OSTWALD'S KLASSIKER
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN.
Nr. 149.

TASTSINN
UND
GEMEINGEFÜHL

VON

ERNST HEINRICH WEBER

WILHELM ENGELMANN IN LEIPZIG.

Ankündigung.

Der großartige Aufschwung, den die Naturwissenschaften in unsrer Zeit erfahren haben, ist, wie allgemein anerkannt wird, nicht zum kleinsten Teile durch Ausbildung und Verbreitung der Unterrichtsmittel, der Experimentalvorlesungen, Laboratorienarbeiten u. a. bedingt. Während durch die vorhandenen Einrichtungen zwar die Kenntnis des gegenwärtigen Inhaltes der Wissenschaft auf das erfolgreichste vermittelt wird, haben hochstehende und weitblickende Männer wiederholt auf einen Mangel der gegenwärtigen wissenschaftlichen Ausbildung jüngerer Kräfte hinweisen müssen. Es ist dies das Fehlen historischen Sinnes und der Mangel an Kenntnis jener großen Arbeiten, auf denen das Gebäude der Wissenschaft ruht.

Diesem Mangel soll durch die Herausgabe der

Klassiker der exakten Wissenschaften

abgeholfen werden. In handlicher Form und zu billigem Preise sollen die grundlegenden Abhandlungen der gesamten exakten Wissenschaften den Kreisen der Lehrenden und Lernenden zugänglich gemacht werden. Es soll dadurch ein Unterrichtsmittel beschafft werden, das ein Eindringen in die Wissenschaft gleichzeitig belebt und vertieft. Es ist aber auch ein Forschungsmittel von großer Bedeutung. Denn in jenen grundlegenden Schriften ruhten nicht nur die Keime, die inzwischen sich entwickelt und Früchte getragen haben, sondern es ruhen in ihnen noch zahllose andre Keime, die noch der Entwicklung harren. Dem in der Wissenschaft Arbeitenden und Forschenden bilden jene Schriften eine unerschöpfliche Fundgrube von Anregungen und fördernden Gedanken.

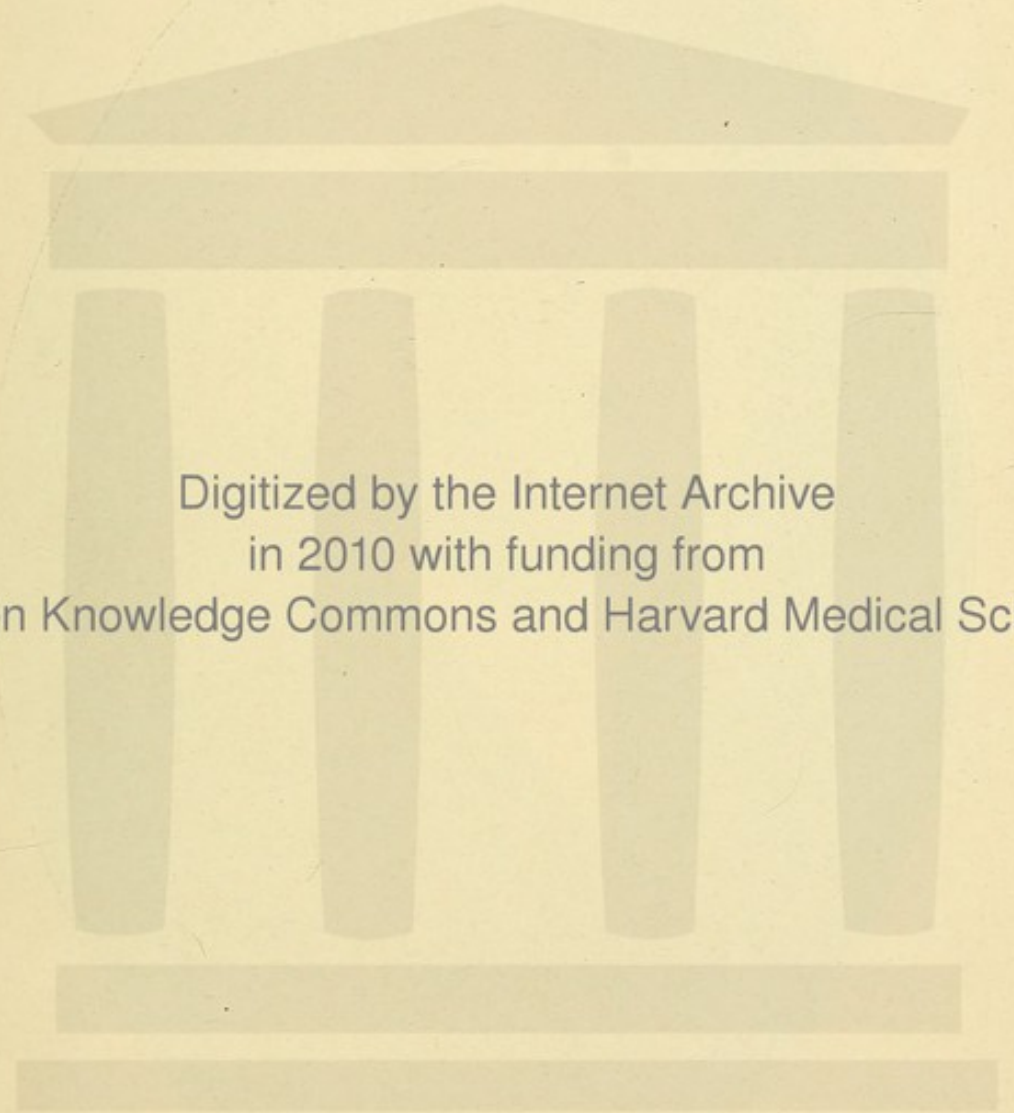
Die Klassiker der exakten Wissenschaften sollen die rationellen Naturwissenschaften, von der Mathematik bis zur Physiologie umfassen und werden Abhandlungen aus den Gebieten der Mathematik, Astronomie, Physik, Chemie (einschließlich Kristallkunde), Botanik und Physiologie enthalten.

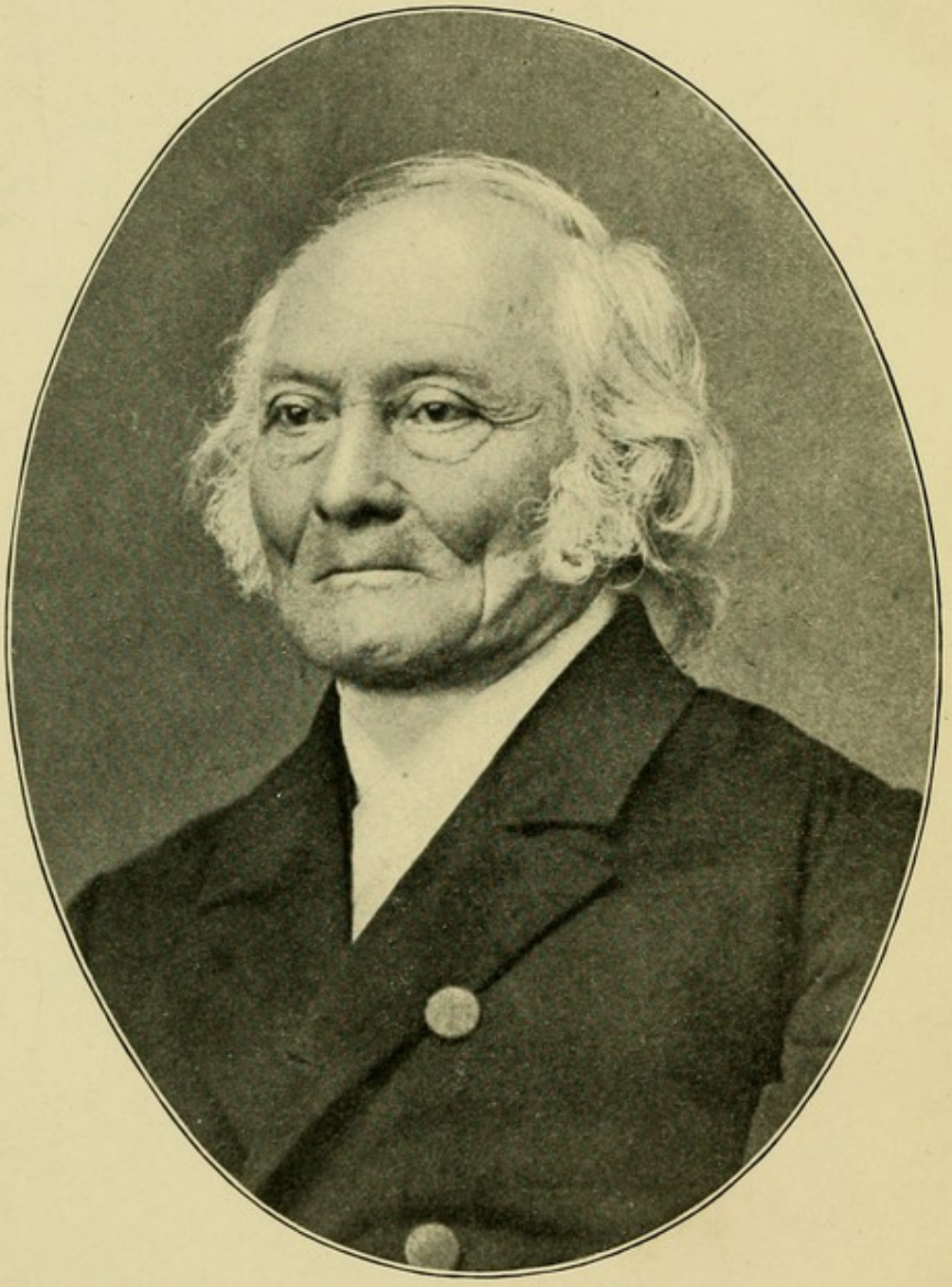
Die allgemeine Redaktion führt Professor Dr. Arthur von Oettingen (Leipzig); die einzelnen Ausgaben werden durch hervorragende Vertreter der betreffenden Wissenschaften besorgt. Die Leitung der einzelnen Abteilungen übernahmen: für Astronomie Prof. Dr. Bruns (Leipzig), für Mathematik Prof. Dr. Wangerin (Halle), für Kristallkunde Prof. Dr. Groth (München), für Pflanzenphysiologie Prof. Dr. W. Pfeffer (Leipzig), für Chemie Prof. Dr. R. Abegg (Breslau), für Physik Prof. Dr. A. v. Oettingen (Leipzig).

Es sind bis jetzt erschienen aus dem Gebiete der

Physiologie:

Nr. 1. **H. Helmholtz,** Erhalt. der Kraft. (1847.) 6. Taus. (60 S.) ℳ —.80.
» 6. **E. H. Weber,** Anwend. d. Wellenlehre auf die Lehre v. Kreislauf d. Blutes usw. (1850.) Hrsg. v. M. v. Frey. Mit 1 Taf. (46 S.) ℳ 1.—.
» 18. **C. Ludwig, E. Becher** u. **C. Rahn,** Absond. des Speichels. (1851.) Herausg. von M. v. Frey. Mit 6 Textfiguren. (43 S.) ℳ —.75.
» 20. **Christiaan Huygens,** Abhandl. über das Licht. (1678.) Herausg. von E. Lommel. 2. Aufl., durchgesehen und berichtigt von A. v. Oettingen. Mit 57 Textfig. (115 S.) ℳ 2.—.
» 26. **Justus Liebig,** Über die Constitution der organ. Säuren. (1838). Herausg. von Herm. Kopp. (86 S.) ℳ 1.40.
» 28. **L. Pasteur,** Über die Asymmetrie bei natürlich vorkommenden organischen Verbindungen. (1860.) Übersetzt und herausgegeben von M. u. A. Ladenburg. (36 S.) ℳ —.60.
» 39. —— Die in der Atmosphäre vorhandenen organisirten Körperchen. Prüf. der Lehre von der Urzeugung. (1862.) Übers. v. A. Wieler. Mit 2 Tafeln. (98 S.) ℳ 1.80.
» 43. **Ernst Brücke,** Farbenwechsel des afrikan. Chamäleons. (1851 und 1852.) Herausg. von M. v. Frey. Mit 1 Taf. (64 S.) ℳ 1.20.
» 52. **Aloisius Galvani,** Kräfte d. Elek. bei d. Muskelbeweg. (1791.) Hrsg. von A. v. Oettingen. Mit 21 Fig. auf 4 Taf. (76 S.) ℳ 1.40.
» 57. **Fahrenheit, Réaumur, Celsius,** Thermometrie. (1724, 1730—1733, 1742.) Herausgegeben von A. v. Oettingen. Mit 17 Textfiguren. (140 S.) ℳ 2.40.
» 84. **Caspar Friedrich Wolffs** Theoria generationis. (1759.) I. Theil. (Entwicklung der Pflanzen.) Übersetzt u. herausgegeben von Paul Samassa. Mit 1 Tafel. (96 S.) ℳ 1.20.
» 85. —— —— (1759). II. Theil. (Entwickl. d. Thiere. Allgemeines.) Übers. u. herausgeg. v. Paul Samassa. Mit 1 Taf. (98 S.) ℳ 1.20.
» 92. **H. Kolbe,** Über den natürlichen Zusammenhang der organischen mit den unorganischen Verbindungen, die wissenschaftl. Grundlage zu einer naturgemäßen Classification d. organisch. chemischen Körper. (1859.) Herausgeg. von Ernst von Meyer. (42 S.) ℳ —.70.
» 94. **E. Mitscherlich,** Über das Verhältnis zwischen der chemischen Zusammensetz. u. der Krystallform arseniksaurer u. phosphorsaurer Salze. (1821.) Herausg. v. P. Groth. Mit 35 Textfiguren. (59 S.) ℳ 1.—.
» 95. **Ernst v. Brücke,** Pflanzenphysiologische Abhandlungen. I. Bluten des Rebstockes. II. Bewegungen d. Mimosa pudica. III. Elementarorganismen. IV. Brennhaare von Urtica. (1844—1862.) Herausgeg. von A. Fischer. Mit 9 Textfiguren. (86 S.) ℳ 1.40.
» 114. **Alessandro Volta,** Briefe über thierische Elektricität. (1792.) Herausgeg. von A. v. Oettingen. (162 S.) ℳ 2.50.
» 118. —— Untersuch. über den Galvanismus. (1796—1800.) Herausgeg. von A. von Oettingen. (99 S.) ℳ 1.60.
» 144. **Johannes Kepler,** Dioptrik. (Augsburg. 1611.) Übers. u. herausg. von F. Plehn. Mit 43 Textfiguren. (114 S.) ℳ 2.—.
» 147. **Johann Benedikt Listing,** Beitrag z. physiolog. Optik. Herausgeg. v. Prof. Dr. Otto Schwarz. Mit einem Bildnis und 2 lith. Tafeln. (52 S.) ℳ 1.40.
» 148. **Ewald Hering,** Über das Gedächtnis als eine allgemeine Funktion der organ. Materie. Vortrag, geh. in der feierl. Sitzung der Kaiserl. Akad. d. Wissenschaften in Wien am 30. Mai 1870. (21 S.) ℳ —.60.
» 149. **Ernst Heinrich Weber,** Tastsinn u. Gemeingefühl. Herausgeg. v. Ewald Hering. Mit d. Bildn. v. E. H. Weber. (156 S.) ℳ 2.40.





Dr Ernst Heinrich Weber

Tastsinn und Gemeingefühl

Von

Ernst Heinrich Weber

Herausgegeben

von

Ewald Hering

Mit einem Bildnis von E. H. Weber

Leipzig
Verlag von Wilhelm Engelmann
1905

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Die vorliegende Schrift *E. H. Weber*s erschien im Jahre 1846 in *Rudolph Wagner*s Handwörterbuch der Physiologie. Abgesehen davon, daß sie uns ein anschauliches Bild damaligen Wissens und Meinens über die Probleme der allgemeinen Nerven- und Sinnesphysiologie gibt, liegt ihre Bedeutung darin, daß sie grundlegend und bahnbrechend für die Lehre von den Hautsinnen geworden ist, welche von *Weber* zuerst einer methodischen und messenden Untersuchung unterworfen wurden. Ein enges Band verknüpft ferner den experimentellen Teil dieser Schrift mit dem später von *Gustav Theodor Fechner* aufgestellten »psychophysischen Gesetz«, welches den Anstoß zu einer unabsehbaren Fülle wissenschaftlicher Arbeit gegeben hat. *Weber* selbst war freilich weit davon entfernt, die Ergebnisse seiner Untersuchungen über die kleinsten noch merklichen Verschiedenheiten von Linien und Gewichten so auszudeuten, wie dies später *Fechner* getan hat. »Die Auffassung der Verhältnisse ganzer Größen«, sagt *Weber*, »ohne daß man die Größen durch einen kleineren Maßstab ausgemessen und den absoluten Unterschied beider kennen gelernt hat, ist eine äußerst interessante psychologische Erscheinung. In der Musik fassen wir die Tonverhältnisse auf, ohne die Schwingungszahlen zu kennen, in der Baukunst die Verhältnisse räumlicher Größen, ohne sie nach Zollen bestimmt zu haben, und ebenso fassen wir die Empfindungsgrößen oder Kraftgrößen so auf bei der Vergleichung der Gewichte.« Daß wir die räumlichen Verhältnisse eines beliebigen Gebildes nicht richtig auffassen würden, wenn die scheinbaren Größen seiner Einzelteile oder, um mit *Fechner* zu sprechen, die Extensitäten der bezüglichen Empfindungen nicht direkt proportional wären zu den wirklichen Größen, sondern die ersteren nur logarithmisch mit den letzteren wüchsen, wie dies das *Fechner*sche Gesetz fordert: dies ist von vornherein ersichtlich; und insoweit die Ansicht *Weber*s

zutreffend ist, daß wir das Verhältnis der, zwei verschiedenen Gewichten entsprechenden Kraftgrößen aufzufassen vermögen, müßten auch die Gewichtsempfindungen den Gewichtsgrößen direkt proportional sein, nicht aber dürften sie nur logarithmisch mit denselben wachsen, wie dies *Fechner* sich dachte.

Mit Unrecht also hat man *Weber* mitverantwortlich gemacht für das *Fechner*sche Gesetz, und wir sind es dem Andenken des ausgezeichneten Physiologen schuldig, dies nicht in Vergessenheit geraten zu lassen. —

Die Fortschritte der Wissenschaft haben es mit sich gebracht, daß heute ein erheblicher Teil des Inhaltes der vorliegenden Schrift in einem anderen Licht erscheint, und daß wir, abgesehen von dem, was wir jetzt besser zu wissen glauben, manches auch tatsächlich besser wissen, als dies vor 60 Jahren möglich war. Dies im einzelnen anzumerken, habe ich nicht als meine Aufgabe angesehen.

E. Hering.

Der Tastsinn und das Gemeingefühl.

Von

E. H. Weber.

[481] Über die Umstände, durch welche man geleitet wird, manche Empfindungen auf äußere Objekte zu beziehen.

Eine genaue, durch Messungen unterstützte Untersuchung über den Tastsinn und das Gemeingefühl der Haut und der Muskeln bietet deswegen ein besonderes Interesse dar, weil wir bei keinem anderen Sinnesorgane Gelegenheit haben, ohne uns zu schaden, die mannigfachsten Experimente anzustellen und in verschiedener Hinsicht Messungen auszuführen, und weil manches von dem, was wir auf diese Weise an der Haut beobachten, sich nachher auch auf den Gesichtssinn und auf andere Sinne, sowie auch auf das Gemeingefühl anwenden läßt.

Da alle Einwirkungen auf unseren Körper, welche Empfindungen in uns erwecken, Bewegungen sind, die in unseren Körper eindringen und eine Veränderung in unseren Nerven hervorbringen, so sollte man glauben, der Gegenstand der Empfindungen müßte uns stets in den Organen zu liegen scheinen, mittels deren wir empfinden. Dieses scheint uns auch bei vielen Empfindungen der Fall zu sein. Wenn wir z. B. an Kopfschmerz, Augenschmerz, Ohrenzwang, Zahnschmerz oder an anderen Schmerzen leiden, so nehmen wir wahr, daß bestimmte Teile unseres Körpers schmerzen. Wir glauben, da die Empfindungen zu haben, wo auf unsere Nerven eingewirkt wird. Wir unterscheiden das, was auf uns einwirkt, nicht von unseren Organen, auf welche eingewirkt wird, sondern fühlen nur die Veränderung, welche in dem Empfindungszustande unseres Körperteils hervorgebracht wird. Ist das Messer des Operateurs durch die Haut gedrungen, so wird es nicht mehr als ein Gegenstand, der mit den Teilen unseres Körpers in Berührung kommt, empfunden, sondern wir empfinden Schmerz in den verletzten Teilen.

In Teilen, die keine Sinnesorgane sind, haben wir nur solche Empfindungen. Mittels der ausgebildeten Sinnesorgane dagegen empfängt der Mensch außer jenen Empfindungen noch andere, durch die er einen außerhalb des Sinnesorgans befindlichen Gegenstand wahrzunehmen glaubt.

So meinen wir z. B. die Dinge in einer gewissen Entfernung von uns zu sehen, räumlich von uns getrennt, und doch ist es gewiß, daß die Kraft unserer Nerven hierbei nicht über die Oberfläche unseres Körpers hinaus reicht, und daß wir die Dinge nur dadurch sehen, daß das von [482] ihnen ausgesendete Licht in die Nervenhaut unseres Auges eindringt, und dort ein kleines Bild der sichtbaren Gegenstände entsteht. Aber von dieser Berührung unserer Nervenhaut im Auge haben wir nicht das mindeste Bewußtsein, auch dann nicht, wenn wir die größte Aufmerksamkeit darauf richten; wir sind uns dabei nicht einmal bewußt, daß wir unsere Aufmerksamkeit auf einen Teil unserer Nervenhaut im Auge richten, sondern glauben, dieselbe auf einen sichtbaren Gegenstand im Raume richten zu können und richten zu müssen.

Bei allen Empfindungen müssen wir die reine Empfindung von unserer Auslegung derselben unterscheiden, die Empfindungen des Hellen und Dunkeln, und der Farben sind reine Empfindungen; daß etwas Helles, Dunkles und Farbiges entweder in uns oder im Raume vor uns sei und eine Gestalt habe, ruhend sei oder sich bewege, ist eine Auslegung derselben. Aber diese Auslegung assoziiert sich so sehr mit der Empfindung, dass sie von ihr unzertrennlich ist und von uns für einen Teil der Empfindung gehalten wird, während sie doch die Vorstellung ist, die wir uns von der Empfindung machen. Aber nicht nur richtige, sondern auch falsche Auslegungen der Empfindungen vermischen sich in manchen Fällen so vollkommen mit ihnen, daß man sie gar nicht davon scheiden kann, auch dann, wenn man den Irrtum und die Ursache des Irrtums erkannt hat. Allen Menschen, auch den Astronomen, scheint die aufgehende und untergehende Sonne und der aufgehende und untergehende Mond einen größeren Durchmesser zu haben, als wenn beide hoch am Himmel stehen. Diese Täuschung beruht aber bekanntlich nicht auf einer Brechung, die das Licht in der Atmosphäre erleidet, und durch die ein größeres Bild in unserem Auge auf der Nervenhaut entsteht, vielmehr ist der Gesichtswinkel, unter welchem wir diese Himmelskörper in den beiden Fällen sehen, wie die

Messung beweist, genau derselbe, sondern sie beruht auf einer falschen Auslegung, die ein jeder durch die Umstände genötigt wird zu machen, so daß wohl noch niemand sich davon frei gemacht hat, und sie ist so unzertrennlich mit dem Anblicke des aufgehenden Mondes und der aufgehenden Sonne verbunden, daß wir sie von dem, was wir empfinden, nicht zu unterscheiden vermögen. Wir glauben unmittelbar wahrzunehmen, daß die aufgehende Sonne und der aufgehende Mond einen größeren Durchmesser haben, als wenn sie hoch am Himmel stehen. Aber wir sind uns nicht einmal des Grundes bewußt, der uns zu dieser falschen Auslegung unserer Empfindungen verleitet. Er liegt darin, daß uns die aufgehende Sonne und der aufgehende Mond weiter von uns entfernt zu sein scheinen, als wenn sie hoch am Himmel stehen. Denn Körper, welche unter demselben Gesichtswinkel gesehen werden, erscheinen uns größer, wenn wir sie für entfernter halten, und umgekehrt. Daß wir aber jene Himmelskörper, wenn sie am Horizonte stehen, für entfernter halten, als wenn sie sich hoch am Himmel befinden, hängt damit zusammen, daß uns das Himmelsgewölbe nicht wie eine halbe Hohlkugel, sondern wie ein kleineres Segment einer Hohlkugel, also wie ein sehr gewölbtes Uhrglas erscheint. Davon kann sich jeder leicht überzeugen, wenn er sich zu dem Himmelsgewölbe, das er über sich sieht, ein zweites nach unten gekrümmtes Gewölbe von derselben Gestalt hinzu denkt, wo er dann leicht bemerken wird, daß beide zusammen nicht eine Kugel, sondern eine Linse bilden. Scheint uns nun das Himmelsgewölbe keine Halbkugel, sondern ein kleineres Segment einer Kugel zu sein, so scheint uns die Entfernung des Zenits kleiner zu sein [**483**] als die bis zum Horizonte. Hier entsteht nun freilich wieder die neue Frage, warum das Himmelsgewölbe uns ein kleineres Segment der Kugel zu sein scheint. Viele entfernte Gegenstände, über deren Größe wir unterrichtet sind, projizieren sich auf den Horizont. Hierdurch belehren wir uns davon, daß der dem Horizonte nahe Teil des Himmels sehr weit entfernt sei, während es uns bei der Schätzung der Entfernung des Zenits an solchen Anhaltspunkten fehlt. Auch kann der Umstand etwas dazu beitragen, daß alle Körper desto nebeliger erscheinen, je entfernter sie sind, daß wir daher gewohnt sind, nebelig erscheinende Körper für entfernter zu halten, und daß Sonne und Mond desto nebeliger erscheinen, je näher sie am Horizonte stehen.

Wir machen aber nicht nur beim Sehen die Erfahrung,

daß wir den auf uns gemachten Eindruck da nicht zu empfinden glauben, wo er unsere Nerven trifft, ihn vielmehr aus einem von uns entfernten Teile des Raumes herleiten, und dort den auf uns wirkenden Körper wahrzunehmen glauben; sondern dasselbe ereignet sich auch bei der Wahrnehmung des Druckes mittels der Tastorgane. Die Haare sind völlig unempfindliche Hornfäden, welche verbrennen können, ohne daß wir eine Empfindung davon haben, die aber wie Sonden eine ihnen mitgeteilte Bewegung oder einen Druck bis zu den empfindlichen Teilen in der Haut fortleiten können, an denen sie angewachsen sind. Wird nun der Bart, z. B. der Backenbart, leise berührt, so glauben wir, den auf die Barthaare ausgeübten Druck nicht im Inneren unserer Haut zu empfinden, an den empfindlichen Teilen, wohin er durch die Hornfäden fortgepflanzt wird und auf unsere Nerven wirkt, sondern wir glauben, den Druck in einiger Entfernung von unserer Haut zu empfinden, in der sich die berührten Teile der Haare befinden. Dieselbe Bemerkung machen wir bei den Zähnen. Die harten Teile der Zähne sind unempfindlich. Man kann Stücke davon abfeilen, ohne einen Schmerz zu erregen. Nur die nervenreiche Haut, welche die Zahnwurzeln umgibt und in den Zahnzellen der Kinnlade befestigt ist, und der Zahnkeim, der die kleine Höhle im Zahne ausfüllt, sind empfindlich. Bringen wir nun ein Holzstäbchen zwischen die Zähne und betasten es mit denselben, so glauben wir, das Stäbchen zwischen den Zähnen zu fühlen, wir meinen, den Widerstand, den es uns leistet, an der Oberfläche der Zähne zu fühlen, wo wir doch, da sie ohne Nerven ist, gar nicht empfinden können. Wir haben aber nicht die mindeste Empfindung vom Drucke an der in der Zahnzelle verborgenen Oberfläche der Zahnwurzel, wohin sich wirklich der Druck zu der die Zahnwurzel umgebenden nervenreichen Haut fortpflanzt, und daselbst auf die Nerven wirkt.

Aber nicht nur an die Oberfläche der unempfindlichen Substanzen, welche unsere Haut bedecken, versetzen wir den Ort des empfundenen Druckes, sondern auch an das Ende eines Stäbchens, das wir zwischen unsere Fingerspitze und einen widerstandleistenden Körper, z. B. die Tischplatte, stemmen. *Fechner* hat mich darauf aufmerksam gemacht, daß man unter diesen Umständen den Druck an zwei Orten zugleich zu empfinden glaube, da, wo das obere Ende des Stäbchens unsere Finger, und da, wo das untere Ende desselben den Tisch berührt. Es scheint, als hätten wir gleichzeitig zwei Empfindungen

an zwei durch die Länge des Stäbchens getrennten Orten. Ich habe die Umstände, wovon hierbei die Entstehung einer doppelten Empfindung abhängt, erörtert. Wenn man das Stäbchen an der Oberfläche des Tisches unbeweglich befestigt, indem man es anleimt [484] oder daselbst fest einklemmt, so fällt die zweite Empfindung, die wir am unteren Ende des Stäbchens zu haben glaubten, sogleich weg, und es bleibt nur die Empfindung übrig, die wir zu haben glaubten, wo das Stäbchen unsere Finger berührt. Könnten wir das Stäbchen unbeweglich an unsere Finger befestigen, während das untere Ende am Tische beweglich bliebe, so würde die Empfindung an der Oberfläche des Fingers wegfallen, und wir würden nur den Druck da zu empfinden glauben, wo das untere Ende des Stäbchens den Tisch berührt. In der Tat, die Zähne sind solche Stäbchen, die mit ihrem einen Ende unbeweglich in der Zahnzelle befestigt sind, und hier zeigt es sich nun auch, daß wir an dem Orte, wo sie die nervenreiche Haut der Zahnzelle berühren, die sie befestigt, keinen Druck empfinden, sondern daß wir den Druck nur an der freien Oberfläche des Zahnes zu empfinden glauben. Nur wenn ein Zahn in beträchtlichem Grade wackelt und sich in der Zahnzelle bewegt, hat man, wie ich mich selbst überzeugt habe, indem man ihn an einen festen Körper andrückt, zwei Empfindungen, die eine an der Oberfläche der Wurzel, die andere an der Oberfläche der Krone.

Wir haben hier also Gelegenheit, die Umstände näher zu untersuchen, welche uns veranlassen, unsere Empfindung so auszulegen, daß wir annehmen, das entfernte Ende des Stäbchens berühre einen zweiten widerstandleistenden Körper, und derselbe befinde sich von uns in einer bestimmten Entfernung. Wir empfinden die Berührung des Stäbchens und des Tisches am deutlichsten, wenn wir das obere Ende des Stäbchens samt dem Finger um das untere Ende des Stäbchens auf dem Tische in einem Kreisbogen bewegen. Da nun das Stäbchen in allen Lagen, in die es hierbei sukzessiv kommt, in einer gewissen Richtung Widerstand leistet, und da alle diese Richtungen den Radien des Kreisbogens entsprechen, in welchem wir unsere Finger bewegen, so urteilen wir, daß da, wo alle diese Richtungen, in welchen das Stäbchen Widerstand leistet, zusammenkommen, ein widerstandleistender Körper befindlich sein müsse, der, weil er unbeweglich ist, vom dem beweglichen Stäbchen unterschieden wird. Je mehr sich das Stäbchen und der Finger

gemeinschaftlich bewegen, desto deutlicher empfinden wir, daß das Stäbchen den Tisch berührt, je mehr sich dagegen der Finger auf dem oberen Ende des Stäbchens bewegt, und je weniger das Stäbchen an der Bewegung unseres Fingers Teil nimmt, desto deutlicher empfindet man, daß unser Finger das obere Ende des Stäbchens berührt, und desto undeutlicher empfindet man die Berührung des Tisches. Hier leuchtet nun recht klar ein, wie wir das zu empfinden glauben, was wir durch ein Urteil erkennen würden, welches auf eine Vergleichung vieler Empfindungen und auf das Bewußtsein von unserer eigenen Bewegung gegründet ist. Entweder ist es nun also unser Verstand, durch welchen wir unsere Empfindungen mit Berücksichtigung aller dieser Umstände auslegen, und die Auslegung beruht wirklich auf einem Urteile, d. h. auf einem synthetischen Urteile, welches schon gefällt wird, ehe wir uns durch Worte bezeichnete Begriffe gebildet haben, oder es wirkt in uns ein stellvertretender Verstand, d. h. unsere Seele wird, ohne eine Einsicht in die Verhältnisse zu haben, durch eine unbekannte Ursache bestimmt, diesen Verhältnissen gemäß sich die Empfindungen vorzustellen, gleichsam durch einen intellektuellen Instinkt. Auf gleiche Weise beruht die Erscheinung, daß der Schall nicht im Kopfe empfunden wird, wo er unsere Gehörnerven erschüttert, sondern außerhalb unseres Kopfes, auf einem sehr [485] zusammengesetzten Urteile. Wir machen z. B. folgende Erfahrung: bei derjenigen Stellung unseres Kopfes, wo das eine Ohr, z. B. das rechte, dem Orte, von wo der Schall ausgeht, zugekehrt und das andere Ohr von demselben abgekehrt ist, bemerken wir, daß der Schall durch das erstere viel stärker als durch das letztere gehört wird. Wenn wir nun aber unseren Kopf drehen, während der Ton auf gleiche Weise erregt wird, so nimmt die Stärke der Empfindung in dem rechten Ohre in demselben Grade mehr und mehr ab, als sie im linken Ohre zunimmt. Endlich, wenn unser Gesicht oder unser Hinterhaupt dem Orte zugekehrt ist, von wo der Schall ausgeht, so ist die Stärke der Empfindung in beiden Ohren gleich und wird von nun an, wenn man den Kopf zu drehen fortfährt, im linken Ohre stärker und im rechten schwächer, bis endlich hinsichtlich dieser Verschiedenheit der Empfindung der höchste Grad eintritt. Die Beobachtung, daß die Drehung unseres Kopfes auf eine so gesetzmäßige Weise die Stärke der Empfindung abändert, führt uns zu der Vermutung, daß die Ursache des Schalles unverändert und an demselben Orte bleibe,

und daß die Empfindung nur durch die Bewegung unseres Kopfes zu und abnehme, und daß sich also die relative Lage der Ursache des Schalles zu unseren Ohren durch unsere Bewegung ändere. Hieraus geht hervor, daß die Ursache des Schalles, wenn sie gleichmäßig fortwirkt, nicht in uns sein könne, sondern außer uns existieren müsse, denn sonst würde sie sich zugleich mit uns bewegen und also, während wir uns bewegen, unverändert bleiben. Alle jene Erscheinungen lassen sich im einzelnen vollständig erklären, wenn wir annehmen, daß die Empfindung des Schalles desto stärker werde, je mehr die Öffnung unseres Ohres nach derselben hingerichtet sei. Die Hypothese, daß eine physische Ursache des Schalles außerhalb unseres Körpers liege, bestätigt sich noch außerdem auf mannigfaltige Weise, z. B. indem wir uns dem Orte des Schalles nähern oder uns von demselben entfernen und die Empfindung dadurch verstärken oder schwächen. Auf eine ähnliche Weise überzeugen wir uns davon, daß die Ursache vieler Gerüche außerhalb unseres Körpers im Raume zu suchen sei und nicht da, wo die Riechstoffe die Schleimhaut unserer Nase berühren. Wäre es uns unmöglich, die Geruchsempfindung durch unsere Annäherung an die Quelle des Geruches zu verstärken und durch unsere Entfernung von derselben zu vermindern, sowie auch den Geruch durch das Einziehen von Luft in die Nase deutlicher zu machen, entbehrten wir also des Vermögens, durch unsere absichtliche Bewegung die Empfindung der Gerüche zu verstärken und zu schwächen, so würden wir die Ursache der Gerüche nur in uns selbst suchen, ebenso, wie wir die Ursache der Empfindungen des Schmerzes, des Ekels, des Hungers und des Durstes in uns selbst suchen; dasselbe bestätigt sich auf eine interessante Weise bei der Wahrnehmung der Wärme. Die Temperatur unserer Haut kann auf eine doppelte Weise erhöht werden, durch eine vermehrte Zuführung von Wärme von innen, wenn mehr warmes Blut in die Haut strömt, und durch die vermehrte Mitteilung von Wärme von außen. In beiden Fällen fühlen wir, daß unsere Haut wärmer wird. Übt der Körper, der uns mehr Wärme von außen mitteilt, zugleich einen Druck auf unsere Haut aus, so sind wir nicht zweifelhaft, daß die Wärme von außen komme, wir fühlen dann, daß der drückende Körper warm sei. Wirkt aber die strahlende Wärme oder die ruhige erwärmte Luft, die uns ringsum umgibt, auf uns ein, so ist es viel schwerer zu entscheiden, ob die Wärme von außen oder von innen auf uns

wirke. Aber auch bei [486] der Beurteilung dieser Empfindungen wird man durch ähnliche Betrachtungen geleitet, wie in den erwähnten Fällen. Läßt man jemand seine Augen schließen und nähert seinem Gesichte, bis auf die Entfernung von 1 oder 2 Zoll, einen runden glühenden Eisenstab, der etwa $^1/_3$ Zoll im Durchmesser hat, so daß er eine senkrechte Lage vor dem senkrecht stehenden Gesichte hat, und läßt der Person dann den Kopf wiederholt nach rechts und links drehen, so empfindet sie sehr bestimmt die Lage des wärmenden Stabes in einer gewissen Entfernung vor dem Gesichte. Indem nämlich der Kopf um seine senkrechte Achse gedreht wird, wirft der Stab seine Wärmestrahlen am stärksten auf die nächsten Teile des Gesichtes, die dann bei der Drehung desselben andere und andere sind. Wäre die Wärmequelle in unserer Haut, so würde sie sich zugleich mit unserer Haut bewegen und ihren relativen Ort beibehalten. Daraus, daß gewisse, in einer senkrechten Linie gelegene Teile der Haut viel stärker als andere erwärmt werden, und daß, wenn wir den Kopf drehen, andere und andere Teile der Haut in einer gewissen Ordnung von der Wärme affiziert werden, welche bei dem Zurückdrehen des Kopfes die umgekehrte ist, schließen wir auf eine ruhende Wärmequelle von linienförmiger Gestalt, die in einer bestimmten Entfernung vor unserem Gesichte liegt.

Daraus nun, daß man beim Sehen im Auge, beim Hören im Labyrinthe des Ohres, beim Riechen in dem Teile der Nase, welcher der Sitz des Geruchsinnes ist, keine örtliche Empfindung hat, daß man dagegen an der Oberfläche der Zähne und der Haare die diese Teile berührenden Körper zu fühlen glaubt, während es doch gewiß ist, daß die harten Teile der Zähne und die Haare völlig unempfindlich sind, daraus ferner, daß, wie *Joh. Müller* gezeigt hat, ein Druck, der auf einen viele Tastnerven enthaltenden Nervenstamm ausgeübt wird, einen Schmerz erzeugt, der seinen Sitz nicht bloß an der gedrückten Stelle hat, sondern auch in den oft ziemlich entfernten Teilen, zu welchen sich die gedrückten Nervenfäden erstrecken, daraus endlich, daß Krankheiten vorkommen, bei welchen heftige Schmerzen in den vom Gehirne und Rückenmarke entfernten Teilen empfunden werden, während der Ort, wo die störende Einwirkung auf die Nerven geschieht, im Rückenmarke oder im Gehirne liegt, darf man vermuten, daß wir durch die reine Empfindung ursprünglich gar nichts über den Ort wissen, wo auf den die Empfindung vermittelnden

Nerven eingewirkt wird, und daß alle Empfindungen ursprünglich nur unser Bewußtsein anregende Zustände sind, welche dem Grade und der Qualität nach verschieden sein können, aber unmittelbar keine räumlichen Verhältnisse zu unserem Bewußtsein bringen, sondern nur mittelbar, durch die Anregung einer Tätigkeit unserer Seele, mittels deren wir uns die Empfindungen vorstellen und in Zusammenhang bringen, und zu welcher wir durch eine angeborene Seelenanlage oder Seelenkraft angetrieben werden.

Verschiedenheit der Empfindung von der Vorstellung der Empfindung.

Die Art und Weise, wie wir bei der Auslegung unserer Empfindungen zu Werke gehen, hängt nicht ganz von unserer freien Selbstbestimmung [487] ab, sondern wir sind durch eine unbekannte Ursache genötigt, die Empfindungen nach den Kategorien des Raumes, der Zeit und der Zahl uns vorzustellen und in einen Zusammenhang zu bringen. Würde unsere freie Selbstbestimmung bei der Auslegung der Empfindung nicht unterstützt durch diesen Zwang, so würden wir unstreitig niemals zu sinnlichen Vorstellungen gelangen. Diese Vorstellungen sind also nicht das Resultat der Erfahrung, sondern Erfahrung wird erst dadurch möglich, daß wir das Vermögen besitzen, uns die Empfindungen nach den Kategorien des Raumes, der Zeit und der Zahl zu deuten. Daß wir zu jener Auslegung der Empfindungen nicht durch eine freie Tätigkeit unserer Seele gelangt sind, dessen werden wir uns bewußt, wenn wir eine andere Auslegung versuchen. Denn wir werden uns dann bewußt, daß wir die Empfindungen so auslegen müssen, und daß wir in dieser Auslegung nicht das geringste ändern können. Wir können keine der drei Dimensionen des Raumes hinweglassen, und ebenso wenig den drei Dimensionen des Raumes noch eine vierte hinzufügen. Wir können uns die ganze Körperwelt hinweg denken, aber Raum und Zeit bemühen wir uns vergeblich hinwegzudenken. Wenn man den Begriff des Instinktes allgemeiner fassen will, als es gewöhnlich geschieht, wenn man die unbekannte Ursache von einer jeden angeborenen zweckmäßigen Tätigkeit, zu der sich die Seele nicht selbst bestimmt, Instinkt nennen will, mag sich nun diese

Tätigkeit auf die Bildung von Vorstellungen oder auf die Hervorbringung von Bewegungen beziehen, so kann man jene Seelenanlage auch als einen intellektuellen Instinkt bezeichnen. Die Tiere sind, wie es scheint, durch dieselbe unbekannte Ursache genötigt, sich die Empfindungen nach den Kategorien des Raumes, der Zeit und der Zahl auszulegen, wenn sie auch unfähig sind, sich dieser Tätigkeit in abstracto bewußt zu werden, und sich also die Begriffe von Raum, Zeit und Zahl zu bilden. Es ist nicht daran zu denken, daß sie bloß reine Empfindungen hätten. Die vollkommeneren Tiere geben Beweise genug, daß sie die Empfindungen, die ihnen das Auge verschafft, nicht im Auge zu haben glauben, z. B. ein Hund, indem er das ihm zugeworfene Fleisch mit dem Maule auffängt. Niemand kann daran zweifeln, daß Hunde, Katzen, Pferde das, was sie hören und riechen, nicht in sich, sondern außer sich im Raume suchen.

Wir haben uns daher in acht zu nehmen, folgende Vorgänge in uns nicht miteinander zu verwechseln:

1. die Bewegungen in den uns umgebenden Körpern, die sich in die Materie unserer Sinnesorgane hinein fortsetzen;
2. die Bewegungen in unseren Nervenfäden, die von jenen Bewegungen verursacht werden, aber anderer Art sind;
3. die Veränderungen in unserem Bewußtsein, welche durch die Nervenbewegungen angeregt werden, und die wir Empfindungen nennen;
4. die Vorstellung der Empfindungen in den Kategorien der Zeit, des Raumes und der Zahl;
5. die abstrakten Begriffe der genannten und aller anderen Kategorien, sowie die durch ihre Zusammensetzung entstehenden Begriffe.

Damit die Vorstellung einer Empfindung zustande komme, muß die Aufmerksamkeit auf die vorzustellende Empfindung hingewendet werden, während die Empfindung allein auch zustande kommt, wenn wir unsere Aufmerksamkeit mit aller Anstrengung auf einen anderen Gegenstand richten. Empfindungen, die wir uns in den Kategorien des Raumes, der Zeit und [488] der Zahl vorgestellt haben, werden leichter im Gedächtnis aufbewahrt, dagegen machen reine Empfindungen, die man sich nicht vorgestellt hat, keinen dauernden Eindruck und können sich daher nicht leicht assoziieren. Jeder macht die

Erfahrung, daß viele Gegenstände in sein Auge fallen, während er nur die wenigen sieht, auf die er seine Aufmerksamkeit richtet, und daß, während er eifrig beschäftigt ist, so mancher Schall in sein Ohr dringt, ohne daß er ihn hört. Es fragt sich hier, ob jene Eindrücke gar nicht zum Bewußtsein gekommen sind und also nur Nervenbewegungen, aber keine Veränderung im Bewußtsein angeregt haben. Ich glaube annehmen zu dürfen, daß jene Eindrücke wirklich eine Veränderung im Bewußtsein erzeugen, diese aber keine Spur hinterlassen und daher uns alsbald entschwinden. Die durch die Einwirkung auf unseren Körper angeregte Nervenbewegung kann, wenn sie stark genug ist, länger dauern als die Einwirkung, und daher können wir uns eine Empfindung bisweilen noch vorstellen, wenn die äußere Bewegung schon vorüber ist. Wir können beim Blitz eine Gegend sehen und beim elektrischen Funken einige Buchstaben lesen, ungeachtet beide nur momentan sind.

