neben einander herlaufenden elektrischen Ströme nichts mehr von der räumlichen Lage ihrer Aufgabestationen an sich tragen. Die räumliche Wahrnehmung beruht darauf, dass die Seele die auf dem Wege zu ihr vernichteten räumlichen Verhältnisse, welche in dem Netzhautbild oder dem Tastabdruck repräsentirt waren, in der Vorstellung von Grund aus neu construirt. Damit sie diese Operation ausführen könne, genügt es nicht, dass ihr die an der Peripherie gesonderten räumlichen Elemente, die auf die einzelnen Empfindungskreise treffenden Eindrücke, durch separate Nervenleitungen gesondert zugeführt werden. Das würde wohl die Veranlassung zum Auseinanderhalten zweier Eindrücke aber noch nicht zu ihrer räumlichen Ordnung geben, wie wir ja auch zwei durch separate Acusticusfasern in der Seele erzeugte Tonempfindungen auseinanderhalten, ohne sie jedoch in eine räumliche Beziehung zu einander zu setzen. Eine zweite *Conditio sine qua non* für den räumlichen Aufbau der Separat-eindrücke ist die, dass letztere irgendwelche, irgendwo und irgendwie ihnen aufgeprägte Marken, das sind eben die sogenannten Localzeichen, an sich tragen, deren Art und Werth die Seele bestimmt, den einzelnen Eindrücken diesen oder jenen Platz in dem Neubau der räumlichen Anschauung anzuweisen. Es verhält sich, um noch ein treffendes Beispiel von LOTZE zu citiren, wie bei dem Umräumen einer Bibliothek oder einer Sammlung in ein anderes Local. Auch hier wird die ursprüngliche räumliche Anordnung im alten Local beim Transport vollständig zerstört, und werden zur Wiederherstellung derselben im neuen Local die den Büchern oder Exemplaren der Sammlung aufgeklebten Nummern oder anderweitigen Ordnungszeichen benutzt.

Es bedarf kaum einer ausdrücklichen Erörterung, dass ebenso wenig wie der peripherische Ort, an welchem eine Seh- oder Tastfaser gereizt wird, der Ort der centralen Station, welcher die Nervenerregung zur Umsetzung in einen psychischen Vorgang übergeben wird, an sich der Seele zur Bildung einer Ortsvorstellung verhelfen kann. Eine in diesem Sinne aufgestellte Hypothese ruht auf denselben Grundirrhümern, welche wir für die vorher besprochene zurückgewiesen haben; sie versetzt dieselben gewissermaassen nur um eine Station näher an den Herd der psychischen Action heran. Wunderbarer Weise scheint selbst WEBER derselben nicht ganz fern-

gestanden zu haben, indem er einmal, wo er von der Eintheilung des Sinnesorganes in Empfindungskreise als Bedingung des Ortssinnes spricht, hinzufügt: „Zugleich darf man vermuthen, dass die von jenen Abtheilungen ausgehenden Nervenfasern in einer ähnlichen Ordnung im Gehirn, als in dem empfindlichen Organ neben einander liegen.“ Allerdings sprechen für eine solche der Lagerung der Empfindungskreise correspondirende Anordnung der Ganglienzellen, in welche sich die Tast- oder Sehfaser inseriren einige Umstände, wie die Thatsache, dass bei der häufig vorkommenden centralen Irradiation von Empfindungen (Schmerz, Schauer) bei beschränktem peripherischen Reiz die scheinbar nacheinander ergriffenen Orte in derselben Ordnung sich folgen, wie sie factisch an der Peripherie liegen, dass ferner bei partiellen Blutergüssen ins Gehirn eine partielle sensible Lähmung immer nebeneinander liegende Partien der Haut ergreift. Allein selbst wenn eine solche Anordnung im Hirn anatomisch sicher erwiesen wäre, würde sie doch zur Erklärung des Ortssinnes absolut unverwerthbar sein. Die Seele kommt überhaupt niemals zur Kenntniss von bestimmten Apparaten des Hirns als Vermittler der Empfindungsvorgänge, sowenig als sie je etwas von den gereizten Netzhautpunkten erfährt, geschweige, dass von ihr die räumliche Anordnung jener Apparate jemals wahrgenommen würde. Was für die Seele da sein soll, muss, wie LOTZE treffend bemerkt, auf sie wirken; soll also der Ankunftsort der Sinnesdepesche im Hirn ihr bekannt werden, so muss derselbe auf sie wirken. Daraus folgt, dass selbst wenn eine Bekanntschaft der Seele mit diesem Ort thatsächlich wäre, wir doch wieder fragen müssten, durch welche Zeichen er sich ihr verräth, und damit wären wir wieder soweit, wie vorher.