Ich kann, während ich die Schläge einer Uhr zähle, auch die Gestalt der Lichtflamme sehen und die Gestalt eines Körpers fühlen, den ich in der Hand halte, und es scheint hiernach, daß man zu gleicher Zeit verschiedene Empfindungen sich vorstellen könne. Ein solcher Versuch reicht aber nicht aus, das zu beweisen, denn es läßt sich denken, daß unsere Aufmerksamkeit in den Zwischenzeiten zwischen den Pendelschlägen auf die Lichtflamme und dann wieder auf die Gestalt des fühlbaren Körpers gerichtet werde, und dieses Hin- und Herwenden der Aufmerksamkeit so schnell und so oft wiederholt werde, daß es uns vorkommt, als stellten wir uns gleichzeitig und ohne Unterbrechung alle diese drei Empfindungen vor. Wie wenig Zeit zur Vorstellung einer Empfindung nötig ist, sieht man bei geübten Korrektoren, welche die zu korrigierenden Druckbogen ziemlich schnell lesen und doch sich jeden Buchstaben genau genug vorstellen, um auf die vorhandenen Fehler aufmerksam zu werden. Beim Sehen kann ich beweisen, daß der Teil der Nervenhaut des Auges, mit dem wir deutlich sehen, nur etwa $^1/_3$ Linie groß ist. Wir müssen daher unser Auge von einem Teile zum andern wenden, damit sich nach und nach jeder Teil eines größeren Gegenstandes auf dieser kleinen sehr empfindlichen Stelle der Nervenhaut abbilde. Dessen ungeachtet glauben wir, gleichzeitig Körper zu übersehen, die sich auf einmal gar nicht auf jener Stelle der Nervenhaut abbilden können. Was wir sukzessiv

vollbringen, glauben wir gleichzeitig auszuführen; die genaueren Untersuchungen von *Bessel**) scheinen im Gegenteil zu beweisen, daß man sich nicht völlig gleichzeitig eine Gesichtsempfindung und eine Gehörsempfindung vorstellen könne. Bei den mit dem Passageinstrumente auszuführenden Beobachtungen kommt es darauf an, daß der Astronom zweimal die Entfernung eines Sternes von einem im Fernrohre ausgespannten Faden schätzt, vor welchem der Stern vorbeigeht, und bestimmt, wie weit der Stern vom Faden entfernt war beim ersten Pendelschlage der Uhr, ehe er den Faden erreicht hatte, und wieweit beim [489] zweiten Pendelschlage, nachdem er den Faden passiert hatte. Hierbei zeigt es sich nun, daß die Beobachtungen auch der geübtesten Beobachter nicht unbeträchtlich voneinander abweichen, weil, wie *Bessel* behauptet, der eine erst den Pendelschlag hört und dann die Entfernung sieht, der andere dagegen erst die Entfernung des Sternes von den Fäden sieht und dann den Pendelschlag hört.

Bessels Annahme scheint durch folgende von mir gemachte Beobachtung bestätigt zu werden, welche zu beweisen scheint, daß man nicht vermag, sich zwei verschiedene Gehörsempfindungen, von welchen die eine im rechten, die andere im linken Ohr entsteht, in ihren Zeitverhältnissen gleichzeitig vorzustellen. Wenn ich zwei Taschenuhren, deren Schlag nicht genau dieselbe Geschwindigkeit hat, nahe vor ein Ohr halte, so daß ihr Schlag nur mittels dieses Ohres und nicht durch das andere gehört wird, so unterscheide ich die Perioden, wo die Schläge beider Uhren zusammenfallen, von den Perioden, wo die Schläge der einen Uhr zwischen die Schläge der anderen fallen, und kann sie als einen sich wiederholenden Rhythmus auffassen. Halte ich dagegen vor jedes Ohr eine Uhr, so nehme ich zwar wahr, daß die eine geschwinder schlägt als die andere, bin aber nicht imstande, jenen sich wiederholenden Rhythmus aufzufassen, und der Schlag beider Uhren macht daher einen ganz anderen Eindruck, als im ersten Falle. Aus demselben Grunde ist man verhindert, den Herzschlag zu hören und zugleich den Pulsschlag zu fühlen.

---

*) *Bessel*, Astronomische Beobachtungen. VIII. Abteilung. Königsberg 1823. Einleitung. Der Unterschied zeigte sich zwischen *Bessel* und anderen Beobachtern bis etwas über 1 Sekunde. — *Struve*, Expedition chronométrique exécutée en 1843 entre Poulkova et Altona. St. Pétersbourg 1844, p. 29. Bei den hier mitgeteilten Beobachtungen geht der Unterschied nicht über $^3/_{10}$ einer Sekunde.

Über die Ursachen, warum wir nur manche Empfindungen auf äußere Objekte beziehen können.

Aber nicht mittels aller Teile unseres Körpers, sondern nur mittels der Sinnesorgane bekommen wir Empfindungen, die wir so auszulegen vermögen, daß wir die auf uns einwirkenden Dinge von unseren empfindlichen Teilen unterscheiden und sie als Objekte wahrnehmen, welche unsere Organe berühren oder sogar durch größere Strecken des Raumes von ihnen getrennt sind. Mit der einen Hand können wir die andere, mit der Zungenspitze können wir die Zähne, und umgekehrt mit den Zähnen die Zungenspitze in unserem Munde befühlen und als äußere Gegenstände wahrnehmen. Auf gleiche Weise würden wir viele im Inneren unseres Körpers gelegene Teile durch die benachbarten Teile, welche auf sie drücken und sich dabei bewegen, befühlen können und eine Kenntnis von der Gestalt und Lage derselben erlangen, wenn die inneren Teile mit den Einrichtungen des Tastorgans versehen wären.

Aber unsere Sinnesorgane sind nicht nach innen, sondern nach außen gerichtet, damit die Seele die Eindrücke der äußeren Welt empfinge, wobei sie sehr gestört werden würde, wenn die Vorgänge in unserem Inneren immerfort ihre Aufmerksamkeit auf sich zögen. Ein Darm berührt den anderen und reibt sich an ihm, die Lungen reiben sich an der die Brusthöhle überziehenden Haut der Pleura, ein Muskel drückt auf den andern und reibt sich an ihm, aber wir haben keine Empfindung davon. Es ist schon oben bemerkt worden, daß wir das Zwerchfell, diese große gekrümmte muskulöse Haut, welche die Bauchhöhle von der Brusthöhle trennt, willkürlich bewegen und dadurch die großen und schweren Organe, den Magen, die Leber und die Milz mit großer Kraft in die Bauchhöhle hinabdrücken können, so daß sich die nachgebenden Wände des Bauches anspannen, z. B. beim [490] Einatmen oder bei der Anstrengung zum Stuhlgange, und daß wir dessen ungeachtet mit der größten Aufmerksamkeit nichts von der Existenz des Magens, der Leber und Milz wahrnehmen und gar nicht fühlen, daß irgend etwas unserem Zwerchfelle gegenüber liegt. Wir fühlen in der Tat nur, daß wir bald eine größere, bald eine geringere Anstrengung machen, und empfinden zugleich die zunehmende Anspannung der Haut des Unterleibes, welche durch die herabgedrückten Unterleibsorgane hervorgebracht

wird. Und doch ist das Zwerchfell nicht unempfindlich. Wir können darin heftige rheumatische Schmerzen bekommen und haben auch eine Empfindung von dem Grade der Anstrengung, mit welcher wir dasselbe bewegen, aber keine von dem Drucke, den es erleidet, wir haben überhaupt keine Empfindungen in demselben, wodurch wir uns eine Vorstellung von seiner Gestalt und Lage bilden könnten. So mancher, der keine anatomischen Kenntnisse besitzt, befindet sich in dem Irrtume, das Zwerchfell dränge beim Einatmen die Teile in der Brust in die Höhe, während es dann bekanntlich im Gegenteil die Organe in der Unterleibshöhle abwärts drängt.

Worin liegt nun die Ursache, daß das Empfindungsvermögen nur in manchen Teilen so ausgebildet werden kann, daß wir Objekte wahrnehmen, und daß es in anderen Teilen bei der größten Mühe und Aufmerksamkeit unmöglich ist, so daß wir daselbst nur eine Veränderung unseres eigenen Empfindungszustandes fühlen?

Die Ursache liegt darin, daß die letzteren Teile so eingerichtet sind, daß daselbst weder die eigene Bewegung unseres Körpers, noch die Bewegung der zu empfindenden Objekte eine hinreichend bemerkbare Abänderung der Empfindung hervorbringt. Die Bewegung unserer Organe, so wie die der zu empfindenden Objekte, kann aber auf eine doppelte Weise eine Abänderung der Empfindung hervorbringen, dadurch, daß die Empfindung stärker und schwächer wird, und dadurch, daß zufolge der Bewegung andere und andere Teile des empfindlichen Organs auf eine von uns unterscheidbare Weise affiziert werden. In Teilen, wo das nicht der Fall ist, gelingt es nicht, die Empfindungen so auszulegen, daß man Objekte wahrnimmt. Das Zwerchfell z. B. kann zwar absichtlich bewegt werden, aber es fehlen ihm die Einrichtungen, wodurch die verschiedenen Grade des Widerstandes (Druckes), die es bei seiner mehr oder weniger kraftvollen Bewegung erleidet, unterschieden werden können, sowie auch die Einrichtungen, wodurch unterschieden werden kann, ob dieser oder jener Teil des Zwerchfelles einen Druck erleidet.

Damit aber die Eindrücke, welche benachbarte Teile eines Organes treffen, nicht dieselbe Empfindung, sondern mehrere unterscheidbare Empfindungen hervorbringen, ist eine besondere Einrichtung des empfindlichen Teiles nötig, und ebenso erfordert es eine besondere Einrichtung desselben, damit schon schwache

Eindrücke so deutlich empfunden werden, daß man viele verschiedene Grade der Stärke derselben unterscheiden könne.

Wir machen die Bemerkung, daß die Sinnesorgane bei gleicher Oberfläche viel zahlreichere Nervenfäden besitzen als andere Teile, und haben Ursache zu vermuten, daß die Nervenfäden derjenigen Sinnesorgane, welche außer den besonderen Empfindungen, die sie uns verschaffen, der Sitz eines feineren Ortsinnes sind, so geordnet sind, daß die Ordnung der peripherischen Enden derjenigen Ordnung in gewissem Grade entspricht, die sie an ihrer zentralen Endigung haben, während die Nervenfäden in den Stämmen [491] dieser Nerven in keiner bestimmten Ordnung liegen und daher nicht immer denselben Weg nehmen. Nur die dem Willen unterworfenen Muskeln stehen den Sinnesorganen, hinsichtlich der großen Zahl der Nervenfäden, die sie besitzen, zur Seite, aber hier sind es nicht die Empfindungsnerven, sondern die Bewegungsnerven, welche so zahlreich sind. Denkt man sich alle Muskelnerven, alle Nerven der mit Tastsinn versehenen Haut, und die anderen Sinnesnerven für das Gesicht, für das Gehör, für den Geschmack und für den Geruch hinweg, so bleiben für alle übrigen empfindlichen Teile außerordentlich wenig Nerven übrig. Je dichter gedrängt die Fäden der Empfindungsnerven in den Tastorganen liegen, desto mehr können die Empfindungen schon auf kleinen Teilen dieser Organe lokal unterschieden werden. An den Fingerspitzen und an der Zungenspitze, welche dichter gedrängte Nervenfäden besitzen, können z. B. die Eindrücke schon auf so kleinen Teilen des Organs lokal unterschieden werden, auf welchen sie auf dem Arme oder auf dem Rücken, wo die Nervenfäden weitläufiger sind, nicht unterschieden werden können. Ziemlich kraftvolle Bewegungen der schweren Körper sind erforderlich, um mittels der Tastorgane eine Empfindung zu erregen, viele weniger kraftvolle Bewegungen der schweren Körper bringen im Gehörorgane die Empfindung des Schalles hervor, nur in dem Auge können die äußerst schwachen und schnell wiederholten Bewegungen des imponderablen Lichtäthers, welche die Ursache des Lichtes sind, eine Empfindung erwecken, die doch den leichtesten Körper, z. B. ein Sonnenstäubchen, nicht in eine merkliche Bewegung versetzen können. Je schwächer die Bewegungen sind, die noch einen merklichen Eindruck hervorbringen sollen, desto dichter liegen die äußeren Enden der Empfindungsnerven. Zwischen den Enden der Tastnerven ist viel unempfindlicher Stoff; an den Orten, wo

die Gehörsnerven im Labyrinthe des Gehörsorgans endigen, liegen die Nervenfäden sehr dicht, am dichtesten mögen sie an der empfindlichsten Stelle der Nervenhaut, in der Augenachse des Auges liegen.

Aus den oben mitgeteilten Erfahrungen geht hervor, daß die in uns erweckte Vorstellung der Bewegung und die Unterscheidung, ob unsere Organe ruhen, und die zu empfindenden Körper sich bewegen, oder ob die zu empfindenden Körper ruhen und unsere Organe sich bewegen, uns veranlassen, unser Subjekt von den Objekten, oder was dasselbe ist, die die Empfindung vermittelnden Organe von den auf sie wirkenden Körpern als räumlich getrennte Dinge zu unterscheiden. Wo daher die eigene Bewegung unserer Organe oder die Bewegung der zu empfindenden Objekte keine hinreichend bemerkbare Abänderung der Empfindung hervorbringt, gelingt es uns nicht, auch bei der größten Aufmerksamkeit, die Objekte von unseren empfindlichen Teilen zu unterscheiden.

Eine Abänderung der Empfindung durch jene Bewegungen wird hervorgebracht, wenn Eindrücke, die sonst völlig gleich sind, sich unterscheiden lassen, weil sie auf zwei verschiedene Teile unseres Körpers gemacht werden. Hierzu ist erforderlich, daß die beiden Teile ihre Empfindlichkeit nicht einem und demselben elementaren Nervenfaden verdanken. Damit dieses Ortsgefühl noch mehr vervollkommnet werde, und ein Ortsinn entstehe, scheint eine besondere Einrichtung im Nervensystem erforderlich zu sein, die darin besteht, daß das empfindliche Organ in kleine nebeneinander liegende Abteilungen (Gefühlskreise) geteilt ist, von welchen jede einen besonderen Nervenfaden bekommt, der getrennt von anderen Nervenfäden bis zum Gehirne [492] läuft. Zugleich darf man vermuten, daß die von jenen Abteilungen ausgehenden Nervenfäden in einer ähnlichen Ordnung im Gehirne, als in dem empfindlichen Organe nebeneinander liegen. Manche Erscheinungen, die man bei der durch einen Bluterguß im Gehirne entstehenden halbseitigen Lähmung beobachtet, deuten darauf hin. Das Ortsgefühl in unvollkommenem Zustande finden wir nicht nur in allen Sinnesorganen, sondern auch in Teilen, die nur Gemeingefühl besitzen. Einen ausgebildeten Ortsinn finden wir aber nur in den Gesichts- und Tastorganen, und zwar bei weitem am vollkommensten im Gesichtsorgane. Meine weiter unten mitzuteilenden Versuche und Messungen haben bewiesen, daß der

Ortsinn in den verschiedenen Teilen der Haut selbst wieder in sehr verschiedenem Grade ausgebildet ist, so daß er an der Zungenspitze mehr als 50 mal feiner ist, als auf unserem Rücken oder auf der Mitte des Oberarmes und Oberschenkels. Auch im Auge ist derselbe da, wo die Augenachse die Nervenhaut schneidet, sehr viel feiner als an den Teilen derselben, die von der Augenachse entfernter sind, und zwar desto unvollkommener und stumpfer, je entfernter die Teile der Nervenhaut von jenen mit dem schärfsten Ortsinne versehenen Teile derselben sind. Im Gehörsorgane ist das Ortsgefühl so unvollkommen, daß man nur unterscheiden kann, ob der Eindruck auf das rechte oder auf das linke Ohr gemacht wird, nicht aber, ob er den Gehörsnerven in der Schnecke oder im Vestibulum trifft. Das Geschmacksorgan ist zugleich Tastorgan, und hat als solches einen feinen Ortsinn, nicht aber als Geschmacksorgan. Das Ortsgefühl kommt in unvollkommenem Grade auch Teilen zu, die vom sympathischen Nerven ihre Nerven erhalten, z. B. der Milz, der Leber, den Nieren usw. Der Ortsinn scheint desto feiner zu sein, je kleiner die nebeneinander liegenden Abteilungen des Sinnesorgans sind, von welchen jede ihren besonderen Nervenfaden hat, und also je dichter gedrängt die peripherischen Enden der Nervenfäden nebeneinander liegen, die isoliert zum Gehirne gehen. Mit den Augen und Tastorganen, die allein der Sitz eines ausgebildeten Ortsinnes sind, unterscheiden wir auch unstreitig die zu empfindenden Objekte zuerst und am deutlichsten von uns selbst, als räumlich von uns geschiedene Dinge. Nachdem wir, unterstützt durch diese Sinne, eine Vorstellung von der Bewegung bekommen haben, und uns ferner der Bewegungen bewußt worden sind, die wir selbst hervorbringen, haben wir auch das Gehörsorgan und Ge-Geruchsorgan so mit Absicht bewegen gelernt, daß wir auch den Schall und die Gerüche als Objekte von uns selbst zu unterscheiden vermögen. Wären wir wie eine Auster angewachsen und unbeweglich, und könnten wir die Geruchsempfindungen nicht verstärken und schwächen, indem wir uns der Quelle der Gerüche zuwenden und von ihr abwenden, oder indem wir die Gerüche durch Einatmen schneller einziehen, oder durch Unterlassen des Einatmens einzudringen verhindern, so würden wir die Gerüche nur für Veränderungen unseres Empfindungszustandes halten, keineswegs für Objekte.

Die Empfindungen, welche wir mittels des Gesichts- und Tastsinnes empfangen, sind also im Raume scharf begrenzt,

wir können auf der Haut zwei Eindrücke noch deutlich unterscheiden, auch wenn sie auf zwei einander ziemlich nahe gelegene Teile der Haut gemacht werden und sonst völlig gleich sind. Indem wir nur mit unserem Finger unsere Haut berühren und denselben oft auf der Haut fortbewegen, lernen wir einerseits die Lage der kleinen Abteilungen der Haut kennen, in welchen wir die Eindrücke [493] unterscheiden können, wir machen die Erfahrung, welche von diesen kleinen Abteilungen der Haut nebeneinander liegen, und welche durch andere Abteilungen voneinander getrennt sind; andererseits werden wir uns bewußt, welche Anstrengung des Willens erforderlich ist, um den Finger so zu bewegen, daß er dieselben Abteilungen der Haut in derselben Aufeinanderfolge berühre, und so lernen wir unseren Finger absichtlich bewegen, indem wir die Bahn, die derselbe auf der Haut beschreibt, empfinden. Durch den Ortsinn in unserer Haut lernen wir die Bewegung unserer Glieder kennen, und durch die von unserem Willen abhängende Bewegung der Glieder lernen wir unsere Haut kennen und orientieren uns auf derselben. Beide Fähigkeiten, von Anfang äußerst beschränkt, vervollkommenen sich gegenseitig durcheinander. Nachdem wir uns über die Lage der kleinen Abteilungen der Haut unterrichtet haben, können wir, auch ohne unsere Tastorgane zu bewegen, die Gestalt eines Körpers fühlen, der unsere Hohlhand berührt, z. B. den kreisförmigen Querschnitt einer zylindrischen Blechröhre, und ebenso den vierseitigen oder dreiseitigen Querschnitt einer vierseitigen oder dreiseitigen Blechröhre. Aus der Lage der gedrückten Teile unserer Haut können wir auf die Lage der drückenden Teile des uns berührenden Körpers schließen, aus der Druckfigur auf unserer Haut folgern wir die Figur des drückenden Körpers. Da die Einrichtungen für den Ortsinn auf der Mitte der Nervenhaut des Auges mehr als 100mal feiner sind als auf dem Teile der Haut, der am feinsten empfindet, so lernen wir frühzeitig das Auge absichtlich bewegen und die Lage der daselbst so äußerst dicht liegenden empfindlichen Punkte kennen. Wir lernen die Augen so richten, daß sich die Gegenstände, auf die wir aufmerksam sind, auf der Mitte der Nervenhaut abbilden, die den feinsten Ortsinn hat, und wo wir die Dinge am schärfsten sehen. Hierdurch erfolgt von selbst, daß sich die Augen so einstellen, daß sich die verlängerten Augenachsen auf dem zu sehenden Gegenstande kreuzen. Wir lernen den Unterschied, ob sich die Bilder auf unserer Nervenhaut be-

wegen, weil unser Auge sich bewegt, oder weil die sichtbaren Dinge sich bewegen, während unser Auge ruht. Aus der Lichtfigur auf der Nervenhaut des Auges schließen wir auf die Figur des lichtausschickenden Körpers.

Die Empfindungen, die uns die Sinnesorgane verschaffen, zeichnen sich aber auch dadurch aus, daß sie in der Zeit sehr scharf begrenzt sind, d. h. daß sie augenblicklich mit der Einwirkung auf das Sinnesorgan entstehen, und nicht viel länger fortdauern als die Einwirkung. Das ist mit vielen anderen Empfindungen nicht der Fall. Alle Schmerzen dauern länger fort als die Einwirkung, die sie verursachen, die Empfindung in der Nase, die das Niesen zur Folge hat, der Kitzel an der Lippe, die man mit einem kleinen Körper leise berührt, der Schauder, wenn man mit der Fahne einer Feder leise über den nackten Rücken streicht, dauern alle länger fort als die Einwirkung, und manche von diesen Empfindungen entstehen nicht augenblicklich bei der Einwirkung.

Das Gehörsorgan steht darin, daß die Empfindungen, die es uns verschafft, in der Zeit sehr scharf begrenzt sind, unter allen Sinnesorganen oben an. Aber auch das Auge und der Tastsinn leisten darin viel. Man sieht leicht ein, um wieviel untauglicher die Haut und das Auge sein würden, uns die Vorstellung der Bewegung zu verschaffen, wenn der auf einen empfindlichen Punkt gemachte Eindruck längere Zeit fortdauerte, und [494] daher die sukzessiv auf nebeneinander liegende Teile gemachten Eindrücke als gleichzeitige erschienen. Beim Auge ist das bei einer sehr schnellen Bewegung einer glühenden Kohle im Kreise im Finstern der Fall, und in der Tat, es wird dann auch die Bewegung der Kohle nicht wahrgenommen, sondern wir sehen einen ruhenden leuchtenden Kreis.

Die Empfindungen, die uns die Sinnesorgane verschaffen, zeichnen sich ferner dadurch sehr aus, daß sehr schwache Einwirkungen auf dieselben, die nicht im mindesten verletzend sind, doch sehr deutlich empfunden werden, so daß wir viele Grade der Empfindungen ganz bestimmt unterscheiden und sogar abmessen, und unzählige qualitative Verschiedenheiten wahrnehmen können. Wie unzählige Verschiedenheiten in der Qualität und Stärke der Farbe, der Töne der Geruchs- und Geschmacksempfindungen nehmen wir wahr! Hierdurch wird es unter anderen möglich, die kleinen Veränderungen in der Stärke der

Empfindung zu unterscheiden, die dadurch entstehen, daß wir uns dem Gegenstande nähern oder uns von demselben entfernen oder unser Sinnesorgan ihm zuwenden oder von ihm abkehren.

Wir unterscheiden allerdings auch bei den Gemeingefühlen Grade, z. B. bei den Schmerzen, aber wie unvollkommen, wenn wir sie mit den zahlreichen Temperaturgraden oder den Graden des Druckes vergleichen, die wir durch den Tastsinn beobachten und gleichsam abmessen. Wenn ein warmer Körper keinen Schmerz erregt, können wir, wie unten bewiesen werden wird, einen Temperaturunterschied deutlich wahrnehmen, der nur 0,3° oder 0,2° C beträgt; wenn aber die Temperatur des warmen Körpers Schmerz erregt, so ist an eine solche feine Unterscheidung der Grade nicht mehr zu denken. Wir können dann sogar sehr grobe Unterschiede nicht mehr bemerken. Man hat auch qualitativ verschiedene Schmerzen unterschieden und von brennenden, drückenden, bohrenden, schneidenden und vielen anderen Schmerzen gesprochen. Allein es ist noch sehr zu bezweifeln, ob es qualitativ verschiedene Schmerzen gibt, und ob nicht alle Verschiedenheiten derselben auf der verschiedenen Stärke, Ausdehnung und Dauer der Schmerzen beruhen. Die Zahnschmerzen, welche Kälte, Wärme und Druck bei entblößtem Zahnkeime verursachen, sind nicht qualitativ verschieden. Es ist derselbe Schmerz. Viel kommt bei den verschiedenen Arten des Schmerzes und überhaupt des Gemeingefühls darauf an, ob der Ort des Schmerzes eine kleine oder große Ausdehnung hat, ob die Empfindung abwechselnd an vielen unterscheidbaren Orten entsteht, sehr kurz dauert und sich schnell wiederholt, z. B. wie das Prickeln beim Einschlafen der Glieder, oder ob er lange dauert und dabei allmählich zu- und abnimmt. So viel ist gewiß, daß die qualitativen Unterschiede der Schmerzen und anderer Gemeingefühlsempfindungen viel weniger zahlreich sind, als die der Sinnesempfindungen.

Sehr wichtig ist es, daß die Eindrücke, welche die Sinnesempfindungen erwecken, nicht nur an sich sehr schwach sind, sondern daß auch an den Sinnesorganen hin und wieder besondere Einrichtungen getroffen sind, welche verhindern, daß dieselben in der Stärke ein gewisses Maß überschreiten.

Die Heftigkeit vieler Empfindungen, die uns das Gemeingefühl verschafft, bewirkt, daß die Seele gehindert wird, so ruhig Reflexionen über dieselbe zu machen, wie erforderlich ist, um die Empfindungen auf Objekte zu beziehen. Vielmehr

wird die Aufmerksamkeit der Seele durch [495] Schmerzen mit Gewalt auf ihren eigenen leidenden Zustand und auf den ihres Körpers gerichtet und dadurch bewirkt, daß die Empfindungen nicht die Tätigkeit des Erkenntnisvermögens, sondern des Begehrungsvermögens erwecken, so daß wir angetrieben werden, uns durch instinktartige oder absichtliche Bewegungen dem Schmerz zu entziehen.

Es gibt überhaupt viererlei Verhältnisse, unter welchen wir die Empfindungen nicht auf äußere Objekte beziehen können, und sie also zu den Gemeingefühlsempfindungen rechnen:

1. wenn die Empfindungen nicht durch äußere Körper, sondern durch innere Ursachen in unseren Organen angeregt werden, z. B. durch eine Substanzveränderung der Muskeln bei ihrer Ermüdung, durch eine Veränderung der Ernährung der Teile, vermöge eines übermäßigen Blutandranges, z. B. durch Entzündung, oder weil Gifte ins Blut gelangen und von den Blutgefäßen aus mit den Teilen unseres Körpers, namentlich mit den Nerven, in Berührung kommen, oder weil in uns durch Mangel an Nahrung und Getränk Veränderungen in unserem Körper entstehen;
2. wenn die Eindrücke zwar durch äußere Ursachen hervorgebracht werden, aber in Organen, welche nicht die passende Organisation haben, damit wir den örtlichen Unterschied der Eindrücke, die Grade und vielen Qualitäten der Empfindungen wahrnehmen können;
3. wenn die Eindrücke zwar durch äußere Ursachen hervorgebracht werden und auf geeignete Sinnesorgane geschehen, aber so heftig sind, daß sie nicht bloß die Enden der Nerven, sondern auch ihre Stämme treffen, Schmerz erzeugen, dadurch das Begehrungsvermögen der Seele anregen und die ruhige Reflexion verhindern;
4. wenn Eindrücke, die irgendwo auf die Nerven gemacht worden sind, nicht nur auf die gewöhnliche Weise zu einem bestimmten Teile des Gehirnes fortgepflanzt werden, sondern von diesem Teile auf andere Teile des Körpers, namentlich auch des Gehirnes übertragen werden und dadurch neue Empfindungen als eine Nebenwirkung erzeugen, z. B. wenn Schauder entsteht, indem wir mit der Fahne einer Feder auf dem nackten Rücken gestrichen werden, wenn Kitzel entsteht, wenn ein kleiner Körper unsere Oberlippe leise berührt.

Einrichtungen an den peripherischen Enden der Sinnesnerven zur Aufnahme der Eindrücke, welche Sinnesempfindungen erzeugen sollen.

Damit sehr verschiedene in der Natur existierende Bewegungen spezifisch verschiedene Empfindungen verursachen können, und damit so zahlreiche Grade der Stärke der Empfindungen deutlich unterschieden und abgemessen werden können, müssen, wie aus dem Vorhergehenden erhellt, an den peripherischen Enden der Nerven besondere Organe, Sinnesorgane, angebracht sein, die durch jene verschiedenartigen Bewegungen, den verschiedenen Graden der Stärke entsprechend, in Bewegung gesetzt werden, und mit den Nerven in einer solchen Verbindung stehen, daß sie durch die Bewegung, in die sie geraten, eine entsprechende Veränderung in letzteren verursachen. Viele Bewegungen in der Natur werden schon deswegen nicht empfunden, weil es an den peripherischen Enden der Nerven an geeigneten [496] Sinnesorganen fehlt. So sind wir fortwährend den magnetischen Einflüssen der Erde ausgesetzt, die tägliche Veränderungen erleiden. Die magnetischen Gewitter gehen aber an uns vorüber, ohne daß wir das geringste davon merken. Ebenso würden die elektrischen Gewitter an uns unbemerkt vorübergehen, wenn wir nicht einige Nebenerscheinungen der Elektrizität durch Auge und Ohr wahrnähmen. Ganz anders würde es sich verhalten, wenn an den peripherischen Enden mancher Nerven magnetisierbare Körper so angebracht wären, daß sie durch den Magnetismus der Erde in Bewegung gesetzt würden, und daß sie dadurch eine Veränderung in den Nerven hervorbringen könnten. Wir würden dann die Himmelsrichtungen durch ein Gefühl unterscheiden. Die an den peripherischen Enden der Sehnerven angebrachten Sinnesorgane sind so eingerichtet, daß sie die Lichtschwingungen konzentrieren und ihnen die passende Richtung geben und dadurch eine Veränderung in den peripherischen Enden des Sehnerven hervorbringen, welche die Empfindungen von Licht und Farbe erzeugt. Aber diese können nur durch die transversalen, nicht durch die longitudinalen Schwingungen des Lichtäthers gerührt werden und sind nicht so eingerichtet, daß die in den Augapfel eindringenden Schallschwingungen eine solche Veränderung im Sehnerven hervorbringen können, daß dadurch eine Empfindung entstünde. Denn

wenn ich eine tönende Stimmgabel mit dem Ende ihre Stieles an meinen Augapfel bringe, so muß sich die Schwingung durch den ganzen Augapfel fortpflanzen. Man fühlt zwar dann das Beben mit der Haut der Augenlider, aber die Nervenhaut des Auges und der Sehnerv werden dadurch nicht so affiziert, daß irgend eine Empfindung entsteht, weder eine Lichtempfindung, noch eine Schallempfindung, noch eine Tastempfindung, noch endlich ein Schmerz, und dasselbe scheint auch von anderen Sinnesorganen zu gelten: jedes derselben ist nur geeignet, von einer gewissen Klasse von Bewegungen gerührt zu werden. Daß hierbei wirklich den an den Enden der Nerven angebrachten Sinneswerkzeugen an dem Erfolg ein wichtiger Anteil zuzuschreiben sei, sieht man daraus, daß die Tastnerven ohne die an ihnen angebrachten Sinnesorgane uns nicht die Empfindung von Druck und Wärme und Kälte, und daß die Gehörsnerven, ohne die an den Enden derselben angebrachten Sinneswerkzeuge uns nicht die Empfindung des Schalles verschaffen können. Daran, daß wir Geschmacks- und Geruchsempfindungen haben könnten, wenn der Stamm des Geschmacksnerven oder des Geruchsnerven mit Geschmacksstoffen und Geruchsstoffen unmittelbar in Berührung käme, wird wohl niemand denken, und ebensowenig hat man das Recht zu vermuten, daß konzentriertes Licht, wenn es auf die frische Schnittfläche des Sehnerven eines lebenden Tieres fiele, Lichtempfindung erzeugen würde. Man hat keine Gelegenheit, bei lebenden Menschen solche Versuche anzustellen. Bei den Tastnerven dagegen hat man diese Gelegenheit. Man kann die Wärme und Kälte so tief in den Körper eindringen lassen, daß sie bis zu den oberflächlich unter der Haut liegenden Stämmen der Tastnerven kommen. Man kann ferner Versuche an Teilen der Haut machen, wo die Tastorgane durch eine heftige und zugleich ausgedehnte Verbrennung zerstört worden waren. Meine weiter unten ausführlich mitzuteilenden Versuche hierüber beweisen, daß man in beiden Fällen die eigentümliche Empfindung von Wärme und Kälte nicht hat, wenn Wärme und Kälte die Stämmchen der Tastnerven unmittelbar affizieren. Wenn ich nämlich die Spitze des Ellbogens in eiskaltes Wasser, z. B. [497] in einen Brei aus Schnee und Wasser tauche, so empfinde ich mittels der Nervenfäden, die sich in dem eingetauchten Teile der Haut endigen, Kälte. Ungefähr nach 16 Sekunden dringt aber die Kälte bis zu dem mehr unter der Haut liegenden Nervus ulnaris, der dichtgedrängte Tastnerven in großer

Zahl enthält, affiziert denselben unmittelbar, ohne daß die an den Enden der Tastnerven angebrachten Einrichtungen die Einwirkung vermitteln. Man sollte vermuten, daß von dem Augenblicke an, wo die Kälte die Fäden des Nervus ulnaris erreicht, die Empfindung davon lebhafter werden würde, weil nun viel mehr Nervenfäden von ihr gleichzeitig affiziert werden als zuvor. Das ist aber nicht der Fall, sondern von dem Augenblicke an, wo der Nervenstamm unmittelbar von der Kälte affiziert wird, empfinden wir einen Schmerz, der mit der Empfindung der Kälte keine Ähnlichkeit hat und nicht auf den affizierten Teil beschränkt ist, sondern auch einen Teil des Unterarmes und der Hand einzunehmen scheint. Wenn er längere Zeit gedauert hat, so schlafen diejenigen Finger und derjenige Teil der Hand, zu welcher sich der Nervus ulnaris verbreitet, ein. Es schien mir wünschenswert, den Versuch auch mit schwachen Graden der Kälte, die keinen Schmerz verursachen, anzustellen, und auf solche Weise, daß die mit dem Tastsinne versehene Haut nicht zugleich affiziert würde. Dieses kann man durch kalte Klistiere erreichen. Denn der Mastdarm und die Flexura iliaca, wenn sie mit kaltem Wasser erfüllt und ausgedehnt werden, liegen den großen vorderen Ästen der Kreuznerven, und das Colon sinistrum liegt manchen Hautästen der Lendennerven so nahe, daß diese Nerven eine beträchtliche Temperaturveränderung erleiden müssen.

Dieser Versuch wurde bei zwei guten Beobachtern und an mir selbst angestellt. Der eine von ihnen hatte ungefähr 21 Unzen oder 360 Gramme Wasser, von einer Temperatur von + 15° R (18,7° C), durch ein Klistier erhalten, das Wasser erregte am After, als es eindrang, und als es später wieder abging, ein starkes Gefühl von Kälte. Im Inneren des Bauches aber, oder in der Beckenhöhle, hatte der Beobachter kein Gefühl von Kälte, sogar dann nicht, als ihm bei einem zweiten Versuche Wasser von + 6° R (7,5° C) beigebracht wurde. Dasselbe beobachtete an sich der zweite Beobachter, als ihm Wasser, welches die Stubentemperatur hatte, beigebracht wurde. Ich selbst fühlte, als ich durch ein Klistier ungefähr 14 Unzen (420 Gramm) Wasser, von der Temperatur von + 15° R (18,7° C), aufnahm, und ebenso als dasselbe wieder abging, eine starke Kälte am After und glaubte, als sich die Gedärme damit füllten, im Bauch einige Bewegung zu fühlen und eine sehr schwache fast unmerkliche Empfindung von Kälte zu haben,

die allmählich nach der Mitte des Bauches fortzuschreiten schien. Als ich aber bei einem zweiten Versuche dieselbe Menge noch kälteres Wasser von + 6° R (7,5° C) aufnahm, hatte ich kein deutliches Gefühl von Kälte, wohl aber glaubte ich, ein schwaches Gefühl zu haben, das ich so deutete, als ob es von dem Einströmen des Wassers in die Gedärme entstanden sein könne. Nachdem einige Zeit vergangen war, glaubte ich, eine schwache Kälte wahrzunehmen, und zwar mehr in der Gegend der vorderen Bauchwand als in der des Rückens. Da diese Spur der Kälte von dem an der Bauchwand anliegenden Colon bis zur äußeren Haut gedrungen sein, und daselbst mittels der Tastorgane der Haut einen Eindruck auf die Enden der Tastnerven gemacht haben konnte, so wurde, um eine solche Vermutung zu bestätigen oder zu widerlegen, ein Thermometer [498] auf den Teil der Bauchwand gelegt, welcher inwendig mit dem Colon sinistrum in Berührung ist, und hierauf mit Kleidungsstücken bedeckt. Es stieg in längerer Zeit nur bis auf + 27° R (33,7° C), während es an demselben Orte am folgenden Tage bis auf + 28° R (35° C) stieg. Es schien also in der Tat so, als ob die Haut an jenem Teile der Bauchwand um 1° R abgekühlt worden.

So viel ist gewiß, daß, wenn die erwähnten großen Nervenstämme, die so unzählige Tastnerven einschließen, fähig wären, ohne Beihilfe von Tastorganen den Eindruck der Kälte aufzunehmen und uns die Empfindung der Kälte zu verschaffen, eine starke Kälte hätte empfunden werden müssen. Es bestätigen daher die mitgeteilten Versuche den Satz, daß die Kälte, wenn sie unmittelbar auf die Nervenstämme einwirkt, nicht die Empfindung der Kälte hervorbringt. Wenn ich gleichzeitig die Haut und den Nervus ulnaris am Condylus internus ossis brachii bei mir selbst gleichmäßig drücke, so empfinde ich mittels der in der Haut am Ellenbogen eindringenden Tastnerven Druck, aber mittels des Stammes des Nervus ulnaris empfinde ich entweder gar nichts oder, wenn der Druck einen gewissen Grad erreicht, Schmerz, der nicht die mindeste Ähnlichkeit mit der Empfindung des Druckes hat, sondern wie Zahnschmerz ein eigentümlicher Nervenschmerz ist, der sich an der Volarseite der Ulna herab bis zur Hand und sogar bis zu dem kleinen Finger zu erstrecken scheint. Also auch die Empfindung des Druckes und die Unterscheidung der so verschiedenen

Grade desselben scheint nur möglich zu sein, wenn der Druck zunächst auf die Tastorgane und durch sie auf die Enden der Tastnerven wirkt, nicht aber, wenn die Tastnerven unmittelbar gedrückt werden. Wie oft müßten wir, wenn es sich anders verhielte, eine lebhafte Empfindung von Druck haben, da der Fall, daß ein Nervenstamm zufälligerweise in mäßigem Grade gedrückt wird, nicht selten vorkommt. Wenn ein starker Druck nicht plötzlich anfängt, so fühlen wir nicht einmal Schmerz, sondern das Glied schläft ein.

Ich werde weiter unten ausführlich die Experimente anführen, welche ich bei Patienten angestellt habe, deren Haut in beträchtlichen Strecken durch eine sehr heftige Verbrennung und durch die darauf folgende Eiterung zerstört worden war, und sich zum Teil wieder gebildet hatte. Sie führten zu dem Resultate, daß die Patienten mit den Teilen der Haut, deren Tastorgane zerstört und nicht vollkommen reproduziert worden waren, Wärme und Kälte nicht unterscheiden konnten. Daß große Narben der Haut, die nicht die Textur und die Farbe der Haut wieder bekommen haben, unfähig zum Tasten sind, dennoch aber unter Umständen leicht schmerzen, unter welchen in der gesunden Haut keine Schmerzen entstehen, ist eine bekannte Tatsache, die sich auch bei einigen von den erwähnten Patienten bestätigte. Einer von ihnen klagte über Schmerzen in der Narbe, die bisweilen durch den Witterungswechsel entstanden. Diese Erfahrungen erklären sich dadurch, daß zum Fühlen der Wärme und Kälte erfordert wird, daß die Ausdehnung und Zusammenziehung, welche Wärme und Kälte hervorbringen, zunächst auf die in der Lederhaut liegenden, uns freilich noch nicht bekannten, mikroskopischen Tastorgane und durch sie auf die Enden der Tastnerven wirken. Treffen Wärme und Kälte die Nerven unmittelbar, [499] so entsteht entweder gar keine Empfindung oder Schmerz. Bei dem Geruchsorgane kann schon eine kleine Veränderung, die das Flimmerepithelium der Schleimhaut erleidet, auf kurze Zeit den Verlust der Fähigkeit zum Riechen herbeiführen.

Ich habe durch Experimente bewiesen, daß man einem Menschen, der so auf dem Rücken liegt, daß die Nasenlöcher aufwärts gerichtet sind, Wasser durch ein Nasenloch in die Nase gießen und auf diese Weise beide Nasenhöhlen damit erfüllen kann, ohne daß das Wasser in den Schlund herabfließt.

Unter diesen Umständen scheint sich nach *Dzondi* der Arcus pharyngo-palatinus mittels der in ihm liegenden Muskelfasern zusammenzuziehen und den Ausgang aus dem obersten, hinter den Choanis narium gelegenen Teile des Schlundes in den mittleren Teil desselben zu verschließen. Das Wasser tritt daher, nachdem es den obersten Teil des Schlundes angefüllt hat, in die Choana narium der anderen Nasenhöhle hinauf, bis endlich beide Nasenhöhlen voll sind, und das Wasser an beiden Nasenlöchern überläuft. Das Wasser mag nun die Temperatur des Blutes haben oder nicht, so hat der erwähnte Versuch jedesmal den Erfolg, die Fähigkeit zu riechen, nach Entfernung des Wassers, auf kurze Zeit, z. B. auf $^1/_2$ Minute und länger zu vernichten, so daß man weder Kölnisches Wasser, noch reine Essigsäure, noch Ammoniak riecht. Ich erkläre mir diesen merkwürdigen Erfolg so: die mit Cilien besetzten Epitheliumzellen leisten unstreitig beim Riechen wichtige Dienste. Die Zellen des Zylinderepitheliums besitzen nämlich nach meinen Versuchen eine ungemeine Kraft, Wasser einzusaugen, und verlieren dieselbe auf einige Zeit, wenn sie mit reinem Wasser in Berührung gekommen sind und sich damit erfüllt haben. Hierdurch werden sie unstreitig auf einige Zeit ungeeignet, diejenige Einsaugung zu bewirken, welche nötig ist, damit die Riechstoffe auf die Nerven wirken können.

Es fehlt noch an genauen Beobachtungen darüber, ob nach dem Auslaufen des Glaskörpers aus dem Augapfel und nach dem Auslaufen des Wassers des knöchernen Labyrinthes (wenn der Steigbügel aus der Fenestra ovalis herausgerissen wird) augenblicklich das Vermögen, Licht und Schall zu empfinden, verloren geht, man weiß nur, daß beide Verletzungen Blindheit und Taubheit herbeiführen. Bei der erwähnten Eröffnung der Fenestra ovalis wird aber der Gehörnerv selbst gar nicht verletzt. Da nun der Schall bekanntlich auf einem doppelten Wege zu dem Gehörnerven gelangen kann, durch die Luft des Gehörganges und durch die Kopfknochen, so muß man schließen, daß die Taubheit in jenem Falle dadurch entsteht, daß durch das Ausfließen des Labyrinthwassers eine von den wesentlichen Einrichtungen vernichtet wird, welche die Übertragung des Schalleindruckes auf den Gehörnerven möglich machen. Das Trommelfell kann zerstört und sogar der Hammer kann aus seiner Lage gerissen werden, ohne daß Taubheit eintritt, denn diese Hilfswerkzeuge vervollkommnen nur das Gehör. Man hört dann noch immer durch die Kopfknochen. Wenn man

singt oder spricht und zugleich seine Hand auf den Scheitel legt, so fühlt man den Scheitel durch die Schallschwingungen erbeben. Der Schall dringt daher auf vielen Wegen durch die Knochen bis zu dem Gehörnerven und erschüttert ihn, aber diese Schwingungen bewirken ohne die Vermittlung der wesentlichen Hilfswerkzeuge keine Empfindung von Schall.

[500] Fortleitung der in den Sinnesnerven hervorgebrachten Veränderung.

Die Eindrücke, welche die Nerven, unterstützt durch gewisse Hilfswerkzeuge, oder ohne solche Hilfswerkzeuge empfangen, scheinen durch die Nervenfäden nach dem Zentrum des animalen Nervensystems hin fortgepflanzt werden zu müssen, damit sie zum Bewußtsein gelangen. Hiermit soll nicht gesagt sein, daß nur das Gehirn der Sitz der Seele sei, und daß die in den Sinnesnerven entstehenden Veränderungen keinen Einfluß auf das Bewußtsein äußerten, sondern nur, daß die Eindrücke ohne eine Fortpflanzung zum Gehirne nicht zum Bewußtsein kommen. Es versteht sich von selbst, daß wir uns unter dieser Fortpflanzung nicht eine Bewegung, wie die des Druckes, der Wärme, des Lichtes, des Schalles und der Gerüche zu denken haben. Eine solche Annahme lassen die physikalischen Eigenschaften der Nerven nicht zu. Vielmehr müssen wir annehmen, daß in den Nerven eine Bewegung von eigentümlicher Art durch sehr verschiedene Einflüsse angeregt werden könne, die sehr vieler Modifikationen fähig ist, und die wir im Bewußtsein als Wärmeempfindungen, Druckempfindungen, Lichtempfindungen, Schallempfindungen usw. auffassen. Es ist wahrscheinlich, daß die Eindrücke der Wärme, der Kälte und des Druckes durch dieselben Fäden der Tastnerven zum Gehirne fortgepflanzt werden, dennoch sind die Empfindungen, die diese Eindrücke erregen, sehr verschieden. Auf gleiche Weise können auch die Empfindung des Lichtes, des Schalles und der Gerüche durch dieselbe Klasse von Bewegungen hervorgerufen werden, denn es reicht vielleicht schon aus, daß die Bewegungen sich schneller oder langsamer wiederholen, damit dadurch Empfindungen von sehr verschiedener Art erregt werden.

Den spezifisch verschiedenen Sinnesnerven ist hierbei nicht ein spezifisch verschiedenes Leitungsvermögen zuzuschreiben. Man hat keinen genügenden

Grund anzunehmen, daß die Nerven eines besonderen Sinnes ein eigentümliches Leitungsvermögen besäßen, vielmehr darf man wohl vermuten, daß der Vorgang, wodurch diese Leitung vollbracht wird, nicht nur in allen Empfindungsnerven, sondern auch in den animalischen Bewegungsnerven, im wesentlichen derselbe sei. Denn die Fäden der Bewegungsnerven und Tastnerven lassen sich durch das Mikroskop nicht unterscheiden, die Substanz der verschiedenen Nerven bietet, abgesehen von den Häuten, in welchen sie eingeschlossen ist, auch keine wesentlichen Unterschiede dar, das würde aber der Fall sein, wenn die Leitung der Eindrücke in verschiedenen Nerven auf eine andere Weise erfolgte. Ferner regen dieselben Einwirkungen (mechanische Verletzungen durch Stöße und Stiche, chemische Verletzungen durch Hitze oder ätzende Körper und der elektrische Stoß), welche in den Tastnerven eine Tätigkeit anregen, auch in den Bewegungsnerven, wenn sie Stämme derselben treffen, eine Tätigkeit an. Daß diese Tätigkeit hier Bewegung der Muskeln und dort Schmerz zur Folge hat, liegt vielleicht nur darin, daß die peripherischen Enden der Tastnerven nicht mit den Muskeln, und daß die zentralen Enden der Muskelnerven nicht mit Teilen des Gehirnes in Verbindung stehen, in welchen eine Übertragung der in den Nerven angeregten Tätigkeit auf das Bewußtsein möglich ist. Dieselben Einflüsse, welche das Leitungsvermögen der Bewegungsnerven [**501**] unterbrechen, unterbrechen es auch bei den Tastnerven, also z. B. die Durchschneidung der Nerven, ein starker Druck auf dieselben oder eine beträchtliche Dehnung, endlich, wie ich durch die sogleich mitzuteilenden Experimente zeigen werde, bei den warmblütigen Tieren die einen gewissen Grad erreichende Erwärmung und Erkältung der Nerven. Ist nun schon kein hinreichender Grund da, bei den Bewegungsnerven und Tastnerven ein Leitungsvermögen anzunehmen, das auf einem verschiedenen Vorgange in den Nerven beruhte, so ist noch weit weniger glaublich, daß es bei den verschiedenen Empfindungsnerven verschieden sein sollte; denn daß manche Empfindungsnerven dünne Fäden mit dünnen Hüllen haben, andere dickere Fäden mit dickeren Hüllen, kann uns nicht zu einer solchen Annahme berechtigen. Daß der Geruchsnerv, der Sehnerv und der Gehörnerv, wenn sie mechanisch verletzt werden, nach *Magendies* Versuchen, keinen Schmerz zu erregen scheinen, daß dagegen ein Stoß auf das Auge die Empfindung von Feuer, und der Druck auf dasselbe, nach *Purkinje*, die

Empfindung von wechselnden Licht- und Farbenfiguren hervorruft, dürfte wohl aus der Beschaffenheit des Hirnteiles, in welchem sich diese Nerven endigen, und nicht aus einem verschiedenen Leitungsvermögen zu erklären sein.

Das Leitungsvermögen der Nerven wird, wenn dieselben gedrückt oder bis zu einem gewissen Grade erwärmt oder erkältet werden, geschwächt — und sogar aufgehoben. Es ist bekannt, daß die Durchschneidung eines Nervenstammes uns erstens der Fähigkeit beraubt, diejenigen Muskeln durch unseren Willen zu bewegen, die ihre Nerven nur von dem peripherischen Stücke des durchschnittenen Nerven bekommen, und die folglich nun nicht mehr durch Nervenfäden mit dem Gehirne in Verbindung stehen, und daß dieselbe auch zweitens verhindert, daß ein Eindruck auf die Teile, die nur von dem peripherischen Stücke des durchschnittenen Nerven ihre Nervenfäden bekommen, eine Empfindung errege. Dasselbe ist auch der Fall, wenn ein Nerv durch einen umgelegten Faden so zusammengeschnürt wird, daß man in ihm dadurch eine dauernde Veränderung, z. B. eine Zerquetschung, hervorbringt. *Galen**) erzählt, daß es ihm gelungen sei, bei Schweinen einen lockeren dicken Faden (*κρόκαις ἰσχυραῖς*), oder einen wollenen Faden (*νήμασιν ἐξερίων*) so um die Nerven zu legen, mit einer Schleife zu versehen, und dann die Nerven so mäßig zusammenzuschnüren, daß das Tier zwar plötzlich seiner Stimme beraubt wurde, aber zum Erstaunen der Zuschauer auch die Stimme sogleich wieder bekam, als die Schleife wieder gelöst wurde. Wenn aber die Nerven mit einem umgelegten leinenen Strange zu fest geschnürt wurden, so wurden sie zerquetscht, wenn der Strang steif war, und zerschnitten, wenn er zu dünn war. Dem *Valsalva***) und *Morgagni* wollte es bei Hunden nicht gelingen, die Zusammenschnürung so einzurichten, daß die Verrichtungen des peripherischen Stückes des nervus vagus durch den Druck unterbrochen und nach der Entfernung des Fadens sogleich wieder hergestellt wurden. *Fontana****) bemerkt, daß, um

---

*) *Galen*, De administratione anat. lib. VIII. cap. 8, ed. *Kühn*, Tom. II. p. 669, ed. *Charter*, Tom. IV. p. 174, ed. *Basil*, Tom. I. p. 187.

**) *Valsalva* de aure humana. c. 5, § 8. Siehe *Tissots* Schriften. III. § 183.

***) *Felix Fontanas* Beobachtungen und Versuche über die Natur der tierischen Körper, übers. v. *Hebenstreit*, Leipzig 1785, S. 138.

eine [502] künstliche Lähmung eines Muskels hervorzubringen, der Nerv mit großer Kraft zusammengedrückt werden müsse, so daß kaum die ganze Kraft seines Daumens und Zeigefingers ausgereicht haben, um einen hinlänglichen Druck hervorzubringen, obgleich die Nerven bloß lagen, und die Versuche an sehr kleinen Tieren, z. B. an Fröschen, angestellt wurden. Waren die Nerven von weichen Teilen bedeckt, z. B. die Zwerchfellnerven einer jungen Katze vom Mittelfelle, so mußte die drückende Kraft um außerordentlich viel vermehrt werden. Man muß sich, sagt *Fontana*, bei allen diesen Versuchen wohl in acht nehmen, die Nerven nicht zwischen den Fingern oder anderen zum Druck gebrauchten Körpern zu zermalmen, weil sie in diesem Falle durch Zerstörung ihres Gewebes mit einem Male die Fähigkeit verlieren, den Muskel in Bewegung zu setzen, dieselbe aber auch nachher nicht wieder bekommen. *Fontana* hat hieraus geschlossen, daß der Fall, wo im lebenden Körper die Funktion des peripherischen Stückes eines Nerven durch einen auf seinen Stamm ausgeübten Druck aufgehoben würde, wohl nicht leicht vorkommen möchte. Indessen hat *Joh. Müller**) durch Experimente gezeigt, daß man durch einen längere Zeit fortdauernden Druck, den man auf den Stamm eines Arm- oder Schenkelnerven wirken läßt, die Empfindung von Prickeln, von Nadelstichen und überhaupt vom Einschlafen in demjenigen Teile des Gliedes bewirken könne, zu welchem das peripherische Stück des gedrückten Nervenstammes Nervenfäden schickt, und ich selbst habe über die vollkommenere oder unvollkommenere Unterbrechung der Leitung der Nerven durch Druck und durch Kälte und Wärme eine Reihe von Experimenten gemacht. Wenn ich den Nervus ulnaris am Condylus internus ossis brachii bei mir selbst gleichmäßig drückte, so empfand ich mittels der an der Haut des Ellenbogens endigenden Tastnerven den Druck an der richtigen Stelle, an der er stattfindet. Hierauf entstand aber außerdem ein eigentümlicher Schmerz, der nicht auf den Ort beschränkt war, wo gedrückt wurde, und der nichts mit dem Gefühle des Druckes gemein hatte, sondern wie Zahnschmerz ein eigentümlicher Nervenschmerz war. Er erstreckte sich an der Volarseite

*) *Joh. Müller*, Handbuch der Physiologie. Bd. I, S. 590, 4. Aufl., 1843. — *E. H. Weber*, Über den Einfluß der Erwärmung und Erkältung der Nerven auf ihr Leitungsvermögen, siehe Berichte über die Verhandlungen der Königl. Sächs. Gesellschaft d. Wissenschaften, Leipzig 1847, S. 175.

der Ulna herab bis in das Handgelenk und sogar bis an den Metakarpusknochen des fünften Fingers und weiter. Durch einen geringen aber langdauernden Druck auf gewisse Teile des Armes konnte ich, ohne daß ein merklicher Schmerz an dem gedrückten Teile entstand, das Einschlafen derjenigen Teile der Haut bewirken, zu welchen sich die gedrückten Nerven begeben, so daß in dem einen Falle die Teile, welche vom Nervus ulnaris, in einem anderen die, welche vom Nervus medianus ihre Nerven bekommen, vom Zustande des Eingeschlafenseins ergriffen wurden, wobei sich sogar die Größe des Gebietes jedes dieser Nerven wahrnehmen ließ; der Zustand des Eingeschlafenseins nahm sogleich dem Grade nach ab, wenn der Druck auf den Nervenstamm aufhörte, und verschwand in kurzer Zeit ganz. Wer die Stellung der Glieder noch nicht kennt, wodurch man das Einschlafen des Nervus ulnaris oder medianus oder beider zugleich herbeiführen kann, der braucht nur die Gelegenheit zu benutzen, seine Glieder, wenn sie ihm zufälligerweise einschlafen, zu beobachten, [503] um das Vorgetragene bestätigen zu können. Der Zustand des Einschlafens der Glieder hat übrigens verschiedene Grade. Im höchsten Grade ist man weder fähig, die Muskeln zu bewegen, die von den eingeschlafenen Nerven allein mit Zweigen versehen werden, noch Wärme, Kälte und Druck zu empfinden. Bei diesem höchsten Grade kann die Unempfindlichkeit so weit gehen, daß man seinen eigenen Arm, indem man ihn im Finstern mit der anderen Hand anfaßt, für ein fremdes Glied hält, was z. B. mein Bruder *Eduard Weber* einmal an sich selbst beobachtet hat. Ehe es aber zu diesem Grade kommt, beobachtet man Zustände eines unvollkommenen Eingeschlafenseins der Glieder. Hierbei verursacht die Berührung der eingeschlafenen Finger oder der Hohlhand eine Empfindung, welche von der Tastempfindung sehr verschieden ist. Die Empfindung ist nämlich nicht auf die berührte Stelle beschränkt, sondern breitet sich über eine größere Strecke des eingeschlafenen Teiles aus. Sie verschwindet auch nicht im Momente, wo die Berührung aufhört, sondern dauert auch nachher längere Zeit fort und wechselt dabei ihren Ort, indem sie andere und andere Teilchen der Haut abwechselnd ergreift, die wie von innen her mit unzähligen Nadelspitzen leise berührt zu werden scheinen und dadurch die Empfindung von einer bebenden Bewegung in den Teilchen der Haut des eingeschlafenen Gliedes hervorrufen. Dadurch, daß man an unvollkommen eingeschlafenen Gliedern

zu gleicher Zeit in vielen Punkten der Haut Empfindungen zu haben glaubt, geschieht es, daß man den Umfang und die Grenzen der Glieder deutlicher zu fühlen glaubt, während sie nicht berührt werden, als es an nicht eingeschlafenen Gliedern der Fall ist. Bisweilen entsteht auch ein subjektives Gefühl von Wärme in der eingeschlafenen Hand, niemals aber, soviel ich weiß, das der Kälte. Wie ist es aber zu erklären, daß in diesem Zustande das Gemeingefühl der Haut uns so zahlreiche Empfindungen verschafft, während der Tastsinn abgestumpft und zum Teil unterdrückt ist, und woher kommt es, daß eine Berührung des eingeschlafenen Fingers, die nur einen Augenblick dauert, längere Zeit hindurch durch eine Art Nachwirkung Empfindungen hervorrufen kann, die ihren Ort wiederholt zu wechseln scheinen? Ich nehme an, daß im Zustande des unvollkommenen Eingeschlafenseins durch den Druck nicht alle Fäden der Tastnerven, die im Nervus ulnaris oder medianus eingeschlossen sind, unfähig zur Fortpflanzung der Eindrücke werden, daß es aber dann, wenn nur manche Fäden dazu geeignet, viele benachbarte dagegen dazu ungeeignet sind, nicht zu einer Tastempfindung kommen könne. Hiermit verbinde ich die Vermutung, daß die in den Nerven durch Berührung entstehende Bewegung dazu beitragen kann, daß manche gedrückt gewesenen Fäden für die Fortpflanzung sich wieder öffnen, und daß diese Eröffnung selbst mit einer Empfindung verbunden sei, die wir das Ameisenlaufen oder Prickeln nennen. Diese Bemerkungen sind auch in medizinisch-praktischer Hinsicht von Interesse, da bei der Entstehung der halbseitigen Lähmung, Hemiplegie, durch einen Druck auf die Nerven in der Nähe ihrer Endigung im Gehirne ähnliche Erscheinungen beobachtet werden, wie bei dem Einschlafen der Glieder, nämlich Abstumpfung des Tastsinnes, mit einer gewissen Erregung mancher Äußerungen des Gemeingefühls.

An diese Erfahrungen über den Einfluß des Druckes auf das Leitungsvermögen der Nerven schließen sich die von mir schon oben erwähnten Erfahrungen an, daß die Einwirkung der Kälte auf den Nervus ulnaris, die dadurch herbeigeführt wird, daß wir den Ellenbogen längere Zeit in einen [504] Brei aus zerstoßenem Eise und Wasser eintauchen, ähnliche Wirkungen hervorbringt, als der Druck. Beim Eintauchen empfindet man zuerst, mittels der in der Haut des Ellenbogens endigenden Nerven (Ästen des Cutaneus internus minor), die Berührung des kalten Körpers. Ungefähr nach 16 Sekunden fängt der

Nervenstamm des Nervus ulnaris, der hier nicht von Muskeln bedeckt ist, sondern unmittelbar unter der Haut und Fascia liegt, an, von der Kälte angegriffen zu werden. Es entsteht ein eigentümlicher Schmerz, der die Volarseite des Unterarmes nach der Ulna zu, des Handgelenkes, den Ballen des kleinen Fingers und den kleinen Finger selbst, einnimmt. Dieser Schmerz ist von der Empfindung von Kälte ganz verschieden und hat mit ihr keine Ähnlichkeit. Wüßte man nicht, daß man den Arm in kaltes Wasser eintauche, und fühlte man nicht die Kälte in der Haut des Ellenbogens, so würde man nicht erraten, daß die Kälte die Ursache jenes Schmerzes sei. Bei fortdauernder Kälte nimmt dieser Schmerz bis zu einem gewissen Zeitpunkte beträchtlich zu, und es gehört einige Willenskraft dazu, ihn zu ertragen. Man glaubt zu fühlen, man könne den fünften Finger nicht so frei wie sonst bewegen, obgleich man es noch wirklich vermag, der Finger scheint eingeschlafen zu sein. Endlich aber vermindert sich der Schmerz wieder, ungeachtet die auf den Ellenbogen wirkende Kälte dieselbe bleibt. Die höhere Temperatur eines Metallstückes und die niedere eines Eisstückes konnte am fünften Finger nur schwach und langsam empfunden werden. Auch auf den vierten Finger und sogar auf den dritten schien die Kälte, dem Gefühle nach zu urteilen, eine Einwirkung gehabt zu haben. Am Daumen dagegen schien das Empfindungsvermögen ganz ungeschwächt zu sein. Als ungefähr 12 Minuten, seit der Einwirkung der Kälte, vergangen waren, traten im fünften und vierten Finger Zuckungen ein, und auch in Muskeln des Unterarmes und der Hand wurden sie bemerkt.

Ich brauche wohl nicht besonders zu bemerken, daß das sehr geringe Wärmeleitungsvermögen der Substanz des Armes die Annahme nicht gestattet, daß hierbei eine wirkliche Fortleitung der Kälte vom Ellenbogen zur Hand stattfinde. Vielmehr hängen die hier wahrgenommenen Erscheinungen lediglich davon ab, daß der Nervenstamm des Nervus ulnaris am Ellenbogen erkältet wird, und daß wir die Schmerzen, die dadurch entstehen, so deuten, als ob sie in den Enden derjenigen Nervenfäden ihren Sitz hätten, die doch viel höher oben, da wo sie am Ellenbogen vorbeigehen, erkältet werden.

Ich habe durch eine andere Reihe von Versuchen bewiesen, daß die Tastnerven der Finger, der Zunge, der Lippen und anderer Teile, wenn sie eine oder zwei Minuten lang in warmes Wasser getaucht werden, das eine Temperatur von 41° R

(51,2° C) oder 42° R (52,5° C) hat, die Fähigkeit auf einige Zeit verlieren, uns Empfindungen von Wärme und Kälte zu verschaffen. Auch die Fähigkeit zu tasten und den Druck zu empfinden, stumpft sich dadurch ab, verschwindet aber, wenn die Einwirkung nur so kurze Zeit fortgesetzt wird, nicht gänzlich. Es entsteht während des Eintauchens ein Schmerz, der indessen nicht so heftig ist, daß man ihn nicht ertragen könnte. Hierauf nimmt der Schmerz ab, und die Finger geraten in einen Zustand, den ich mit dem Eingeschlafensein vergleichen muß. Dieselbe Erfahrung machte man, wenn man die Finger in einen aus zerstoßenem Eise und Wasser gemachten Brei eine Minute lang oder noch länger eintaucht, mit dem Unterschiede, daß hierbei der Schmerz nicht [505] sobald seinen Höhepunkt erreicht, sondern sich zwei Minuten hindurch fortwährend vermehrt.

Aber nicht nur die Tastnerven, sondern auch die Geschmacksnerven verlieren durch Erkältung und Erwärmung auf einige Zeit die Fähigkeit, uns Empfindungen zu verschaffen. Wenn man die Zungenspitze in ein mit warmem Wasser gefülltes Gefäß, das eine Temperatur von 41—42° R (51,2—52,5° C) hat, eintaucht und eine halbe Minute oder eine Minute darin erhält, und sie dann sogleich mit Sirup oder Zuckerpulver in Berührung bringt, so schmeckt man nichts und bemerkt zugleich, daß auch der Tastsinn der Zunge, der durch seine Feinheit sonst alle anderen Teile übertrifft, so unvollkommen geworden ist, daß sich die Zungenspitze in einem Zustande des Eingeschlafenseins befindet. Erst nach sechs Sekunden und sogar später erhält sie die Fähigkeit zu empfinden wieder. Die nämliche Erfahrung macht man nun auch, wenn man die Zunge eine halbe oder eine Minute oder länger in einen aus zerstoßenem Eise und Wasser gemachten Brei taucht. Hierbei tritt ein Schmerz ein, der mit dem, den das heiße Wasser erregte, große Ähnlichkeit hat. Diese Versuche habe ich bei mehreren Menschen gemacht, und der Erfolg ist immer derselbe gewesen.

Endigung der Sinnesnerven in besonderen Organen des Gehirnes.

Von der besonderen Einrichtung der Teile des Gehirnes, in welche die verschiedenen Sinnesnerven übergehen, scheint die spezifische Verschiedenheit der Empfindungen auch mit

abzuhängen. Was in den Nerven, im Gehirne und in unserer Seele vorgehe, indem die in unseren Nervenfäden angeregten Bewegungen eine Veränderung in unserem Bewußtsein hervorbringen, und dadurch Empfindung hervorrufen, wird wohl immer ein Rätsel bleiben. Wer Materialist ist, wird entweder anzunehmen geneigt sein, daß unsere Seele kein selbständig existierendes Wesen sei, sondern, daß die Tätigkeiten, die wir der Seele zuschreiben, ganz und gar aus den Bewegungen des Mechanismus unseres Körpers resultieren, oder daß die Seele selbst ein Bewegliches sei, das durch die mittels der Nerven entstandenen Bewegungen selbst in Bewegung gesetzt werde. Mich spricht der Gedanke mehr an, daß die Seele eine von den noch gänzlich unbekannten Ursachen der Kräfte sei. Die Gesetze der Wechselwirkung der Körper müssen selbst eine Ursache haben. Da es nun eine Tatsache ist, daß wir durch unseren Willen Bewegung in unserem Körper hervorbringen, und da wir uns bewußt sind, daß wir Bewegung anfangen können, so sind wir veranlaßt anzunehmen, daß unsere Seele durch ihren Willen eine Wechselwirkung der Moleküle ihres Körpers, und namentlich der Nervensubstanz im Gehirne hervorbringen könne, die sich vielleicht durch Anziehung und Abstoßung äußert. Bedenkt man nun, daß die Seele vieles tut, ohne sich dessen im einzelnen bewußt zu sein, zumal wenn sie es tut, ohne sich selbst dazu zu bestimmen, sondern weil sie von Natur dazu genötigt ist; so kann man sich vorstellen, daß die Seele, ohne es zu wissen, fortwährend auf die Moleküle ihres Seelenorganes bewegende Kräfte ausübe und den Gleichgewichtszustand derselben erhalten helfe, indem sie z. B. nach bestimmten Naturgesetzen die wechselseitige Anziehung und [506] Abstoßung der Moleküle verstärkt oder vermindert. So oft nun die Moleküle des Seelenorganes durch die fortgepflanzten Bewegungen in den Nerven aus ihrer Lage gerückt würden, würde sich auch nach vorausbestimmten Regeln die Tätigkeit der Seele ändern. Das unklare Bewußtsein dieser sich schnell wiederholenden Änderungen der eigenen Tätigkeit der Seele ist es vielleicht, was wir Empfindung nennen. Es gehen indessen diese Betrachtungen über die Grenzen der Erfahrung hinaus, so daß es unmöglich ist, sie durch Beobachtungen und Versuche zu prüfen, daher ich bei ihnen weiter nicht verweilen und auf sie auch nichts bauen will.

Von dem Baue der verschiedenen Hirnteile, zu welchen sich die verschiedenen Sinnesnerven begeben, hängt es unstreitig

mit ab, daß die durch die Sinneseindrücke veranlaßten Bewegungen entweder auf eine besondere Weise oder gar nicht von unserer Seele aufgefaßt werden. Ein Stoß auf das Auge bringt eine Lichtempfindung hervor, und ein Druck auf das Auge bewirkt, nach *Purkinje*s Untersuchungen, daß wir Licht- und Farbenfiguren zu sehen glauben, die sich allmählich verändern und umgestalten. Auch der elektrische Stoß wird, wenn er das Auge trifft, als Licht empfunden, wenn sich auch durch denselben kein für andere aus der Entfernung sichtbares Licht entwickelt, dagegen verursacht der gleichförmige elektrische oder galvanische Strom weder Lichtempfindung, noch irgend eine andere Empfindung. Wenn ich einen kalten metallenen Körper, z. B. das Ende eines großen schweren Schlüssels, der eine Temperatur von 0° R oder sogar von — 4° R hatte, so lange an den Augapfel im äußeren Augenwinkel hielt, während das Auge einwärts gedreht war, bis die Kälte bis zur Nervenhaut gedrungen sein mußte, so entstand weder die Empfindung der Kälte, noch die von Licht oder Finsternis, sondern ein Schmerz, der nicht in der Conjunctiva, sondern entweder in den Ciliarnerven der Choroidea oder in der Nervenhaut seinen Ursprung hatte. Nach *Magendie*s*) Versuchen bringt die mechanische Verletzung der Nervenhaut des Auges, die durch die Berührung mit einem harten Körper, durch Nadelstiche oder durch ihre Zerreißung hervorgebracht wird, bei Säugetieren, Amphibien und Fischen keinen Schmerz hervor, und diese Schmerzlosigkeit will er auch beim Menschen, bei Gelegenheit der Niederdrückung der Kristallinse, beobachtet haben. Vögel dagegen bewegten sich, so oft er ihre Nervenhaut mit der Spitze seines Instrumentes berührte, und zugleich verengte sich deutlich die Pupille. Es wird hiervon weiter unten in der Lehre vom Gemeingefühl ausführlicher die Rede sein. Auf gleiche Weise glaubt er bei Tieren gefunden zu haben, daß die Verletzung des Stammes des Geruchsnerven und Gehörsnerven in der Schädelhöhle, keinen Schmerz erzeuge, während bei denselben Tieren bei derselben Operation die Verletzung des fünften Paares sehr schmerzhaft war. Wenn es sich bestätigt, daß die mechanische Verletzung an jenen drei Nerven keinen Schmerz hervorruft, so hängt es vielleicht davon ab, daß die Teile des Gehirnes, mit welchen sie zusammenhängen,

---

*) *Magendie*, Journal de Physiologie exp. Paris 1825. T. IV. p. 180 et 310—314.

unfähig sind, Schmerz zu verursachen, denn auch die unmittelbare Verletzung vieler Teile des Gehirnes ist bekanntlich schmerzlos. Vielleicht ist aber auch eine besondere Organisation der Hüllen der Elementarfäden [507] nötig, damit die mechanischen Verletzungen derselben Empfindung und namentlich Schmerz erregen können, und vielleicht existiert diese Organisation nur bei den mit zwei Konturen umgebenen Elementarfäden, und also bei den Tastnerven und Geschmacksnerven, nicht aber bei den Sehnerven und Geruchsnerven und bei den dünnen Fasern des Gehirnes. Man darf, wie mir scheint, den Einfluß der Zentralorgane, mit welchen die inneren Enden der Nerven in Verbindung stehen, auf die Entstehung spezifisch verschiedener Empfindungen nicht allzuhoch und den Einfluß der Hilfsorgane an den äußeren Enden der Nerven nicht zu gering anschlagen. Ich kann mich noch nicht davon überzeugen, daß jener Einfluß schon allein so groß sei, daß der elektrische Stoß durch das Auge als Licht, durch das Ohr als Schall, durch die Zunge als Geschmack, durch die Nase als Geruch und durch die Haut als Schlag empfunden werde, und daß also eine und dieselbe Ursache in jedem Sinne eine eigentümliche Empfindung erwecke, die der Eigentümlichkeit des Sinnes entspräche; ferner, daß sehr verschiedenartige Einwirkungen, wenn sie auf denselben Sinn erfolgten, alle eine ähnliche Empfindung verursachten, so daß z. B. die Empfindung von Licht nicht nur durch die Einwirkung des Lichtes, sondern auch durch den mechanischen Stoß, durch den elektrischen Stoß und durch die chemische Einwirkung des Blutes auf die Nervenhaut, auf den Sehnerven und auf das dem Gesichtsinne angehörende Zentralorgan entstände. Verhielte es sich so, so müßte die Struktur der verschiedenen Zentralorgane der mannigfaltigen Sinne so verschieden sein, daß uns die Verschiedenheit auffallend wäre, was nicht der Fall ist. Allerdings wühlt der nämliche Wind hier das Meer auf, während er dort durch eine Spalte pfeift oder eine Äolsharfe tönen macht und an einem dritten Orte ein Anemometer in Bewegung setzt und dadurch Figuren zeichnet, durch die er seine eigene Bewegung einregistriert, allein damit die nämliche Ursache so verschiedene Wirkungen hervorbringe, sind sehr verschiedenartige Körper nötig, auf die er einwirken kann.

Die Entscheidung dieser Streitfrage ist so wichtig, daß es nötig ist, die zu berücksichtigenden Fakta speziell ins Auge zu fassen.

Wenn jemand ins Gesicht geschlagen wird, so kann es geschehen, daß er denselben Schlag durch den Tastsinn als einen Stoß, durch den Gehörsinn als einen Schall und durch den Gesichtsinn als einen Funken wahrnehme. Aber ein Schlag auf die Zunge bringt keinen Geschmack, ein Druck auf die Schleimhaut der Nase keinen Geruch hervor, und derselbe Schlag verursacht vielerlei Arten von Bewegungen, er komprimiert die Haut, erregt in der Luft und in den festen Teilen unseres Kopfes Schallwellen, und er wirkt auch bis auf die Imponderabilien, denn durch einen Schlag kann den Körpern Licht und Wärme ausgepreßt werden. Wenn wir nun den von dem Schlage verursachten Druck durch den Tastsinn, die von ihm hervorgebrachten Schallwellen durch das Gehörsorgan, und die bei dem Stoß auf das Auge in der Nervenhaut erregte Bewegung der Imponderabilien als Licht empfinden, so muß das vielleicht zum Teil den Hilfswerkzeugen zugeschrieben werden, die an den peripherischen Enden der verschiedenen Sinnesnerven angebracht, und die von der Art sind, daß ein mechanischer Druck keine Einwirkung auf die Sehnerven, wohl aber auf die Tastnerven, Schallwellen keinen Eindruck auf die Sehnerven und Tastnerven, wohl aber auf den Gehörnerven, Schwingungen des Äthers keinen Eindruck auf die Tast- und Gehörnerven, wohl aber auf [508] den Sehnerven machen, und die Empfindung von Licht erregen können, wenn sie auch viel zu schwach sind, um auf andere Personen aus der Entfernung denselben Eindruck machen zu können. Hierdurch würde zugleich erklärt sein, warum ein Schlag auf die Zunge und ein Druck auf die Schleimhaut der Nase keinen Geschmack und keinen Geruch erregen, nämlich weil der Schlag unter den hier obwaltenden Verhältnissen keine chemische Wirkung hervorbringt.

Mit der Einwirkung der Elektrizität auf manche Sinnesorgane verhält es sich bestimmt ebenso. Wenn wir uns einem mit Elektrizität geladenen Konduktor nähern, so haben wir im Gesichte das Gefühl, als berührten uns Spinnwebenfäden. Das Überspringen des elektrischen Funkens auf unsere Haut und die Entladung einer Leydener Flasche oder einer *Volta*schen Säule durch unsere Glieder bringt die Empfindung eines Stiches oder Schlages hervor. Aber die Elektrizität des Konduktors bewirkt, daß sich die Haare erheben und sträuben, und da das auch bei den feinen Härchen in der Haut des Gesichtes der Fall ist, so mag wohl jene Empfindung durch

diese Bewegung der Härchen entstehen. Der Funke der Leydener Flasche drängt die Luft auseinander und erregt dadurch Schall, durchbohrt auf eine sichtbare Weise feste Körper und bringt also mechanische Wirkungen hervor, und durch diese kann er auf den Tastsinn wirken. Über das Gehör machte *Volta**) folgende Beobachtung: Er schloß eine Säule von 30 bis 40 Lagen durch zwei stumpfe metallene Sonden, die er in die Ohren steckte und dann mit den Enden der Säule in Berührung brachte, und empfand im Augenblicke, wo er die Kette schloß, eine Erschütterung durch den Kopf, auf welche bald ein schwer zu beschreibender Schall oder ein Geräusch erfolgte, das er mit dem Knistern beim Kochen eines zähen Teiges verglich, und das ununterbrochen fortdauerte, solange die Kette geschlossen blieb, aber nicht stärker wurde. *Ritter***), der so manches beobachtet hat, was sich nicht bestätigt hat, erzählt, er habe bei der Schließung der Kette den Ton *g* wahrgenommen. Mein Bruder, *Eduard Weber*, füllte seine beiden Gehörgänge mit Wasser an und brachte nun in sie zwei Metallstäbchen ein, durch die er eine Kette schloß, in welcher durch Induktion zweier sehr großer Magnete ein starker Strom unter besonders günstigen Verhältnissen erregt wurde. Er empfand, so oft die Induktion geschah, Licht, das quer über den Kopf zu gehen schien, nahm aber keinen Ton und überhaupt keinen Schall wahr. *Heydenreich****) gibt an, er habe zwei dicke Bleidrähte tief in den äußeren Gehörgang geschoben. Aber das schwirrende Summen und Brausen, welches stoßweise entstanden sei, wenn er mittels der Drähte eine Säule geschlossen habe, sei dem ähnlich gewesen, welches auch dann entstanden, wenn keine Säule damit in Verbindung war. Es scheint daher nicht so, als ob der elektrische oder galvanische Stoß unmittelbar durch seine Einwirkung auf den Gehörnerven die Empfindung eines Schalles erregen könnte. Mittelbar kann er es unstreitig, denn wenn er z. B. die Muskeln der Gehörknöchelchen zur Zusammenziehung reizt, so muß das Trommelfell erschüttert, und es kann dann ein Schall empfunden werden, den freilich kein anderer hören [**509**] kann. Was den Geschmack betrifft, so entdeckte *Volta*: daß zwei verschiedenartige Metalle,

---

*) *Volta*, in Philos. Transact. 1800, Vol. II. p. 405 sq.

**) *Ritter*, siehe *J. Müllers* Handbuch der Physiologie. Coblenz 1837. Bd. II. S. 253.

***) *Heydenreich*, in *Froriepsens* Notizen. 1848. Bd. VIII. S. 34.

gehörig angebracht, auf der Spitze der Zunge einen sehr bemerkbaren Geschmack erregen, und daß dieser Geschmack offenbar sauer sei, wenn die Zungenspitze sich am Zink befindet, alkalisch, wenn sie mit dem anderen Metalle berührt wird. In letzterem Falle war der Geschmack minder stark, aber scharf und unangenehm, und er dauerte in beiden Fällen mehrere Sekunden und nahm sogar zu, wenn die Metalle in wirklicher Berührung blieben. Schon, daß der Geschmack nicht bloß während der Schließung und Öffnung der Kette, sondern auch während sie geschlossen blieb, empfunden wurde, beweist, daß hier nicht eine unmittelbare Einwirkung des galvanischen Stromes auf den Geschmacksnerven die Ursache der Empfindung sei, denn der gleichmäßige Strom bringt durch die Empfindungsnerven keine Empfindung, und durch die Bewegungsnerven keine Bewegung der Muskeln hervor. Wir wissen aber, daß ein gleichmäßiger galvanischer Strom die im Speichel befindlichen Salze zersetzen kann, und daß die frei werdende Säure nach dem Zinkpole, das frei werdende Alkali nach dem Kupferpole gezogen wird. Berührt man mit dem einen Schließungsdrahte die untere Oberfläche der Zunge, die nur mit einem sehr unempfindlichen Geschmacksinne begabt ist, mit dem anderen Schließungsdrahte aber die obere Oberfläche derselben, die mit einem sehr empfindlichen Geschmacksinne versehen ist, so wird immer derjenige Stoff geschmeckt werden, der an dem Pole sich entwickelt, welcher mit der oberen Oberfläche in Berührung ist. *Heydenreich* bestätigte diese schon von anderen, z. B. von *Valentin*, gegebene Erklärung durch folgenden Versuch. Er brachte die Drähte einer aus zehn Plattenpaaren bestehenden *Volta*schen Säule nicht unmittelbar an die Zunge, sondern umwickelte den Draht des positiven Poles mit blauem Lackmuspapier, das er mit destilliertem Wasser anfeuchtete, und den Draht des negativen Poles mit gerötetem Lackmuspapier: während nun der saure Geschmack empfunden wurde, wurde zugleich das blaue Lackmuspapier blässer; daß es sich rötete, verhinderte die alkalische Beschaffenheit der Mundflüssigkeit. Das rote Lackmuspapier aber wurde schnell blau, und zwar viel schneller, als wenn die galvanische Säule nicht geschlossen war, wo es in längerer Zeit durch die schwache Alkaleszenz der Säfte des Mundes allerdings auch blau, aber schwächer blau wurde. Den von *Joh. Müller**)

*) *Joh. Müller*, Handbuch der Physiologie. 3. Aufl., Bd. I, S. 629, Bd. II, S. 493.

angeführten Versuch *Pfaffs* fand er nicht bestätigt. Denn als er einen zinnernen, mit Lauge gefüllten Becher mit den Händen umfaßte, und die Zunge in die Lauge tauchte, schmeckte er keinen sauren Geschmack, sondern einen alkalischen.

Bekannt ist der phosphorige Geruch, den die Reibungselektrizität im Geruchsorgan erregt. *Volta* versuchte vergebens, durch den durch die Nasenhöhle geleiteten galvanischen Strom eine Geruchsempfindung hervorzurufen. Er empfand bei der Schließung und Öffnung der Kette nur ein mehr oder weniger schmerzhaftes Kneipen oder eine bald mehr, bald minder sich verbreitende Erschütterung. Was jenen angeblichen phosphorigen Geruch betrifft, so wissen wir durch *Schönbeins* Entdeckung, daß er von einem eigentümlichen Körper, dem Ozon herrührt, der sich unter dem Einflusse der Reibungselektrizität bildet, und so ist es denn also auch hier gewiß, daß jener Geruch nicht der unmittelbaren elektrischen Einwirkung auf die Nerven zuzuschreiben ist.

[**510**] Es bleibt daher nur noch die Einwirkung der Elektrizität auf das Auge übrig, die nicht so sehr in Verwunderung setzt, da wahrscheinlich Licht, Wärme und Elektrizität Erscheinungen sind, die alle auf Bewegungen des Lichtäthers beruhen. Nicht zu leugnen ist es aber, daß dennoch die Lichterscheinungen bei einem auf das Auge geschehenen Stoße und bei einem einige Zeit dauernden Drucke, und vielleicht auch bei der Durchschneidung des Sehnerven, sowie die Phantasmen bei krankhafter Affektion des Gehirnes oder der Nerverhaut des Auges, sehr unsere fernere Aufmerksamkeit verdienen.

Ohne die Mitwirkung des Gehirnes, oder vielleicht auch eines Teiles des Rückenmarkes, gelangt keine Empfindung zum Bewußtsein, entsteht keine Erinnerung, kann sich der Wille nicht durch Bewegung der Muskeln äußern, sind wir nicht fähig zu denken, nicht einmal die Überleitung eines auf einen Empfindungsnerven hervorgebrachten Eindruckes auf die Bewegungsnerven geschieht im animalischen Teile des Nervensystems in den Nerven unmittelbar, sondern nur im Gehirne und Rückenmarke. Wenn man also auch keinen ausreichenden Grund hat, das Gehirn und Rückenmark ausschließlich für den Sitz der Seele zu halten, so enthält doch dieses Zentrum des Nervensystems die Werkzeuge, ohne welche wir uns der Einwirkungen, die auf die Seele geschehen, nicht bewußt werden, und ohne welche die Seele nicht auf den Körper wirken zu können scheint. Mit dieser Vorstellung von der Wichtigkeit

des Zentrums des animalischen Nervensystems stimmen folgende Tatsachen überein:

1. alle animalischen Nerven laufen im Rückenmarke oder Gehirne zusammen, hängen aber auf ihrem Wege von ihrem peripherischen Ende bis zum Rückenmarke und Gehirne nicht untereinander durch ihr Nervenmark zusammen. An abgeschnittenen Armen und Beinen und anderen Gliedern findet die Überleitung von Eindrücken, die auf die Empfindungsnerven gemacht werden, auf die Bewegungsnerven nur dann statt, wenn dieselben wenigstens noch mit einem Stücke des Rückenmarkes oder Gehirnes zusammenhängen;
2. wird ein Nerv durchschnitten oder das Leitungsvermögen desselben auf andere Weise, z. B. durch Druck, Erkältung oder Erwärmung eines Stückes der Nerven vollkommen unterbrochen, so entsteht in den Teilen, die von den Nerven unterhalb der affizierten Stelle ihre Nervenfäden bekommen, weder Empfindung, noch durch den Willen hervorgebrachte Bewegung. Dagegen verhindert die Zerstörung der Sinnesorgane die Entstehung der Phantasievorstellungen von solchen Sinneseindrücken, die man ehemals durch diese Sinnesorgane erhielt, nicht;
3. viele Verletzungen des Gehirnes haben einen plötzlichen Tod oder eine gänzliche Empfindungslosigkeit der Sinnesorgane zur Folge, viele vorübergehende Einflüsse auf das Gehirn, von geringer Bedeutung, haben eine vorübergehende Ohnmacht zur Folge, die damit beginnt, daß es dem Menschen schwarz vor den Augen, d. h. finster wird, ungeachtet die Augen keine krankhafte Veränderung erleiden; ein Bluterguß im Sehhügel oder im gestreiften Körper oder in einem anderen kleinen Teile des Gehirnes in der Nähe derselben bringt eine vollständige oder unvollständige Lähmung des Tastsinnes und gewisser Muskeln, in weit voneinander entfernten Teilen der einen Seitenhälfte des Körpers hervor, ungeachtet die krankmachende Ursache [511] auf diese Teile unmittelbar gar nicht eingewirkt hat; dagegen glauben Menschen, denen ein Glied amputiert worden ist, noch Jahre lang Empfindungen in dem nicht mehr existierenden Gliede zu haben, und können dieser Täuschung durch keine Überlegung entgehen, vermutlich weil die Fortsetzungen der Nervenfäden noch Eindrücke auf das

Gehirn hervorbringen können, die ehemals von dem Gliede herkamen;

4. bei Gehirnkrankheiten glaubt man Gesichtsempfindungen, Gehörsempfindungen, Tastempfindungen und bisweilen auch Geruchsempfindungen zu haben, ohne daß ein Gegenstand auf diese Sinne wirkt, und ohne daß die Sinnesorgane erkrankt sind; bei Krankheiten des Gehirnes und Rückenmarkes glaubt man Schmerzen in Teilen des Körpers zu empfinden, die nicht krank sind;
5. manche Gifte, welche ins Blut gelangen und sich dadurch im ganzen Körper verbreiten und dann Starrkrampf und Empfindungslosigkeit erzeugen, z. B. Strychnin, bringen ihre Wirkung nur dadurch hervor, daß sie auf das Rückenmark oder Gehirn wirken. Auf die Nervenstämme unmittelbar wirken sie nicht, denn ein Glied, dessen Nervenstämme durchschnitten sind, wird vom Starrkrampfe nicht ergriffen;
6. meine Untersuchungen beweisen, daß wir den Ort, wo unsere Nerven von äußeren Dingen affiziert werden, bei unseren Empfindungen unmittelbar nicht erkennen, sondern daß wir nur durch die Vereinigung vieler Erfahrungen über denselben belehrt werden.

Der Tastsinn ins Besondere.

Ortsempfindungen, Druckempfindungen und Temperaturempfindungen.