Wir hätten uns vielleicht selbst diese kurze Zurückweisung ersparen können, wenn nicht gerade in allerneuester Zeit die jüngste Hypothese vom Ursprung der Ortsvorstellungen in einem gewissen Sinne wiederum die Irrlehre von der unmittelbaren Wahrnehmung des Ortes einer nervösen Thätigkeit zu rehabilitiren versuchte. Es ist dies folgende von STRICKER¹ aufgestellte Hypothese. Nach STRICKER ist das Bewusstsein nicht ausschliesslich an die Thätigkeit der Ganglienzellen des Hirnes gebunden, sondern es kommt dasselbe auch allen vom Körper der Ganglienzellen ausstrahlenden Ausläufern zu, und zwar sowohl denjenigen, welche die verschiedenen Zellen und Zellengruppen des Hirnes unter einander verbinden — woraus allein die Einheitlichkeit des Bewusstseins erklärlich werden soll — als denjenigen, welche als Nervenfasern sich bis an die

¹ STRICKER, Sitzgsber. d. Wiener Acad. 3. Abth. LXXVI. S. 283. 1877; Studien über das Bewusstsein. Wien 1879.

Peripherie des Körpers ausstrecken. Beide Arten von Ausläufern functioniren demnach psychisch wie die Ganglienzellen, das Bewusstsein, das „Ich“ reicht so weit, als die Fühlerven reichen, letztere sind vorgeschobene Wohnsitze der Seele. In Folge dieser Allgegenwart des Bewusstseins soll nun der Ort, an welchem im ganzen Verlauf eines aus Nervenfasern und Ganglienzellen zusammengesetzten Gefühlsapparates etwas geschieht, unmittelbar zur Wahrnehmung kommen. Es soll daher, wenn ein Tastreiz das Ende einer Hautnervenfasers erregt, erstens auf diese Weise unmittelbar eine Ortsvorstellung von dem peripheren Reizort entstehen, zweitens eine im Kopf, dem Sitz der centralen Ganglienzelle, localisirte Ortsvorstellung; drittens soll aber auch unter krankhaften Verhältnissen, „wenn die Vorgänge im Nerven selbst besonders lebhaft werden“, der ganze Verlauf der Nervenfasers direct zur Wahrnehmung gelangen. Während STRICKER in diesem Sinne die Bildung der Ortsvorstellung als einen zwangsmässig die Erregung des Sinnesapparates begleitenden, angeborenen Vorgang betrachtet, setzt er der Ortsvorstellung die Raumvorstellung, d. h. die Wahrnehmung der Ausdehnung der Orte, als etwas Verschiedenes als einen secundären Akt gegenüber, welcher erst auf dem Wege der Erfahrung mit Hülfe des Muskelsinnes erlernt werden soll. Wir kommen auf diesen Punkt unten zurück, bemerken jedoch im Voraus, dass wir diese Unterscheidung als durchaus unhaltbar zurückweisen müssen.