Der Tastsinn verschafft uns zwei Arten von Empfindungen, die ihm eigentümlich sind, Druckempfindungen und Temperaturempfindungen, und zugleich sind das Tastorgan und seine Nerven so eingerichtet, daß dieselben Empfindungen sich voneinander unterscheiden lassen, wenn sie an zwei verschiedenen Orten der Haut entstehen. Wir können daher den Ortsinn, den Drucksinn und den Temperatursinn als drei Vermögen des Tastsinnes unterscheiden. Sowohl die Zusammendrückung als die Ausdehnung der empfindlichen Organe oder die Spannung, z. B. wenn ein Gewicht auf unsere Haut drückt, und wenn durch Ziehen an den Haaren die Haarbälge gedehnt werden, erregen Empfindungen, die wir kurz unter dem

Namen Druckempfindungen zusammenfassen können. Die Temperaturempfindungen sind entweder positive, d. h. Wärmeempfindungen, wenn die Temperatur in unseren empfindenden Teilen steigt, indem ihnen Wärme zugeführt wird, oder negative Wärmeempfindungen, d. h. Kälteempfindungen, wenn ihre Temperatur sinkt, indem ihnen Wärme entzogen wird. Nur die mit Tastorganen versehenen Teile verschaffen uns Druckempfindungen und Temperaturempfindungen. [512] Die inneren Teile, welche keine Tastorgane besitzen, können gedrückt, erwärmt und erkältet werden, aber niemals entsteht dadurch die Empfindung des Druckes, der Wärme und der Kälte. Alle anderen Empfindungen, außer den genannten, welche uns die Tastorgane verschaffen, gehören dem Gemeingefühle an. Man darf daher Schmerzen, die durch Druck, Wärme und Kälte entstehen, nicht mit der Sinnesempfindung des Druckes, der Wärme und der Kälte verwechseln. Übrigens muß man die genannten reinen Empfindungen von den Vorstellungen unterscheiden, zu welchen sie die Veranlassung geben, zumal nachdem durch sie die Vorstellung von der Bewegung überhaupt, und insonderheit das Bewußtsein der eigenen Bewegung erweckt worden ist. Hierher gehört vor allen die Vorstellung vom Widerstande, den uns die Körper bei der Bewegung unseres Körpers leisten, wovon weiter unten gehandelt werden wird. Die Empfindungen des Druckes und der Wärme und Kälte sind so verschieden, daß es zweifelhaft erscheinen kann, ob beide als verschiedene Modifikationen einer und derselben Empfindung angesehen werden dürfen. Da die Zunge zugleich der Sitz zweier Sinne, des Geschmacksinnes und Tastsinnes ist, so muß man die Frage aufwerfen, ob etwa auch die Haut der Sitz zweier Sinne, des Drucksinnes und Temperatursinnes sei. Dienten dieselben an den Enden der Tastnerven angebrachten mikroskopisch kleinen Sinnesorgane für beide Zwecke, und also sowohl zur Wahrnehmung des Druckes und seiner gradweisen Verschiedenheiten, als auch zur Wahrnehmung der Wärme und Kälte und ihrer gradweisen Unterschiede, hätte die Empfindung von Wärme und Kälte ihren Grund in der Wahrnehmung desjenigen Druckes, der dadurch entstünde, daß die Wärme die Körper ausdehnt, die Kälte aber ihr Volumen vermindert; so würde nur ein einziger Sinn, der Tastsinn, in der Haut anzunehmen sein. Man dürfte dann vielleicht vermuten, daß ein in einer bestimmten Richtung auf die Teile der Haut wirkender Druck und Zug die Empfindung von Druck und Zug, daß

dagegen eine in gewissen Teilen der Haut nach vielen Richtungen stattfindende Zusammendrückung und Ausdehnung die Empfindung von Kälte und Wärme verursachten. Existierten dagegen in der Haut zweierlei Arten von Organen, von welchen die einen durch Druck in Bewegung gesetzt würden und dadurch eine Veränderung in den mit ihnen verbundenen Nerven hervorbrächten, die anderen aber durch Temperaturveränderungen in Bewegung gerieten und dadurch in den mit ihnen verbundenen Nerven Eindrücke hervorbrächten, so würde man in der Haut einen Drucksinn und einen Temperatursinn anzunehmen haben. Die erstere Annahme scheint mehr für sich zu haben als die letztere. Ich stütze mich, indem ich dieses ausspreche, auf die von mir gemachten Beobachtungen, welche die Aufmerksamkeit der Physiologen zu verdienen scheinen: kalte, auf der Haut ruhende Körper scheinen uns schwerer, warme leichter zu sein als sie sollten. Die Empfindung der Kälte scheint sich demnach mit der Empfindung des Druckes zu summieren, die der Wärme scheint sich nicht zu summieren, vielleicht sogar wie ein negativer Druck zu wirken, und also die gleichzeitige Empfindung des Druckes zu vermindern. Man nehme gleiche Gewichte von ganz gleicher Gestalt, die man bequem übereinander legen kann. Hierzu eignen sich sehr gut neue Taler. Man erkälte die einen bis unter den Frostpunkt, z. B. bis auf — 7° C oder — 4° C und erwärme die anderen bis auf + 37° oder 38° C, und lege einem Beobachter, der so da liegt, daß der Kopf völlig unterstützt, und daß die Fläche [513] der Stirn horizontal ist, und und der zugleich die Augen schließt, einen kalten Taler auf die Stirn, entferne ihn gleich darauf und lege zwei warme übereinander liegende Taler genau an dieselbe Stelle, nehme sie dann weg und bringe sehr schnell wieder einen kalten dahin, und nachdem man ihn wieder weggenommen, lege man wieder zwei warme Taler dahin, bis der Beobachter imstande ist, ein Urteil darüber abzugeben, ob das zuerst auf die Stirn gelegte oder das nachher dahingebrachte Gewicht das schwerere sei. Der Beobachter wird behaupten, daß beide Gewichte gleich schwer wären, oder sogar, daß das, welches aus zwei erwärmten Talern bestand, das leichtere sei. Dieser Versuch, den ich bei mehreren mit demselben Erfolge angestellt habe, beweist, daß die Empfindung der Kälte die Empfindung des Druckes sehr beträchtlich verstärke, da nicht nur das kalte Gewicht, wenn es gleich groß ist, sondern sogar, wenn es nur halb so groß

ist, für schwerer gehalten wird. Es versteht sich von selbst, daß der Beobachter, um diesen Versuch mit Erfolg anzustellen, vollkommen unterstützt sein müsse, und sich nicht erheben dürfe, weil er dann über die Schwere der Gewichte nicht bloß durch den Druck, den sie ausüben, sondern auch durch die Anstrengung der Muskeln eine Vorstellung erhalten würde, welche, um die Gewichte zu erheben, erforderlich ist.

Nur der Tastsinn verschafft uns Druckempfindungen und Temperaturempfindungen.

Die Physiologen scheinen bis jetzt kaum daran gezweifelt zu haben, daß die inneren Teile, welche nicht mit Tastorganen versehen sind, gleichfalls fähig seien, uns die Empfindung des Druckes, der Wärme und der Kälte zu verschaffen. Mir schien es zweifelhaft, daß diese besonderen Sinnesempfindungen auch da möglich sein sollten, wo die zu ihrer Wahrnehmung dienenden Sinnesorgane fehlten. Um hierüber Gewißheit zu erlangen, forderte ich meinen Freund Dr. *Günther*, Professor der Chirurgie in Leipzig, auf, bei einigen Kranken, bei welchen nach einer ausgedehnten und heftigen Verbrennung und auf andere Weise ein großes Stück der Haut durch Eiterung zerstört worden war, mit mir gemeinschaftlich darüber Experimente zu machen, ob dieselben unterscheiden könnten, wenn die Wundfläche mit einem kalten oder warmen metallischen Körper berührt würde. Zu diesem Zwecke wurde ein Spatel in Wasser von + 7°—10° R (8,7°—12,5° C), ein anderer in Wasser von + 36°—40° R (45°—50° C) eingetaucht, so daß sie diese Temperaturen annahmen. Wenn man nun den wärmeren und den kälteren Spatel bald nacheinander mit der Wundfläche in Berührung brachte, so gaben die Personen auf die Frage, ob der berührende Körper warm oder kalt sei, ebenso oft eine falsche als eine richtige Antwort, so daß sie bisweilen dreimal hintereinander zu empfinden behaupteten, daß sie mit einem kalten Körper berührt würden, während derselbe warm war. Wurden aber dieselben Versuche in der Nachbarschaft der Wunde an unverletzten Teilen der Haut gemacht, so unterschieden sie die Temperatur leicht und sicher. Als man den Spatel in dem einen Falle noch wärmer machte, erregte er an dem Orte, wo die Haut zerstört war, Schmerz, bei den vorher erwähnten Versuchen war das nicht der Fall. Solche zerstörte oder wunde Teile der Haut sind, wie man sich ausdrückt, sehr empfindlich,

d. h. schon schwache Einwirkungen [514] verursachen Schmerzen. Sogar der Wechsel der Witterung kann in solchen Teilen auf eine sonst unbegreifliche Weise Empfindungen hervorrufen, und dessen ungeachtet ist das Vermögen, Wärme und Kälte zu unterscheiden, nicht nur nicht gesteigert, sondern sogar ganz aufgehoben. Ich erhielt auch durch Dr. *Günther* die Gelegenheit, die Unempfindlichkeit der Gedärme gegen die Kälte in einem Falle zu beobachten, wo mehrere Windungen derselben durch eine Bauchwunde hervorgedrungen und nur durch die hervorgedrängte Bauchhaut bedeckt waren. Sie wurden mit einem Tuche bedeckt, das so eben in kaltes Wasser eingetaucht worden war, welches (im September) die Zimmertemperatur hatte; der Patient hatte dabei nicht die geringste Empfindung von Kälte oder Schmerz und fühlte auch keinen Druck.

Zu demselben Resultate führten Versuche, welche *Steinhäuser**) bei einer Frau anstellte, bei welcher sich infolge einer Abdominalschwangerschaft ein Abszeß am Unterleibe gebildet hatte, und ein Anus artificialis am Dickdarme entstanden war, der später heilte. Bei dieser Frau, die sonst vollkommen gesund war und namentlich auch gut verdaute, trat durch eine, $1^1/_2$ Zoll im Durchmesser große Öffnung der Darm, indem er sich umstülpte, hervor. Nachdem *Steinhäuser* der Frau die Augen mit einem Leinentuche verdeckt hatte, berührte er die Schleimhaut längere Zeit mit Eis und hierauf mit einem Eisen, das so warm war, daß man es kaum in der Hand halten konnte. Aber die Patientin fühlte nichts davon. Wurde die Schleimhaut mit einer Nadel gestochen, so merkte sie nicht, daß sie berührt wurde. Diese Versuche wurden oft und immer mit demselben Erfolge wiederholt. Sogar von der Berührung mit Höllenstein, und als ein Stückchen Schleimhaut mit der Schere ausgeschnitten wurde, fühlte die Patientin nichts.

Wenn man sehr warme oder sehr kalte Getränke verschluckt, so bemerkt man, daß die Zunge, der Gaumen und der Schlund Tastsinn haben. Von hieran verschwindet er aber oder wird wenigstens so unvollkommen, daß man daran zweifeln kann, ob er noch überhaupt vorhanden sei. Füllt sich der Magen mit warmen und kalten Getränken, oder wird der Dickdarm durch Klistiere mit warmen und kalten Flüssigkeiten erfüllt, so müssen in wenig Sekunden die anliegenden Häute und

---

*) *Steinhäuser*, Experimenta nonnulla de sensibilitate et functione intestini crassi. Lipsiae 1831, p. 19.

Muskeln die Einwirkung der Wärme und Kälte erleiden. Es müßte daher alsbald eine gar nicht zu verkennende Empfindung von Wärme und Kälte entstehen. Es entsteht aber bei solchen Graden, die in der Haut keinen Schmerz verursachen, gar keine Empfindung. Freilich, wenn die Kälte und Wärme einen solchen Grad erreicht, daß sie in der Haut Schmerz erregen würden, so können die Flüssigkeiten allerdings auch in diesen inneren Teilen eine dem Gemeingefühle angehörende, jedoch schwächere Empfindung hervorrufen, aber es ist nicht die Empfindung von Wärme und Kälte, die man hat, und noch viel weniger ist man imstande, gradweise Unterschiede derselben zu empfinden. Um selbst einige Versuche dieser Art zu machen, tat ich in ein Trinkglas voll Wasser, das vor dem Fenster in der Frostkälte stand, so viel Schnee, daß es sich bis auf 0° R abkühlen mußte, und trank es schnell aus. Ich empfand die große Kälte desselben deutlich in der ganzen [**515**] Mundhöhle und am Gaumen und Rachen. Aber ich fühlte nicht das allmähliche Hinabdringen des kalten Wassers durch die Speiseröhre. In der Magengegend hatte ich zwar eine Empfindung, die ich für die Empfindung einer schwachen Kälte hielt; da sie aber nur in der Gegend der vorderen Magenwand, nicht in der Gegend der hinteren nach dem Rücken zu gespürt wurde, so vermute ich, daß diese Empfindung von einer Mitteilung von Kälte an die Haut des Bauches in der Magengegend hergerührt habe. Ich machte den entgegengesetzten Versuch und trank so schnell als möglich drei Tassen voll Milch, deren Temperatur in der ersten Tasse + 56° R (70° C), in der dritten + 50° R (62,5° C) betrug, in der zweiten aber eine Temperatur hatte, die zwischen diesen Temperaturen in der Mitte stand. Ich fühlte die Wärme im Munde, im Gaumen und im Schlunde, nicht aber in der Speiseröhre. Im Momente, wo die verschluckten Portionen im Magen ankamen, hatte ich eine längere Zeit fortdauerndes Gefühl, aber es war nicht deutlich das Gefühl von Wärme, ich hätte es bisweilen sogar mit einem Kältegefühl verwechseln können. Versuche, welche von mir bei mehreren Personen mit kalten Klistieren gemacht wurden, sind schon oben S. 497 angeführt worden. Auch sie bestätigten es, daß innere Teile, die nicht mit Tastorganen versehen sind, uns nicht die Empfindung der Wärme und Kälte verschaffen können; und daß Teile, die nicht mit Tastorganen versehen sind, uns auch nicht die Empfindung des Druckes verschaffen können, dafür ist schon oben die Erfahrung angeführt

worden, die ein jeder mit dem Zwerchfelle zu machen Gelegenheit hat, sowie auch die, daß ein Druck, der auf den Stamm eines Tastnerven ausgeübt wird, nicht die Empfindung von Druck, sondern von Schmerz verursacht. Ebenso entsteht, wenn Wärme, Kälte oder Druck den entblößten Zahnkeim affiziert, ein Nervenschmerz, der in allen drei Fällen derselbe ist und nicht die mindeste Ähnlichkeit mit den Empfindungen der Wärme, Kälte und des Druckes hat.

Die Schleimhaut der Nase ist nur am vorderen Eingange in die Nase, ferner am Boden und in der Nähe des Bodens der Nasenhöhle mit Tastsinn, begabt, in den höheren Regionen, zu welchen sich der Geruchsnerv verbreitet, und wo die Schleimhaut mit dem Flimmerepithelium bedeckt ist, scheint der Tastsinn zu fehlen, obgleich die Haut ein sehr lebhaftes Gemeingefühl hat. Zieht man daher bei großer Winterkälte mit Kraft sehr kalte Luft durch die Nase ein, so empfindet man die Kälte am Eingange der Nase, auf dem Boden derselben und auf der oberen Oberfläche des Gaumenvorhanges, nicht aber in den höheren Regionen. Ebenso empfindet man die Kälte und den Druck eines kalten, runden, glatten Eisenstäbchens, das man in die Nase einbringt, am Eingange, wenn es aber in die höheren Regionen kommt, so bringt es nur einen Kitzel oder Schmerz hervor, keineswegs die Empfindung der Kälte und des Druckes*).

---

*) Als ich den schon oben S. 28 angeführten Versuch bei mir selbst anstellte und, während ich auf dem Rücken lag, in das eine Nasenloch eiskaltes Wasser durch eine zugespitzte Glasröhre füllen ließ, erfüllte sich zuerst diese Nasenhöhle, dann der oberste Teil des Pharynx und von da aus die andere Nasenhöhle, so daß das Wasser in beiden Nasenlöchern bis an den Rand reichte. Ich konnte atmen und sprechen, ohne daß das Wasser weiter in den Rachen hinabfloß. Die Nasenhöhlen nebst ihren Nebenhöhlen faßten bei mir in dem einen Falle 16,6 ccm, in dem anderen 17,2 ccm Wasser. Bei einem Jünglinge von 16 Jahren, bei welchem ich denselben Versuch anstellte, faßten die Nasenhöhlen in dem einen Falle 8,3 ccm, in einem zweiten 11,7 ccm Wasser. Die kalte Temperatur desselben empfand ich nur am Eingange, ferner ganz schwach auf dem Boden der Nase, endlich etwas deutlicher auf der oberen Oberfläche des Gaumenvorhanges. Von der Anfüllung der anderen Nasenhöhle mit Wasser nahm ich nichts wahr und würde davon gar nichts gemerkt haben, wenn nicht mein Assistent mich darauf aufmerksam gemacht hätte, daß das Wasser an dem anderen Nasenloche emporsteige. War das eingefüllte Wasser 0° C, so entstand in der Stirnhöhle ein eigentümlicher Schmerz, der aber keine Ähnlichkeit mit der Empfindung der Kälte hatte. Der junge Mensch

[516] Die Elementarfäden der Tastnerven und ihre peripherischen und zentralen Enden.

Die Haut ist zugleich Sinnesorgan und Absonderungsorgan. Für beide Zwecke nimmt man in ihr kleinere Organe wahr. Die Hautwärzchen und Haarbälge, vielleicht auch die *Pacini*schen Körperchen, sind Werkzeuge für das Sinnesorgan, die Hautdrüsen gehören dem Sekretionsorgan an.

Über den feineren, durch das Mikroskop zu entdeckenden Bau der Haut, für den Zweck des Tastsinnes, weiß man äußerst wenig.

Die Elementarfäden der Tastnerven unterscheiden sich in ihrem äußeren Ansehen nicht von den Elementarfäden der Nerven der animalischen Muskeln, sie haben daher ungefähr einen viermal größeren Durchmesser als die Fäden des Geruchsnerven und Sehnerven, und ungefähr einen noch einmal so großen Durchmesser als die Fäden des Gehörsnerven. Aber die Geschmacksnerven scheinen dasselbe Ansehen und dieselbe Größe als die Tastnerven zu haben. Dieser Unterschied in der Größe rührt zum Teil von deren dickeren Hüllen her, durch die die Elementarfäden der Tastnerven, Geschmacksnerven und Muskelnerven vor dem Drucke der sie umgebenden Teile, namentlich auch der Muskeln, geschützt werden. Da die Geruchsnerven, Sehnerven und Gehörsnerven auf ihrem kurzen Wege sehr geschützt sind, so bedurfte es bei diesen letzteren wohl keiner so dicken Hülle für die Elementarfäden, und daher sind sie von einfachen Konturen begrenzt, während die Konturen der Elementarfäden der Tastnerven doppelt, und diese Nerven im ganzen viel härter sind als die genannten drei Nerven. *Bell* verdanken wir die Entdeckung, daß es besondere Gefühlsnerven und Bewegungsnerven gibt, und daß die Gefühlsnerven der Haut und anderer Teile des Rumpfes und der Extremitäten, wenn sie in die Nähe des Rückenmarkes kommen, sich von den Muskelnerven trennen, mit welchen sie auf dem größten Teile ihres Weges gemengt lagen, und daselbst die hintere, mit

---

bemerkte diesen Schmerz vorzüglich in der Gegend des Canalis lacrymalis. Wasser, das beim Einfüllen 0° C hatte und, nachdem die Nasenhöhle erfüllt war, sogleich wieder ausfloß, war in der kurzen Zeit in der Nasenhöhle so warm geworden, daß es, als es in einem Gefäßchen aufgefangen wurde, das bis zu + 20° C erwärmt war, eine Temperatur von + 25° C zeigte.

einem Spinalganglion versehene Wurzel der Rückenmarksnerven bilden. *Magendie* hat diese Entdeckung durch sehr schätzbare Experimente in ein helleres Licht, und *Joh. Müller* hat sie durch seine Versuche außer allen Zweifel gesetzt. Die Empfindungsnerven zeichnen sich, wie *R. Wagner* bemerkt, dadurch vor den Bewegungsnerven (und den drei oben genannten Sinnesnerven) aus, daß die Elementarfäden, da wo sie durch das Spinalganglion gehen, durch eine Ganglienkugel unterbrochen werden. Man muß von der Zukunft Aufschluß darüber erwarten, was diese Einschaltung einer Ganglienkugel in den Elementarfäden der Empfindungsnerven für einen Zweck habe. [**517**] Ich habe schon auf die große Wichtigkeit der Entdeckung *Fontanas* aufmerksam gemacht*), welche *Prevost* und *Dumas* und ferner *Edwards* bestätigt hatten, daß die Elementarfäden der Nerven auf ihrem Wege zum Gehirne keine Äste aufnehmen oder abgeben, sondern als einfache, ungeteilte, ziemlich gleich dicke Fäden dahin gehen, und gezeigt, daß dieses Resultat der mikroskopischen Anatomie durch physiologische Experimente über die Funktion der Nerven bestätigt werde. Ich sagte: die Fortpflanzung des Eindruckes scheine nur durch diejenigen kleinsten Nervenfäden, die unmittelbar gereizt werden, zu geschehen, und der Reiz scheine sich nicht von einem Nervenfaden auf andere Nervenfäden fortzupflanzen, weil sie mit denselben nicht durch ihr Nervenmark zusammenhängen. Durch diese Einrichtung werde bewirkt, daß eine bestimmte Stelle des Tastorganes mit einer bestimmten Stelle des Gehirnes durch einen einzigen ungeteilten Faden in Zusammenhang gebracht werde. Es scheint nichts darauf anzukommen, welche Umwege der Nervenfaden unterwegs macht, und in welcher Nervenscheide er mit anderen Nervenfäden beisammen liegt, aber wir dürfen vermuten, daß viel darauf ankomme, daß der Ordnung, in welcher die Nervenfäden von der Haut ausgehen, eine zweite Ordnung entspreche, in welcher sie im Gehirne endigen. *Joh. Müller***) hat hierauf sowohl durch seine trefflichen Untersuchungen das Faktum, daß die Elementarfäden keine Äste abgeben und aufnehmen, bestätigt, als auch sehr interessante

---

*) *Hildebrandts* Handbuch der Anatomie des Menschen, umgearbeitet von *E. H. Weber*. Leipzig 1830, Bd. I, S. 275, 276, 281, 285 und 286.

**) *Joh. Müller*, in *Froriepsn* Notizen. März 1831, Bd. 30, S. 113 und Handbuch der Physiologie des Menschen. Koblenz 1834, Bd. I, S. 665 ff.

Folgerungen daraus gezogen. Über die Frage, wo und wie sich die Tastnerven im Gehirne endigen, können wir noch keine bestimmte Auskunft geben, aber die Erfahrungen, die wir bei Menschen über die halbseitige Lähmung, Hemiplegia, machen, erlauben es uns, die Gegend des Gehirnes, wo das Zentralorgan für den Tastsinn zu suchen ist, anzuzeigen, nämlich jenseits des Sehhügels und des gestreiften Körpers nach den Windungen des großen Gehirnes zu.

Bei der Hemiplegie experimentiert die Natur für uns. Sehr oft ist es ein Bluterguß im Sehhügel oder gestreiften Körper der einen Seite und zugleich im anstoßenden Teile der Hemisphäre oder in einem von diesen beiden Hügeln allein, selten an einem Orte, der den Windungen des großen Gehirnes noch näher liegt, noch seltener an einem Orte, der sich hinter diesen Hügeln nach der Medulla oblongata zu befindet*), welcher einen Druck auf einen so kleinen Teil des [518] Gehirnes oder auch eine so eng begrenzte Zerstörung desselben hervorbringt, daß dieselben Teile auf der anderen Seite des Gehirnes nicht mit leiden. Der Blutandrang, der die Zerreißung eines Blutgefäßes zu Wege bringt, trifft anfänglich einen größeren Teil des Gehirnes und bringt meistens völlige Bewußtlosigkeit und andere Erscheinungen eines umfänglichen Leidens des Zentrums des Nervensystems hervor. Auch erregt der Bluterguß Nachwirkungen von größerem Umfange, als die Verletzung an sich hervorbringen würde, z. B. durch Hirnentzündung. Wenn sich nun aber diese Erscheinungen gegeben haben, so bleiben diejenigen übrig, welche die Folge der durch den Bluterguß angerichteten Hemmung oder Zerstörung sind. Es zeigt sich

---

*) *Andral*, Précis d'anatomie pathol. T. II, p. 281, übers. von *Becker*, II, 437, hat 386 Fälle von Hirnblutung gesammelt, jedoch ohne die Krankheitserscheinungen zu bemerken, unter diesen waren
202 Fälle, wo die Blutung in dem Teile der Hemisphären entstanden war, welcher in der Höhe der gestreiften Körper und der Sehhügel liegt, und zugleich in diesen Organen,
61 Fälle, wo sie nur im gestreiften Körper,
35 Fälle, wo sie nur im Sehhügel,
27 Fälle, wo sie in der über dem Centrum semiovale gelegenen Portion der Hemisphäre gefunden wurde,
10 Fälle, wo sie im vorderen Hirnlappen vor dem gestreiften Körper, endlich
7 Fälle, wo sie hinter dem Thalamus n. opt. im hinteren Hirnlappen, und nur
44 Fälle, wo sie im kleinen Gehirne, Pons, Medulla oblongata, spinalis und Glandula pinealis erfolgt war.

dann der merkwürdige Erfolg, daß das Empfindungsvermögen auf der Seite, auf welcher das Gehirn nicht verletzt ist, an der unteren und oberen Extremität, seltener nur an einer von beiden, und außerdem am Rumpfe von der Mittellinie am Rücken bis zur Mittellinie am Bauche geschwächt oder mehr oder weniger vollkommen gelähmt ist, daß aber zugleich nur diejenigen Muskeln, welche die gelähmte Extremität oder die gelähmten Extremitäten zu bewegen bestimmt sind, nicht aber die Muskeln, welche die Teile des Rumpfes gegeneinander bewegen, mehr oder weniger vollständig gelähmt sind.

Hiermit ist sehr häufig die Lähmung der einen Hälfte der Zunge, mehrerer Gesichtsmuskeln und des Tastsinnes auf derselben Seite des Kopfes, wo die Extremitäten gelähmt sind, verbunden.

Ich habe an einigen Patienten eine Reihe von Experimenten ausgeführt, um im einzelnen zu prüfen, welche Muskeln gelähmt, und ob dieselben vollkommen gelähmt wären, ferner in welcher Ausdehnung und in welchem Grade der Tastsinn und das Gemeingefühl gelähmt sei, und bin dabei zu folgenden Resultaten gelangt. Bei der einfachsten, nicht komplizierten, Hemiplegie werden nur die Tastorgane der einen Seitenhälfte und die sie bewegenden Muskeln (wiewohl in der Regel nicht vollständig) gelähmt, dagegen bleiben diejenigen Muskeln, die mit der Bewegung der Tastorgane nichts zu tun haben, frei von der Lähmung. Es werden daher gelähmt: die Haut und die Muskeln des einen Armes (wohin unter anderen auch der Cucullaris, Latissimus dorsi und Serratus anticus major gehören), ferner die Muskeln des einen Beines, der einen Hälfte der Zunge und der einen Hälfte der Lippen und der übrige Teil der Haut auf derselben Seite des Kopfes und des Rumpfes. Es werden dagegen nicht gelähmt diejenigen Muskeln, die nichts zur Bewegung jener mit Tastsinn versehener Glieder beitragen, sondern nur einen Teil des Rumpfes gegen den anderen bewegen, also die Muskeln, die den Rumpf strecken, beugen und drehen, ferner die Interkostalmuskeln und die Bauchmuskeln. Es versteht sich von selbst, daß sich die Lähmung oft nicht über die ganze Seite des Körpers erstrecke, sondern nur auf den Arm oder nur auf das Bein und nur auf einen Teil der Haut des Rumpfes. Aber sie erstreckt sich in nicht komplizierten Fällen nicht auf die Muskeln der anderen Seite, und die vordere und hintere

Mittellinie bildet eine Grenze, über welche hinaus die Lähmung der Haut nicht reicht. Die Arme, die Beine, die Zunge, die Lippen, die Kiefer sind Teile, welche bei der Entstehung des Menschen nicht sogleich vom Anfange gebildet werden, wenn der Kopf und Rumpf entstehen, sondern nachträglich als Anhänge hervorwachsen. Die [519] Nerven dieser Tastorgane und ihrer Muskeln scheinen sich hoch hinauf in das große Gehirn zu begeben, während die Nerven der Muskeln, die den Rumpf bewegen, tiefer unten in der Medulla oblongata ihren Mittelpunkt zu haben scheinen und daher die Tastnerven nicht ins Gehirn begleiten. Da gewisse Regionen der Haut und der genannten Muskeln gleichzeitig gelähmt und, wenn die Krankheit sich bessert, auch oft beide wieder von der Lähmung befreit werden, und da es zu den sehr seltenen Ausnahmen gehört, daß die Muskeln gelähmt werden, ohne daß zugleich Spuren von Lähmung in der Haut vorhanden sind, und daß die Haut gelähmt wird, ohne daß zugleich Spuren von Lähmung in den Muskeln vorhanden sind, und diese angeblichen Ausnahmen noch sehr einer genauen Revision bedürfen, so darf man mit Recht vermuten, daß an dem gegebenen Orte des Blutergusses im Gehirne die Nerven der ganzen Hälfte der Haut nahe beisammen liegen, denn wäre das nicht der Fall, so würden sich zufolge einer so lokalen Verletzung niemals, viel weniger aber so oft, in der Haut der ganzen einen Körperhälfte Spuren von Lähmung finden*), und ferner, daß die Nerven einzelner Abteilungen der Haut an dem verletzten Teile des Gehirnes nahe neben den Nerven gewisser Muskeln liegen, so daß der Druck, den das ergossene Blut ausübt, oder die Störung, die vermöge der Durchdringung mit Blut entsteht, fast immer zugleich gewisse Nerven der Haut und der Muskeln trifft. Ich bin der Meinung, daß an dem Orte des Blutergusses, welcher die Hemiplegie erzeugt, nicht das Nervenzentrum für

*) Wenn es sich bestätigen sollte, daß wirklich die Muskeln der einen Körperhälfte gelähmt werden könnten, ohne daß sich zugleich Spuren einer Lähmung oder Schwächung des Empfindungsvermögens fänden, und daß umgekehrt die Lähmung der Haut der einen Körperhälfte beobachtet würde, ohne daß sich Spuren einer Lähmung oder Schwächung der Muskeln zeigten, so würde man vermuten dürfen, daß die Empfindungs- und Bewegungsnerven jenseits des Sehhügels und gestreiften Körpers, und also noch näher an den Windungen des Gehirnes sich mehr voneinander entfernten, als es in den Sehhügeln und den gestreiften Körpern der Fall ist.

den Tastsinn zu suchen sei, sondern, daß sich hier die Nerven noch auf dem Wege zu diesem Zentrum befinden. Wenn das Nervenzentrum selbst affiziert wird, so scheinen Krämpfe zu entstehen, die mit Gefühllosigkeit der affizierten Teile verbunden sind. In den Fällen, wo ich mit der Hemiplegie Behaftete untersuchte, waren die Haut und Muskeln nicht immer in allen ihren Teilen gelähmt. Das ist auch gar nicht zu erwarten. Denn die Störung, die der Druck des ergossenen Blutes oder die Durchdringung des Gehirnes mit Blut hervorbringt, trifft unstreitig nicht jeden einzelnen Nervenfaden und nicht einmal alle Bündel der in der Nähe liegenden Nervenfäden. Bei einem Drucke, den wir auf den Nervus ulnaris ausüben, werden auch nicht alle Nervenfäden affiziert oder in gleichem Grade getroffen. In allen diesen Fällen sagt man, das Gefühl sei pelzig. Dadurch, daß viele Nervenfäden, die in ihrem Leitungsvermögen behindert oder beschränkt sind, mit anderen vermengt sind, bei welchen das nicht der Fall ist, scheint der Tastsinn außerordentlich gestört zu werden. Dasselbe scheint auch hinsichtlich des Bewegungsvermögens bei den mit Hemiplegie Behafteten stattzufinden, die Funktion der Muskeln aber wird dadurch noch mehr gestört, als die der Haut. In der Haut wechseln Teile, wo Nadelstiche oder die Berührung mit einem in heißes Wasser getauchten Löffel gar nicht gefühlt werden, mit anderen ab, wo dergleichen stärkere Einwirkungen als eine Berührung empfunden [**520**] werden, ohne daß sie Schmerz erregen. Allein man würde sich sehr irren, wenn man glaubte, daß an diesen Teilen die Fähigkeit, Schmerz zu empfinden, aufgehoben sei, während der Tastsinn fortbestehe. Stiche und die Berührung heißer Körper schmerzen nur deshalb nicht, weil sie nur als ein schwacher Kitzel empfunden werden, den man nicht Schmerz nennen kann, sie bringen daher nicht eine Tastempfindung hervor, sondern eine Gemeingefühlsempfindung, die aber, weil nur wenige Nervenfäden den Eindruck fortpflanzen, oder weil die Nervenfäden den Eindruck nur unvollkommen und daher schwach fortpflanzen, von zu geringer Stärke ist, als daß er schmerzen könnte. Nur an manchen Teilen der Haut ist der Tastsinn ungeschmälert vorhanden, und an diesen empfindet der Patient auch Schmerz, wenn er gestochen oder mit heißen Körpern berührt wird. Die Störung, die der Tastsinn erleidet, weil gelähmte und nicht gelähmte Nervenfäden untereinander gemengt sind, zeigt sich unter anderen auch dadurch, daß der Patient die Berührung mit einem Finger nicht von einem

Nadelstiche unterscheiden kann, und daß er über den Ort, wo er berührt wird, eine sehr unvollkommene Vorstellung erhält, so daß er z. B. glaubt, er werde an der Wade berührt, wenn man den Fußrücken berührt, oder er werde an dem Kreuze berührt, wenn man die Mitte des Rückens berührt. Ob Tastsinn vorhanden sei oder nicht, zeigt sich sehr leicht daran, ob der Patient mäßig warme Körper von kalten Körpern unterscheiden kann*).

---

*) Um eine anschauliche Vorstellung davon zu geben, wie bei der Hemiplegie nahe nebeneinander liegende Teile der Haut ihren Tastsinn und bald mehr oder weniger auch das Gemeingefühl verlieren können, setze ich eine kurze Relation von einem speziellen Falle hierher:

G., 68 Jahre alt, Spielkartenfabrikant, leidet seit ungefähr acht Wochen an Hemiplegie, die dadurch entstanden sein soll, daß er sich dem Zuge bei offenen Fenstern ausgesetzt, während er vorher bei angestrengter Arbeit geschwitzt hatte. Die Krankheit begann damit, daß er plötzlich nicht mehr stehen konnte, weil der linke Fuß zusammenknickte. Das Bewegungsvermögen ist im linken Arme und Fuße gelähmt, ungelähmt dagegen sind die Drehmuskeln des Kopfes und Rumpfes, die Ausstreckemuskeln des Rückens und die Beugemuskeln des Kopfes und Rückens, die Kaumuskeln, die Atmungsmuskeln und die Bauchmuskeln. Der Patient kann sich im Bette nicht aufrichten, denn dazu wird die Tätigkeit gewisser, von den Beinen zum Rumpfe gehender Muskeln erfordert, wohl aber kann er sich, wenn er aufgerichtet wird, drehen, beugen und strecken. Der Pectoralis major und Latissimus dorsi sind also gelähmt, das Zwerchfell dagegen, die Interkostalmuskeln und die Sternocleido-mastoidei sind es nicht. Das Empfindungsvermögen, Tastsinn und Gemeingefühl, sind am ganzen linken Beine und Arme gelähmt oder geschwächt. Es gibt indessen einzelne Stellen am Rücken des Fußes, am Unterschenkel zwischen Tibia und Fibula, wo Stiche, die man mit einem spitzen Messerchen macht, empfunden werden, aber nicht als Schmerz, wie am rechten Fuße, sondern als Berührung oder Kitzel, wodurch ein Zusammenfahren des Patienten und bisweilen ein Zucken eines einzelnen Muskels des Beines in der Gegend des Vastus ext. oder des Tibialis ant., und also Reflexbewegung entsteht, woraus man sieht, daß auch diese Muskeln nicht ganz gelähmt sind. Es gibt Teile der Haut, wo der Patient gar nichts fühlt, und andere, wo die Berührung mit einem 51° R bis 56° R heißen Löffel keinen Schmerz, aber eine Empfindung der Berührung hervorbringt. Am Rücken des Fußes und am vorderen Teile des Unterschenkels fühlt er nicht, wenn er mit dem Finger berührt wird, und kann Kälte und Wärme nicht unterscheiden, er fühlt aber die Berührung jenes heißen Löffels als einen Stich; über den Ort des Stiches ist er jedoch so im Unklaren, daß er z. B. glaubt, er werde in die Wade gestochen, wenn er am Rücken des Fußes berührt wird. Auf der linken Seite des Bauches, an dem den Rectus abdominalis bedeckenden oder neben ihm liegenden

[521] Auch die Art der Endigung der Tastnerven in der Haut ist uns noch nicht gehörig bekannt. Es wird durch meine Versuche über den Ortsinn der Haut sehr wahrscheinlich, daß ein jeder elementare Nervenfaden eine größere Abteilung der Haut empfindlich mache, aber es ist noch nicht durch die mikroskopischen Untersuchungen hinreichend gewiß, auf welche Weise dieses geschehe, ob dadurch, daß ein solcher elementarer Nervenfaden sich vielfach hin- und herbeugt und an verschiedenen Orten seines Verlaufes Eindrücke aufnehmen kann, oder ob er sich in der Nähe seiner Endigung in Äste teilt. Wir haben z. B. von ferneren Untersuchungen die Entscheidung darüber zu erwarten, ob die Schleifen der sich umbeugenden Elementarfäden der Zahnnerven, die *G. Valentin**) in dem Backenzahne des Schafes beschrieben und abgebildet hat, wirklich die Enden dieser Nerven sind, und ob die Hautnerven sich auf eine ähnliche Weise in den Hautwärzchen, Haarzwiebeln und an anderen Orten des Tastorganes so endigen. Was *E. Burdach***) und *Valentin****) an der Haut des Frosches

---

Teile der Haut fühlt er Stiche nicht als Schmerz, wohl aber als Berührung, kann aber nicht unterscheiden, ob er mit einem Finger berührt oder mit einer Nadel gestochen wird. Hohe Wärmegrade scheint er von Kälte zu unterscheiden. Jenseits der Mittellinie ist er empfindlich. Am linken Teile des Rückens empfindet er, wenn er mit einem kalten und einem heißen Löffel abwechselnd berührt wird, die Berührung, unterscheidet aber die Wärme und Kälte nicht und den Ort der Berührung so unvollkommen, daß er am Kreuze berührt zu werden glaubt, wenn es mitten auf dem Rücken geschieht. Seitwärts in der Weiche und auf dem Glutaeus fühlt er auch nicht einmal Berührung eines heißen Löffels. An der Brust unterscheidet er rechts von der Mittellinie deutlich Wärme und Kälte, links von ihr empfindet er sie nicht, wohl aber unterscheidet er in der Linie, in welcher die Gelenke der Rippenknorpel liegen, Nadelstiche als Berührung. Dicht daneben nach außen fühlt er sie nicht. Am Halse hat er kein Gefühl von Wärme und Kälte, wohl aber im Gesichte, in der Nähe des Mundes, auf beiden Kiefern und am Jochbeine. Am Backen wechseln fühlende und fühllose Teile miteinander ab. Ohne Gefühl ist das Ohr; auch das Brennen des heißen Löffels wird hier nicht empfunden, nicht einmal als Berührung. Das Gefühl am linken Arme habe ich nicht genauer untersucht.

*) *Valentin*, Über den Verlauf und die letzten Enden der Nerven. Acta Acad. Caesar. Leopold. Carol. Nat. cur. Vol. XVIII. P. I. Tab. VI. Fig. 31 et 32.

**) *E. Burdach*, Beitrag zur mikroskopischen Anatomie der Nerven. Königsberg 1837. Tab. II. Fig. 3.

***) *Valentin* a. a. O. Tab. III. Fig. 3.

über die Tastnerven beobachtet haben, reicht nicht aus, um sich eine Vorstellung davon zu machen, wie die Einwirkung der Wärme und Kälte und des Druckes auf die Tastnerven geschieht. Eine Teilung der Nervenenden in Äste hat man bisweilen in den *Vater*schen oder *Pacini*schen Körperchen gefunden, von denen freilich noch zweifelhaft ist, ob sie Empfindungsorgane sind. Namentlich ist in den *Pacini*schen Körperchen, in zwei Fällen von *Henle* und *Kölliker**) und in so zahlreichen Fällen von *Herbst***) eine solche Teilung eines Elementarfadens in Äste beobachtet worden, daß *Herbst* die Teilung für die Regel zu halten geneigt ist. Die neuerlich nach *Pacini* benannten, 1741 von *Vater****) an der Hand und am Fuße des Menschen entdeckten und Papillae nerveae [**522**] genannten Körperchen sind sehr rätselhafte Teile, und ihr regelmäßiges von *Henle* und *Kölliker* entdecktes Vorkommen am Mesocolon und am Pancreas der Katze will sich mit keiner der Ideen vertragen, nach welchen man sie als Hilfsorgane für den Tastsinn betrachten möchte. *Herbst*†) hat bei der Katze am Mesocolon 20 bis 160, an dem Mesenterium derselben 2 bis 79, an der Oberfläche der Mesenterialdrüsen 40 bis 50 und an dem Pancreas 40 bis 60 *Pacini*sche Körperchen gefunden. Bei dem Leopard fand er keine. *Herbst* rechnet, daß in der Hand des Menschen etwa 600 *Pacini*sche Körperchen liegen, in der Hohlhand zählte er 223, am Daumen 65, am Zeigefinger 95. Sie liegen im Panniculus adiposus. Man hat sie bis jetzt bei Hasen und Kaninchen an der Fußsohle vergeblich gesucht, und *Herbst* vermißt sie auch an der Fußsohle des Iltis und Wiesels und bemerkt, daß auch bei allen jenen Tieren das fibröse Fettpolster fehle, in welchem sie bei Menschen und Tieren gefunden würden. Höher oben hat er sie bei Katzen, Hunden, Meerschweinchen und auch bei Nagetieren konstant an der Beinhaut der inneren Fläche des Radius, am Nervus interosseus gefunden. Das Endstück des Markfadens, an welchem sich zuletzt eine knopfartige Anschwellung befindet, liegt in einer ovalen, durchsichtigen,

---

*) *Henle* und *Kölliker*, Über die *Pacini*sche Körperchen an den Nerven des Menschen und der Säugetiere. Zürich 1844. 4.

**) *G. Herbst*, Die *Pacini*schen Körperchen und ihre Bedeutung, mit 16 lithogr. Taf. Göttingen 1848. 8., wo auch die Literatur dieses Gegenstandes zu finden ist.

***) *A. Vater*, siehe *Lehmann* de consensu partium c. h. praeside *A. Vater*. Vitembergae 1741. 4., recus. in *Halleri* Disp. anat. select. Vol. II. p. 970, 971.

†) *Herbst*, in d. Gött. gel. Anzeigen. Okt. 1848. St. 162, S. 1670 ff.

aus vielen konzentrischen Lagen bestehenden Kapsel, die nach *Herbst* eine Fortsetzung der Lagen zu sein scheint, aus welchen die dicke Hülle der Elementarfäden der Tastnerven besteht. Diese Lagen scheinen sich an der ovalen Kapsel dadurch aufzulockern, daß sie mit Flüssigkeit erfüllte Zwischenräume zwischen sich haben. Bei einem jungen Igel zählte *Herbst* 14, bei dem Meerschweinchen 20 konzentrische Lagen an der ovalen Kapsel. Wo sich der Nervenfaden teilt, findet man ebensoviel Kapseln, deren Lagen untereinander kontinuierlich zusammenhängen und sich ineinander fortsetzen.

Die empfindliche Oberfläche der Lederhaut und ihre unzähligen Wärzchen oder Papillen, sowie auch die in der Haut oder unter der Haut befindlichen Organe des Tastsinnes, z. B. die Haarbälge und Zahnkeime, sind sehr gefäßreich und nervenreich und werden durch eine gefäßlose und nervenlose Bedeckung vor zu starken und zerstörenden, schmerzerregenden Einflüssen geschützt. Die Bedeckung ist bald dünn, wie die Oberhaut der Conjunctiva des Auges und die Oberhaut der Zunge, bald sehr dick, wie die Oberhaut der Hohlhand und des Hohlfußes, bald endlich so dick und hervorragend, daß sie wie eine Sonde die Eindrücke durch eine größere Strecke einer gefühllosen Materie zu den mit Nerven versehenen Teilen leitet, wie das bei den Zähnen, Haaren und Nägeln der Fall ist. Wo diese schützende unempfindliche Decke entfernt wird, erregt die leiseste Berührung und jede beträchtliche Mitteilung von Wärme und Kälte Schmerz, z. B. an dem entblößten Zahnkeime und an der ihrer Oberhaut beraubten Haut. Die Hornbedeckungen leiten die Wärme sehr langsam. Teile, die mit einer dünnen Oberhaut versehen sind, verschaffen uns daher die Empfindung der Wärme und Kälte schneller und stärker, als andere Teile mit dicker Oberhaut.

Die Hautwärzchen, Papillae, sind kleine, gefäßreiche Erhabenheiten der Lederhaut, welche nicht mit unbewaffnetem Auge sichtbar sind, da ihre Höhe nur etwa $^1/_{25}$ Paris. Linie beträgt. Jedes Hautwärzchen teilt sich, nach [**523**] meinen Untersuchungen in 2, 3 oder mehrere kleinere Wärzchen, von welchen manche divergieren, so daß die Spitzen derselben ziemlich gleichweit voneinander entfernt und von den Spitzen der nächsten Wärzchen abstehen. So verhält sich es sowohl auf der Hohlhand als auch auf dem Rücken der Hand, mit dem Unterschiede, daß die großen Hautwärzchen in der Hohlhand in Reihen stehen, welche die bekannten gekrümmten

erhabenen Linien bilden, die man sehr gut mit unbewaffnetem Auge verfolgen kann, während die großen Hautwärzchen auf dem Rücken der Hand nicht in Reihen liegen. Eine erhabene Linie in der Hohlhand fand ich an der Basis im Mittel 0,23 Paris. Linie breit. Eine solche Linie grenzt dicht an die nächste, und jede enthält nebeneinander zwei Reihen von Hautwärzchen, von welchen sich jedes in 2, 3, 4 und mehrere kleinere Wärzchen teilt, so daß hier auf jeder Quadratlinie wenigstens 81 große Hautwärzchen oder 150 oder 200 kleinere Hautwärzchen gerechnet werden können. Diese Hautwärzchen ragen in die innerste, undurchsichtigere, weiche, in der Bildung begriffene Lage der Oberhaut hinein, die bei dem weißen Menschen weißer, bei dem schwarzen schwärzer ist als die übrige Oberhaut, und den Namen Rete Malpighi führt. Diese innerste Lage der Oberhaut bildet nicht einen gleich dicken, die einzelnen Hautwärzchen einhüllenden Überzug, sondern nur einen ziemlich dicken allgemeinen Überzug über jede erhabene Linie der Hohlhand, der an seiner inneren Oberfläche ebenso viel Grübchen hat, als Hautwärzchen existieren. Betrachtet man die innere Oberfläche des Rete Malpighi, wenn sich die Oberhaut samt dem Rete Malpighi vollständig von der Lederhaut getrennt hat, so bilden die Teile des Rete Malpighi, die sich am tiefsten zwischen die Hautwärzchen hineingesenkt hatten und nun die Gruben umgeben, in welchen die großen Wärzchen gesteckt hatten, ein Netz, das bei Schwarzen schwarz, bei Weißen weiß aussieht. Diese netzförmige Gestalt der inneren Oberfläche dieser Lage scheint die Ursache zu sein, warum *Malpighi* die ganze Lage ein Netz genannt hat, was sie nicht ist. Das Rete Malpighi unterscheidet sich noch dadurch von den ausgebildeten Lagen der Oberhaut, daß diese letztere aus unzähligen parallel gekrümmten, äußerst dünnen Lamellen besteht, von welchen jede aus abgeplatteten Elementarzellen gebildet ist, die an ihren Rändern untereinander verwachsen sind. Bei dem Rete Malpighi sind die Elementarzellen noch nicht in dem Grade abgeplattet, die innersten sind sogar rundlich, auch sind die Elementarzellen noch nicht so untereinander an ihren Rändern verwachsen, daß sie bestimmte, aus einer einzigen Lage von Elementarzellen bestehende Lamellen bilden. Die Dicke des Rete Malpighi und der ausgebildeten Oberhaut zusammen genommen fand ich in der Hohlhand ungefähr $^1/_4$ Paris. Linie, davon betrug die Dicke des Rete Malpighi, da wo es am dicksten war, $^1/_{22}$ Paris. Linie

und über den Spitzen der Hautwärzchen, wo es am dünnsten war, $^1/_{44}$ Paris. Linie.

Die oberflächliche Lage der Lederhaut ist viel reicher an Haargefäßen als die übrige Lederhaut, die Hautdrüsen und Haarbälge ausgenommen. Sie ist von einem dichten blutführenden Haargefäßnetze durchzogen, dessen Röhrchen ich teils in der Haut des Armes eines Mannes gemessen habe, wo es sehr vollkommen mit Blut erfüllt war, teils am Rücken des Fußes eines Kindes, dessen Haargefäße vollständig injiziert waren. Die mit Blut erfüllten Haargefäße hatten folgende Durchmesser: die dünneren 0,0056 Paris. Linie, d. h. ungefähr $^1/_{178}$ Paris. Linien. Die dickeren 0,039 *) oder $^1/_{77}$ Paris. Linien. Die von den Haargefäßen umschlossenen Zwischenräume des [**524**] Netzes waren größer, ihr Durchmesser war hin und wieder noch einmal so groß als der Durchmesser der Haargefäße, bisweilen aber auch nur um $^1/_3$ größer.

Von diesem dichten Haargefäßnetze erstreckte sich in jedes kleinere Hautwärzchen ein Haargefäß, das sich in der Nähe der Spitze desselben umbog und nun wieder in das Haargefäßnetz zurückkehrte und also eine in dem Hautwärzchen liegende einfache Haargefäßschleife bildete. Außer dieser Schleife hatte das Hautwärzchen weiter keine Blutgefäße. Bisweilen war diese Haargefäßschleife glatt, bisweilen wurde sie von einem geschlängelten Gefäße gebildet.

Es wäre nun noch übrig, ebenso genau die Nerven in den Hautwärzchen zu beschreiben. Ich hoffe, daß es mir in Zukunft gelingen wird, dieselben sichtbar zu machen, ich bin aber bis jetzt noch nicht dahin gelangt.

I. Ortsinn in der Haut.

Der Ortsinn beruht darauf, daß zwei Empfindungen, auch wenn sie sonst ganz gleich sind, schon dadurch unterschieden werden können, daß sie an einem anderen Orte unseres Körpers oder Sinnesorganes erregt werden. Mag ein Druck oder mag die Einwirkung von Wärme und Kälte eine Empfindung hervorrufen, so können wir ungefähr den Ort angeben, wo die die Empfindung erregende Einwirkung auf unsere Haut geschieht, und wenn wir an zwei Teilen der Haut, die einander nicht allzunahe sind, gleichzeitig oder ungleichzeitig einen Eindruck durch Wärme, Kälte oder Druck empfangen, so

*) Soll wohl heißen 0,013.

unterscheiden wir die beiden Orte, wo auf unsere Haut eingewirkt wird, den größeren oder geringeren Abstand dieser Orte voneinander und können die Richtung der Linie ungefähr angeben, durch welche wir uns die beiden Orte verbunden denken können. Ich habe vor 20 Jahren*) durch eine Reihe von Versuchen erörtert, in welchem Grade man jenes Vermögen besitze, und gefunden, daß es in verschiedenen Teilen der Haut in sehr verschiedenem Grade vorhanden sei, so daß es z. B. an der Zungenspitze über 50mal vollkommener sei, als auf der Haut, die die Mitte des Oberarmes oder des Oberschenkels bedeckt. Die von mir angewendete Methode der Untersuchung war folgende: Ich berührte bei verschiedenen Menschen, die ihre Augen verschlossen oder abwendeten, mit zwei kleinen gleichgestalteten Körpern gleichzeitig zwei Teile der Haut und fragte sie, ob sie fühlten, daß ein oder mehrere Körper sie berührten, und in welcher Richtung die Linie liefe, durch die sie sich die berührten Teile der Haut verbunden denken könnten, ob der Länge ihres Körpers nach [**525**] oder in querer Richtung. Ich schliff zu diesem Zwecke die Spitzen eines Zirkels mit zylindrischen Schenkeln so ab, daß die Endflächen $^1/_3$ Paris. Linie im Durchmesser hatten, damit sie, wenn man damit die Haut berührte, nicht stächen, sondern einen deutlichen Tasteindruck hervorbrächten. Denn sobald die Berührung Schmerz hervorruft, wird die Beobachtung dadurch sehr viel unvollkommener, weil der Schmerz niemals so lokal ist, als eine hinreichend starke Berührung mit einer nicht allzu kleinen Fläche, welche keinen Schmerz verursacht.

---

*) *E. H. Weberi* Panegyrin med. indicentis d. 13. mens. Nov. 1829. Annotationes anatomicae et physiologicae Prolusio VI. pag. 6. recus. sub Titulo: De pulsu, resorptione, auditu et tactu annotationes anatomicae et physiologicae auctore *Ernesto Henrico Weber*. Lipsiae 1834. p. 149. Als ich im Jahre 1829 gefunden hatte, daß man die Feinheit des Tastsinnes an den verschiedenen Teilen der Haut sehr genau messen und vergleichen könne, forderte ich meinen Bruder, *Eduard Weber*, der damals in Göttingen lebte, auf, sich mit mir zu einer gemeinschaftlichen Untersuchung über den Tastsinn zu verbinden, und zu diesem Zwecke auf längere Zeit nach Leipzig zu kommen. Hierdurch würde diese Arbeit einen viel höheren Grad von Vollkommenheit erlangt haben. Mein Bruder war anfangs geneigt, auf meinen Vorschlag einzugehen, wurde aber leider durch andere wissenschaftliche Arbeiten verhindert, Göttingen zu verlassen, und ich war daher genötigt, auf seine Beihilfe Verzicht zu leisten und die Arbeit allein zu unternehmen.

Indem ich nun den Zirkel anfangs mehr, dann aber immer weniger öffnete, gelangte ich zu derjenigen Entfernung der Enden der Schenkel desselben, wo die zwei Eindrücke anfingen, als ein einziger Eindruck empfunden zu werden. Auch dann konnte der Beobachter oft noch bestimmen, ob die Linie, die die Enden des Zirkels verbindet, in der Längsrichtung seines Körpers und seiner Glieder oder in querer Richtung läge. Denn er empfand zwar nur einen Eindruck, aber der berührte Teil der Haut schien eine längliche Gestalt zu haben, und er konnte sagen, wohin der größere und der kleinere Durchmesser dieses länglichen berührten Teiles der Haut gerichtet wäre. Wurde nun aufgeschrieben, bei welcher Entfernung der Enden des Zirkels noch zwei Berührungen unterschieden wurden, oder wenigstens die Richtung der Schenkel des Zirkels noch bestimmt werden konnte, und das Ergebnis zu anderer Zeit durch wiederholte Versuche bestätigt, und die Arbeit allmählich über die verschiedenen Teile der Haut fortgesetzt, so erhielt ich eine Übersicht über die Feinheit des Tastsinnes, insofern er sich als Ortsinn äußert. Vor allen Dingen war hierbei nötig, die Ermüdung des Beobachters zu vermeiden, und daher mit dergleichen Versuchen nicht lange fortzufahren. Es ergab sich hierbei unter anderen folgendes: Wenn man mit dem $^3/_4$ Zoll weit geöffneten Zirkel die Haut am hinteren Teile des Jochbeines in querer Richtung berührte, so empfand man nur eine Berührung oder glaubte wenigstens wahrzunehmen, daß die Enden des Zirkels einander sehr nahe wären. Je mehr man sich aber der Mitte der Oberlippe bei diesen Berührungsversuchen näherte, desto weiter schienen die Zirkelspitzen voneinander abzustehen, und desto deutlicher empfand man die doppelte Berührung. Am weitesten schienen daher die Zirkelspitzen voneinander abzustehen, wenn die Mitte der Oberlippe zwischen ihnen lag. Eine ähnliche Erfahrung machte man, wenn die Enden des Zirkels sich in senkrechter Lage befanden und zuletzt zugleich die Mitte der Oberlippe und Unterlippe berührten. Änderte man nun den Versuch so ab, daß man mit den Enden des Zirkels, während sie sich in einer fast senkrechten Lage befanden, den Backen vor den Ohrläppchen berührte und dann den Zirkel in steter Berührung so quer über das Gesicht weiter führte, daß die beiden Enden zugleich über die Mitte der Ober- und Unterlippe hinweggingen und hierauf denselben Weg auf der anderen Hälfte des Gesichtes nach dem Ohrläppchen hin weiter fortsetzten; so hatte der Beobachter

das Gefühl, als ob die beiden Enden des Zirkels nicht zwei parallele Linien beschrieben, sondern bei ihrer Bewegung, je mehr sie sich der Mitte der Lippe näherten, desto mehr auseinander wichen, und je mehr sie sich auf der anderen Seite des Gesichtes von der Mitte der Lippen entfernten, desto mehr sich einander wieder annäherten, bis sie endlich wieder in einem Punkte zusammenzukommen schienen. Das obere Ende des Zirkels schien daher einen Bogen zu beschreiben, dessen Konvexität aufwärts, das untere Ende dagegen schien einen Bogen zu beschreiben, dessen Konvexität abwärts gerichtet war. Denselben Versuch [**526**] kann man sehr bequem auch an der Hand ausführen. Wenn man den Zirkel 4 Paris. Linien oder 6 Linien weit öffnet und mit den in querer Richtung gehaltenen Enden die Mitte des Unterarmes berührt und ihn dann in steter und gleichmäßiger Berührung mit der Haut nach der Hohlhand und nach der Spitze des Zeigefingers weiter führt, so scheint der Zirkel auch anfangs eine einzige Linie zu beschreiben; auf der Hand teilt sich dieselbe in zwei Linien, und je mehr man sich der Spitze des Zeigefingers nähert, desto mehr scheint sich der Zirkel aufzutun, und desto mehr scheinen die Linien, die er beschreibt, sich voneinander zu entfernen. Auch an der Zunge erfährt man dasselbe, wenn man den Zirkel zwei Linien weit öffnet und damit in querer Stellung die Mitte des Zungenrückens berührt und dann denselben in steter Berührung mit der Zunge zur Zungenspitze führt.

Meine Erklärung dieses merkwürdigen Phänomens, die ich schon in meinen Programmen*) niedergelegt habe, ist folgende:

*) *E. H. Weber*, Panegyrin med. indicit d. 31. mens. Maj. 1833 respecta *Rud. Sachse* diss. inaug. de scarlatina Prolusio XIX. Lipsiae 1833 p. 7. recus. in libro: De pulsu, resorptione, auditu et tactu annotationes anatomicae et physiologicae. Lipsiae 1834. 4. pag. 149. »In partibus subtiliori sensu praeditis plures fibrae nerveae quam in partibus obtuso sensu instructis finiuntur. Duabus impressionibus in unam eandemque fibram nerveam simul factis, unus tantum et communis sensus, impressionibus autem in duas fibras factis, duplex et diversus sensus oritur. Una eademque fibra nervea haud dubie pluribus cutis locis virtutem sentiendi adfert, hincque fit, ut tam pauci nervi tantam superficiem cutis sensu perfundant, namque ne acutissima quidem acu cutem pungendo loca sensu plane carentia deprehendes. Loca vero, in quibus impressiones non confunduntur cum impressionibus in viciniam factis, in cute ita disposita sunt, ut in partibus cutis subtiliter sentientibus plura, in partibus obtuse sentientibus pauciora ejusmodi loca, distinctu facilia adsint. Diuturno manuum aliarumque partium usu variaque contrectatione locorum illorum conscii facti sumus. Quo plura autem ejusmodi

Fontana hat beobachtet, daß die Elementarfäden der Nerven einfache Fäden sind, die weder Äste aufnehmen, noch abgeben. Hierauf und auf meine Versuche gestützt, die ich über die verschiedenen Grade der Feinheit des Ortsinnes auf verschiedenen Teilen der Haut angestellt habe, nehme ich an, daß wenn zwei sonst gleiche Eindrücke gleichzeitig denselben elementaren Nervenfaden an verschiedenen Orten treffen, nicht zwei Empfindungen entstehen, sondern nur eine. Nun kann es aber gar nicht anders sein, als daß jeder elementare Nervenfaden einen viel größeren Teil der Oberfläche der Haut empfindlich machen müsse, als die Fläche seines Querschnittes beträgt, denn denkt man sich alle Empfindungsnerven quer durchgeschnitten und wie Klafterholz übereinander geschichtet, so ergibt sich, daß der gesamte Querschnitt aller Nerven sehr viel kleiner sei, als die Oberfläche der ganzen Haut. Man hatte sich schon viel Mühe gegeben, zu erklären, wie die Haut in allen ihren Punkten so empfindlich sein könne, daß überall ein Stich mit der feinsten englischen Nähnadel gefühlt werde. *Prochasca* hat vermutet, die Nerven breiteten sich an ihren Enden in der Weise aus, daß das Nervenmark die Substanz der Haut durchdringe, und *Reil* nahm an, die Enden der Nerven wären auf eine ähnliche Weise von einer Nervenatmosphäre umgeben, wie die isolierten mit Elektrizität gefüllten Konduktoren [527] mit einer elektrischen Atmosphäre. Nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse über das freilich noch sehr unvollkommen untersuchte Verhalten der Nerven an ihren Enden darf man, wie schon oben erwähnt worden ist, vermuten, daß die Enden der elementaren Nervenfäden entweder dadurch eine größere Strecke der Haut empfindlich machen, daß sie sich in Schleifen hin- und herschlängeln und beugen, und daß also ein und derselbe Faden an vielen Teilen seines geschlängelten Weges Tasteindrücke aufnehmen könne, oder daß die *Fontana*sche Beobachtung für die peripherischen Enden der Nerven nicht gültig sei, sondern daß die elementaren Nervenfäden sich in der Nähe ihrer Endigung in Äste teilten, und durch diese mit vielen Punkten der Oberfläche der Lederhaut in Berührung kämen, oder endlich, daß beide Einrichtungen zugleich dazu beitrügen, zu bewirken, daß

---

loca inter utrumque apicem circini cutem tangentem interposita sunt, eo magis apices a se distare videntur.«

ein einziger elementarer Nervenfaden eine ganze Abteilung der Haut empfindlich machen könne. Für die schleifenartige Ausbreitung der elementaren Nervenfäden sprechen die oben angeführten Untersuchungen *Valentins*, für eine Teilung derselben in Äste spricht der Umstand, daß *Henle*, *Kölliker* und neuerlich in vielen Fällen *Herbst* gesehen haben, daß sich die elementaren Nervenfäden in den *Pacini*schen Körperchen wirklich nicht selten in Äste teilen, und die Beobachtung von *R. Wagner* und anderen, daß eine solche Teilung an den Enden der Nerven des elektrischen Organs der Fische beobachtet werde, sowie auch die Beobachtung von *R. Wagner*, daß eine Teilung der Elementarfäden der Muskelnerven in der Nähe ihrer Endigung stattfinde.

Mag nun die Ausbreitung der Enden der elementaren Nervenfäden der Haut auf die eine oder auf die andere Weise geschehen; so kann man die Vermutung aufstellen, daß die Haut in kleine Empfindungskreise geteilt sei, d.h. in kleine Abteilungen, von welchen jede ihre Empfindlichkeit einem elementaren Nervenfaden verdankt. Nach meinen Untersuchungen zeigt sich nun, daß man zwei Eindrücke derselben Art, welche auf verschiedene Teile eines Empfindungskreises der Haut gemacht werden, nur so empfindet, als würden sie nur auf einen und denselben Teil der Haut gemacht, ferner, daß die Empfindungskreise der Haut in den mit einem feineren Tastsinne versehenen Teilen kleiner, in den mit einem unvollkommeneren Tastsinne versehenen Teilen größer sind. Damit zwei gleichzeitige auf die Haut gemachte Eindrücke örtlich als zwei in einem gewissen Abstande voneinander 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.

Die Gestalt, welche jene Empfindungskreise haben, läßt sich bis jetzt noch nicht näher bestimmen. Nur so viel läßt sich mit großer Wahrscheinlichkeit vermuten, daß die Empfindungskreise an den Armen und Beinen eine längliche Gestalt haben und so liegen, daß der Längendurchmesser nach der Längenrichtung dieser Glieder liegt, denn an jenen Gliedern ist es nicht einerlei, ob die Zirkelspitzen, womit man das Glied berührt, der Längenachse desselben parallel liegen, oder ob die Linie, durch die man sich beide Zirkelspitzen verbunden denken

kann, einen rechten Winkel mit der Längenachse der Glieder macht. Man muß den Zirkel in dem ersteren Falle viel weiter öffnen, wenn die Berührungen [528] der Schenkel desselben als zwei Berührungen empfunden werden sollen, als in dem letzteren. An der Mitte des Oberarmes, sowohl vorn als hinten, mußte z. B. der senkrecht gehaltene Zirkel beinahe noch einmal so weit geöffnet werden, damit man deutlich zwei Berührungen fühlte, als wenn derselbe horizontal gehalten wurde. Aber auch am Oberschenkel, am Unterarme und Unterschenkel war der Ortsinn in der letzteren Richtung viel feiner als in der ersteren. An vielen anderen Teilen des Körpers zeigt sich kein solcher Unterschied, woraus ich die Vermutung schöpfe, daß daselbst die Empfindungskreise eine der runden Form sich annähernde Gestalt haben.

Ist meine Erklärung richtig, so müssen gleich große Abteilungen der Haut an den Teilen, die mit einem sehr feinen Ortsinne begabt sind, mehr elementare Nervenfäden besitzen, als an den Teilen, die einen sehr stumpfen Ortsinn haben. Dieses bestätigt sich auch: denn wenn man die zwei dicken Nerven betrachtet, die auf die Hohlhandseite, und die zwei dünneren, die auf dem Rücken jedes Fingers hingehen, und nun wieder die Nerven der Finger mit der geringen Zahl von Nerven vergleicht, die eine gleich große Abteilung der Haut des Rückens erhält, so findet man, daß die Zahl der elementaren Fäden der Empfindungsnerven auf der Hohlhandseite viel größer ist als auf der Rückenseite des Fingers, und am allergeringsten auf dem Rücken des Körpers.

Durch den langen Gebrauch und die oft wiederholte Bewegung unserer mit Tastsinn begabten Glieder haben wir ein dunkles Bewußtsein von der Zahl und Lage unserer Empfindungskreise bekommen. Je mehr Empfindungskreise zwischen den uns berührenden Zirkelspitzen liegen, desto weiter scheinen uns diese Spitzen voneinander entfernt zu sein, und umgekehrt. Sind daher die Empfindungskreise wie an den Fingerspitzen, und überhaupt in der Hohlhand klein und zahlreich oder, was dasselbe ist, endigen sich daselbst auf einem Quadratzolle der Oberfläche viel mehr elementare Nervenfäden, so scheinen uns die diesen Teil berührenden Zirkelspitzen weiter voneinander entfernt zu sein, als wenn sie einen Teil der Haut des Rückens berühren, wo auf einem Quadratzolle der Oberfläche derselben viel weniger elementare Nervenfäden endigen. Die Zahl der elementaren Nervenfäden, welche auf einem

Quadratzoll unseres mit Ortsinn begabten Tastorganes endigen, hat einen Einfluß auf den Maßstab, womit wir den erfüllten Raum messen. Wären wir, wie manche Infusionstiere, im Durchschnitte hundertausendmal kleiner, aber im kleineren Maßstabe ebenso organisiert wie jetzt, und hätte dann also unsere Haut und unsere Nervenhaut, ungeachtet ihrer so äußerst kleinen Oberfläche, ebensoviel Abteilungen, auf welchen zwei Eindrücke als zwei räumlich verschiedene Eindrücke unterschieden werden könnten, wären zugleich unsere Bewegungen, der Kleinheit der Bewegungsorgane entsprechend, proportional kleiner und langsamer, so würde, wenn auch die uns umgebende Körperwelt in derselben Proportion kleiner und dichter gruppiert wäre, und sich zugleich proportional langsam bewegte, kein Unterschied zwischen dem Leben, welches wir jetzt führen, und dem, das wir dann führen würden, stattfinden. Aber in die Körperverhältnisse, wie sie jetzt sind, würden wir nicht passen. Ein Wassertropfen von einem Zoll Länge würde ungefähr 1700mal länger sein, als wir selbst, und uns wie ein ansehnlicher Teich erscheinen. Unsere sinnliche Anschauung der Welt hängt von dem uns gegebenen kleinsten Maßstabe ab, in welchem wir die Zeit [**529**] und den Raum messen können. Der für unsere Anschauung von der Zeit gegebene kleinste Maßstab ist der kleinste Zeitteil, in welchem wir uns einer Veränderung bewußt werden können, und er wird demnach gefunden, wenn wir wissen, wievielmal wir in einer Sekunde wollen, oder wieviel unterscheidbare Empfindungen wir in einer Sekunde haben können. Der für unsere Anschauung des Raumes gegebene kleinste Maßstab beruht darauf, wieviel unterscheidbare Empfindungen wir auf der Flächeneinheit, auf der Quadratlinie haben können, wenn sie z. B. für das Gesicht mit möglichst kleinen schwarzen und weißen Vierecken, oder für das Gefühl mit möglichst kleinen viereckigen Erhabenheiten und Vertiefungen besetzt ist. Diese letztere Fähigkeit, auf einer Quadratlinie viele Teile unterscheiden zu können, beruht nun, wie ich behaupte, teils auf der Zahl der Elementarfäden der Nerven, die sich auf einer Quadratlinie unserer Haut, hauptsächlich aber auf der Zahl der Nervenfäden, die sich auf unserer Nervenhaut im Auge endigen, denn da auf dem mittelsten Teile der Nervenhaut des Auges die Enden der Elementarnerven viel dichter liegen als in der Haut, und wir daher, mittels des Auges, auf einer Quadratlinie viel mehr unterscheidbare

Teile wahrnehmen können, als mittels der Haut, so benutzen wir den Maßstab, der uns im Tastsinne gegeben ist, nicht, sondern den, der uns im Auge gegeben ist, und suchen auch das, was wir mit dem Tastsinne wahrnehmen, auf den Maßstab zu reduzieren, den wir im Gesichtsinne haben. Der Blindgeborne indessen ist nur auf den Tastsinn angewiesen. Ungeachtet er sich durch die geistigen Operationen seiner Seele alle geometrischen Verhältnisse konstruieren kann, so muß ihm doch der Raum eines Zolles mit einer viel geringeren Zahl unterscheidbarer Teile ausgefüllt und also kleiner zu sein scheinen, als einem Sehenden, da er kein Mittel hat, auf dem Raume eines Zolles mehr wahrzunehmen, als was er durch das Gefühl erkennt.

*Volkmann**) hat sich im wesentlichen mit mir übereinstimmend erklärt. Er sagt: »Wenn man die Zirkelenden auf eine Entfernung von etwa einem Zoll stellt und zuvörderst an einer Fingerspitze, dann aber allmählich immer weiter nach oben, dem Zentrum des Körpers zuwärts, aufsetzt, so scheint dem Gefühle die Distanz der Zirkelspitzen immer kleiner zu werden, es kommt eine Hautstelle, wo diese Distanz nicht größer empfunden wird, als die Distanz einer Linie an der Kuppe des Fingers, und diese Stelle liegt da, wo die Distanz eines Zolles die kleinste ist, welche der Sinn wahrnimmt. Die Haut schätzt also die Größe der Objekte so, daß sie die Größe der letzten ihr wahrnehmbaren Distanz als Maßeinheit annimmt. Nennen wir diese Maßeinheit x, so ist die Größe eines Zolles für die Fingerspitze $= 12\,x$, für eine Stelle in der mittleren Gegend des Armes $= 1\,x$, denn jede Stelle der Haut gibt einem betasteten Objekte sovielmal die Größe x, als sie Stellen enthält, die das x als gesondertes zu unterscheiden imstande sind.«

*J. Müller***) ist auch geneigt, sich für meine Ansicht zu erklären, macht aber doch den Einwurf, daß nach derselben die beiden Empfindungen, [**530**] welche entstehen, wenn man mit der Fingerspitze den Arm berührt, nicht gleich sein dürften, die Fingerspitze müßte den berührten Teil des Armes groß, und der berührte Teil des Armes müßte die Fingerspitze klein

---

*) *Volkmann*, Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtsinnes. Leipzig 1836, S. 50.

**) *J. Müller*, im Archiv für Anatomie und Physiologie 1837, Jahresbericht CXXIX.

empfinden. Diese zwei Empfindungen sind auch gewiß nicht gleich, aber da die eine deutlich und die andere dunkel ist, so hält man sich an die deutliche Empfindung, und man kann die Aufmerksamkeit nicht so abziehen und auf die dunkle allein hinlenken, daß man sein Urteil über die Größe der berührten Fläche ganz allein auf die dunkle Empfindung gründen könnte. *Müller* ist der Meinung, daß sich die von mir gemachten Beobachtungen vielleicht auch so erklären ließen, daß die Gefühlsempfindungen am Arme so verwischt wären, daß sie Zerstreuungskreise bildeten, während sie an der Fingerspitze sehr bestimmt wären. Auf diese Weise lassen sich meine Experimente nicht erklären. Wenn man die beiden Zirkelspitzen über beide Lippen hinführt, so daß der rote Teil der Lippen und die Mundspalte zwischen ihnen liegt, so ist die Wahrnehmung der Entfernung schon in der Gegend des Mundwinkels ganz bestimmt, und dennoch scheint sich der Abstand der Zirkelspitzen noch sehr zu vergrößern, während sie bis zur Mitte des Mundes fortbewegt werden. Durch die Zerstreuungskreise, die im Auge entstehen, erscheint uns der Gegenstand größer, hier aber scheint uns am Arme der ganze gedrückte Teil der Haut kleiner zu sein als an der Hand. Durch die Zerstreuungskreise kann sich der scheinbare Abstand der Zirkelspitzen nicht verkleinern, sondern nur undeutlicher werden.

Von dem, was ich über den Tastsinn bekannt gemacht habe, läßt sich eine Anwendung auf das Auge machen. So wie der Ortsinn auf der Zungenspitze am feinsten ist und von da auf der Zunge ringsum mehr und mehr abnimmt, ebenso ist er im Auge dort am feinsten, wo die Nervenhaut von der Augenachse geschnitten wird, und nimmt da ringsum nach vorn mehr und mehr ab.

Wenn man an diejenigen Teile der Haut eines Menschen, welche mit einem unvollkommeneren Ortsinne begabt sind, z. B. in der Mitte des Unterarmes oder Oberarmes, das Ende einer quer abgeschnittenen zylindrischen oder vierseitig prismatischen oder dreiseitig prismatischen Blechröhre andrückt, welche 1 Zoll oder 2 Zoll oder sogar 3 Zoll im Durchmesser haben, so nimmt derselbe, wie weiter unten gezeigt werden wird, die Figur des ihn drückenden Randes nicht wahr, sondern glaubt, von einem soliden Körper von unbestimmter Gestalt gedrückt zu werden; dagegen unterscheidet er sie mit der Hand oder Zunge äußerst deutlich. Mit der Zungenspitze nimmt

er sogar die Figur des Querschnittes deutlich wahr, wenn die Blechröhre einen viel kleineren Durchmesser, z. B. von $1^1/_2$ Linie hat. Es ist lange bekannt, daß die Gegenstände, welche sich seitwärts von der Augenachse auf der Retina abbilden, so unvollkommen empfunden werden, daß man sehr seitwärts nicht einmal die ausgespreizten Finger der Hand mehr unterscheiden und zählen kann. *Hueck**), der die Abnahme der Empfindlichkeit der Nervenhaut von ihrem Mittelpunkte aus nach verschiedenen Seiten zu durch Messungen zu bestimmen gesucht hat, was freilich nur sehr unvollkommen geschehen kann, hat gefunden, daß der Durchmesser des kleinsten Bildes auf der Netzhaut, das man noch sehen kann:

[531]	im Zentrum	beträgt	0,0008	Linien
	5° vom Zentrum	»	0,0024	»
	14° » »	»	0,0060	»
	25° » »	»	0,0130	»
	50° » »	»	0,0340	»

so daß es schon 5° vom Zentrum einen dreimal so großen Durchmesser haben muß als im Zentrum. *Volkmann* hat dargetan, daß die Ursache hiervon nicht darin gesucht werden dürfe, daß das Bild seitwärts vom Zentrum sehr unvollkommen sei, und ich muß dieses bestätigen. Auf dem entblößten Augapfel eines so eben getöteten weißen Kaninchens sieht man, daß das durchschimmernde Bild, welches sich seitwärts darstellt, sehr scharf und keineswegs verzerrt oder verwischt ist. Die Ursache der Stumpfheit der Empfindung liegt, wie ich vermute, darin, daß die Enden der Elementarfäden des Sehnerven nur da, wo sich das sogenannte Zentralloch befindet, äußerst dicht nebeneinander liegen, und daß sie desto weitläufiger liegen, je weiter entfernt ein Teil der Retina von der Mitte ist. Durch eine solche Annahme scheint es erklärlich, wie die in den Sehnerven enthaltenen elementaren Nervenfäden ausreichen können, die ganze Retina empfindlich zu machen, und sogar dem mittelsten Teile derselben einen äußerst feinen Ortsinn zu verschaffen. Nach *Volkmanns* Schätzung ist der Querschnitt des Sehnerven ungefähr 50 mal kleiner als die Oberfläche der Nervenhaut, und jeder Nervenfaden muß also im Mittel ein Stück dieser Oberfläche decken, welches 50 mal größer ist als sein eigener Querschnitt. Dieses kann auf dieselbe

---

*) *Hueck*, Von den Grenzen des Sehvermögens in *Müllers* Archiv 1840, S. 94 ff.

Weise geschehen wie in der Haut, indem jeder elementare Nervenfaden, der zu einem von der Mitte entfernten Teile der Retina gelangt, sei es durch Teilung oder auf andere Weise, sich ausbreitet und dadurch einen Empfindungskreis bildet. Diese Empfindungskreise werden in den Teilen der Nervenhaut am größten sein, welche von der Mitte am entferntesten liegen. Ich finde, daß die Vorstellung, die ich mir aus physiologischen Gründen von dem Baue des sogenannten Zentralloches und der übrigen Retina gemacht habe, sehr übereinstimmt mit den mikroskopischen Beobachtungen *Grube*s. *Grube**) untersuchte das Auge eines Menschen, der erst vor wenig Stunden an einer Ruptur der Milz gestorben war. Die Retina adhärierte zu dieser Zeit noch ganz fest am Glaskörper, während sie sich später leicht zu lösen pflegt. Der gelbe Fleck der Retina wurde samt seiner Lage des Glaskörpers unter das Mikroskop gebracht und nicht stark komprimiert, sondern nur mit einem überaus dünnen Glasplättchen bedeckt, das $^1/_4$□″ groß war. Der gelbe Fleck sah nun bei einer 300maligen Vergrößerung wie Chagrin aus, dessen man sich zum Überzuge von Futteralen bedient. Länglich rundliche Körperchen, welche nach der Mitte hin immer kleiner wurden und mit großer Regelmäßigkeit angeordnet waren, setzten hier die Retina zusammen. In der Mitte hatten sie nur etwa $^1/_4$ oder $^1/_5$ von der Größe, die die Markkörperchen außerhalb des gelben Fleckes besaßen. An der Übergangsstelle des gelben Fleckes in die Retina strahlten die Markkügelchen desselben wie die Strahlen eines Sternes aus und lagen in Entfernungen voneinander, die nicht regelmäßig wiederkehrten. Sie wurden [**532**] hier nicht nur größer, sondern auch in ihren Umrissen undeutlicher. Leider hat *Grube* keine mikroskopische Messung gemacht. Bei der Berechnung, inwiefern die Zahl der elementaren Nervenfäden, welche im Sehnerven enthalten sind, ausreichen, um den empfindlichsten Teil der Nervenhaut mit dichtgedrängten Nervenenden zu besetzen, muß man erwägen, daß jener empfindliche Teil nur etwa zwischen $^1/_2$ und $^1/_3$ Linie im Durchmesser hat. Mein Bruder, *Wilhelm Weber*, und ich haben die Größe der empfindlichen Stelle der Retina, auf der man einen so feinen Ortsinn hat, auf folgende Weise bestimmt. Ich finde, wenn ich mit unverwandtem Auge die gedruckte Schrift dieser

---

*) *Grube*, Über den Bau der Macula lutea des menschlichen Auges in *Müller*s Archiv 1840, S. 39 und 40.

Abhandlung*) beschaue, daß ich, wenn ich mein Auge auf einen Buchstaben einer Zeile gerichtet halte und denselben fixiere, nicht imstande bin, die Gestalt der Buchstaben zu gleicher Zeit zu erkennen, die über und unter diesen Buchstaben in der nächst höheren und nächst tieferen Zeile stehen, daß ich aber, wenn ich mein Auge unverwandt auf die Mitte zwischen zwei Zeilen richte, ich die zwei nächsten Buchstaben erkennen kann, die in den beiden Zeilen stehen, zwischen welchen sich der Zwischenraum befindet, auf den ich das Auge richte. In einer und derselben Zeile glaube ich etwa drei nebeneinander stehende Buchstaben auf einmal mit unverwandtem Auge erkennen zu können, höchstens vier. Diese Versuche haben einige Schwierigkeit, weil man fast willkürlich das Auge ein wenig bewegt, um mehr sehen zu können, als bei unverwandtem Auge möglich ist. Um die hieraus entstehende Unsicherheit zu vermeiden, haben wir größere Schrift bei der Beleuchtung des elektrischen Funkens gelesen, und um das Erraten unmöglich zu machen, eine Sprache gewählt, deren Wörter uns unbekannt waren. Da nun die durch die Entladung der Leidener Flasche entstehende Beleuchtung momentan ist, und man also keine Zeit hat, sein Auge zu bewegen, sondern nur das auffassen kann, was sich auf dem empfindlichsten Teile der Nervenhaut abbildet, so kam es nur noch darauf an, ob es nicht hierbei an Zeit fehle, die nur momentan erleuchtete Schrift aufzufassen. Das ist aber nicht der Fall, denn der einmal hervorgebrachte Lichteindruck dauert nach *Plateau* 0,32 bis 0,35 Sekunden, nach *Hueck* $^1/_6$ Sekunde, fort. Aus der Größe der Fläche, auf der die Buchstaben noch erkannt wurden, aus dem Abstande derselben vom Auge und aus dem Abstande des Kreuzungspunktes der Lichtstrahlen von der Retina, der nahe vor dem Mittelpunkte des Auges angenommen wurde, ließ sich der Durchmesser des empfindlichsten Teiles der Retina bestimmen, und so ergab sich, daß er bei mir und bei meinem Bruder zwischen $^1/_2$ und $^1/_3$ Linie beträgt. Wird angenommen, daß nur ein Teil der Nervenhaut, der nur $^1/_3$ bis $^1/_2$ Paris. Linie im Durchmesser hat, mit dünnen Nervenenden dicht besetzt ist, und daß die Nervenenden wieder in diesem Teile nur in der Mitte, da wo das Zentralloch sich befindet, äußerst dicht liegen, so bleiben genug Nervenfäden übrig, um die übrige Nervenhaut mit ihren nach vorn immer größer werdenden Gesichtskreisen zu decken.

*) Anm. d. Herausgebers. Die Größe der Buchstaben und die Abstände der Zeilen sind im Original nahezu dieselben wie im obigen.

Auch *Joh. Müller**) nimmt an, daß eine einzelne elementare Nervenfaser zum Unterscheiden zweier Eindrücke untauglich sei. Der Einwurf, den er sich selbst hiergegen macht, daß ein Druck, den man auf den Stamm [533] des Nervus ulnaris hervorbringt, nicht nur da gefühlt werde, wo die gedrückten Nerven endigen, sondern auch da, wo der Stamm gedrückt wird, scheint mir nichts gegen jene Annahme zu beweisen. Man fühlt durch die in der Gegend des Ellenbogens endigenden Tastnerven (Ästen des Cutaneus internus) den auf jene Region ausgeübten Druck sehr deutlich, und da man bei Nervenschmerzen niemals so genau den Ort, von wo aus sie veranlaßt werden und ihre Begrenzung angeben kann, so glaubt man, sie in dem angegebenen Falle auch da zu fühlen, wo man durch den Tastsinn wahrnimmt, daß die schmerzerregende Ursache auf uns wirkt. Auch in vielen anderen Fällen läßt sich beweisen, daß wir unbestimmtere Empfindungen dahin versetzen, wo wir zugleich eine Empfindung durch die Tastnerven empfangen. So glauben wir, den Ton einer Stimmgabel an dem Zahne zu hören, mit welchem wir den Griff der tönenden Stimmgabel in Berührung bringen. Aber die Bestimmung des Ortes des Schalles durch das Gehörsorgan ist so unvollkommen, daß man eine so feine Bestimmung damit gar nicht machen kann. Hält man, wie ich vor 20 Jahren zuerst gezeigt habe, das eine Ohr mit einem Finger zu, so scheint der Ton, der vorher im Zahne empfunden wurde, nun in dem verschlossenen Ohre zu sein, wahrscheinlich, weil unter diesen Umständen das Trommelfell des verschlossenen Ohres heftig erschüttert wird, welches eine sehr empfindliche Haut ist**). *Volkmann****) dagegen hat sich gegen jene Annahme erklärt. Er glaubt beweisen zu können, daß man auch dann, wenn eine und dieselbe Nervenfaser der Nervenhaut des Auges an zwei Orten Lichteindrücke empfängt, die beiden Empfindungen ihrem Orte nach voneinander unterscheiden könne. Es würden, behauptet er, noch zwei Eindrücke unterschieden, die so nahe nebeneinander auf die Nervenhaut des Auges hervorgebracht

---

*) *Joh. Müller*, Handbuch der Physiologie. 4. Auflage. Bd. I. III. Buch. Absch. 3. S. 594.

**) *E. H. Weber*, De pulsu, resorptione, auditu et tactu. pag. 41, abgedruckt aus dem Programme: Annotationes anatomicae et physiologicae. Prol. VI. d. XIII. mens. Nov. 1829, p. 2.

***) *Volkmann* in *Wagners* Handwörterbuch der Physiologie, Art. Nervenphysiologie. Heft 10, S. 568.

würden, daß sie nur um $^1/_{10000}$ Zoll voneinander entfernt wären. Nun hätten aber die Netzhautelemente einen größeren Durchmesser, und es müsse also eine Faser geeignet sein, mindestens zwei unterscheidbare Eindrücke hervorzubringen. Der kleinste Gesichtswinkel, unter welchem viele Menschen zwei Punkte noch unterscheiden können, beträgt nach *Smith* 40 Sekunden, und daraus berechnet er, daß ein kleinster empfindlicher Punkt der Nervenhaut einen Durchmesser von $^1/_{8000}$ Zoll oder $^1/_{666}$ Linie haben möchte. Nach *Hueck*s*) Messungen verschwindet ein weißer, nicht glänzender Punkt auf schwarzem Felde, wenn der Gesichtswinkel, unter dem er gesehen wird, nur 10 Sekunden beträgt. Aber *Hueck* verwirft selbst, und mit Recht, diese Methode, denn man sieht ja sogar die Fixsterne, die gar keinen scheinbaren Durchmesser haben, und unter ihnen auch solche, welche ein so schwaches Licht haben, daß sie nicht blenden. Wenn *Hueck* einen schwarzen Punkt auf weißem Grunde beobachtete, so verschwand er dem Auge schon, wenn der Gesichtswinkel, unter welchem er gesehen wurde, [**534**] 2 Sekunden betrug. Aber auch durch einen solchen Versuch wird das nicht ermittelt, was man ermitteln will. Auf solche Versuche kann man keinen Schluß über den Durchmesser der kleinsten Nervenfasern der Nervenhaut gründen. Denn warum sollte ein schwarzer Punkt, der so klein ist, daß dessen Bild das Ende eines Nervenfadens nicht ganz deckt, nicht empfunden werden, wenn nur der Eindruck stark genug ist. Wird der nämliche Nervenfaden zugleich noch von weißem Lichte getroffen, so wird der Punkt etwas blasser erscheinen, aber es ist sehr wohl möglich, daß er im Vergleiche zu der helleren Erleuchtung der benachbarten Nervenfäden doch wahrnehmbar ist. Auf der Haut wird überall eine leise Berührung mit einer Nadelspitze gefühlt, aber zwei gleichzeitige Berührungen, die die Haut des Rückens in einer Entfernung von 1 oder 2 Zoll voneinander treffen, wird nur als eine einzige Berührung wahrgenommen. Es fragt sich, ob etwas Ähnliches auch auf der Nervenhaut beobachtet werde. Man muß also bei der von *Smith* angewendeten Methode stehen bleiben. Als *Hueck* diese anwandte, und zwei schwarze Punkte auf weißem Grunde

*) *Hueck* in *Müller*s Archiv 1840, S. 86, 87. Die berechneten Größen der Netzhautbildchen stimmen bei *Hueck* so wenig untereinander zusammen, daß mehrere Druckfehler oder Schreibfehler angenommen werden müssen. Aus diesem Grunde habe ich sie nicht zitiert, sondern mich nur auf den Gesichtswinkel beschränkt.

beobachtete, fand er, daß sie zu einem Punkte verschmolzen, wenn der Sehwinkel (des Zwischenraumes oder beider Punkte und des Zwischenraumes zusammengenommen?) 64 Sekunden betrug. Hiernach würde also der kleinste Gesichtswinkel, unter welchem zwei Punkte noch unterschieden wurden, um mehr als $^1/_3$ größer sein als nach *Smith*, wo dieser Winkel 40 Sekunden betrug. *Volkmann* hat nicht zwei Punkte, sondern zwei parallele Linien genommen und sie noch als zwei unterschieden, wenn ihre Bilder auf der Retina nur um 0,00014″ (d. h. um $^1/_{7142}$ Zoll oder um $^1/_{559}$ Linie) voneinander abstanden. *Valentin**) vermochte sogar zwei Linien noch zu unterscheiden, wenn deren Bilder auf der Retina nur um 0,00009″ (d. h. $^1/_{11000}$ Zoll oder nahe $^1/_{1000}$ Linie) voneinander abstanden. Aber ich halte es nicht für gleichgültig, ob man sein Auge auf Punkte oder auf Linien richtet, und kann auch mit dem Schlusse *Volkmanns* nicht übereinstimmen, daß die Enden der Fäden des Sehnerven zu grob wären, um eine solche Unterscheidung möglich zu machen. *Volkmann* sagt: wenn man zwei Spinnwebfäden über einen kleinen Rahmen nebeneinander aufzieht, und in die Entfernung vom Auge bringt, in welcher die Duplizität der Fäden eben noch erkennbar ist, so erkennt man sie als zwei Fäden, man mag den Rahmen drehen oder verschieben, wie man will. Gesetzt also, die beiden Parallellinien hätten bei einer bestimmten Stellung zum Auge wirklich ihr Bild auf lauter differenten Fasern darstellen können, so würde das doch nicht bei jeder Lage der Linien möglich sein, denn es ließe sich keine Anordnung der Nervenenden denken, bei welcher gerade Parallellinien, deren Distanz geringer ist als der Durchmesser dieser Enden, in jeder beliebigen Lage auf differente Enden fiele. Vielmehr müßten die Bilder solcher Linien beim Hin- und Herschieben unfehlbar wieder über eine und dieselbe Nervenfaser weggehen, womit in der Empfindung an jedem solchen Punkte statt zweier Linien eine gegeben wäre. Wir würden also eine Figur erhalten, in welcher zwei Linien abwechselnd in eine zusammen flössen und dann wiederum sich trennten. Da dies nicht der Fall sei, so müsse dieselbe Nervenfaser zur Apperzeption zweier diskreter Empfindungen geeignet sein. Es leide [**535**] nach dem Gesagten schwerlich einen Zweifel, daß derselbe Elementarfaden nicht bloß zwei, sondern sogar zehn und mehr differente Punkte

---

*) *Valentin*, Lehrbuch der Physiologie. Bd. II, S. 428.

zur Wahrnehmung zu bringen imstande sei.« Ich kann, wie gesagt, die Bedenken nicht teilen. Ich fand, daß im Stamme des Sehnerven des Menschen, 18 Stunden nach dem Tode, viele nicht variköse Elementarfäden, die ich maß, 0,0007 bis 0,001 Paris. Linie = $^1/_{1428}$ bis $^1/_{1000}$ Linie im Durchmesser hatten, d. h. in Zollen ausgedrückt $^1/_{17000}$ bis $^1/_{12000}$ Paris. Zoll. Die Enden dieser Fäden habe ich freilich nicht beobachtet, und man weiß überhaupt noch nichts Gewisses von ihnen und dürfte natürlich nicht die Enden im Seitenteile der Nervenhaut aufsuchen, sondern müßte sie im sogenannten Zentralloche messen. So viel ist gewiß, daß der von mir über den Ortsinn auf der Nervenhaut gegebenen Darstellung keine Tatsache im Wege steht*). Ich muß daher an der von mir gegebenen Erklärung über den Nutzen, welchen das von *Fontana* entdeckte Verhalten der elementaren Nervenfäden hat, auch noch jetzt festhalten.