Ich zweifle sehr, dass diese Anschauung STRICKER's, welche ohne jeden näheren Beweis die bestbegründeten Sätze der Nervenphysiologie über den Haufen wirft, sich einen einzigen Anhänger erwerben wird. Wir können es uns daher ersparen, ihre evidenten Blößen näher zu beleuchten und ihre Unmöglichkeit aus den ungeheuerlichen Consequenzen, zu denen sie führt, zu demonstriren. Es sind nicht einmal die Erscheinungen, welche STRICKER aus der Ausbreitung des Bewusstseins über den ganzen nervösen Sinnesapparat erklären will und als Beweise für dieselbe ausgiebt, thatsächlich begründet. Ich läugne mit aller Bestimmtheit, dass bei der Erzeugung eines Tasteindruckes neben der entschiedenen, an der Peripherie localisirten Ortsvorstellung eine Vorstellung von einem Ort im Centrum entstehe; trotzdem ich weiss, dass in meinem Kopfe bei jeder Tastempfindung etwas vor sich geht, merke ich bei der grössten Aufmerksamkeit nichts von einer solchen Kopfvorstellung, kann es nicht einmal zu der Einbildung einer solchen bringen. Wenn sich STRICKER zum Beweis der von Alters her feststehenden Anerkennung dieser Vorstellung und der darauf beruhenden Kenntniss vom Sitze des Bewusstseins im Kopfe auf den Mythos vom Ursprung der Minerva aus dem Haupt des Zeus beruft, so ist diesem äusserst zweideutigen Argumente die historische Thatsache gegenüberzustellen, dass die Mehrzahl der alten griechischen Philosophen ausser DEMOKRIT den Sitz der Seele nicht im Hirn, sondern im Herzen suchte! Ich läugne ferner, dass jemals bei einem Kranken die Wahrnehmung des Nervenverlaufes durch directe Localisation der Schmerzen sicher constatirt sei, oder, wenn es der Fall, dies etwas für STRICKER beweise. Soviel mir bekannt, treten solche anscheinend im Verlaufe eines Nervenstammes sich ausbreitende Schmerzen besonders bei Erkrankung der Nervencentra als Folgen centraler Reizung,

also ohne dass dabei in den peripheren Nervenstämmen überhaupt etwas vor sich geht, auf. In der Regel entspricht ferner ihre Ausbreitung nicht dem Verlauf des Nervenstammes, sondern dem peripherischen Endbezirk irgend eines Astes. Wenn aber auch einmal bei Entzündung eines Nervenstammes Schmerzen eintreten, welche genau seinen Verlauf einhalten, so ist es wahrscheinlicher, dass sie durch Reizung sensibler Nervenenden in der unmittelbaren Umgebung des Stammes entstehen und demgemäss localisirt werden, als dass sie durch Reizung der im Stamme verlaufenden Fasern erzeugt, von einem diesem Stamme innewohnenden Bewusstsein direct in dessen Verlauf verlegt werden. Wäre STRICKER'S Anschauung begründet, so müsste nothwendig auch bei jeder intensiven peripherischen Erregung der Verlauf der gereizten Fasern zur Wahrnehmung gelangen, was niemals der Fall ist.

Wir halten ferner folgenden allgemeinen Satz für begründet: die Quelle der Localzeichen liegt nicht an der Peripherie, sondern im Centrum. Sie liegt nicht in einer am peripherischen Ende jeder Sinnesnervenfaser gegebenen, für jeden Empfindungskreis verschiedenen Einrichtung, welche bewirkte, dass ein und derselbe Reiz in jeder verschiedenen Nervenfaser der von ihm erzeugten Erregung einen irgend wie verschiedenen Charakter aufprägt. Gegen eine solche Annahme spricht entscheidend die oben besprochene Thatsache der excentrischen Perception, d. h. die Localisirung auch derjenigen Empfindungen in dem peripherischen Endbezirk der Faser, welche durch deren Reizung im Verlauf erzeugt worden. Man könnte ferner — und damit wäre die eben genannte Thatsache in Einklang zu bringen — die Ursache der Localzeichen in Differenzen irgend welcher Eigenschaft der zu den verschiedenen Empfindungskreisen gehörigen Nervenfasern und daraus resultirenden Differenzen des Erregungsprocesses, welchen ein und derselbe Reiz hervorruft, suchen. Allein zu dieser Annahme, welche dem wohlbegründeten Lehrsatz von der Identität aller Nervenfasern und der Identität des Erregungsvorganges in allen denselben widerstreitet, würde man sich nur entschliessen, wenn eine zwingende Nöthigung vorhanden wäre. Das ist aber durchaus nicht der Fall, indem die Annahme weit näher liegt und plausibler erscheint, dass die Quelle der Localzeichen in den Ganglienzellen liegt, denen die Nervenfasern ihre Erregung zur Umsetzung übergeben, d. h. dass es Differenzen der Einrichtungen dieser Empfangsstationen sind, welche die irgendwie beschaffenen Abweichungen des Effectes der ankommenden Erregungen bedingen, welche der Seele als Zeichen für die Bildung der Ortsvorstellung dienen.

Ein weiterer Satz welchen wir aufstellen zu müssen glauben ist folgender: Jedem Sinn, welcher räumliche Wahrnehmungen ver-

mittelt, kommt ein eigenes System von Localzeichen zu, deren Entstehung irgendwie in dem physiologischen Hergang der Thätigkeit des betreffenden Sinnesapparates begründet ist. Die gereizte Tastnervenfasern erzeugt in den centralen Werkstätten des Tastsinnes, die gereizte Opticusfasern in den Werkstätten des Gesichtssinnes die specifischen Zeichen, welche einerseits mit der Druck- und Temperaturempfindung, andererseits mit der Farbenempfindung combinirt, jede in ihrer Sphäre die Localisirung der betreffenden Empfindungen vermitteln. Wir haben diesen Satz, welcher eigentlich schon in den vorhergehenden Erörterungen begründet ist, besonders formulirt als Negation einer bestimmten entgegenstehenden Theorie, welche die Bildung von Raumvorstellungen als ausschliessliches Privilegium einem einzigen Sinne zuweisen will, die räumlichen Wahrnehmungen der übrigen nur einer Association ihrer specifischen Empfindungen mit den räumlichen Aussagen des ersteren zuschreibt. Es ist die besonders von AL. BAIN¹ ausgebildete sogenannte Associationstheorie, und der Sinn, welchem sie ausschliesslich die Bildung von Raumvorstellungen als Inhalt zuerkennt, der Muskelsinn. Obwohl diese Theorie durch einen Kreis von Thatsachen, aus denen unzweifelhaft hervorgeht, dass Gesichts- und Tastsinn auch ohne jede Beihülfe des Muskelsinnes räumliche Wahrnehmungen vermitteln können, entscheidend widerlegt ist, müssen wir ihr doch eine nähere Erörterung widmen, besonders weil sie uns die Gelegenheit giebt, die Leistungen des Muskelsinnes an sich als Raumsinn und seine Beziehungen zum Tastsinn zu besprechen.

Wir haben bereits oben die Thatsache hingestellt, dass alle activen durch die Thätigkeit der willkürlichen Muskeln hervorgebrachten Bewegungen unserer Glieder von Empfindungen begleitet sind, welche die Bewegung der Ruhe gegenüber charakterisiren und an welche sich räumliche Vorstellungen von Art, Richtung und Grösse der ausgeführten Bewegungen, von der durch dieselbe herbeigeführten Form, Lage und gegenseitigen Abstand der bewegten Theile anknüpfen. Erheben wir einen Arm oder drehen wir ihn in horizontaler Ebene, so erhalten wir eine genaue Vorstellung von der Höhe zu welcher wir ihn erhoben, von dem Winkel, um welchen wir ihn gedreht, von der neuen Lage, welche er am Ende der Bewegung einnimmt. Beschreiben wir mit der Fingerspitze eine Bahn im äusseren Raum, so steht vor dem Bewusstsein die Vorstellung von der Länge und Richtung der Bahn, ob sie geradlinig oder kreisförmig

1 AL. BAIN, *The Senses and the Intellect*. London 1864.

u. s. w., welches der Durchmesser des beschriebenen Kreises; drehen wir den Augapfel um irgend eine Achse, so wissen wir, in welcher Richtung wir ihn gedreht, welches die neue Richtung, welche die Blicklinie einnimmt.¹