Bekanntlich verbreiten sich die Tastnerven in unserem Körper so, daß sie die mittlere Ebene, wodurch er in eine rechte und linke Hälfte geteilt wird, nicht überschreiten. Dieser interessante Satz wird nicht nur durch anatomische

---

*) Daß der Teil der Nervenhaut, der mit einem scharfen Ortsinne versehen ist, nur $^1/_3$ bis $^1/_2$ Linie im Durchmesser hat, und auch von diesem wieder nur der mittelste Teil die größte Schärfe hat, ist sehr wichtig. Diese Einrichtung erleichtert es uns, die Augen so zu stellen, daß sich die verlängerten Augenachsen in dem sichtbaren Körper schneiden, weil wir die Augen unwillkürlich so stellen, daß sich der Körper, den wir sehen wollen, auf dem empfindlichen Teile der Nervenhaut abbilde. Ist daher in dem einen Auge die Empfindlichkeit des mittelsten Teiles abgestumpft, und ein benachbarter Teil der Nervenhaut empfindlicher als er, so kann hierdurch das Schielen veranlaßt werden. Professor *Ritterich* in Leipzig hat solche Fälle beobachtet. Jene Einrichtung befördert aber auch die mittelbare Beherrschung der Aufmerksamkeit. Welche Anstrengung würde die unmittelbare Beherrschung derselben erfordern, wenn wir alle im Auge sich abbildenden Gegenstände in gleichem Grade scharf sähen. Ferner wird durch jene Einrichtung die Messung erleichtert, die wir durch die Bewegung der Augen ausführen. Auf der anderen Seite werden wir aber durch diese Einrichtung verhindert, viele Gegenstände mit einem Blicke, mit unbewegtem Auge, aufzufassen. Sollte vielleicht das merkwürdige Vermögen des Rechners *Dase*, die Zahl vieler nebeneinander befindlicher Dinge schnell zu bestimmen, darauf beruhen, daß der empfindliche Teil der Nervenhaut bei ihm größer ist als bei anderen? Eine solche Anlage könnte ihn wohl zu frühzeitigen Übungen in seiner Kunst und im Rechnen veranlaßt haben.

Untersuchungen, sondern auch durch physiologische Beobachtungen, namentlich bei der halbseitigen Lähmung, bestätigt, denn die Lähmung überschreitet bei nicht komplizierten Fällen die Grenze zwischen der rechten und linken Körperhälfte nicht; da nun also die Nerven von zwei nahe nebeneinander an der Mittellinie liegenden Teilchen der Haut einen ganz verschiedenen Weg nehmen und sich weit voneinander entfernen, so sollte man meinen, die Berührung von zwei solchen Teilchen würde immer zwei sehr unterscheidbare Empfindungen hervorrufen. Das ist aber nicht der Fall. Dieses Resultat scheint zu beweisen, daß es bei der örtlichen Unterscheidung der Empfindungen nur auf den Abstand der Enden der Nerven auf der Haut und im Gehirne, nicht aber auf den Abstand ankomme, in welchem sich die Stämme der Nervenfäden beider Seiten voneinander befinden, welche die peripherischen und zentralen Enden miteinander verbinden.

Man könnte glauben, die Feinheit und Schärfe des Ortsinnes, wodurch sich manche Teile der Haut vor anderen auszeichnen, hinge zum Teil mit [536] davon ab, ob wir uns durch unser Auge eine genaue Kenntnis über den Abstand der verschiedenen Teile der Haut voneinander verschafft hätten oder nicht. Die Erfahrung lehrt aber, daß das nicht der Fall ist. Wäre es der Fall, so würden die Teile der Haut, die wir niemals zu sehen bekommen, mit einem weniger feinen Ortsinne begabt sein, als die, welche wir mit unseren Augen beobachten können. Das ist aber keineswegs so.

Feinheit des Ortsinnes am Kopfe.

Am Kopfe ist der Teil, der mit dem feinsten Tastsinne ausgerüstet ist, die Zungenspitze. Auf sie folgt der Teil der Lippen, der die Grenze zwischen der roten und nicht roten Oberfläche derselben bildet, hier ist der Tastsinn beinahe noch feiner als an den Fingerspitzen. Hierauf kommt die Nasenspitze, dann folgen die Augenlieder, hernach der Oberaugenhöhlenrand in der Nähe der Glabella und die Glabella selbst. Am unempfindlichsten im Gesichte ist der Teil der Haut, der dicht vor dem Ohre und auf dem Aste der Kinnlade liegt. Viele Teile der Haut am Kopfe besitzen daher einen sehr feinen Tastsinn, und kein Teil ist daselbst mit einem so stumpfen Tastsinne versehen, als irgend ein Teil der Haut am Rumpfe, und viele Teile der Haut an den Armen und Beinen. Man

muß daher den Kopf für den Teil unseres Körpers erklären, an welchem der Tastsinn vorzüglich fein ist.

Am Kopfe hat der mit den Haupthaaren bewachsene Teil der Haut keineswegs einen feineren, sondern eher einen stumpferen Tastsinn als der nicht behaarte Teil, z. B. die Stirn. Die Haarbälge der Kopfhaare, welche in so großer Zahl daselbst vorhanden und so nervenreich sind, sind also nicht für Tastorgane zu halten, welche durch den Druck affiziert werden, wohl aber sind sie, wie später gezeigt werden soll, sehr feine Tastorgane für die Empfindung des Zuges. Mit den Tasthaaren der Tiere, die viel steifer, willkürlich beweglich und in besondere Kapseln eingepflanzt sind, mag es sich in dieser Hinsicht anders verhalten.

Gehen wir nach dieser Übersicht noch etwas mehr ins einzelne*): Es ist sehr vorteilhaft, daß wir in der Mundhöhle mittels der Zunge so fein tasten, und daß auch die zur Zermalmung dienenden Zähne mit dem Tastsinne versehen sind. Der Zermalmung nicht fähige Teilchen werden wohl unterschieden, und die noch nicht gekauten Speisen können daher zwischen die Kauflächen der Zähne gebracht werden. Der schärfste Ortsinn, wodurch sich die Zungenspitze vor allen Teilen des Körpers auszeichnet, ist auf einen sehr kleinen Raum beschränkt, der nur einen Durchmesser von 2 bis 3 Linien hat. Die untere Oberfläche der Zunge hat einen weniger feinen Tastsinn als der Rücken. Auf dem Rücken der Zunge nimmt die [537] Feinheit des Tastsinnes desto mehr ab, je entfernter die Teile der Zunge von der Spitze sind. Der vordere Teil des Zahnfleisches hat ein sehr stumpfes Gefühl, feiner ist es am hinteren Teile des Zahnfleisches der oberen Kinnlade und am harten Gaumen. Am weichen Gaumen wird der Tastsinn sogar wieder feiner als am harten Gaumen. Die Zähne wirken wie

---

*) Die Vergleichung der verschiedenen Teile der Haut, hinsichtlich der Feinheit ihres Ortsinnes, ist deswegen von Interesse, weil es sich der Mühe verlohnt, die Frage zu beantworten, ob das Vermögen, Druck- und Temperaturgrade fein zu unterscheiden, ebenso verteilt ist als der Ortsinn. Ich bemerke hier im voraus, daß das erstere Vermögen viel gleichmäßiger in der ganzen Haut existiert, als der Ortsinn. Hieraus darf man vermuten, daß zwar die Zahl der empfindlichen Teile in gleich großen Oberflächen der Haut in den verschiedenen Gegenden nicht sehr verschieden sei, daß aber die Zahl der elementaren Nervenfäden, die diesen Teilen die Empfindlichkeit verschaffen, in verschiedenen Teilen der Haut sehr verschieden sei.

Sonden und haben einen ziemlich feinen Tastsinn, nur ist hier ein starker Druck nötig, der auf die empfindliche Haut zu wirken scheint, welche die Zahnzelle austapeziert. Ihr Tastsinn übertrifft den des Zahnfleisches sehr, die Schleimhaut der Backen hat einen viel stumpferen Tastsinn als die äußere Haut derselben. Die Lippen haben gleichfalls an ihrer inneren Oberfläche einen außerordentlich viel stumpferen Tastsinn als an der äußeren Oberfläche. Am feinsten ist er an der Grenze, wo der rote Teil derselben in den nicht roten Teil übergeht. Nach dieser Grenze hin nimmt die Feinheit des Tastsinnes zu, die in der Nähe des Zahnfleisches am stumpfsten ist. Der Tastsinn der äußeren Oberfläche der Oberlippe und Unterlippe ist feiner nach der Mittellinie zu. Den Lippen zunächst kommt die Nasenspitze, die einen feineren Ortsinn hat, als der Rücken der Nase und die Nasenflügel, und nach der Nasenspitze zunächst sind die Augenlider zu nennen, die in der Nähe des äußeren Augenwinkels etwas feiner fühlen als am inneren. Am äußeren Augenwinkel erstreckt sich das feine Gefühl sogar auf den Teil der Haut, der die Verbindung des Jochbeines und Stirnbeines überzieht. Auch die Gegend der Haut am Oberaugenhöhlenrande, welche den Corrugator supercilii deckt, hat noch ein ziemlich feines Gefühl. Auf diese Teile folgt die sogenannte Glabella, d. h. die Übergangsstelle vom Nasenrücken zur Stirn und die Stirn selbst, denn auf der Stirn nimmt die Feinheit des Ortsinnes nach oben und den Schläfen zu ab. Ein Teil der Backen, der den Lippen nicht nahe ist, steht ungefähr auf gleicher Stufe der Empfindlichkeit. Die Gegend des Gesichtes vor dem Ohre und die Haut, die den Ast des Unterkiefers überzieht, hat eine geringere Empfindlichkeit, dagegen hat die Mitte des Kinnes und die nächste Region der Haut unter dem Kinne eine größere Empfindlichkeit als die Haut der Stirn, die Empfindlichkeit nimmt aber nach dem Halse zu sehr ab und ist am Halse viel geringer. Das äußere Ohr gehört, was den Ortsinn betrifft, zu den unempfindlicheren Teilen am Kopfe. Die Haut im Inneren der Nase ist aber als Tastorgan noch unempfindlicher.

Ortsinn an den Armen und Beinen.

Hier ist der schärfste Ortsinn auf der Volarseite der Hände, die die Rückenseite derselben dadurch beträchtlich und auch die Plantarseite der Füße in nicht unbeträchtlichem Grade

übertrifft. In der Hohlhand sind es wieder die Fingerspitzen oder überhaupt die letzten Glieder der Finger, welche den allerfeinsten Ortsinn besitzen, der fast dem der Lippen gleich kommt. Schon an dem zweiten Gliede der Finger nimmt diese Feinheit ab und noch mehr an dem ersten Gliede, wo sie aber an dem nach dem Metakarpus hingerichteten Ende größer ist, als an dem nach dem zweiten Gliede hingekehrten Ende. An dem Metakarpusknochen des Daumens ist die Schärfe des Gefühls ein wenig größer als am Metakarpusknochen des kleinen Fingers. Die Empfindlichkeit an der Volarseite des zweiten Gliedes eines Fingers verhält sich zu der Empfindlichkeit desselben auf der Rückenseite wie 5 zu 2, und an den Metakarpusknochen verhalten sich [538] beide Seiten wie 14 zu 5. Am unempfindlichsten ist die Haut ungefähr in der Mitte des Oberarmes. Öffnet man den Zirkel 16 bis 18 Linien weit und berührt mit den Enden die Haut an der Schulter, am Acromion oder über dem Ellenbogen, d. h. über dem Olecranon, so unterscheidet man, ob die Enden des Zirkels der Länge nach oder quer liegen, und man fühlt zugleich zwei Berührungen. Aber an dem größten Teile des Oberarmes und an einem kleinen Teile des Unterarmes nimmt man nur eine einzige Berührung wahr und kann nicht über die Lage der Enden des Zirkels urteilen; um dahin zu gelangen, muß man den Zirkel $2^1/_2$ bis 3 Zoll weit öffnen. Die Haut am Oberarme ist also im allgemeinen etwas unempfindlicher als die Haut am Unterarme, und diese ist wieder unempfindlicher als die der Hand. Aber die Empfindlichkeit vermindert sich von der Hand bis zur Schulter nicht gleichmäßig, sondern am Handgelenke und Ellenbogengelenke ist sie etwas größer als an den dazwischen gelegenen Teilen.

Ebenso verhält es sich am Beine, nur sind die Füße und Zehen auf der Fußsohle unempfindlicher als die Hand und die Finger auf ihrer Volarfläche. Übrigens ist schon oben erwähnt worden, daß an den meisten Teilen der Arme und Beine die Enden des Zirkels deutlicher und schon bei geringerer Entfernung empfunden werden, wenn sie eine quere Lage gegen das Glied haben, als wenn sie dasselbe der Länge nach berühren.

Ortsinn in der Haut des Rumpfes.

Am Rumpfe ist der Ortsinn am wenigsten ausgebildet. Es gibt daselbst, wie schon oben erwähnt worden ist, keinen Teil,

der einen so feinen Ortsinn hätte als irgend ein Teil der Haut am Kopfe oder als irgend ein Teil der Haut der Hand oder des Fußes. Sogar an der Brustwarze, welche in anderer Hinsicht sehr empfindlich ist und durch mehrmalige Berührung in Erektion gerät, ist der Tastsinn sehr stumpf, so daß man hier recht deutlich sieht, wie sehr die Fähigkeit, ein lebhaftes Gemeingefühl zu äußern, von der Feinheit des Tastsinnes zu unterscheiden sei.

Der Ortsinn in der Haut des Rumpfes ist an den beiden Enden des Rumpfes am feinsten, am obersten Teile des Halses und am After, und es nimmt die Feinheit desselben gegen die Mitte des Rückens hin ab. Vorn scheint sie am unteren Ende des Halses etwas geringer zu sein, als am oberen Teile der Brust, auch am Nabel und am Schambeine scheint sie etwas größer zu sein, als an den dazwischen liegenden Regionen.

An der Seite des Rumpfes wechseln Gegenden miteinander ab, wo die berührenden Zirkelspitzen deutlicher empfunden werden, bald wenn sie in der Längenrichtung, bald wenn sie in querer Richtung liegen. Es scheint aber noch nicht ausgemacht, daß bei verschiedenen Menschen die Versuche, die an entsprechenden Teilen der Haut gemacht werden, dasselbe Resultat geben *).

---

*) Meine Beobachtungen über die Feinheit des Tastsinnes an verschiedenen Teilen der Haut sind zuerst von *Allen Thomson* (in Edinburgh Med. and Surg. Journal No. 116) bestätigt worden. Er sagt: »Ich bemerke, daß ich eine ansehnliche Zahl von Experimenten zur Vergleichung der Sensibilität in verschiedenen Teilen der Haut, an meiner eigenen Person und an anderen angestellt und sehr nahe dieselben Resultate erhalten habe. Die Feinheit des Tastsinnes im ganzen scheint bei verschiedenen Individuen mehr oder weniger verschieden zu sein, aber hinsichtlich der relativen Feinheit desselben an verschiedenen Gegenden des Körpers habe ich keine besonderen Abweichungen von den vom Professor *Weber* bekannt gemachten Resultaten gefunden.« *Valentin* (Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Braunschweig 1844, Bd. II, S. 565), der gemeinschaftlich mit *Theile*, *Gerber*, *Neuhaus* und *Bühlmann* meine Experimente wiederholt hat, sagt: »Vergleicht man dieselben Hautstellen bei verschiedenen Personen untereinander, so wird man finden, daß die geringsten notwendigen Abstände oft um das Vierfache und selbst noch mehr, an einzelnen, besonders nicht sehr fein fühlenden Partien variieren. Dagegen bleiben die relativen Verhältnisse der einzelnen Hauptpartien zueinander beständiger oder unterscheiden sich nur durch untergeordnete Abweichungen, so daß z. B. die Zungenspitze in allen bisher geprüften Fällen ungefähr 50 bis 60mal so fein als die Mitte der Haut des Rückens tastet.«

[539] In folgender Zusammenstellung habe ich die Entfernung der Zirkelspitzen in Pariser Linien angegeben oder auch durch Striche bildlich dargestellt, welche erforderlich ist, damit ich von den mich berührenden Zirkelspitzen zwei Berührungen fühle oder wenigstens anzugeben imstande bin, ob die Zirkelspitzen in der Längenrichtung meines Körpers oder in querer Richtung liegen.

	Par.	Lin.
An der Zungenspitze	½	–
An der Volarseite des letzten Fingergliedes	1	—
Am roten Teile der Lippen	2	—
An der Volarseite des zweiten Fingergliedes	2	—
An der Dorsalseite des dritten Gliedes der Finger	3	—
An der Nasenspitze	3	—
An der Volarseite der Capitula ossium metacarpi	3	—
Auf der Mittellinie des Zungenrückens 1 Zoll weit von der Spitze	4	—
Am Rande der Zunge, 1 Zoll weit von der Spitze	4	—
Am nicht roten Teile der Lippen	4	—
Am Metakarpus des Daumens	4	—
An der Plantarseite des letzten Gliedes der großen Zehe	5	—
Auf der Rückenseite des zweiten Gliedes der Finger	5	—
An den Backen	5	—
An der äußeren Oberfläche des Augenlids	5	—
An der Mitte des harten Gaumens	6	—
An der Haut auf dem vorderen Teile des Jochbeines	7	—
An der Plantarseite des Mittelfußknochens der großen Zehe	7	—
An der Rückenseite des ersten Gliedes der Finger	7	—
Auf der Rückenseite der Capitula ossium metacarpi	8	—
An der inneren Oberfläche der Lippen nahe am Zahnfleische	9	—
An der Haut auf dem hinteren Teile des Jochbeines	10	—
Am unteren Teile der Stirn	10	—
Am hinteren Teile der Ferse	10	—
Am behaarten unteren Teile des Hinterhauptes	12	—
Auf dem Rücken der Hand	14	—
Am Halse unter der Kinnlade	15	—

	Par.	Lin.
Auf dem Scheitel	15	
[540] An der Kniescheibe und in ihrer Umgegend .	16	
Auf d. Kreuzbeine	18	
Auf dem Glutaeus	18	
Am oberen und unteren Teile des Unterarmes.	18	
Am oberen und unteren Teile des Unterschenkels . .	18	
Auf d. Rücken des Fußes in der Nähe der Zehen. . . .	18	
Auf dem Brustbeine	20	
Am Rückgrate, am Nacken unter d. Hinterhaupte . .	24	
Am Rückgrate, in der Gegend der 5 oberen Brustwirbel .	24	
Am Rückgrate in d. Lenden- und unteren Brustgegend.	24	
Am Rückgrate an der Mitte des Halses .	30	
Am Rückgrate an der Mitte des Rückens.	30	
Auf der Mitte d. Oberarmes u. Oberschenkels	30	

Wahrnehmung der Figur eines uns berührenden Körpers ohne Bewegung der Glieder.

Wir können uns aber auf eine doppelte Weise über die Gestalt eines Körpers oder über den Abstand zweier Körper unterrichten, erstens ohne daß wir unsere Glieder bewegen, und zweitens indem wir sie bewegen. Wenn man das Ende und also den Querschnitt einer zylindrischen oder dreiseitig prismatischen oder vierseitig prismatischen Blechröhre an unsere Haut andrückt, ohne daß wir es sehen können, so entsteht auf der Haut ein Druckbild derselben, und wir nehmen, wenn der Durchmesser groß genug ist, die Gestalt derselben wahr. Wendet man zylindrische Röhren von verschiedenem Durchmesser an, so findet man, daß das Ende der Röhren als ein solider Körper von unbestimmter Gestalt gefühlt wird, wenn es nicht einen Durchmesser hat, der etwas größer ist als der Abstand der Enden des Zirkels, den ich in der mitgeteilten Tabelle bei den verschiedenen Teilen des Körpers als denjenigen angezeigt habe, wo man zwei Eindrücke unterscheidet. Die Figur eines Kreises und eines davon eingeschlossenen Raumes empfand ich, wenn die Röhre $1^1/_2$ Par. Linie im Durchmesser hatte, nur mit der Zungenspitze, nicht mit der Lippe und Fingerspitze; wenn die Röhre 2 Linien im Durchmesser hatte, nur mit dem mittleren Teile der Oberlippe und dunkler mit den Fingerspitzen, aber nicht an dem Gelenkteile des letzten Gliedes oder am zweiten Gliede. Um die Figur da zu empfinden, war ein Durchmesser von 4 Linien nötig, und dieser wurde selbst nicht auf dem ersten Gliede empfunden, denn hier [**541**] war ein Durchmesser von 5 Linien erforderlich, am Metakarpus des Daumens bedurfte es eines Durchmessers von 6 bis $6^1/_2$ Linien, am Bauche dagegen war eine Röhre, die $3^3/_4$ Zoll im Durchmesser hatte, nötig, um die Figur wahrzunehmen, und auf dem Rücken war ein noch größerer Durchmesser nötig. Wir sind nur dadurch fähig, eine runde oder dreieckige oder viereckige Figur zu unterscheiden, ohne daß wir die Tastorgane bewegen, daß wir schon eine Kenntnis der Lage der berührten Hautteilchen besitzen. Unstreitig haben wir diese Kenntnis ursprünglich nicht besessen, sondern sie dadurch erlangt, daß Körper sich längs unserer Haut bewegen und dabei in bestimmten Reihen von fühlenden Punkten sukzessiv Empfindungen erregt haben. Sehr wichtig, um einerseits die Lage der fühlenden Punkte unserer Haut kennen zu

lernen, andererseits durch Empfindung auf die Vorstellung von der Bewegung geleitet zu werden, ist es, daß unser Tastorgan eine so große empfindende Oberfläche hat und so beweglich ist, daß ein Teil den anderen berühren kann, wobei wir jeden von den einander berührenden Teilen mittels des anderen empfinden. Wenn wir die Fingerspitze der einen Hand auf der Volarfläche der anderen Hand bewegen, so bekommt die Fingerspitze an den nämlichen empfindenden Teilen viele aufeinander folgende Stöße von den Unebenheiten der anderen Hand, während zu gleicher Zeit andere und andere nebeneinander liegende Teile der anderen Hand sukzessiv einen Eindruck von der Fingerspitze bekommen. Wir beschreiben mit der Fingerspitze eine Bahn auf der fühlenden Oberfläche der anderen Hand, die wir daher mittels der anderen Hand unterscheiden und wahrnehmen lernen und dadurch wieder umgekehrt lernen, welche Anstrengung wir machen müssen, um die Fingerspitze in bestimmten Richtungen und Krümmungen zu bewegen.

Wahrnehmung der Gestalt und des Abstandes der Körper durch die absichtliche Bewegung der Glieder.

Haben wir gelernt, unsere Glieder unserer Absicht gemäß in bestimmten Richtungen und Krümmungen zu bewegen, so haben wir ein neues Mittel gewonnen, um uns über die Gestalt und den Abstand der Körper zu unterrichten. Wir kommen nach und nach dahin, durch das Gefühl von der Anstrengung derjenigen Muskeln, welche nötig sind, um ein Glied in eine gewisse Lage zu bringen oder dasselbe darin zu erhalten, uns der Lage unserer Glieder immerfort bewußt zu sein. Hält man z. B. die Hände auf den Rücken, wo man sie nicht sieht, und läßt sie von einem anderen in Lagen bringen, wobei sie sich einander nicht berühren, so kann man doch in jedem Momente die Lage derselben angeben. Ist man aber fähig, die Glieder nach Absicht und mit Bewußtsein zu bewegen, so kann man sich durch die Bewegung, die man machen muß, um mit den Händen die widerstandleistenden Körper zu umgehen, eine Vorstellung von der Gestalt und Größe der Körper verschaffen. Wenn man mit einem Finger der einen Hand die obere, mit dem der anderen die untere Oberfläche einer Tischplatte berührt, so ist man imstande, bei verschlossenen Augen anzugeben, wie dick die Platte sei. Es ist überhaupt kaum zu glauben,

wieviel bei der Wahrnehmung der Form der Körper und der Form ihrer Oberfläche im Kleinen (der Rauhigkeit oder Glätte), ferner bei der Wahrnehmung der Härte und Weichheit und des Abstandes der Körper voneinander von der absichtlichen Bewegung unserer Glieder abhängt. [**542**] Man verschließe die Augen, lasse die Hand wohlunterstützt ruhen. Wenn nun ein anderer Glas, Metall, Papier, Leder und andere Körper mit den Fingerspitzen in Berührung bringt und an denselben vorbeibewegt, so verwechselt man Körper miteinander, die man sogleich unterscheidet, wenn man die Hand bewegt. Eine ebene Glasplatte, welche erst schwach, dann stärker und hierauf wieder schwächer an die Fingerspitze angedrückt wird, scheint uns eine konvexe Oberfläche zu haben, wird sie aber erst stark, dann schwächer und hierauf wieder stärker an unsere Fingerspitze angedrückt, so scheint sie uns eine konkave Oberfläche zu haben. Es ist interessant, daß wir, wenn von jemand an einem Bündelchen unserer Haare leise gezogen wird, sehr genau die Richtung angeben können, in welcher gezogen wird, daß wir aber nicht bei verschlossenen Augen sagen können, welche Richtung eine Stricknadel hat, die gegen die Haut eines festliegenden Teiles unseres Körpers gedrückt wird, ob sie einen rechten Winkel, oder welchen anderen Winkel sie mit der Oberfläche unseres Körpers bildet. Eine genauere Erörterung, die ich hierüber angestellt habe, lehrt, daß wir die Richtung, in welcher an unseren Haaren gezogen wird, nicht unmittelbar empfinden, sondern daß wir der Bewegung, in welche unser Kopf und die Haut unseres Kopfes durch das Ziehen an den Haaren versetzt zu werden anfängt, durch unsere Muskeln Widerstand leisten, und aus Erfahrung wissen, in welcher Richtung wir unseren Kopf oder die Haut an demselben bewegen, um jener Bewegung Widerstand zu leisten. Von der Richtigkeit dieser Erklärung überzeugt man sich durch folgende Experimente. Jenes Vermögen, die Richtung zu bestimmen, in welcher an den Haaren gezogen wird, wird nämlich sehr beschränkt, wenn zugleich unser Kopf von einem anderen festgehalten wird, und hört ganz auf, wenn außerdem die Verschiebung der Haut gehindert wird, während man an den Haaren zieht, z. B. indem man die Haut vor den Haaren, an welchen gezogen wird, und hinter ihnen an den Kopf mit einem Finger andrückt, denn unter diesen Umständen wird weder unserem Kopfe, noch der Haut eine Bewegung durch das Ziehen an den Haaren mitgeteilt, und wir haben daher auch keine

Gelegenheit, einer uns mitgeteilten Bewegung Widerstand zu leisten. Wenn man zwei von den vier kleineren Fingern einer Hand in eine solche Lage bringt, daß sie sich kreuzen, und daß ein Gegenstand, den wir mit diesen Fingern gleichzeitig berühren, mit denjenigen Rändern derselben in Berührung kommt, welche bei der gewöhnlichen Lage dieser Finger voneinander abgekehrt sind, so glaubt man, den Gegenstand doppelt zu fühlen und also z. B. zwei Kugeln zu unterscheiden, die man mittels jener Finger hin- und herrollt, und zwei Nasenspitzen und zwei Tischkanten zu empfinden. Bei der Erklärung dieses merkwürdigen Phänomens ist folgendes in Betracht zu ziehen. Wir empfinden mit zwei Teilen unseres Tastorganes stets doppelt, und niemals verschmelzen die beiden Empfindungen, die wir durch sie erhalten, zu einer, wohl aber können wir zu dem Schlusse veranlaßt werden, daß die beiden Empfindungen, die wir erhalten, durch zwei Oberflächen eines und desselben Körpers verursacht werden, z. B. wenn wir einen Würfel zwischen zwei Fingern halten. Ist die eine Oberfläche glatt, die andere rauh, oder ist die eine Oberfläche warm, die andere kalt, so verschmelzen diese Empfindungen nicht, auch glauben wir keineswegs, dieselbe Oberfläche des Würfels zu berühren. Wir nehmen an, daß die vier Empfindungen, die wir haben, wenn wir mit vier Fingern die Kante eines Tisches berühren, von demselben Flächenwinkel herrühren, da wir aus der [**543**] Stellung unserer Fingerspitzen wissen, daß die Orte dieser vierfachen Berührung in einer Linie liegen; wir nehmen ferner an, daß wir denselben Bleistift zwischen unseren Fingern haben, wenn wir wissen, daß der Bleistift den Zwischenraum zwischen unseren zwei Fingern ausfüllt, und daß wir ihn mit dem einen Finger gegen den anderen drücken, und also, wenn wir die Ursache der beiden Empfindungen in einem und demselben Raume annehmen. Dieses ist uns unmöglich, wenn diejenigen beiden Ränder zweier Finger denselben Gegenstand berühren, welche nur mit einiger Gewalt in eine solche Lage gebracht werden können, daß sie denselben Gegenstand berühren, und in der natürlichen Lage voneinander abgekehrt sind, und dann also denselben Gegenstand nicht berühren können. Die Richtigkeit der angeführten Bedingung sieht man daraus, daß man mit dem Daumen und kleinen Finger die berührten Dinge nicht doppelt zu fühlen glaubt. Der Daumen und der kleine Finger können nämlich, weil sie sehr beweglich sind, leicht und ohne Gewalt durch ihre Muskeln in eine solche Lage

gebracht werden, daß die sonst voneinander abgewendeten Ränder derselben denselben Gegenstand berühren; indem man daher bei dem Urteile, das man sich bildet, die Bewegung dieser zwei Finger in Rechnung bringt, nimmt man wahr, daß es derselbe Körper ist, auf den sie gerichtet werden.

II. Drucksinn.

Nehmen wir mittels des durch die eigene absichtliche Bewegung unterstützten Ortsinnes der Haut die räumlichen Verhältnisse der Körper, ihre Gestalt, Größe, ihren Abstand, ihre Rauhigkeit und Glätte, endlich ihre Härte und Weichheit wahr, so erkennen wir durch den Drucksinn der Haut, zumal wenn er durch die eigene absichtliche Bewegung unterstützt wird, unsere eigene bewegende Kraft und die uns Widerstand leistenden Kräfte der Körper. Viele räumliche Verhältnisse erkennen wir auch vorzugsweise, und zwar noch viel vollkommener, mit dem Auge; die Empfindung der Wirkung unserer eigenen Kraft und der Kraft anderer Körper aber verdanken wir nur dem Tastsinne, der daher eigentlich als der Kraftsinn betrachtet werden kann. Um wieviel weniger anschaulich würden unsere Vorstellungen von der Kraft sein, wenn wir den Druck nicht empfänden, diesen Kampf der Kräfte, in welchem sie sich einander das Gleichgewicht halten und daher keine Bewegung hervorbringen, aber doch empfunden werden. Die Kräfte äußern nämlich ihre Wirkung auf eine doppelte Weise, durch Hervorbringung von Bewegung und durch Aufhebung von Bewegung, welche letztere Druck oder Spannung erzeugt. Die entstehenden Bewegungen können wir auch durch den Gesichtsinn erkennen und daher auch durch ihn auf die Vorstellung von der Kraft geführt werden, aber wir empfinden die Bewegung nicht unmittelbar, sondern stellen sie uns nur vor. Dagegen empfinden wir den Druck und seine verschiedenen Grade unmittelbar. Was uns nun aber für die Bildung des Begriffes von Kraft vorzüglich zu statten kommt, ist dieses, daß wir durch die größere oder geringere Anstrengung unseres Willens selbst Druck in einem verschiedenen Grade hervorbringen und einen Teil der Tastorgane an den anderen andrücken können. Während wir auf der einen Seite uns unseres Wollens und des Grades der Anstrengung dabei bewußt sind, empfinden wir auf der anderen Seite die Wirkung unseres Wollens, den Druck und [544] Gegendruck in den gegeneinander

gedrückten Organen unseres Tastsinnes. Wo haben wir in einem anderen unserer Sinnesorgane ein ähnliches Vermögen, den Eindruck mit dem Sinnesorgane selbst hervorzubringen, mit dem wir ihn empfinden, wo haben wir eine so vortreffliche Gelegenheit, uns des ursächlichen Zusammenhanges bewußt zu werden, als hier, wo wir uns bewußt werden der Anstrengung des Willens, wodurch unsere eine Hand von uns selbst gegen die andere Hand gedrückt wird, und wo wir den Druck in der gedrückten und den Gegendruck in der Hand, mit der wir selbst drücken, empfinden? Wie sehr ist in dieser Hinsicht das Vermögen des Tastsinnes, wodurch wir Druck empfinden, verschieden von dem Vermögen desselben Sinnes, wodurch wir Wärme und Kälte empfinden. Um wieviel weniger anschaulich ist die Vorstellung von der Kraft, die wir durch die Empfindungen von Wärme und Kälte erhalten. Auch diese Empfindungen, die uns der Tastsinn verschafft, würden uns eine anschauliche Vorstellung von Kraft geben, wenn wir durch eine Anstrengung unseres Willens Wärme und Kälte auf einem Teile unserer Haut entwickeln und sie dann einem anderen Teile des Tastorganes mitteilen könnten. Kraft ist die unbekannte Ursache derjenigen Wechselwirkung der Körper, die sich durch Bewegung oder durch Druck äußert, die aber für uns kein Phänomen ist, und von der wir daher nicht wissen, ob sie selbst beweglich sei. Der einzige Fall, wo wir von dieser unbekannten Ursache etwas mehr wissen, ist eben der, wo unser Wille die Ursache oder ein Teil der Ursache des Druckes ist, den wir fühlen. Denn wenn auch dieser Druck zum Teil von einem Mechanismus unseres Körpers erzeugt wird, so muß doch unser Wille diesem Mechanismus selbst den Anstoß dazu geben, ihn gleichsam auslösen.

Die Physiker und Chemiker prüfen die Instrumente, mit denen sie arbeiten und bestimmen, wie weit sie sich auf dieselben verlassen können, sie prüfen z. B. die Wage, mit der sie wägen, die Physiologen und Anatomen prüfen ihr Mikroskop und wissen, wievielmal es vergrößert. Ebenso wichtig ist es für den Menschen, die ihm angeborenen Instrumente des Empfindens zu prüfen. Bei dem Tastsinne habe ich zuerst eine solche Prüfung unternommen. Um zu erörtern, wie genau wir verschiedene Grade des Druckes zu unterscheiden vermögen, kann man einem Beobachter, während er seine Augen wegwendet, zwei verschiedene Gewichte von gleicher Gestalt und gleich großer Oberfläche wiederholt auf den nämlichen Teil seiner

Hand legen, erst das eine und dann, nachdem es wieder weggenommen worden, schnell darauf das andere, hierauf wieder das erstere und sofort, bis der Beobachter sich ein Urteil gebildet hat, welches von beiden Gewichten das schwerere sei. Meine Versuche haben gelehrt, daß diese Methode vorteilhafter ist, als wenn man zwei verschiedene Gewichte gleichzeitig auf beide Hände legt. Denn zwei gleichzeitige Tastempfindungen lassen sich nicht so gut untereinander vergleichen als zwei aufeinanderfolgende. Eine Reihe von Versuchen hat bewiesen, daß man zwei Gewichte am allergenauesten vergleichen kann, wenn man sie sukzessiv auf dieselben Teile von derselben Hand legt. Etwas weniger vorteilhaft ist es, wenn man das Gewicht zuerst auf die eine Hand legt, es wieder wegnimmt und hierauf das andere zu vergleichende Gewicht auf die andere Hand legt. Am wenigsten vorteilhaft ist es, wenn man beide Gewichte gleichzeitig auf beide Hände legt. Denn die eine Empfindung stört die andere, indem sich beide Empfindungen vermischen, auf ähnliche Weise wie zwei [**545**] gleichzeitige Töne, deren Abstand in der Tonleiter auch nicht so gut aufgefaßt werden kann als der von zwei ungleichzeitigen, von denen der eine bald auf den anderen folgt. Noch weit mehr als beim Tast- und Gehörsinne findet diese Vermischung von zwei gleichzeitigen Empfindungen hinsichtlich der Geruchsempfindungen statt, denn man ist außerordentlich gehindert, zwei Gerüche zu vergleichen, wenn man zwei Riechfläschchen zugleich an beide Nasenlöcher hält.

Diese Vermischung gleichzeitiger Empfindungen ist ein interessantes Faktum, aber eine noch interessantere Tatsache ist es, daß man eine Empfindung, die schon vergangen ist, und deren man sich nur erinnert, und die man sich also nur mit der Phantasie vergegenwärtigt, mit einer gegenwärtigen Empfindung so genau vergleichen kann. Dieses ist bei der oben angegebenen Methode, zwei Gewichte zu vergleichen, die sich unter allen als die vorteilhafteste bewährt hat, der Fall. Man sollte glauben, die Empfindung, die wir eben haben, der Druck, den wir empfinden, sei immer um so viel stärker als die Phantasievorstellung, die wir uns von dem Drucke machen, den wir vorher empfunden haben, daß sich beide Vorstellungen gar nicht vergleichen ließen; dies ist aber, wie gesagt, ganz und gar nicht der Fall. Ich habe bei verschiedenen Menschen Reihen von Experimenten darüber gemacht, in welchem Grade die Vergleichung zweier Empfindungen unvollkommener werde,

wenn 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 und mehr Sekunden vergehen, ehe die zweite Empfindung auf die erste folgt, mit der sie verglichen werden soll. Bei manchen Menschen wurde die Vergleichung schon nach 10 Sekunden sehr unvollkommen. Bei größeren Gewichtsunterschieden kann mehr Zeit vergehen, ehe man verhindert wird, das schwerere Gewicht von dem leichteren zu unterscheiden, als bei sehr kleinen Gewichtsunterschieden. Mir gelang es, ein Gewicht von 14 Unzen oder sogar bisweilen ein Gewicht von $14^1/_2$ Unzen noch von einem Gewichte von 15 Unzen zu unterscheiden, wenn zwischen der ersteren und der letzteren Empfindung 15 bis 30 Sekunden vergangen waren. Sogar nach 35 Sekunden gelang es mir, bisweilen noch das schwerere Gewicht vom leichteren zu unterscheiden, niemals aber, wenn 40 Sekunden vergangen waren. Wenn der Gewichtsunterschied größer war, so konnten 60 bis 90 Sekunden vergehen, ehe die zweite Empfindung der ersteren folgte, und dennoch konnte ich das schwerere Gewicht vom leichteren unterscheiden, z. B. wenn sich die Gewichte wie 4 zu 5 verhielten. Bei noch größeren Gewichtsunterschieden konnten sogar über 100 Sekunden vergehen. Bei Gesichtsempfindungen machte ich ähnliche Erfahrungen. Ich hielt Menschen eine auf Papier mit Tinte gezeichnete schwarze Linie vor und ließ, nachdem ich sie wieder weggenommen hatte, 30 Sekunden oder sogar 70 Sekunden vergehen, ehe ich eine zweite Linie vorzeigte, die sonst gleich, aber um $^1/_{11}$ länger war, und doch wurde die längere von der kürzeren noch unterschieden. Die Unterscheidung fiel aber, wenn 70 Sekunden vergangen waren, so schwer, daß man wohl sah, daß die Unterscheidung nach 80 Sekunden unmöglich gewesen sein würde. Wenn die Längen der Linien sich wie 20 : 21 verhielten und also um $^1/_{21}$ differierten, konnte die längere Linie von der kürzeren wohl noch nach 30 Sekunden, nicht aber nach 40 Sekunden unterschieden werden. Wenn sich die Längen der Linien wie 50 : $51^1/_4$ verhielten, wurde die längere Linie von der kürzeren nach 3 Sekunden, nicht aber nach 5 oder 10 Sekunden unterschieden. Man kann auf diese Weise messen und in Zahlen angeben, wie [**546**] die Deutlichkeit der Erinnerung von Empfindungen von Sekunde zu Sekunde abnimmt. Da man so selten Gelegenheit hat, über solche geistige Vorgänge Messungen zu machen, so empfehle ich diese Versuche der Aufmerksamkeit der Psychologen.

Es ist sehr interessant für die Lehre vom Tastsinne und

Gemeingefühle, daß wir außer den Tastorganen noch eine zweite Klasse von Organen besitzen, welche uns von der Größe des auf unseren Körper wirkenden Druckes oder Zuges eine Vorstellung verschaffen: die unserem Willen gehorchenden Muskeln nebst den Nerven und deren Zentralorganen. Aus dem Gefühle der Anstrengung derselben, wenn wir ein Gewicht heben, und aus dem Gefühle der Anspannung derselben, wenn ein Gewicht an unseren erschlafften Gliedern zieht und dadurch die Muskeln dehnt, schließen wir auf die Größe eines auf uns wirkenden Gewichtes oder auf die Größe des Widerstandes, den wir bei der Bewegung unserer Glieder überwinden müssen. Es ist wichtig, zu untersuchen, was in dieser Hinsicht der Tastsinn der Haut allein leistet, wenn er nicht von den Muskeln unterstützt wird, und was die Muskeln allein leisten, wenn sie nicht durch den Tastsinn der Haut unterstützt werden, und endlich, wie diese Wahrnehmung der Gewichte vervollkommnet wird, wenn beide Hilfsmittel zugleich zu der Beobachtung benutzt werden.

In meinen früheren Untersuchungen über den Tastsinn wollte es mir nicht gelingen, eine Methode ausfindig zu machen, um zu bestimmen, was hierbei die Muskeln allein leisten. Jetzt habe ich eine ganz einfache Methode gefunden, sowohl die Haut als auch die Muskeln einzeln zu prüfen.

Lassen wir dem Beobachter seine Hand so auf den Tisch legen, daß sie vollkommen unterstützt ist, und legen wir ihm nun, während er die Augen wegwendet, zwei verschiedene Gewichte abwechselnd auf die zwei letzten Glieder von zwei oder drei bestimmten Fingern, sei es auf die Rückenfläche oder auf die Volarfläche derselben, und wechseln wir mit dem Wegnehmen und Auflegen eines jeden von diesen beiden Gewichten ab, bis er eine Vergleichung derselben angestellt hat, so beruht sein Urteil, welches Gewicht schwerer sei, auf den Empfindungen, die ihm der Tastsinn der Haut verschafft. Denn da an den beiden letzten Gliedern der Finger gar keine Muskeln liegen und die Muskeln, die durch Sehnen aus der Entfernung auf diese Glieder wirken können, ruhen, so sind die Muskeln bei der entstehenden Empfindung gar nicht beteiligt, auch dadurch nicht, daß die Gewichte auf sie einen Druck ausübten.

Lassen wir dagegen den Beobachter mit der Hand die vereinigten Zipfel eines zusammengeschlagenen Tuches umfassen, in welchem ein Gewicht hängt, und dasselbe mit

gestrecktem oder auch gekrümmtem Arme halten, und geben wir ihm, nachdem wir ihm das Tuch aus der Hand genommen haben, ein zweites Tuch mit einem anderen Gewichte in die Hand und wiederholen diese Operation, ohne daß er die Tücher sehen kann, so oft, bis er sich ein Urteil darüber, welches Gewicht das schwerere sei, gebildet hat, so beruht dasselbe nur auf dem Gemeingefühle der Muskeln und nicht auf dem Tastsinne der Haut. Das von der Hand umfaßte Tuch reibt sich zwar an der Hand, übt aber auf sie keinen Druck aus. Faßt nun der Beobachter das Tuch etwas fester als nötig ist, damit es nicht aus der Hand gleite, so kann er nicht einmal aus dem Drucke, den die Hand ausüben muß, damit das Tuch nicht aus derselben gleite, einen [**547**] Schluß auf die Größe des Gewichtes machen. Von zehn Personen, die zur Hälfte männlichen Geschlechtes waren, welche 78 und 80 Unzen auf die beschriebene Weise in Tüchern durch Hebung der Gewichte verglichen, waren nur zwei, welche das schwerere Gewicht von dem leichteren nicht unterscheiden konnten, sieben von ihnen bestimmten bei drei mit jedem angestellten Versuchen jedesmal richtig, welches Gewicht schwerer sei. Bei einigen von ihnen wurden vier bis sieben Versuche angestellt, und in allen diesen Fällen bestimmten sie das Gewicht richtig. Einer von den zehn Beobachtern bestimmte bei acht mit ihm angestellten Versuchen siebenmal richtig und einmal falsch. Man darf daher annehmen, daß wohl die Mehrzahl der Menschen auch ohne vorausgehende längere Übung durch das Gemeingefühl der Muskeln zwei Gewichte unterscheiden könne, die sich wie die Zahlen 39 : 40 verhalten.

Die Feinheit in der Schätzung der Gewichte, wenn dieselbe allein mittels des Tastsinnes der Haut ausgeführt wird, geht nicht ganz so weit. Nach meinen älteren Untersuchungen, die ich durch neuere Versuchsreihen bestätigt finde, unterscheidet man Gewichte, die sich wie die Zahlen $14^1/_2 : 15$ und also wie 29 : 30 verhalten, nur mit der größten Mühe, wenn die Gewichte sukzessiv auf die nämlichen Glieder der auf dem Tische ruhenden Finger gelegt werden.

Verbindet man beide Methoden miteinander, so geht die Unterscheidung mindestens nicht weiter, als bei hinreichend großen Gewichten durch das sukzessive Aufheben, und man kann daher nicht behaupten, daß beide Methoden vereinigt ein noch viel vorteilhafteres Resultat gäben, als die Prüfung

hinreichend großer Gewichte durch Aufheben allein. Bei kleineren Gewichten aber scheint diese Verbindung beider Untersuchungsmethoden allerdings nützlich zu sein.

Will man Gewichte, die sich wie die Zahlen 29 : 30 verhalten und sukzessiv auf die Finger gelegt werden, ihrer verschiedenen Schwere nach sicher unterscheiden, so muß man mehrere Vorsichtsmaßregeln anwenden. Sie müssen in gleichem Grade warm oder von schlechten Wärmeleitern umgeben sein, denn kältere Metalle scheinen uns schwerer zu sein als wärmere*), sie müssen immer auf den nämlichen Teil der Haut gelegt werden und müssen eine gleichgroße Grundfläche haben, mit der sie die Haut berühren, auch muß, wenn das eine Gewicht weggenommen wird, das andere schnell an dessen Stelle gelegt werden, und zwar ohne es plötzlich loszulassen.

Wir haben oben gesehen, daß der Ortsinn in der Zungenspitze mehr als 50 mal feiner ist als auf der Mitte unseres Rückens, daß er an der Hohlhandseite der Fingerspitze 7 bis 8 mal so fein ist als auf dem Rücken der Hand, 10 mal so fein als auf der Stirn, 18 mal so fein als auf der Mitte des Unterarmes, 20 bis 36 mal so fein als an der Mitte des Oberarmes, wenn er in querer Richtung berührt wird, und endlich etwa 50 mal so fein als an der Mitte des Oberarmes und des Oberschenkels, wenn sie der Länge nach berührt werden. Es fragt sich, verhält sich die Feinheit des Tastsinnes, insofern sie uns fähig macht, kleine [**548**] Unterschiede des auf unsere Haut ausgeübten Druckes wahrzunehmen und kleine Gewichtsunterschiede zu empfinden, in den verschiedenen Teilen der Haut auch so? Diese Frage ist bestimmt zu verneinen, und dasselbe muß man, wie wir weiterhin sehen werden, auch von dem Vermögen, kleine Temperaturunterschiede zu empfinden, sagen.

Die feineren Grade des Druckes lassen sich zwar mit den Fingern etwas besser unterscheiden als mit der Haut des Unterarmes, und auf dem Rücken des Menschen oder am Bauche ist dieses Vermögen wieder etwas unvollkommener als am Unterarme, aber diese Verschiedenheiten sind weit unbeträchtlicher als die Verschiedenheiten hinsichtlich der Feinheit des Ortsinnes, denn die ganze Verschiedenheit ist etwa eine

---

*) Siehe *E. H. Weber*, De pulsu, resorptione, auditu et tactu annotationes anat. et physiol. Lipsiae 1834, p. 135 et 137, und oben S. 512.

solche, daß die Feinheit des Tastsinnes ungefähr nur = 6 ist auf der Mitte des Unterarmes, wenn sie an den Fingern = 7 ist. Man kann bei dieser Vergleichung der Feinheit des Tastsinnes auf eine doppelte Weise verfahren: erstens, indem man gleichzeitig auf die Finger und auf den Unterarm Gewichte legen läßt, wobei man dann bemerkt, daß das auf dem Unterarme liegende Gewicht leichter zu sein scheint, als das auf dem Finger liegende. Ich habe in meinen, über den Tastsinn geschriebenen Programmen zahlreiche Reihen von Versuchen hierüber mitgeteilt und, wie gesagt, gefunden, daß das Vermögen, den Druck eines Gewichtes zu empfinden, und die Gewichtsunterschiede sehr genau wahrzunehmen, an den beiden letzten Gliedern der Finger sich nur wenig unterschied von diesem Vermögen der Haut in der Mitte des Unterarmes. Wurden z. B. auf die Volarseite der drei mittelsten Finger 5 Unzen und auf die Mitte des Unterarmes 4 Unzen gelegt, während diese Teile auf dem Tische ruhten, so empfand man auf dem Finger einen stärkeren Druck. Wurden aber auf die Finger 4 Unzen und auf den Vorderarm 5 Unzen gelegt, so schien der Druck gleich zu sein, und so blieb er auch gleich, bis endlich die Gewichte auf dem Unterarme so vermehrt waren, daß daselbst 7 Unzen lagen, während auf dem Finger immer nur noch 4 Unzen, denn nun erst war die Empfindung des Druckes am Unterarme entschieden größer. Es verhielt sich daher die Stärke des Gefühls an den Fingern und auf der Mitte des Unterarmes nahe wie 7 : 6 oder, genauer ausgedrückt, wie 1,183 : 1, während die Vollkommenheit des Ortsinnes an diesen Teilen sich ungefähr wie 9 : 1 verhielt, d. h. auf der Mitte der Finger 9mal größer war, als auf der Mitte des Unterarmes. In meiner Schrift sind 15 Versuchsreihen enthalten, die an verschiedenen Teilen ausgeführt worden sind, und alle haben ein ähnliches Resultat gegeben.

Man kann nun aber auch zweitens die Vollkommenheit unseres Sinnes, den Druck zu empfinden, dadurch prüfen, daß man sukzessiv auf die nämlichen Finger zwei Gewichte legt, die nur wenig verschieden sind, und beobachtet, einen wie kleinen Gewichtsunterschied man noch zu erkennen imstande sei, und daß man dann dieselben Versuche auf der Mitte des Unterarmes anstellt und untersucht, ob hier der Gewichtsunterschied größer sein muß, als auf dem

Finger, damit er noch wahrgenommen werden könne. Aus diesen Versuchen, welche feiner und zuverlässiger sind als die vorher angegebenen, ergibt sich, daß der nämliche Beobachter auf den Fingern noch das schwerere Gewicht von dem leichteren unterschied, wenn sich die Gewichte wie 20 : 19,2 verhielten, daß dagegen auf der Mitte des Unterarmes ein so [549] kleiner Gewichtsunterschied nicht erkannt wurde, sondern daß sich die Gewichte wenigstens wie 20 : 18,2 verhalten mußten, damit man das schwerere Gewicht vom leichteren unterscheide.

Ebenso wurden in dieser Hinsicht die Finger und die Stirn miteinander verglichen und gefunden, daß die auf die Stirn gelegten Gewichte sich wenigstens wie 20 : 18,7 verhalten mußten, damit das schwerere vom leichteren unterschieden werden könne, während auf den ruhenden Fingern Gewichte unterschieden wurden, die sich wie 20 : 19 oder sogar wie 30 : 29 verhielten.

Es ist schon oben gezeigt worden, daß darin kein Widerspruch liege, daß in den nämlichen Teilen, in welchen der Ortsinn in sehr verschiedenem Grade ausgebildet ist, das Vermögen, Gewichtsunterschiede wahrzunehmen, nicht sehr verschieden sei. Denn die Ausbildung des Ortsinnes scheint auf besonderen Einrichtungen zu beruhen, die bei der Ausbildung des Vermögens, Gewichtsunterschiede zu empfinden, nicht erforderlich sind. Damit der Ortsinn sehr fein sei, ist erforderlich, daß auf einem Teile der Haut von bestimmter Größe sich viele elementare Nervenfäden in einer gewissen Ordnung endigen, dagegen ist, damit das Vermögen, Gewichtsunterschiede oder Temperaturunterschiede wahrzunehmen, gehörig entwickelt sei, nur nötig, daß auf einer gleichgroßen Oberfläche der Haut viele empfindliche Punkte seien. Ob diese Punkte ihre Empfindlichkeit einem und demselben elementaren Nervenfaden, oder mehreren verschiedenen Nervenfäden verdanken, scheint keinen oder wenigstens nur einen geringen Einfluß zu haben. Wenn auf denselben Nervenfaden an mehreren Orten Eindrücke gemacht werden, so scheint auch dadurch der Gesamteindruck auf den ganzen Faden größer zu werden.

III. Temperatursinn.

Die Empfindungen der Wärme und Kälte verhalten sich nicht wie die Empfindungen von Helligkeit und Dunkelheit,

denn sie sind positive und negative Größen, zwischen welchen der Nullpunkt, der durch die Wärmequelle bestimmt wird, die wir in uns haben, liegt. Wenn die unsere Haut umgebenden und berührenden Körper eine solche Temperatur haben, daß die Temperatur unserer Haut, ungeachtet wir selbst eine Wärmequelle in uns haben, weder steigt, noch sinkt, so scheinen uns dieselben weder warm, noch kalt, bringen sie die Temperatur der Haut zum Steigen, so scheinen sie uns warm zu sein, für kalt dagegen erklären wir sie, wenn durch ihren Einfluß die Temperatur unserer Haut sinkt. Dagegen ist die absolute Finsternis der Nullpunkt der Erleuchtung, und die verschiedenen Grade der Erleuchtung, von der Dunkelheit bis zur größten Helligkeit, sind also positive Größen.

Ein Thermometer zeigt die Temperatur des Quecksilbers in jedem Augenblick an, es mag nun im Steigen oder Fallen sein oder nicht. Anders verhält es sich mit dem Tastsinne. Es scheint, als ob wir hier vielmehr den Akt des Steigens oder Sinkens der Temperatur unserer Haut als den Grad wahrnehmen könnten, bis zu welchem die Temperatur gestiegen oder gesunken ist. Wir empfinden z. B. nicht, ob unsere Stirn oder unsere Hand wärmer ist, bis wir die Hand an die Stirn legen, wo wir dann oft zwischen beiden einen großen Unterschied wahrnehmen und zu manchen Zeiten die Hand, zu anderen die Stirn wärmer finden. Legen wir die [**550**] Hand an die Stirn, so bringt der kältere von diesen Teilen die Temperatur des wärmeren zum Sinken und umgekehrt, und dieses Sinken und Steigen der Temperatur in dem einen und in dem anderen Teile empfinden wir. Unmittelbar ohne diese wechselseitige Einwirkung können wir die Temperaturen in den verschiedenen Teilen unserer Haut nicht vergleichen. Daher verwechseln wir auch ein schnelles Sinken und ein tiefes Sinken der Temperatur unserer Haut. Tauchen wir die eine Hand in mäßig kaltes Wasser unter, während wir die andere Hand wiederholt, aber nur auf einen Augenblick eintauchen, so glauben wir, in der letzteren Hand die Empfindung eines höheren Kältegrades zu haben als in der ersteren, und doch sinkt die Temperatur in der Haut der ersteren Hand tiefer, als in der letzteren, da ihr in der Zeit, wo sie nicht eingetaucht ist, keine Wärme entzogen, vielmehr ein Teil der verlorenen Wärme durch die innere Wärmequelle ersetzt wird. Auf den ersten Anblick scheint folgender Versuch der vorgetragenen Ansicht zu widersprechen. Wenn man einen Teil der Haut des Gesichtes,

z. B. die Stirn, mit einem + 2° R kalten Metallstabe einige Zeit, z. B. 30 Sekunden, in Berührung bringt und denselben dann entfernt, so fühlt man ungefähr 21 Sekunden lang die Kälte in jenem Teile der Haut. Nach dem, was soeben mitgeteilt worden, hätte man glauben sollen, wir würden das Gefühl der Wärme haben, während ein erkälteter Teil der Haut wieder erwärmt würde. Ich vermute daher, daß in diesem letzteren Falle das Gefühl der Kälte nicht dadurch entsteht, daß die Nerven des erkälteten Hautstückes, sondern daß die Nerven der angrenzenden Haut, der nun von der erkälteten Haut Kälte mitgeteilt wird, die Empfindung der Kälte hervorbringen.

Die Einrichtungen, welche an den Enden der Tastnerven getroffen sein mögen, um die Einwirkungen der Wärme und Kälte auf dieselben zu vermitteln, kennen wir ebenso wenig, wie die an irgend einem anderen Sinnesorgane. Hoffentlich werden wir sie aber in Zukunft durch fortgesetzte mikroskopische Studien kennen lernen. Es ist daher noch ungewiß, ob die nämlichen Einrichtungen, welche die Empfindungen des Druckes möglich machen, auch die Empfindungen von Wärme und Kälte vermitteln, oder ob für diese letzteren besondere Einrichtungen existieren. Unstreitig beruhen die letzteren darauf, daß das Volumen der Körper sich vergrößert, wenn ihre Temperatur steigt, und sich verkleinert, wenn sie sinkt. Diese Veränderung trifft, nach bekannten physikalischen Gesetzen, die tropfbaren Flüssigkeiten in einem viel höheren Grade, als die festen Substanzen. Die reichlich mit Flüssigkeit erfüllten, weichen und ausdehnbaren Zellen des Zellgewebes, welches die Gefühlswärzchen bildet, müssen wegen der größeren Menge tropfbarer Flüssigkeit, die sie enthalten, weit mehr durch Wärme sich auszudehnen, durch Kälte sich zusammenzuziehen streben, als die trockene Oberhaut, welche die Hautwärzchen wie mit einer Scheide umgibt. Man übersieht hiernach, daß durch Temperaturwechsel wohl zwischen den Hautwärzchen und ihren Scheiden Druck und Zug müsse entstehen können. Auf die Eigenschaft der tropfbarflüssigen Körper, vermöge der sie durch Temperaturänderungen eine größere Änderung des Volumens erleiden als die festen Körper, lassen sich noch manche Hypothesen gründen, wie durch Druck oder Spannung Eindrücke auf die Nerven hervorgebracht werden können.

Als Fingerzeig für die weiteren Forschungen über diese

Einrichtungen [551] muß es betrachtet werden, daß, wie oben durch Versuche gezeigt worden ist, kalte Körper von gleichem Gewichte uns schwerer zu sein scheinen als warme, und daß also die Kälte ähnlich wie der Druck zu wirken scheint, und bei der gleichzeitigen Empfindung beider damit verwechselt wird. Diese Erfahrung ist daher der Annahme günstig, daß auch die Empfindungen von Wärme und Kälte auf einem auf die Nerven ausgeübten Drucke und Zuge beruhen.

Aus dem Gesagten geht schon hervor, daß wir durch den Tastsinn die Temperatur der Körper oft nicht richtig wahrnehmen. Kalte Körper, welche zugleich gute Wärmeleiter sind, scheinen uns viel kälter zu sein als andere, die dieselbe Temperatur haben, aber schlechte Wärmeleiter sind. Ein kalter Holzstab scheint uns viel weniger kalt zu sein als ein gleichkalter Metallstab, Wasser scheint uns kälter zu sein als Öl, wenn auch beide genau gleich kalt sind, und ebenso verhält es sich mit den guten und schlechten Wärmeleitern, wenn sie wärmer sind als unser Blut. Die guten Wärmeleiter entziehen unserer Haut im ersteren Falle die Wärme schneller, und treten ihr im letzteren Falle schneller Wärme ab. Ebenso scheinen uns warme Flüssigkeiten wärmer, kalte Flüssigkeiten kälter, wenn wir unsere eingetauchte Hand darinnen bewegen. Ist unsere Hand unbewegt, so nehmen die sie berührenden Teile der Flüssigkeit eine andere Temperatur an, die der Temperatur der Haut näher ist, bewegen wir aber die Hand, so reißen sich diese Flüssigkeitsteile von unserer Hand los, und so kommen immer neue Flüssigkeitsteile mit ihr in Berührung, die ihre Temperatur noch nicht geändert haben. Hierauf beruht auch die so oft nachteilige Erkältung hervorbringende Wirkung des Luftzuges.

Ein zweiter Umstand, warum wir die Temperatur der Körper oft nicht richtig wahrnehmen, ist der, daß die Haut selbst nicht immer dieselbe Temperatur besitzt, z. B. wenn zu einem Teile der Haut weniger Blut fließt, oder bei einer längeren Einwirkung einer mäßigen Kälte die Haut selbst kälter wird. Es bildet sich dann allmählich ein neuer Gleichgewichtszustand, bei welchem die erkältete Lage der Haut endlich nur so viel Wärme herausläßt, als von innen her zugeführt wird. Körper, welche nun wärmer sind als die Haut, und ihr also Wärme abtreten, scheinen uns darum warm zu sein, sogar wenn sie eine niedrigere Temperatur haben als die ist, welche die Haut

in der Regel zu haben pflegt, so daß sie uns im regelmäßigen Falle kalt erscheinen würden. Der Arzt muß daher, um die Temperatur seines Patienten richtig zu beurteilen, dafür sorgen, daß seine Hände eine konstante Temperatur besitzen.

Tauche ich meine Hand 1 Minute lang in Wasser von der Temperutur von + 12,5° C und dann in Wasser von 18° C, so habe ich in dem letzteren einige Sekunden lang das Gefühl der Wärme, hierauf aber stellt sich allmählich das Gefühl der Kälte ein, das so lange fortdauert, als die Hand eingetaucht wird. Das Steigen der Temperatur unserer abgekühlten Haut bringt also das Gefühl von Wärme auch dann hervor, wenn die Temperatur, die dadurch entsteht, eine solche ist, daß sie noch immer als Kälte empfunden werden sollte. Aber dieses Gefühl der Wärme dauert nur so lange fort, als das Steigen der Temperatur, nachher empfindet man Kälte, weil der Haut vom Wasser mehr Wärme entzogen, als von innen her zugeführt wird.

Wasser, dessen Temperatur 35° C (28° R) beträgt, und das folglich um 2,5° C (2° R) kälter ist als das Blut, das ich hier zu 37,5° C [**552**] oder 30° R annehmen will, erzeugt die Empfindung der Wärme, wenn unsere Hand, wie gewöhnlich in der Stubentemperatur, minder warm ist und nicht lange eingetaucht wird. Bleibt aber die Hand einige Zeit eingetaucht, so entsteht das Gefühl einer schwachen Kälte. Vom Anfange wird ihr vom Wasser Wärme mitgeteilt, ist nun aber die Temperatur der Haut an der Hand durch die Erwärmung von innen und von außen her gestiegen, so bringt die Bewegung der Hand in diesem Wasser eine Abkühlung der Haut hervor, die die Empfindung einer schwachen Kälte hervorruft.

Wasser, welches eine Temperatur von 36,2° C (29° R) hat, verursacht in der eingetauchten Hand stets das Gefühl der Wärme. Zwar ist diese Temperatur etwas niedriger als die des Blutes, dennoch aber scheint sie eine Zunahme der Temperatur der Haut zu bewirken, vermutlich weil die Haut, wenn sie mit einer so warmen Flüssigkeit in Berührung ist, nicht so viel Wärme nach außen hin absetzt, als durch die innere Wärmequelle erzeugt wird.

Das Vermögen, Wärme und Kälte zu empfinden, ist nicht in allen Teilen der Haut in gleicher Vollkommenheit vorhanden, aber die Verschiedenheit, welche in dieser Hinsicht stattfindet, ist, wie schon oben bemerkt worden, viel geringer als die der Feinheit

des Ortsinnes. Man darf die Eigentümlichkeit, daß wir in manchen Teilen die Einwirkung der Temperatur der uns berührenden Körper viel schneller empfinden als in anderen, nicht mit der Feinheit verwechseln, mit welcher wir vorzugsweise durch manche Teile der Haut schon sehr kleine Temperaturunterschiede wahrnehmen. Die erstere Eigenschaft beruht darauf, daß die Oberhaut dünner ist. Denn die Oberhaut ist selbst unempfindlich und ein sehr schlechter Wärmeleiter. Je dicker sie daher ist, desto länger dauert es, bis die Kälte oder Wärme zu den empfindlichen Teilen des Tastorganes eindringt, und desto mehr sind die Tastorgane fähig, mit heißen Körpern in Berührung zu kommen, ohne daß ein brennender Schmerz entsteht. Man hat eine sehr gute Gelegenheit, die Verschiedenheiten, die in der Wärme- und Kälteempfindung aus diesen beiden Ursachen entstehen, zu unterscheiden, wenn man zugleich beide Hände in ein tiefes Gefäß mit kaltem oder warmem Wasser so eintaucht, daß die Hohlhandflächen einander zugekehrt sind, ohne einander zu berühren. Ist z. B. die Temperatur des Wassers $+1{,}2^\circ$ C ($+1^\circ$ R) oder $+2{,}5^\circ$ C ($+2^\circ$ R), so empfindet man anfangs die Kälte stärker am Rücken beider Hände, als an der Hohlhand, weil die Oberhaut am Rücken der Hände viel dünner ist. Nach 8 Sekunden ungefähr fängt aber die Empfindung der Kälte an, in der Hohlhand überwiegend zu werden, und dieselbe wächst in dem Maße, daß es bald ganz unzweifelhaft ist, daß dasselbe Wasser in der Hohlhand eine beträchtlich stärkere Kälteempfindung hervorruft, als auf dem Rücken derselben. Dasselbe zeigt sich, wenn man warmes Wasser anwendet, hinsichtlich der Empfindung der Wärme. Vielleicht ist die von mir gemachte Beobachtung, daß Wärme und Kälte auf die linke Hand einen etwas stärkeren Eindruck als auf die rechte Hand mache, eben dadurch zu erklären, daß die Oberhaut an der linken Hand etwas dünner ist als an der rechten. Es ist daher wohl gewiß, daß, so wie der Ortsinn in der Hohlhand mehr entwickelt ist als auf dem Rücken der Hand, auch der Wärmesinn daselbst vollkommener sei. Aber ebenso gewiß ist es auch, daß diese letztere Verschiedenheit nur gering sei im Verhältnis zu der großen, die [**553**] hinsichtlich der Vollkommenheit des Ortsinnes zwischen der Hohlhandseite und Rückenseite der Hand gefunden wird. Die Ursache hiervon scheint auch hier darin zu liegen, daß die Feinheit des Temperatursinnes zahlreiche für die Wärme empfindliche Punkte erfordert, daß es aber nicht nötig

ist, daß in jedem empfindlichen Punkte ein besonderer elementarer Nervenfaden endige, sondern daß es hinreicht, wenn derselbe elementare Nervenfaden dadurch, daß er sich in Äste teilt oder vielfach hin- und herbeugt, viele Punkte der Haut empfindlich macht, während dagegen die Feinheit des Ortsinnes darauf beruht, daß viele elementare Nervenfäden in einer bestimmten Ordnung nebeneinander in der Haut endigen*).

Es ist sehr interessant, daß auch die Größe des Stückes der Haut, welches gleichzeitig von einem warmen oder kalten Körper affiziert wird, einen Einfluß auf die Empfindung der Wärme hat. Wenn man in dieselbe warme oder kalte Flüssigkeit den Zeigefinger der einen Hand und die ganze andere Hand gleichzeitig eintaucht, so ist die Empfindung in beiden Gliedern nicht dieselbe, sondern in der ganzen Hand heftiger. Diese größere Stärke des Eindruckes, die daher rührt, daß gleichzeitig derselbe Eindruck auf viel mehr empfindliche Punkte gemacht wird, verwechselt man mit derjenigen Stärke des Eindruckes, die unter anderen Umständen dadurch entsteht, daß die Flüssigkeit eine höhere oder eine niedere Temperatur hat. Es fühlt sich daher kaltes Wasser mit der ganzen Hand kälter, warmes Wasser mit derselben wärmer an, als mit einem einzelnen Finger, ungeachtet man doch weiß, daß man beide Glieder in dasselbe Wasser eintaucht. Weiß man das nicht, indem man die beiden Glieder in Gefäße mit Wasser eintaucht, deren Temperatur man nicht kennt, so wird man verleitet, Wasser, welches + 29,5° R warm ist, und in das man die ganze Hand eintaucht, für wärmer zu halten als Wasser, das + 32° R warm ist, und in das man nur einen Finger eintaucht, und in dieselbe Täuschung wird man versetzt, wenn man Wasser von + 17° und + 19° R auf dieselbe Weise untersucht, wo uns dann das Wasser, welches eine Temperatur von + 19° R hat, und in das wir die ganze Hand eintauchen, kälter zu sein scheint als das andere, ungeachtet es um 2° R wärmer ist. Es scheinen sich demnach die durch viele empfindliche

*) Die Entdeckung der Teilung der elementaren Nervenfäden in mehrere Äste in der Nähe ihrer peripherischen Endigung widerspricht der von mir vorgetragenen Lehre nicht, daß durch einen elementaren Nervenfaden ein bestimmter Teil des Tastorganes mit einem bestimmten Teile des Gehirnes mittels eines einzigen Nervenfadens in Verbindung gebracht werde, wenn sich, wie es scheint, jene Äste nebeneinander in der Haut endigen.

Punkte aufgenommenen Wärmeeindrücke im Gehirne, wohin sie fortgepflanzt werden, zu summieren und einen Gesamteindruck hervorzubringen. Dieses ist auch, wie wir später zeigen werden, der Fall, wenn durch Wärme- und Kälteeindrücke Schmerz erzeugt wird, und zwar nicht dadurch, daß die Wärme oder Kälte einen zu hohen Grad erreichen, sondern dadurch, daß die Wärme- und Kälteeindrücke auf eine sehr große Strecke der Haut gemacht werden. Diese Summierung der Eindrücke, wodurch ein größerer und sogar schmerzhafter Gesamteindruck entstehen kann, gehört mit zu den Erscheinungen, welche es wahrscheinlich machen, daß das Gehirn der Ort ist, wo die in den Nerven angeregten Bewegungen zu unserem Bewußtsein kommen. Je näher die [554] Hautstellen einander liegen, auf welche die Eindrücke gleichzeitig gemacht werden, und vermutlich also auch, je näher einander die Teile des Gehirnes liegen, zu welchen die Eindrücke fortgepflanzt werden, desto leichter fließen die Empfindungen in eine zusammen, je entfernter sie aber voneinander sind, desto weniger ist es der Fall.

Wenn wir in zwei nebeneinander stehende Gefäße mit Wasser von verschiedener Temperatur gleichzeitig zwei Finger derselben Hand, z. B. den Daumen und den Zeigefinger, eintauchen, so vereinigen sich zwar die beiden Eindrücke nicht zu einem einzigen, aber wir werden durch die nahe Nachbarschaft sehr in der Vergleichung der beiden Temperaturen gestört. Schon weniger gestört werden wir, wenn wir in beide Gefäße gleichzeitig die Daumen beider Hände eintauchen. Indessen findet auch dann noch einige Störung statt, und viel vollkommener führen wir daher die Vergleichung zweier Temperaturen aus, wenn wir die beiden Daumen abwechselnd in die beiden Gefäße eintauchen, und am allervollkommensten gelingt uns die Vergleichung, wenn wir denselben Finger oder dieselbe Hand bald in das eine, bald in das andere Gefäß eintauchen. Unter diesen Umständen kann man bei großer Aufmerksamkeit mit der ganzen Hand noch die Verschiedenheit zweier Temperaturen entdecken, die nur $^1/_5$ oder sogar $^1/_6$ eines Grades der Reaumurschen Skala beträgt.

Den Unterschied von $^2/_5$ eines Grades nehmen die meisten Menschen mit Sicherheit wahr. Man könnte glauben, daß die Wahrnehmung einer so geringen Differenz nur bei Temperaturen

gelingen würde, welche der Blutwärme sehr nahe sind. Ich muß aber bemerken, daß ich nicht gefunden habe, daß größere Differenzen erforderlich seien, um zwei Temperaturen, wenn sie + 14° R nahe liegen, voneinander zu unterscheiden, als wenn sie der Blutwärme nahe sind.

Es ist, wie schon oben bemerkt worden ist, sehr schwer zu unterscheiden, ob man die Differenz der Temperaturen zweier Körper an einem Teile der Haut deswegen deutlicher unterscheidet als an einem anderen, weil die Hautempfindlichkeit größer oder die Oberhaut dünner ist. Indessen verdient es immer die Aufmerksamkeit der Physiologen, daß die von beiden Umständen abhängende Empfindlichkeit für Temperaturveränderungen sogar an sehr nahe nebeneinander gelegenen Teilen der Haut sehr verschieden ist, und daß also Teile der Haut, welche für Temperatureindrücke empfindlicher sind, mit solchen abwechseln, die dagegen unempfindlicher sind. Wenn man Körper, die eine ziemlich konstante Temperatur haben, mit verschiedenen Teilen der Haut abwechselnd in Berührung bringt, so bemerkt man, daß die Empfindung, die dadurch erregt wird, in gewissen Teilen der Haut viel lebhafter ist als in anderen. Um zu solchen Versuchen dem Körper, welcher die Haut berührt, eine bestimmte und gleiche Temperatur zu geben, füllte ich zwei sehr längliche Glasphiolen mit Öl und brachte in dieselben Thermometer ein, welche durch durchbohrte Stöpsel gingen. Wenn ich nun diese Phiolen im Wasser erwärmte oder erkältete und hierauf abwischte, so zeigten dann die Thermometer ihre Temperatur an. Noch vorteilhafter würde es vielleicht gewesen sein, statt des Öls Quecksilber zu nehmen. Die Haut im Gesicht scheint die Haut an allen anderen Teilen an Feinheit des Temperatursinnes [**555**] zu übertreffen. Vorzüglich zeichnen sich die Augenlider und die Backen durch ihre Empfindlichkeit für Wärme und Kälte aus. Die Lippen, welche einen viel feineren Ortsinn haben als diese Teile, stehen ihnen in dieser feinen Empfindlichkeit für Wärme und Kälte nach. Der Ortsinn ist, wie wir oben gesagt haben, in dem mittelsten Teile der Oberlippe am feinsten und nimmt nach außen und noch mehr nach den Backen hin mehr und mehr ab, die Empfindlichkeit für Wärme und Kälte dagegen ist in den Seitenteilen der Oberlippe größer, auf den Backen am größten und auf der Mitte der Oberlippe geringer. Um diese Versuche mit einem Körper zu wiederholen, der eine kleine

Oberfläche hat, nahm ich einen sehr großen und schweren Torschlüssel, der einen soliden Zylinder und einen sehr großen schweren Bart hatte, und tauchte ihn in eine große Menge Quecksilber von bestimmter Temperatur, oder ich legte ihn hinreichend lange auf eine sehr kalte Steinplatte vor das Fenster, wo ein Thermometer die Temperatur anzeigte. Nachdem der Schlüssel die Temperatur der Steinplatte angenommen hatte, berührte ich mit dem abgerundeten Ende seines Zylinders abwechselnd und wiederholt zwei Teile der Haut, die ich hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit für Wärme und Kälte untereinander vergleichen wollte. Ich kam auf diese Weise nicht nur zu demselben Resultate, wie mit den Phiolen, sondern konnte auch noch kleinere Teile der Haut untereinander vergleichen. Durch diese Versuche findet man, daß die Augenlieder am äußeren und inneren Augenwinkel empfindlicher sind als in der Mitte, und daß die Zungenspitze zu den empfindlichsten Teilen gehört. Das Empfindungsvermögen für Temperaturänderungen ist nach den Versuchen, die ich an mir selbst angestellt habe, im Gesichte viel größer als am Halse. Die Haut in der mittleren, beide Seitenhälften scheidenden, Ebene des Gesichtes, der Brust, des Bauches und des Rückens, ist mit einer geringeren Empfindlichkeit für Temperaturveränderungen ausgestattet, als die Teile, welche mehr seitwärts liegen. So ist die Empfindung für Temperaturveränderung an der Nasenspitze viel stumpfer als an der Seite der Nasenspitze, sie nimmt am Nasenflügel sehr zu und ist am unteren Rande des äußeren Teiles des Nasenflügels am größten. Sie ist an den Backen und dicht vor dem Tragus des Ohres viel lebhafter als an den Lippen, über dem unteren Rande der Kinnlade viel lebhafter als am Kinne, in der Schläfengegend über dem Jochbogen lebhafter als an der Mitte der Stirn, über der Glabella. Sehr merkwürdig ist die Stumpfheit der inneren Haut der Nase für die Empfindungen von Wärme und Kälte, verglichen mit der großen Erregbarkeit, welche die Haut des Gehörganges für solche Eindrücke zeigt.

Auch am Rumpfe und an den Extremitäten zeigt sich ein verschiedener Grad von Feinheit der Empfindung von Wärme und Kälte, der teils von der größeren Dünnheit der Oberhaut, teils von der Organisation des empfindlichen Teiles der Haut abhängen mag. So zeigt z. B. bei mir der Anfang des ersten Gliedes des Zeigefingers in der Hohlhand, bis zu welchem die Spalte zwischen den Fingern nicht reicht, eine größere

Empfindlichkeit für Wärme und Kälte, als der nämliche Teil am dritten, vierten und fünften Finger. Der Ballen des Daumens zeigt eine größere Empfindlichkeit als der Ballen des kleinen Fingers, die Gegend des Ellenbogens am Olecranon zeigt eine größere Empfindlichkeit, als die Haut auf der Mitte des Biceps oder des Triceps, die Gegend des Trochanter major zeigt eine größere Empfindlichkeit als die Mitte der Gegend der [556] Crista ilei. Wenn auch diese Bemerkungen vor der Hand noch keine nützliche Anwendung gestatten, so können sie doch vielleicht später dazu dienen, die mikroskopischen Tastorgane für Temperaturempfindungen aufsuchen und dieselben von den Tastorganen für den Ortsinn und vielleicht auch für den Drucksinn unterscheiden zu lernen. An den Teilen der Haut, welche eine große Empfindlichkeit für Wärme und Kälte zeigen, entsteht auch durch die Berührung sehr warmer und sehr kalter Körper schneller Schmerz, als in den unempfindlicheren Teilen derselben, wenn es die Dicke der Oberhaut nicht hindert. Davon wird in der Lehre vom Gemeingefühle die Rede sein.

Entstehen zwei Empfindungen, wenn sich zwei Tastorgane berühren?

Wir können zwei Teile unserer Haut miteinander in Berührung bringen und dadurch bewirken, daß der eine auf den anderen durch Druck, Wärme oder Kälte einen Eindruck macht. Dieses ist bei anderen Sinnesorganen nicht möglich, denn wir können z. B. nicht mit dem einen Auge uns in das andere Auge sehen. Es fragt sich nun, ob hierbei beide Eindrücke, die wir in den sich berührenden Tastorganen gleichzeitig empfangen, untereinander zu einer einzigen Empfindung verschmelzen, oder ob sie getrennt bleiben, und ob wir es in dem letzteren Falle durch die Beherrschung und absichtliche Richtung unserer Aufmerksamkeit selbst bestimmen können, welcher von beiden Eindrücken zum Bewußtsein kommen solle, oder welche andere Umstände bewirken, daß der eine oder der andere Eindruck zum Bewußtsein komme.

Die von mir gemachten Versuche beweisen, daß die Eindrücke nicht zu einer Empfindung verschmelzen. Bringen wir z. B. ein kälteres Glied mit einem wärmeren in Berührung, so empfinden wir nicht die mittlere Temperatur, sondern unter manchen Umständen Kälte, unter anderen Wärme und bisweilen

abwechselnd Kälte und Wärme. Wenn die Empfindung der Wärme und Kälte schnell abwechselt, so gelangen wir zu der Vorstellung, daß etwas Warmes und Kaltes nebeneinander oder hintereinander liege, aber wir sind nicht imstande, die Empfindungen der Wärme und Kälte in eine verschmolzen uns vorzustellen, etwa wie wir uns einen höheren und einen tieferen Ton vorstellen, indem wir sie im Verhältnis einer Tertie auffassen.

Welcher von den beiden Eindrücken aber zum Bewußtsein gelange, hängt nur in einem sehr geringen Grade von der Richtung unserer Aufmerksamkeit ab. In der Regel sind es andere Umstände, die es bestimmen. Berührt man mit der ausgebreiteten Hand, die vorher längere Zeit geschlossen war und dadurch eine höhere, der Blutwärme näherstehende Temperatur angenommen hatte, kurze Zeit die Stirn, so empfindet man mit der Stirn die Wärme der Hand, nicht mit der Hand die Kälte der Stirn. Achtet man aber bei dieser Berührung darauf, welches Objekt man fühlt, so findet man, daß man mit der Hand die Stirn als Objekt fühlt, keineswegs mit der Stirn die Hand. Dieser unerwartete Erfolg, welcher einen Widerspruch zu enthalten scheint, ist auf folgende Weise zu erklären. Die Stirn hat eine dünnere Oberhaut als die Hohlhand, und die Wärme der Hohlhand dringt daher schneller zu der mit dem Tastsinne begabten Lage der [**557**] Haut an der Stirn ein als in der Hohlhand, und auf diese schneller entstehende und stärkere Temperaturempfindung richtet sich die Aufmerksamkeit, dagegen ist die Hohlhand mit einem mehr ausgebildeten Ortsinne begabt als die Stirn, und die Aufmerksamkeit richtet sich daher, wenn wir auf den Druck aufmerken, den wir empfinden, auf die Hand, in welcher die Druckempfindungen stärker und bestimmter entstehen. Hierzu kommt, daß wir unter übrigens gleichen Umständen unsere Aufmerksamkeit auf das Glied richten, welches wir bewegen, und daß wir daher, wenn alle anderen Verhältnisse gleich sind, mit dem durch unseren Willen bewegten Gliede immer das unbewegte als ein Objekt empfinden. Beide Umstände kommen bei jener Beobachtung an der Stirn zusammen und bewirken, daß man mit der Hohlhand die Stirn als Objekt fühlt. Man kann zwar durch die Richtung der Aufmerksamkeit allmählich bewirken, daß man die ausgespreizten Finger an der Stirn fühlt, allein es gelingt das kaum in einem höheren Grade, als wenn man seine ausgespreizte Hand auf einen kühlen Tisch legt, wo man

auch die Gestalt und Lage der einzelnen Finger am Tische deutlicher fühlt, als wenn dieselben nur mit der Luft in Berührung sind. Es beruht diese genauere Unterscheidung der Finger auf dem Gedanken, daß den empfundenen Teilen des Tisches empfindende Teile der Hand gegenüber liegen müssen.

Bei den geringen Temperaturverschiedenheiten, von welchen bis jetzt die Rede gewesen ist, empfindet man nicht mit dem wärmeren Teile besser als mit dem kälteren oder umgekehrt. Ist die eine Hand nur ein wenig wärmer, die andere nur ein wenig kälter als die Stirn, so empfinden wir, wenn wir die wärmere Hand an die Stirn legen, Wärme, und wenn wir die kältere Hand an die Stirn legen, Kälte, d. h. also, wir empfinden jedesmal mit der Stirn die Temperatur der Hand.

Anders verhält es sich, wenn wir der Stirn künstlich eine beträchtlich kältere oder wärmere Temperatur mitteilen, z. B. wenn wir die Stirn mit einem Handtuche oder einem anderen Körper in Berührung bringen, welche die Zimmertemperatur, z. B. 18° C, haben und dadurch abkühlen, daß wir sie mit anderen und anderen kühlen Teilen der Körper in Berührung bringen. Breiten wir nun die warme, geschlossen gewesene Hand aus und legen sie an die Stirn, so empfinden wir zuerst Kälte und dann Wärme, und endlich scheinen uns manche Teile der sich berührenden Glieder kalt und manche warm zu sein. Unter diesen Umständen empfinden wir also zuerst mit der warmen Hand die kühle Temperatur der Stirn, die wir künstlich hervorgebracht haben. Macht man denselben Versuch mit Teilen, die sich in aller anderen Rücksicht ganz gleich sind, z. B. mit beiden Händen, die man mit ihrer Volarseite aneinander legt, nachdem man die eine durch Berührung mit einem 18° C kalten Tische oder mit Wäsche von derselben Temperatur abgekühlt, die andere dadurch, daß sie geschlossen war, erwärmt hat, so empfindet man auch zuerst die ungewöhnliche Temperatur, die Kälte, hierauf aber auch die Wärme und dann auch wohl Teile der sich berührenden Glieder, von welchen manche warm, andere kalt erscheinen.

Taucht man die eine Hand einige Zeit in kaltes Wasser von 17° C ein, trocknet sie dann ab und umfaßt damit den Rücken der anderen Hand, welche ihre gewöhnliche Temperatur hat, so empfindet man diese wärmere Hand als ein Objekt, das uns aber kalt zu sein scheint. Die Hohlhand hat nämlich einen feineren Ortsinn als der Rücken der Hand. Daher empfinden [558] wir mit derselben den Rücken der wärmeren

Hand als ein Objekt. Der Rücken der wärmeren Hand hat nun aber eine viel dünnere Oberhaut als die Hohlhand, und die Kälte dringt daher in ihn schneller ein, als die Wärme in diese. Daher fühlen wir die entstehende Temperaturveränderung mittels des Handrückens, glauben sie aber mit der Hohlhand zu fühlen.

Taucht man eine Hand in warmes Wasser und legt nun beide Hände aneinander, so fühlt man die Wärme der eingetaucht gewesenen Hand mit der anderen Hand. Bringt man eine Hand, die ihre gewöhnliche Temperatur hat, an die abgekühlte Stirn, so empfindet man die Kälte der Stirn. Man empfindet daher immer den Temperaturzustand der Haut, der künstlich hervorgebracht worden ist, mit dem Gliede, das seine gewöhnliche Temperatur hat. Es versteht sich von selbst, daß hierbei vermieden werden muß, eine starke Erwärmung oder Erkältung herbeizuführen, welche, wie wir oben gesehen haben, das Empfindungsvermögen aufhebt oder schwächt, denn in einem solchen Fall erweckt der erwärmte oder erkältete Teil nur Empfindung in dem ihn berührenden Gliede und ist selbst unvermögend, Temperatureindrücke aufzunehmen. Ungeachtet die Empfindung der Wärme mit der der Kälte bei den erwähnten Versuchen nicht zu der Empfindung einer mittleren Temperatur verschmilzt, so verursacht doch das gleichzeitige Vorhandensein von zwei entgegengesetzten Empfindungen eine beträchtliche Störung, und die Empfindung der Kälte oder Wärme ist daher viel deutlicher und bestimmter, wenn ein anderer seine Hand an unsere Stirn legt, als wenn wir die Stirn mit unserer eigenen Hand berühren. Wenn ein anderer seine Hand an unsere Stirn legt, so empfinden wir nicht nur die Temperatur der fremden Hand deutlich, sondern wir empfinden auch dieselbe als ein Objekt. Diese Versuche überzeugen uns übrigens, daß unsere Macht, unsere Aufmerksamkeit zu beherrschen und sie auf die Empfindungen zu richten, welche wir beobachten wollen, doch mehr beschränkt ist, als man gewöhnlich glaubt.

Volkmann hat schon die interessante Bemerkung gemacht, daß wir beim Sehen hinsichtlich der Richtung unserer Aufmerksamkeit auf diesen oder jenen sichtbaren Gegenstand gar sehr unterstützt werden durch physiologische Hilfsmittel, und hat sogar für zweifelhaft gehalten, ob unser Wille ohne eine solche Unterstützung die Aufmerksamkeit in unserem Körper herumführen könne. In der Tat ist es unserer Seele durch

den Bau des Auges sehr leicht gemacht, mittelbar ihre Aufmerksamkeit bei der Betrachtung der in den Gesichtskreis fallenden Dinge zu beherrschen und zu führen. Da nämlich nur ein sehr kleiner Teil der Retina, der etwa $^1/_3$ Linie oder höchstens $^1/_2$ Linie im Durchmesser hat, so organisiert ist, daß wir die Gegenstände, die sich darauf abbilden, hinreichend scharf sehen können, und da auch wieder nur das Zentrum von diesem Teile das schärfste Sehen möglich macht, so bewegen wir die Augen so, daß der Gegenstand, auf den wir unsere Aufmerksamkeit richten wollen, sich auf diesem empfindlichsten Teile der Nervenhaut abbildet. Wären alle auf unserer Nervenhaut gleichzeitig abgebildeten Gegenstände fast gleich deutlich, was der Fall sein würde, wenn alle Teile der Nervenhaut gleich empfindlich wären, so würde es unstreitig einer großen geistigen Anstrengung bedürfen, um die Aufmerksamkeit von gewissen fast gleichstarken und vollkommenen Empfindungen abzulenken und sie auf andere hinzulenken. Viel leichter ist es uns, das Auge oder den Kopf zu bewegen und herumzuführen und dadurch zu bewirken, daß nur derjenige Gegenstand einen lebhaften und [**559**] vollkommenen Eindruck auf das Auge mache, den wir eben sehen wollen, und dieser Eindruck wird noch stärker, wenn wir beide Augen auf denselben Gegenstand richten, so daß sich die verlängerten Augenachsen in ihm schneiden.