Alle diese Vorstellungen verdanken wir den Muskelempfindungen. Sie unterscheiden sich zunächst untereinander hinsichtlich ihrer Intensität und ihrer Dauer. Die Intensität der Muskelempfindung belehrt uns über den der Muskelcontraction entgegenstehenden Widerstand, giebt uns also den Begriff der bei der Contraction aufgewandten Kraft; ja wir bezeichnen mit Kraft geradezu die Intensität unseres Muskelgefühls. Ebenso giebt uns die Dauer der Muskelempfindung, wie die einer jeden anderen Empfindung, den Begriff der Zeit. Ferner scheidet man die Muskelempfindungen in Zugempfindungen, Gefühle der constant bleibenden Contraction, Spannung des Muskels, und in Bewegungsempfindungen, Gefühle der Veränderung des Contractionszustandes. Die Dauer der Bewegungsempfindung giebt uns, so lange sie allein ist, wie die jeder Muskelempfindung die Vorstellung der Zeit. Sobald sich gewisse andere Vorstellungen (gewisse Tast- und Gesichtsvorstellungen) mit ihr associiren, so wird sie nach BAIN in das primäre Element der Raumvorstellung umgewandelt. Nach ihm bezeichnet Raum oder Ausdehnung die Dauer eines Bewegungsgefühls, Muskelgefühls. Die weiteren Einzelheiten der Definition, welche durch die Berücksichtigung der Geschwindigkeit der Bewegung nothwendig sind, wollen wir übergehen. Die Muskelgefühle sind in den meisten Fällen von Tastgefühlen begleitet, wenn wir z. B. mit der Hand über den Tisch fahren oder wenn wir, mit der Feder in der Hand, schreiben. Dadurch werden die Grenzpunkte der Bewegung deutlicher markirt, der Anfang und das Ende des Contractionsgefühls durch das Auftreten und Verschwinden der Tastgefühle; ferner ist die Reihe der Tastgefühle ein unterstützendes Kriterium für die Dauer des Muskelgefühls. Die das Muskelgefühl begleitenden Tastempfindungen können während der Dauer desselben ungeändert bleiben; wenn wir mit der Hand ein Messer ergreifen und in der Luft herumfahren, so wird die Muskelempfindung von einer ungeändert bleibenden Berührungsempfindung während der ganzen Dauer begleitet, es entsteht nur eine Zeitvorstellung gerade so, als ob das Muskelgefühl nicht von einer Tastempfindung begleitet

¹ Bis hierher reichte FUNKE's Ausarbeitung. Der Rest ist, zum Theil nach hinterlassenen Notizen, von Herrn Professor Dr. LATSCHENBERGER verfasst, dessen grosse Güte es ermöglichte, die Arbeit im Sinne FUNKE's zum Abschluss zu bringen.

wäre. Es können aber die das Muskelgefühl begleitenden Tastgefühle während der Dauer des ersteren sich beständig ändern und dabei eine feste Reihe bilden. Wenn wir mit der Hand über den Tisch streichen, so werden die Muskelgefühle von sich beständig ändernden Tastgefühlen begleitet, die eine feste Reihe bilden. Diese kehrt sich um, wenn die Bewegung umgekehrt wird, sie wiederholt sich, wenn die Bewegung wiederholt wird; dadurch wird die Eigenschaft der Permanenz, der Festigkeit der Anordnung, der Coexistenz, also die Eigenschaften des Raumes erzeugt. Die Dauer des Bewegungsgefühles ist durch die feste Reihe der Tastempfindungen zur Raumvorstellung selbst geworden. In ganz derselben Weise wird die Dauer des Muskelgefühles der Bulbusmuskeln durch ähnliche feste Reihen von Gesichtsempfindungen zur Raumvorstellung umgewandelt. Nach BAIN ist der Raum ein Empfindungscomplex, an dessen Bildung sich zweierlei Componenten betheiligen, einerseits Bewegungsempfindungen, andererseits mit den vorher beschriebenen Eigenschaften ausgestattete feste Reihen von Tastempfindungen, bezüglich Gesichtsempfindungen.

STUMPF stellt zwei Gruppen von Fällen auf, durch die er in ganz klarer Weise die Theorie BAIN's widerlegt. 1) Es giebt Fälle, wo alle von BAIN bezeichneten Momente vorhanden sind und doch nicht Raum vorgestellt wird. Wenn wir nach vor- und rückwärts wiederholt eine Skala singen, so haben wir eine Muskelempfindung der Kehlkopfmuskeln, begleitet von einer mit den von BAIN geforderten Eigenschaften ausgestatteten Reihe von Tonempfindungen, und doch entsteht keine Raumvorstellung. 2) Es giebt Fälle, wo nicht alle diese Momente vorhanden sind und wir doch Raumvorstellungen haben. Nehmen wir zwei Scheiben, von denen die eine einen Durchmesser von einem Zoll, die andere von zwei Zoll besitzt und die sich durch sonst nichts unterscheiden, weder durch das Material noch durch Gewicht, Temperatur u. s. w., und lassen wir sie uns bei geschlossenen Augen und vollständiger Ruhe der Körpermuskeln nach einander auf irgend eine Hautabtheilung durch gleiche Zeiten auflegen, so unterscheiden wir scharf die grössere von der kleineren. Wir haben also in diesem Falle ganz richtige Raumvorstellungen, obwohl jede Muskelempfindung fehlt. Es handelt sich hier um keine Association von Muskelgefühlen aus irgend welchem anderen Sinne etc. Denn diese Association verschiedener richtiger Muskelgefühle setzt ein entsprechendes Motiv d. i. entsprechend verschiedene Tastempfindungen voraus; es unterscheiden sich die Scheiben nur durch ihre Ausdehnung, durch den Raum, den sie auf der Hautfläche einneh-

men, und es setzt deshalb eine solche Association schon voraus, dass der Tastsinn allein schon die verschiedene Ausdehnung wahrnimmt. Wenn wir das Gesichtsfeld durch den Funken einer Leidenerflasche momentan erleuchten, so unterscheiden wir die Dimensionen der momentan beleuchteten Gegenstände; wir bekommen also Raumvorstellungen, obwohl die Zeit, während welcher die Gegenstände gesehen werden, so kurz ist, dass die Augenmuskeln keine Contractionen ausführen können, das Auge während des Sehens absolut ruhig ist und somit alle Bewegungsgefühle fehlen. Wir haben also festgestellt, dass dem Tastsinn und dem Gesichtssinn selbständige Raumvorstellungen zukommen, die sie nicht dem Muskelsinn verdanken; sie besitzen also jeder ein eigenes System von Localzeichen.

Resumiren wir die Ergebnisse unserer kritischen Sichtung des historischen Materials, so lassen sie sich zur folgenden allen That-sachen gerechten Theorie zusammenfügen. Der Ausgangspunkt ist WEBER's Theorie von den Empfindungskreisen, deren Grundlage der Satz ist, dass eine Nervenfasernur eine in jeder Beziehung einfache nie discrete Empfindung veranlasst, wenn durch einen Reiz in ihrem Endigungsgebiet ein Eindruck hervorgerufen wird. Die von einer Nervenfasernur durch eine oder mehrere Endigungen versorgte Hautabtheilung ist ein „anatomischer Empfindungskreis“. Die ganze Hautoberfläche ist also eine aus solchen anatomischen Empfindungskreisen zusammengesetzte continuirliche Mosaik. Jeder anatomische Empfindungskreis ist ein physiologisches Element des Raumsinnes, dem ein kleinstes Vorstellungselement entspricht, das sich mit der Erregung der entsprechenden Nervenfasern verbindet. Diese Vorstellungselemente setzen abermals eine der Hautmosaik congruente Mosaik, das Vorstellungsbild der Tastfläche zusammen. Jedem Vorstellungselement kommt ein bestimmter „Raumwerth“ zu, der einem Empfindungskreis entspricht und der sich von denen aller übrigen unterscheidet. Die Differenzen der Raumwerthe sind um so beträchtlicher je weiter die zugehörigen Felder der Hautmosaik auseinanderliegen. Werden zwei Tastreize auf denselben Empfindungskreis ausgeübt, so werden sie zu einer einfachen Empfindung verschmolzen. Wenn beide Reize verschiedene Empfindungskreise treffen, so werden sie nur dann unterschieden, wenn die Seele die Differenzen der beiden Raumwerthe erkennt. Werden zwei benachbarte Empfindungskreise getroffen, so wird höchstens an der Fingerspitze des Blinden die Differenz erkannt, in jedem anderen Fall aber müssen die getroffenen Kreise weiter auseinander liegen, durch mehr oder weniger nicht berührte getrennt sein. Diese kleinste erkannte Differenz ist der

Schwellenwerth des Auffassungsvermögens. Wenn diese Schwelle erreicht wird, so ordnet die Seele die Eindrücke nebeneinander, der einfache Eindruck wird verbreitert oder verlängert. Damit beide von einander getrennt werden, damit eine Lücke zwischen beiden empfunden werde, müssen zwischen den Raumwerthen der beiden berührten Kreise noch auffassbare, den Zwischenkreisen angehörige Zwischenstufen der Raumwerthe liegen, die von der Seele vermisst, deren entsprechende Vorstellungsfelder also leer gelassen werden. Im seltensten Fall genügt ein leerer Kreis zwischen den berührten zur Wahrnehmung einer Lücke, sonst aber sind viele dazu nothwendig. Daraus erklärt sich die Verfeinerung des Ortssinnes durch Uebung; sie ist das Analogon der Verfeinerung des Auffassungsvermögens für Qualitätsdifferenzen z. B. für Farbenntiancen, Tonhöhen durch Uebung. Die kleinste wahrnehmbare Distanz — der Durchmesser des „physiologischen Empfindungskreises“ — ist kein Maass für den Durchmesser des anatomischen Empfindungskreises. Nur im seltensten Fall, wenn ein freier Empfindungskreis zwischen den beiden berührten zur Wahrnehmung einer Lücke genügt, sind beide identische Grössen, in allen andern Fällen umfasst ein physiologischer mehrere, oft viele anatomische Empfindungskreise. Die Grösse eines physiologischen hängt weniger von der Grösse der ihn zusammensetzenden anatomischen Empfindungskreise als wesentlich von der Zahl derselben ab. Diese hängt von der Schärfe des Auffassungsvermögens der Seele ab, welche bedingt wird einerseits von der Feinheit der Abstufung der Raumwerthe, andererseits von den verschiedenen Graden der Uebung. Die anatomischen Empfindungskreise sind absolut unveränderliche, physisch gegebene Grössen; die physiologischen dagegen sind durch Uebung variable Grössen. Die Seele beurtheilt die Grösse der Distanz zweier Eindrücke durch die ungefähre Schätzung der Zahl freier, zwischen den beiden berührten liegender physiologischer Empfindungskreise. Ganz in derselben Weise beurtheilt sie die Länge einer Reihe continuirlich aneinander grenzender Eindrücke. Zur Wahrnehmung der Form der berührten Tastfläche gelangt die Seele durch die Einordnung der den gleichzeitig oder nacheinander auf die Haut wirkenden Eindrücken entsprechenden Raumwerthe in die entsprechenden Felder der Vorstellungsmosaik. Der Seele ist also für die Erkennung der Formen ebenfalls durch die Grösse der Elemente, der physiologischen Empfindungskreise eine Grenze gesteckt. Höchst wahrscheinlich gilt für die extensiven Wahrnehmungen des Ortssinnes ebenso WEBER's Gesetz wie für die intensiven des Drucksinnes. Es entspricht demnach die extensive Unterschieds-

schwelle demselben relativen Zuwachs der Zahl der getroffenen Empfindungskreise. Die durch zwei qualitativ und quantitativ identische Reize hervorgerufenen Eindrücke lösen von verschiedenen Empfindungskreisen aus entsprechend verschiedene physiologische Effecte aus. Diese vom Reizort abhängigen Verschiedenheiten des physiologischen d. i. physischen (LOTZE) Reizerfolges nennt man „Localzeichen“ (LOTZE). Die Quelle der Localzeichen liegt nicht an der Peripherie, ferner nicht in den leitenden Nervenfasern, sondern im Centrum. Die Localzeichen, die Differenzen der ankommenden Erregungen werden bedingt durch entsprechende Differenzen der Empfangsstationen, also wahrscheinlich der Ganglienzellen. Dem Tastsinn kommt wie jedem Sinn, der räumliche Wahrnehmungen vermittelt, ein eigenes System von Localzeichen zu, die sich nur mit den specifischen Empfindungen des Tastsinnes combiniren.