Ein anderes physiologisches Hilfsmittel liegt, wie auch schon *Volkmann* gezeigt hat, in dem Vermögen, unser Auge verschiedenen Entfernungen anpassen zu können, denn dadurch können wir bewirken, daß bald der nähere, bald der entferntere Gegenstand scharf und bestimmt gesehen wird. Wir können sogar unbestimmt gleichsam ins Blaue hinaus sehen und also bewirken, daß wir das nicht einmal deutlich sehen, was vor Augen liegt. Wir stellen dann unser Auge für diejenige Entfernung nicht ein, in welcher die sichtbaren Dinge liegen, sondern für eine andere, in welcher nichts zu sehen ist. Dieses ist bei den Menschen der Fall, von denen man sagt: sie seien in Gedanken, sie träumten wachend. Indessen bin ich weit entfernt, dem Menschen das Vermögen abzusprechen, seine Aufmerksamkeit auch unmittelbar zu lenken. So beweist z. B. der Versuch, wo wir die seitwärts vom Auge gehaltene Hand sehen, wenn wir bei unverwandt vorwärts sehendem Auge unsere Aufmerksamkeit auf den seitlichen Gegenstand richten, dieses Vermögen.

Über die kleinsten Verschiedenheiten der Gewichte, die wir mit dem Tastsinne, der Länge der Linien, die wir mit dem Gesichte, und der Töne, die wir mit dem Gehöre unterscheiden können.

Die kleinste Verschiedenheit zweier Gewichte, die wir noch mittels des Gefühls der Anstrengung unserer Muskeln unterscheiden können, scheint nach meinen Versuchen die zu sein, wenn die beiden Gewichte sich ungefähr verhalten wie 39 zu 40, d. h. wenn das eine ungefähr um $^1/_{40}$ schwerer ist, als das andere (siehe oben S. [**547**]). Mittels des Gefühls vom Drucke, den die beiden Gewichte auf unsere Haut ausüben, können wir nur noch einen Gewichtsunterschied entdecken, der $^1/_{30}$ beträgt, so daß sich also die Gewichte verhalten wie 29 zu 30.

Wenn man eine Linie nach der anderen ansieht, so kann jemand, der ein sehr ausgezeichnetes Augenmaß besitzt, nach meinen Versuchen noch einen Unterschied entdecken zwischen zwei Linien, deren Länge sich ungefähr wie 50 : 51 oder sogar wie 100 : 101 verhalten. Menschen, welche ein weniger feines Augenmaß haben, unterscheiden Linien, die um $^1/_{25}$ ihrer Länge voneinander verschieden sind. Die kleinste Verschiedenheit der Höhe zweier Töne (die nahe in Unisono sind), welche ein Künstler noch wahrnimmt, wenn er einen Ton nach dem anderen hört, ist nach *Delezenne**) $^1/_4$ Komma ($^{81}/_{80}$) $^1/_4$. Ein Liebhaber der Musik unterscheidet nach ihm nur etwa $^1/_2$ Komma ($^{81}/_{80}$) $^1/_2$. Werden die Töne gleichzeitig gehört, so kann man so geringe Tonunterschiede nach *Delezennes* Versuchen nicht wahrnehmen. $^1/_4$ Komma ist nahe das Verhältnis von 321 : 322, $^1/_2$ Komma aber ist nahe das Verhältnis von 160 : 161.

Ich habe gezeigt, daß der Erfolg bei den Gewichtsbestimmungen derselbe [**560**] ist, man mag Unzen oder Lote nehmen, denn es kommt nicht auf die Zahl der Grane an, die das Übergewicht bilden, sondern darauf, ob das Übergewicht den 30. oder 50. Teil des Gewichtes ausmacht, welches mit einem zweiten Gewichte verglichen wird. Ebenso verhält es sich bei der Vergleichung der Länge von zwei Linien und der Höhe

---

*) *Delezenne* in Recueil des travaux de la soc. des sc. de Lille 1827 im Auszuge in Bull. univ. des sc. nat. XI. 275 und in *Fechners* Repertorium der Experimentalphysik. Leipzig 1832, Bd. I, S. 341.

zweier Töne. Es macht keinen Unterschied, ob man Linien vergleicht, die ungefähr 2 Zoll oder die 1 Zoll lang sind, wenn man erst die eine und dann die andere betrachtet und nicht beide zugleich nebeneinander sehen kann, und doch ist das Stück, um welches die eine Linie die andere überragt, im ersteren Falle noch einmal so groß als im letzteren. Freilich, wenn beide Linien nahe nebeneinander und einander parallel sind, so vergleicht man nur die Enden der Linien und untersucht, um wieviel die eine Linie die andere überragt, und hierbei kommt es dann nur darauf an, wie groß das überragende Stück der Linie ist, und wie nahe beide Linien einander liegen.

Auch bei der Vergleichung der Höhe zweier Töne kommt nichts darauf an, ob beide Töne um sieben Tonstufen höher sind oder tiefer, wenn sie nur nicht an dem Ende der Tonreihe liegen, wo dann die genaue Unterscheidung kleiner Tonunterschiede schwieriger wird. Es kommt daher auch hier nicht auf die Zahl der Schwingungen an, die der eine Ton mehr hat als der andere, sondern auf das Verhältnis der Zahl der Schwingungen der beiden Töne, die wir vergleichen. Zählte unsere Seele die Schwingungen beider Töne, so ließe es sich denken, daß sie nur auf die Zahl der Schwingungen achtete, die der eine Ton mehr hat als der andere. Wenn wir erst eine Linie und hierauf eine zweite mit dem Auge fixieren, und sich also beide nacheinander auf dem empfindlichsten Teile der Retina abbilden lassen, so könnte man geneigt sein, anzunehmen, daß man die Spuren des Eindruckes, die das erste Bild zurückließ, mit dem Eindrucke vergliche, den das zweite Bild auf die nämlichen Teile der Retina machte, und daß man also bemerkte, um wie viel das zweite Bild das erste überrage und umgekehrt. Denn auf ähnliche Weise vergleichen wir zwei Maßstäbe miteinander, wir legen sie übereinander, so daß sie sich decken, und sehen nun, um wieviel der eine den anderen überragt. Daraus, daß wir diese so sehr vorteilhafte Methode nicht anwenden, folgt wohl, daß wir sie nicht anwenden können, und daß also der vorausgehende Eindruck keine solche Spur auf der Nervenhaut oder im Gehirne hinterläßt, die sich mit dem nachfolgenden Eindrucke auf die angegebene Weise vergleichen ließe. Daß unsere Seele auf andere Weise bei der Vergleichung der Längen zweier Linien zu Werke gehen könne, sieht man schon daraus, daß wir zwei Linien untereinander vergleichen können, welche zu lang

sind, als daß sie sich auf einmal ganz auf dem empfindlichsten Teile der Nervenhaut abbilden können. Wir müssen in diesem Falle das Auge bewegen und dadurch bewirken, daß sich die verschiedenen Stücke derselben Linie sukzessiv auf den nämlichen Teilen der Nervenhaut abbilden. Unter diesen Umständen müssen wir also die Bewegung des Auges mit in Rechnung bringen und erhalten erst dadurch eine Vorstellung von der Länge der Linien. Wären die Eindrücke, die wir von sichtbaren Dingen im Gedächtnis aufbewahren, Spuren, welche die sinnlichen Eindrücke im Gehirne zurückließen, und deren räumliche Verhältnisse den räumlichen Verhältnissen der sinnlichen Eindrücke entsprächeu, und also gleichsam Daguerreotypen derselben, so würde es schwer fallen, sich einer Figur zu erinnern, die zu [561] groß ist, als daß sie sich auf einmal auf dem empfindlichen Teile der Nervenhaut abbilden könnte. Es scheint mir zwar, als ob sich eine Figur, die wir mit einem Blicke übersehen können, besser unserem Gedächtnisse und unserer Phantasie einprägte, als eine Figur, die wir nur sukzessiv übersehen können, indem wir die Augen bewegen, allein dennoch können wir uns auch die erstere mittels der Phantasie vorstellen. Aber es scheint von uns in diesem Falle die Vorstellung von der ganzen Figur aus den Stücken, die wir auf einmal wahrnehmen, zusammengesetzt zu werden.

Wenn man zwei Striche vergleicht, die 20 und 21 Linien lang sind, so ist der letztere um $^1/_{20}$ länger, der absolute Unterschied der Länge beträgt aber 1 Linie; wenn man dagegen zwei Striche vergleicht, die 1 Linie und 1,05 Linie lang sind, so beträgt der Unterschied auch $^1/_{20}$, aber der eine Strich ist nur um $^1/_{20}$ Linie länger als der andere, demnach ist im letzteren Falle der absolute Unterschied 20mal kleiner. $^1/_{20}$ Linie ist aber eine Größe, die wie ein feiner Nadelstich an der Grenze des Sichtbaren liegt. Man ist nur eben noch imstande, einen Punkt zu sehen, dessen Durchmesser $^1/_{20}$ Linie beträgt, und doch ist, wer ein sehr gutes Augenmaß hat, noch fähig, 2 Linien hinsichtlich ihrer Länge zu unterscheiden, von denen die eine um $^1/_{20}$ Linie länger ist. Zwei Beobachter, welchen ich solche Striche vorlegte, unterschieden beide den längeren von dem kürzeren, und ihr Augenmaß reichte sogar noch weiter. Ich selbst unterschied zwei Striche, deren relativer Längenunterschied $^1/_{20}$ betrug, und von welchen die eine zwischen $^1/_{17}$ und $^1/_{18}$ Linie länger war als die andere. Die Auffassung der Verhältnisse ganzer Größen, ohne daß man die

Größen durch einen kleineren Maßstab ausgemessen und den absoluten Unterschied beider kennen gelernt hat, ist eine äußerst interessante psychologische Erscheinung. In der Musik fassen wir die Tonverhältnisse auf, ohne die Schwingungszahlen zu kennen, in der Baukunst die Verhältnisse räumlicher Größen, ohne sie nach Zollen bestimmt zu haben, und ebenso fassen wir die Empfindungsgrößen oder Kraftgrößen so auf bei der Vergleichung der Gewichte.

Verwandtschaft des Tastsinnes mit anderen Sinnen.

Die Tastorgane haben den Ortsinn mit den Sehorganen gemeinschaftlich, nur in einem viel unvollkommeneren Grade, daher verdanken wir beiden Sinnen die genauere Wahrnehmung räumlicher Verhältnisse.

Dadurch, daß sehr schnell aufeinanderfolgende, auf die Tastorgane geschehene Stöße zu einer Empfindung zusammenfließen, die Zeiträume aber, in welchen sich die Stöße folgen, die Empfindung abändern, haben wir einen Übergang vom Tasten zum Hören. Wir fühlen die Erzitterungen als ein Beben, die wir mit dem Gehörorgane als einen Ton wahrnehmen, und dieses Beben ist der mannigfaltigsten Modifikationen fähig, die man sehr gut beim Schlittschuhfahren empfindet, wo vom glättesten Eise bis zum rauhesten verschiedene Abänderungen der Empfindungen wahrgenommen werden, die noch viel bestimmter sein würden, wenn es Strecken gäbe, wo die Erhabenheiten und Vertiefungen der Oberfläche in bestimmten Abständen lägen, auf der einen Strecke in größeren, auf der anderen in kleineren.

Wo die Haut nur von einer sehr dünnen und feuchten Oberhaut bedeckt und zugleich empfindlich ist, da haben wir einen Übergang vom [**562**] Tastsinne zu den Sinnen des Geruches und Geschmackes. Dieses ist an der Bindehaut des Auges der Fall, wo wir lebhafte Empfindung haben, wenn Dämpfe von schwefliger Säure und Ammoniak mit jener Haut in Berührung kommen. Der Teil der Schleimhaut der Nase, welcher den Boden der Nasenhöhle überzieht, und die Schleimhaut an einem Teile des Rachens sind ebenfalls fähig, Eindrücke von Ammoniak und Ätherdämpfen aufzunehmen. Vernichtet man die Fähigkeit zu riechen für einige Zeit, indem man die Nase mit Wasser füllt und dasselbe alsbald wieder entfernt (siehe oben S. [**499**] und [**515**]), so bleibt auf dem Boden

der Nase, am Gaumen und am Rachen das Vermögen übrig, durch Dämpfe von Ammoniak, von schwefliger Säure und von Eau de Cologne Eindrücke zu bekommen, die schwer zu beschreiben sind und beim Ammoniak stechend genannt werden können. Atmet man über einer weiten Öffnung einer großen Flasche wässerigen ätzenden Ammoniaks durch den Mund Ammoniakdämpfe ein, so hat man keine Empfindung an der Zunge, wohl aber eine stechende Empfindung in einer großen Strecke des Rachens. Beim Riechen und Schmecken vermischen sich diese Empfindungen, die uns die Tastorgane verschaffen, mit den Empfindungen des Geruchs- und Geschmacksorganes.

Das Gemeingefühl.

Coenaesthesis.

Die Mehrzahl der Physiologen bezeichnet mit dem Worte Gemeingefühl das uns zukommende Vermögen, unseren eigenen Empfindungszustand, z. B. Schmerz, wahrzunehmen, und unterscheidet es daher von dem Vermögen, eine Empfindung zu haben, die wir als einen von unserem Empfindungszustande verschiedenen Gegenstand auffassen können, z. B. die Empfindung einer Farbe oder eines Tones. Jenes Vermögen hat man daher keineswegs für einen eigentümlichen Sinn zu halten. Viele haben vielmehr angenommen, daß uns alle Sinnesnerven unter gewissen Umständen dergleichen Empfindungen verschaffen könnten, daß es aber Empfindungsnerven gäbe, die, weil sie mit keinen besonderen Sinnesorganen in Verbindung ständen, uns keine eigentümliche Sinnesempfindung, sondern nur Gemeingefühlsempfindung verschaffen könnten. Manche sind sogar der Meinung, daß wir bei dem ersten Gebrauche der Sinne alle Eindrücke nur als eine Veränderung unseres eigenen Empfindungszustandes empfunden, und daß wir erst allmählich durch Vergleichung und Auslegung der Sinneseindrücke gewisse Empfindungen als Objekte aufzufassen gelernt hätten.

Gemeingefühlsempfindung und Sinnesempfindung entstehen oft zugleich und sind dann nur verschiedene Wirkungen eines und desselben Eindruckes, z. B. der Ekel, der durch einen

Geruch erweckt wird, oder überhaupt dasjenige Angenehme und Unangenehme der Empfindungen, was unmittelbar und zu gleicher Zeit mit ihnen wahrgenommen wird und nicht erst aus einer Vergleichung der Empfindungen entspringt.

Daher der Name Gemeingefühl, welcher das Bewußtsein von [563] unserem Empfindungszustande bezeichnet, welches alle mit Empfindungsnerven versehenen Teile vermitteln, abgesehen von der spezifischen Sinnesempfindung, die uns außerdem manche von ihnen verschaffen*).

Diese Lehre ist neuerlich durch die oben S. 506 mitgeteilten Versuche von *Magendie* zweifelhaft geworden, welche ihn zu dem Resultate führten, daß die mechanische Verletzung der Nervenhaut des Auges und des Sehnerven, des Geruchsnerven und des Gehörsnerven bei Säugetieren keinen Schmerz erregte. Da man nun schon seit langer Zeit weiß, daß die mechanische Verletzung der Kortikalsubstanz des großen und kleinen Gehirnes und der ihr nächsten Lagen der weißen Substanz dieser Teile und sogar die Verletzung des Balkens unmittelbar keine Zeichen von Schmerz hervorrufen; da man ferner durch die Versuche von *Bell*, *Magendie* und durch die entscheidenden Versuche von *Joh. Müller*, sowie auch durch

---

*) Gemeingefühlsempfindungen sind, wie ich oben S. [495] gezeigt habe, Empfindungen, die wir als Änderungen unseres Empfindungszustandes auffassen müssen und nicht auf Objekte beziehen können. Zu den am angeführten Orte angegebenen Verhältnissen, welche es uns unmöglich machen, die Empfindungen auf Objekte zu beziehen, gehört auch der Umstand, daß wir unsere Aufmerksamkeit nicht zugleich auf viele Empfindungen richten und sie uns als Objekte vorstellen können. Da nun immerfort zahlreiche Eindrücke auf unsere Sinnesorgane gemacht werden, auf die wir unsere Aufmerksamkeit nicht richten, so werden wir uns hierbei nur des geänderten Empfindungszustandes bewußt, den solche Eindrücke hervorbringen und hinterlassen. *Henle* scheint mir aber zu weit zu gehen, wenn er hierin allein das Wesen des Gemeingefühls setzt, und (Allgemeine Anatomie, Leipzig 1841, S. 728) sagt: »Das Gemeingefühl ist die Summe, das ungesonderte Chaos von Sensationen, welches dem Selbstbewußtsein von allen empfindenden Teilen des Körpers zugeführt wird.« Empfindungen, durch die wir Änderungen unseres Empfindungszustandes wahrnehmen, erwecken leicht unmittelbar, d. h. ohne daß zuvor Zwecke und Mittel gedacht werden, die Tätigkeit unseres Willens, und werden dann in ihrem Verhältnis zu unserem Begehrungsvermögen entweder als angenehm oder unangehm vorgestellt. Indessen gibt es auch sehr schwache und deswegen indifferente Gemeingefühlsempfindungen. Hierher gehört das Gefühl der mäßigen Anstrengung unserer Muskeln.

die von *Panizza* bewiesen hat, daß die mechanische Verletzung der die Bewegungsnerven enthaltenden vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven keinen Schmerz verursacht, und da man sich endlich durch chirurgische Operationen beim Menschen und durch Vivisektionen bei Säugetieren davon überzeugt hat, daß die Tastorgane und ihre Nerven, wenn sie verletzt werden, mehr Schmerz als die meisten anderen Teile hervorrufen, so scheint der von *Joh. Müller* ausgesprochene Gedanke viel für sich zu haben, daß wir nur mittels der Gefühlsnerven Schmerz empfinden könnten, und daß der Tastsinn durch Gefühlsnerven vermittelt werde, die dadurch, daß sie in manchen Teilen durch besondere Tastorgane unterstützt werden und in den Tastorganen sehr zahlreich sind, uns außer den Gemeingefühlsempfindungen noch die Sinnesempfindungen des Druckes, der Wärme und der Kälte verschaffen könnten.

Wie sehr sich auch diese Lehre empfiehlt, so ist sie doch bis jetzt noch nicht außer allen Zweifel gesetzt.

*Magendie*s Versuche sind nach seiner eigenen Meinung nicht ganz entscheidend, wenigstens ließen die bei Vögeln angestellten Versuche eine Ungewißheit. Daraus ferner, das die mechanische Verletzung der Nervenhaut des Auges keinen Schmerz hervorbringt, kann noch nicht mit Sicherheit gefolgert werden, daß auch keine andere Art von Einwirkung auf [**564**] dieselbe Schmerz erzeugen könne. Im Gegenteile scheinen die so häufig vorkommenden, mit Lichtscheu verbundenen Augenschmerzen zu beweisen, daß das Licht Schmerz mittels des Sehnerven hervorrufen könne. Zwar könnte man einwenden, daß diese Schmerzen vielleicht nicht durch den Sehnerven, sondern durch andere Nerven entstünden. In der Tat kommen auch dergleichen Augenschmerzen, die in anderen Nerven ihren Sitz haben, wirklich vor, aber sie dürfen nicht mit denjenigen Schmerzen verwechselt werden, welche durch das Licht unmittelbar und also in dem Momente erzeugt worden, wo es ins Auge fällt. Denn da das Licht unmittelbar nur auf die Nervenhaut einwirken kann und auf keinen anderen Nerven einen Eindruck macht (auch wenn er entblößt ist), so können solche Schmerzen nur durch die Mitwirkung der Sehnerven entstehen. Wollte man annehmen, daß die Fortleitung des Lichteindruckes nach dem Gehirne auch in jenen Fällen unmittelbar keinen Schmerz erweckte, daß sich aber daselbst der Eindruck anderen Nervenfasern mitteilte und mittels dieser Schmerz erweckte, so ist zu bemerken, daß wir auch, wenn

es sich so verhielte, doch der Nervenhaut des Auges Gemeingefühl und die Fähigkeit, Schmerz hervorzubringen, zuschreiben müßten.

Denn auch in vielen anderen Fällen entsteht der Schmerz dadurch, daß die von Nerven fortgepflanzten Eindrücke sich im Gehirne auf andere Nervenfasern ausbreiten. Übrigens werden Lichtscheu und die Entstehung von Augenschmerzen auch bisweilen beobachtet, wenn das kranke Auge in dem Grade am schwarzen Stare erblindet ist, daß das Licht als Licht und Farbe gar nicht empfunden wird, sondern nur insofern es Schmerz erregt. *Ph. v. Walther* *) drückt sich hierüber so aus: »Daher dauert die Photophobie bei manchen Amaurosen, auch wenn sie schon vollkommen geworden sind, auf eine für den Kranken betrübende Weise fort, und für denselben ist der Eindruck des Lichtes noch immer äußerst schmerzhaft, obgleich er dasselbe von Dunkelheit nicht mehr zu unterscheiden vermag.« In solchen Fällen scheint mir zwar die Nervenhaut die Lichteindrücke aufzunehmen, und die Fäden des Sehnerven scheinen sie auch zum Gehirne fortzupflanzen; aber dort scheint ein Hindernis zu sein, dieselbe als Licht und Farbe aufzufassen, so können denn jene Lichteindrücke, wenn sie zu heftig sind, Schmerz erregen, ohne die Empfindung von Licht zu erzeugen. Daß im Auge und im Gehörsorgane die spezifischen Empfindungen nicht öfter Schmerz erzeugen, kann vielleicht darin liegen, daß die Licht- und Schalleindrücke überhaupt nicht zu den stärkeren Einwirkungen gehören, welche auf unseren Körper geschehen, und daß auch Anstalten getroffen sind, vermöge deren zu heftige Eindrücke gemäßigt werden, z. B. durch die Verengung der Pupille und durch die Muskeln, die auf das Trommelfell wirken.

Die Erfahrung lehrt übrigens, daß ein Teil gegen eine gewisse Klasse von Einwirkungen sehr empfindlich sein könne, während er gegen eine andere Klasse derselben unempfindlich ist. Die Muskeln gehören z. B., wie weiter unten gezeigt werden wird, zu den Teilen, die ein vorzüglich feines Gemeingefühl besitzen, und doch sind sie gegen mechanische Verletzung und gegen Wärme und Kälte sehr unempfindlich.

[**565**] Gegen die Lehre, daß der Tastsinn nur durch eine vollkommenere Ausbildung der dem Gemeingefühle gewidmeten

---

*) *Ph. v. Walter* im Journal der Chirurgie und Augenheilkunde: die Lehre vom schwarzen Star und seiner Heilart. Bd. XXX, S. 360.

Nerven und Organe entstehe und also nur ein ausgebildeter Gefühlsinn sei, könnten vielleicht auch die Erfahrungen angeführt werden, daß durch den Gebrauch des Äthers und des Chloroforms das Vermögen, Schmerz zu empfinden, auf einige Zeit beschränkt und sogar aufgehoben werde, während das Vermögen, Berührungen zu empfinden, fortdauere, und dieser merkwürdige Zustand könne auch durch andere Ursachen, z. B. durch Bleivergiftung herbeigeführt werden.

*Gerdy**), der über die Wirkungen des Ätherisierens an sich selbst Beobachtungen gemacht hat, gibt an, er habe erst eine Betäubung und Wärme gefühlt, als wenn alkoholische Dämpfe berauschend zum Gehirne stiegen. Zuerst nahm er die Betäubung in den Füßen bis zu den Zehen wahr, dann in den Beinen und Armen. Die Betäubung war in den empfindlichsten Teilen mit einem Gefühle von Wärme und Zittern verbunden. Nun erst folgte die Betäubung des Vermögens, Schmerz zu empfinden. *Gerdy* glaubte sich zu überzeugen, daß der Geruch, der Geschmack, die eigentliche Tastempfindung und der Kitzel nicht durch die allgemeine Betäubung aufgehoben würden, wohl aber der Schmerz.

*Longet***) sagt, indem er sich zugleich auf die Versuche von *Malgaigne* und *Velpeau* bezieht: »Bei dem einen Menschen dauert das Selbstbewußtsein, der Gebrauch der äußeren Sinne und sogar der Gebrauch des Tastsinnes fort, während die allgemeine Empfindlichkeit (sensibilité générale) allein aufgehoben ist, bei dem anderen entsteht absolute Insensibilität, die Ideen sind aber nur unvollkommen gefesselt, der Patient versteht die Fragen, die man an ihn richtet, obwohl er sie nicht sogleich beantworten kann. Er hat das Empfindungsvermögen für das Tasten (sensibilité tactile) verloren und hat doch noch so viel Bewußtsein, daß er die Versuche angeben kann, die an seiner Person angestellt werden sollen, und daß er sich selbst Nadeln in das Fleisch zu stoßen fähig ist.« »Manche Patienten fühlen es, wenn ihr Zahn vom Zahnarzte mit einem Instrumente berührt wird, und doch empfinden sie keinen Schmerz beim Ausziehen desselben. Ein anderer nimmt das Zerreißen der Gewebe in der Gegend der Parotis

---

*) *Gerdy.* Siehe Arch. gén. de méd. Fevr. 1847, p. 265 sq.

**) *Longet.* Siehe seine Abhandlung hierüber in Archives générales de médecine. Paris 1847, p. 21.

wahr, welches durch das Instrument bewirkt wird, womit man operiert, und ist doch unempfindlich für den Schmerz.« *Pirogoff**) sagt, indem er sich auf seine eigenen Erfahrungen stützt: »Die Ätherisierten behalten mehr oder weniger ihr Bewußtsein und den Gebrauch ihrer Sinne, aber sie verlieren ganz oder bis auf einen gewissen Grad das Gemeingefühl (sensibilité). Ein Kranker, bei welchem ich die Operation einer Fistula recto-vesicalis ausführte, plauderte während der ganzen Operation, hörte und sah alles, zog mit Gewalt seine Schenkel zusammen und fühlte doch nur, daß die Operation gemacht wurde, ohne daß er Schmerzen empfand.« Dürfte man diese Beobachtungen für entscheidend halten, so könnte man annehmen, daß das Zentralorgan des [**566**] Tastsinnes an einem anderen Orte des Gehirnes gelegen wäre als das Zentralorgan des Gemeingefühles, und daß daher das letztere durch die Einwirkung des Äthers betäubt werden könne, während das andere in seiner Verrichtung nicht gestört werde, und hieraus würde folgen, daß beide Vermögen zu unterscheiden seien.

Auch die giftigen Wirkungen des Bleies haben auf eine solche Annahme geführt. *J. H. Beau***) beobachtete nämlich im Hotel Dieu in Paris einen Arbeiter, der sich mit Anstreichen der Häuser beschäftigt hatte und an der Bleikachexie litt. Der obere und innere Teil seines Sckenkels war ganz gefühllos. Wenn man ihn knipp oder stach, so fühlte er daselbst weder die Berührung, noch den Schmerz, an anderen Teilen des Körpers fühlte er zwar die Berührung, aber keinen Schmerz. »Sogar die leiseste Berührung entging ihm nicht. Der Tastsinn war nicht aufgehoben.« Seitdem fand *Beau* bei wenigstens 30 Patienten dieser Art eine mehr oder weniger vollständige Anästhesie. Er glaubt, eine doppelte Art von Anästhesie unterscheiden zu können, die Anästhesie der Berührung (des Tastsinnes) und die Anästhesie des Schmerzes (des Gemeingefühles). Bei der letzteren empfand der Patient keinen Schmerz, keinen Kitzel zum Niesen, wenn man die Schleimhaut der Nase mit einer Flaumfeder reizte, keinen Kitzel zum Würgen, wenn man das Zäpfchen reizte, wohl aber fühlte er

---

*) *Pirogoff*, Recherches pratiques et physiologiques sur l'éthérisation. Pétersbourg 1847, p. 21.

**) *Beau*, Arch. gén. de méd. Jan. 1848 in Froriep Not. Apr. 1848, p. 136.

die Berührung. Die Anästhesie des Gemeingefühles hat verschiedene Grade, das Gefühl des Schmerzes ist nach *Beau* entweder ganz aufgehoben oder nur mehr oder weniger abgestumpft. Die Anästhesie des Gemeingefühles fehlt nie, wo die Anästhesie des Tastsinnes vorhanden ist, wohl aber kann sie ohne die letztere vorhanden sein. Die Anästhesie des Gemeingefühles nimmt oft einen beträchtlichen Teil des Körpers ein, während die Anästhesie des Tastsinnes immer nur auf einen kleinen Teil desselben beschränkt ist. Bisweilen gelingt es nicht, in einem Teile künstlich Schmerz zu erregen, und dennoch werden in dem nämlichen Teile große Schmerzen empfunden, die von selbst entstehen, z. B. bei Arthralgie. Aber nicht nur bei Bleivergiftungen beobachtete *Beau* diese doppelte Art der Anästhesie, sondern auch bei der Hypochondrie. So fühlte z. B. ein 18jähriger Schuhmacher, der sonst völlig gesund zu sein schien, an beiden Armen durchaus keinen Schmerz, wenn man ihn knipp, stach oder mit einem weißglühenden Eisen berührte, während er an denselben Teilen die Berührung mit einer Federfahne gewahr wurde, und eine ähnliche Beobachtung machte er bei einem 23jährigen Tischlergesellen.

Ein ähnlicher Zustand ist schon vor langer Zeit von dem Genfer Arzte *Vieusseux**) bei einem komplizierten Falle von Lähmung an sich selbst beobachtet und beschrieben worden. Das Gemeingefühl wurde bei ihm auf der ganzen rechten Seite mit Ausnahme des Kopfes gelähmt, während der Tastsinn unversehrt blieb. Am Kopfe nämlich war nicht die rechte, sondern die linke Seite des Gefühles beraubt. Er konnte mit der Hand den Puls fühlen und fühlte doch keinen Schmerz, wenn er gestochen oder mit den Nägeln geknippen wurde. Spanische Fliegen und ein heftiges, mit Fieber verbundenes Nagelgeschwür erregten ihm nur ein Gefühl von Wärme, Spannung oder Jucken. Warmes Wasser schien ihm [**567**] kalt, und kaltes schien ihm warm zu sein. Es bestand das Übel nicht in einer einfachen halbseitigen Lähmung, da auch auf der linken Hälfte des Körpers das Empfindungsvermögen etwas stumpf, und die Muskeln schwach waren**).

---

*) *Vieusseux.* Siehe bei Mehlis commentatio de morbis hominis dextri et sinistri. Göttingen 1818. 4. p. 15.

**) Über die Frage, ob bei der Anästhesie dasjenige Empfindungsvermögen fortdauert, wodurch wir den Grad der Anstrengung der Muskeln abmessen, siehe das nach, was weiter unten bei der

Die Berührung eines eingeschlafenen Gliedes erregt bekanntlich nicht selten ein unangenehmes Gefühl von Prickeln und Beben, so daß man es vermeidet, dasselbe mit anderen Körpern in Berührung zu bringen und z. B. den Fuß auf den Fußboden aufzusetzen. Patienten, welche an der Hemiplegie leiden, ist bisweilen das Einreiben von Salben schmerzhaft, das ihnen im gesunden Zustande nicht die geringste unangenehme Empfindung erregen würde. In beiden Fällen ist der Tastsinn betäubt, und es könnte daher scheinen, daß in demselben Maße das Gemeingefühl empfindlicher geworden sei, als der Tastsinn unempfindlich. Ich habe schon oben S. [**520**] diese auffallende Erscheinung zu erklären gesucht und bin nicht der Meinung, daß daraus gefolgert werden könne, daß verschiedene Nerven dem Gemeingefühle und dem Tastsinne der Haut dienstbar wären.

Beau glaubt, daß zur Entstehung des Schmerzes und Kitzels eine Reflexion der Empfindungen erforderlich werde. Entstünde bei der Berührung keine Empfindung, so könnte auch keine Reflexion desselben entstehen. Es müsse daher das Vermögen, Schmerz zu empfinden, allemal fehlen, wo das Vermögen, Berührung zu empfinden, aufgehoben wäre. Das Vermögen, die Berührung zu empfinden, könne dagegen wohl fortdauern, während das Vermögen, Schmerz zu empfinden, aufgehoben wäre, nämlich dann, wenn Umstände existierten, welche die Reflexion der Empfindung unmöglich machten. *Beau* behauptet, daß, wenn man sich mit einem Stocke auf einen Leichdorn schlage, der Schmerz um 1 bis 2 Sekunden später entstehe als die Empfindung, die die Berührung verursache. Wäre diese Erfahrung begründet, so würde sie allerdings sehr zugunsten der von *Beau* aufgestellten Hypothese sprechen. Denn die Fortpflanzung der Eindrücke durch die Empfindungsnerven geschieht so geschwind, daß die dabei vergehende Zeit nicht beobachtet werden kann; ebenso geschieht die Fortpflanzung der auf die Bewegungsnerven gemachten Eindrücke zu den Muskeln, wie mein Bruder, *Eduard**), angibt, so geschwind, daß die zwischen der Reizung und der entstehenden Muskelzuckung verfließende Zeit nicht wahrgenommen wird. Dagegen

---

Untersuchung des Gemeingefühles der Muskeln gesagt worden ist. Siehe S. [**584**].

*) *Eduard Weber*, Handwörterbuch der Physiologie. Art. Muskelbewegung. Bd. III, 2. Abteil., S. 3.

vergeht, damit ein auf die Empfindungsnerven gemachter Eindruck auf die Bewegungsnerven reflektiert werde, eine meßbare Zeit. Man hat eine sehr gute Gelegenheit, das letztere bei vielen Menschen gleichzeitig wahrzunehmen, wenn man das weibliche Publikum in einem Konzerte beobachtet, in welchem nach sanften Melodien oder nach einer Pause plötzlich mit dem Taktschlage Pauken und Trompeten mit aller Kraft einsetzen. Das Zusammenfahren der Damen erfolgt, wie ich seit vielen Jahren beobachtet habe, eine meßbare Zeit später als der Eindruck des starken Schalles auf das Ohr. Ich habe mich, um die Angaben des Herrn *Beau* zu prüfen, mehrmals auf den Nagel eines vom Tische unterstützten Fingers heftig geschlagen und gefunden, daß allerdings die durch diesen Stoß entstehende Empfindung, nachdem der [**568**] Schlag vorüber ist, an Stärke zunimmt und eine merkliche Zeit nach dem Schlage ihren höchsten Grad erreicht und dann wieder schnell abnimmt. Allein, wenn der Stoß nicht auf den Nagel geschieht, sondern auf die Haut des zweiten Gliedes des Fingers, so finde ich, daß der Schmerz sogleich beim Schlage am stärksten ist, und nehme daher an, daß im ersteren Falle der Schmerz, vermöge des Schutzes, den der Nagel gewährt, etwas später eingetreten sei. Der Nagel erleidet durch den Schlag einen Eindruck oder eine Einbiegung; vielleicht ist es nicht diese Einbiegung unmittelbar, sondern die Bewegung, wodurch der Nagel hierauf, vermöge seiner Elastizität, seine ursprüngliche Gestalt wieder annimmt, die den Schmerz erregt, der daher nicht im ersten Momente fühlbar ist. Indessen will ich nicht behaupten, daß die Empfindung von der Berührung und die Empfindung des Schmerzes völlig gleichzeitig wären. Streicht man jemand mit der Fahne einer Feder auf den nackten Rücken, so entsteht ein Schauder, aber dieser Schauder ist nach meinen Erfahrungen auch nicht gleichzeitig mit der Empfindung der Berührung, sondern folgt ihr nach, und dasselbe gilt wohl auch beim Kitzel, der dem Niesen vorausgeht. Ich bin der Meinung, daß auch der Schmerz, ebenso wie diese Empfindungen, auf einer weiteren Ausbreitung des auf das Gehirn hervorgebrachten Eindruckes auf andere Fasern des Gehirnes beruhe, da ich sehe, daß der Ort, wo die Einwirkung geschieht, von welchem der Schmerz ausgeht, viel ausgebreiteter zu sein scheint, als es der Fall ist, und daß uns dieser Ort, solange kein Schmerz entsteht, viel enger begrenzt erscheint.

Verschiedene Lebhaftigkeit des Gemeingefühles.

Nur die mit Nerven versehenen Teile unseres Körpers haben Gemeingefühl. Teile, in welche keine Nerven eindringen, wie die Haarzylinder, die oberflächlichen Lagen der harten Zahnsubstanzen, die Oberhaut und die Nägel ermangeln im gesunden und kranken Zustande des Gemeingefühles. Haare verbrennen, ohne daß wir es empfinden, von Zähnen feilt man Stückchen ab, und erst wenn die die Höhle des Zahnes und den Zahnkeim bedeckende Lage so dünn wird, daß nun der Zahn gegen Kälte und Wärme und gegen andere Einflüsse nicht mehr gehörig geschützt ist, zeigt sich der Zahn empfindlich. Ebenso kann man von den Nägeln eine beträchtlich dicke Lage abschaben, und von der Oberhaut in der Hohlhand und im Hohlfuße eine beträchtlich dicke Lage abschneiden, ohne eine andere Empfindung zu erregen als die, welche dadurch entsteht, daß sich nun der Druck und die Erschütterung zu den nervenreichen Teilen leichter fortpflanzt. In die Hufe der Pferde schlägt man bis zu einer gewissen Tiefe Nägel ein.

Werden die zu einem Teile gehenden Nervenstämme vollständig durchschnitten, so wird derselbe des Gemeingefühles beraubt. Durchschneidet man z. B. am Fuße des Pferdes die zu dem letzten Gliede gehenden Nerven, so kann man nachher, wie Professor *Renner* in Jena beobachtet und bezeugt hat, den Huf mit Zangen losreißen, ohne daß das Pferd Schmerz verrät.

Das Gemeingefühl ist in den Tastorganen und in den Muskeln, welche zu den nervenreichsten Teilen unseres Körpers gehören, am feinsten. Aber die Feinheit des Gemeingefühles [**569**] äußert sich in beiden nicht unter denselben Umständen. In den Tastorganen bringen der Druck, sowie auch die mechanischen und chemischen Verletzungen, z. B. durch Zerquetschen und Verbrennen, heftige Schmerzen hervor, die in den Muskeln nach *Bichats* Versuchen durch diese Ursachen nicht erzeugt werden. Dagegen entstehen in den Muskeln durch zu lange dauernde lebendige Kontraktion der Muskeln Schmerzen, die so zunehmen, daß sie endlich nicht mehr zu ertragen sind, und durch eine krampfhafte Zusammenziehung mancher Muskeln, z. B. durch den Wadenkrampf oder durch Rheumatismus entstehen in

denselben sehr heftige Schmerzen. Auch hat man in manchen Muskeln ein überaus feines Gefühl der Anstrengung, mittels dessen man durch die Muskeln, wie mit einem Sinnesorgane, den Widerstand messen kann, der unseren Bewegungen geleistet wird. Vermöge dieses äußerst feinen Gemeingefühles der Stimmuskeln kann man beim Singen den Grad der Kraft sehr genau abmessen, welcher erforderlich ist, damit die Stimmbänder in dem Grade angespannt werden, daß ein Ton von bestimmter Höhe entsteht.

Zwischen den Teilen, welchen das Gemeingefühl ganz mangelt, und den, welche ein sehr feines Gemeingefühl haben, liegen die in der Mitte, bei welchen es so stumpf ist, daß es im gesunden Zustande wenig oder gar nicht bemerkt wird, wohl aber in gewissen krankhaften Zuständen sich äußert.

Das Gemeingefühl der Haut und der anderen Tastorgane.

Schmerz durch Wärme und Kälte.

Um die wichtige Lehre von der Natur des Schmerzes aufzuklären, muß man die Umstände recht genau untersuchen, unter welchen Wärme, Kälte, Druck und Zug Schmerz erregen, und wie andererseits auch durch die längere Dauer einer ununterbrochenen, sonst mäßigen Muskeltätigkeit Schmerz entstehe. In diesen Fällen kann man den Übergang der Tastempfindungen der Wärme, Kälte und des Druckes in Schmerz, und den Übergang der Empfindung des Grades der Anstrengung der Muskeln in Ermüdung und der Ermüdung in Schmerz beobachten und die Größe der Einflüsse durch Messung bestimmen, welche Schmerz erzeugen.

Man darf den Schmerz, den man empfindet, wenn man eine Hand in heißes Wasser taucht, nicht für eine Tastempfindung halten, die nur durch ihre Stärke von der Tastempfindung einer mäßigen Wärme verschieden wäre. Der Schmerz, der durch Wärme und Kälte entsteht, ist von der Empfindung der Wärme und Kälte sehr verschieden. Ist derselbe nicht heftig, so empfindet man zugleich auch die Wärme oder Kälte, die ihn verursacht, und kann dann den durch Wärme entstehenden Schmerz von dem, welcher durch Kälte hervorgebracht wird,

unterscheiden. Ist er aber heftig, z. B. wenn Wärme oder Kälte auf den entblößten Zahnkeim wirken, so ist es dieselbe Empfindung, sie mag durch Wärme oder Kälte verursacht werden.

Daß der Schmerz, der durch Wärme und Kälte entsteht, auf einem [570] anderen Vorgange beruht, als die Empfindung von Wärme und Kälte, wird noch durch folgende Umstände bestätigt: von dem Augenblicke an, wo Wärme und Kälte Schmerz hervorbringen, wird das Vermögen, durch den Tastsinn der affizierten Teile Wärme oder Kälte zu empfinden, für einige Zeit geschwächt oder sogar ganz aufgehoben. Ich habe schon oben Seite [504] davon gehandelt, daß durch eine gewisse Wärme oder Kälte das Leitungsvermögen der Nerven beschränkt oder sogar aufgehoben werde. Zieht man die Hand, wenn man in heißem Wasser Brennen empfindet, sogleich heraus und berührt damit einen kalten Körper oder taucht sie sehr schnell auf einen Moment in kühles Wasser, so empfindet man die Kälte des letzteren nicht. Wiederholt man dieses Eintauchen in kühles Wasser mehrmals und sehr schnell hintereinander, so beobachtet man, wie allmählich das Vermögen, Kälte zu fühlen, zurückkehrt, so daß man beim dritten Eintauchen eine schwache Kälteempfindung hat, die beim vierten und fünften Eintauchen immer stärker und deutlicher wird.

Der entstehende Schmerz zeichnet sich aber auch dadurch vor der Tastempfindung der Wärme oder Kälte aus, daß die Empfindung des Schmerzes sich auf eine größere Region unseres Körpers auszubreiten scheint, und daß also der Ort der Empfindung nicht so bestimmt begrenzt ist, als der Ort der Tastempfindung einer mäßigen Wärme oder Kälte. Man sieht das am deutlichsten, wenn man durch Kälte Schmerz erregt. Taucht man z. B. die ganze Hand in eine große Menge Wasser, das eine Temperatur von + 5° R, (6,2° C) hat, so lange ein, bis Schmerz entsteht, so beschränkt derselbe sich nicht auf den eingetauchten Teil, sondern erstreckt sich bis zur Mitte des Unterarmes. Dieser Umstand ist wichtig. Ich glaube nicht annehmen zu dürfen, daß sich hierbei die Kälte unmittelbar bis zur Mitte des Unterarmes verbreite und daselbst Schmerz errege, sondern vermute, daß die Kälte, während die peripherischen Enden der Tastnerven durch dieselbe betäubt werden, bis zu den Nervenstämmen eindringe, und durch die zahlreichen Fäden derselben einen Eindruck auf das Gehirn mache, der sich nicht bloß auf die Orte beschränkt, wo sich jene Fäden

im Gehirne endigen, sondern sich auch benachbarten Teilen des Gehirnes mitteilt. Diese in der Nachbarschaft erregte Empfindung versetzen wir dann in unserer Vorstellung in den Unterarm. Man findet, wie S. [**495**] bemerkt worden ist, auch in anderen Fällen, wo Schmerz entsteht, daß er nicht auf den Ort beschränkt ist, auf den die schmerzerregende Ursache wirkt.

Schmerz scheint also durch Wärme oder Kälte dann zu entstehen, wenn die einwirkende Ursache einen so starken Eindruck auf das Gehirn macht, daß sich dieser Eindruck im Gehirne weiter verbreitet. Daß der Eindruck auf das Gehirn eine solche Stärke erreicht, hängt von fünf Umständen ab: 1. von dem höheren oder geringeren Grade der auf uns wirkenden Wärme oder Kälte, denn der Schmerz entsteht desto schneller und ist desto größer, je höher oder niedriger der Temperaturgrad; 2. von der längeren oder kürzeren Zeit, während welcher wir der Wärme oder Kälte ausgesetzt sind, denn je länger wir ihnen ausgesetzt sind, desto mehr nehmen unsere Organe die warme oder kalte Temperatur an, und desto tiefer dringt sie in das Innere unserer Organe ein und wirkt dann nicht bloß auf die peripherischen Enden der Nerven, sondern ergreift auch die Stämme der Nerven und macht dann durch die zahlreichen Fäden derselben Eindrücke auf das Gehirn, die sich zu einem sehr heftigen Eindruck [**571**] summieren; 3. von der größeren oder geringeren Empfindlichkeit des der Wärme und Kälte ausgesetzten Teiles; so empfinden wir z. B. viel schneller und stärker Schmerz, wenn wir die Zungenspitze, als wenn wir einen Finger in dasselbe heiße Wasser eintauchen; 4. von der Größe der Oberfläche des empfindlichen Teiles, welcher dem Einflusse der Wärme und Kälte ausgesetzt ist, denn je größer diese Oberfläche ist, desto mehr Nervenfäden empfangen gleichzeitig den Eindruck der Wärme oder Kälte, und diese vielen Eindrücke summieren sich im Gehirne zu einem einzigen starken Eindrucke, der so heftig werden kann, daß er sich daselbst weiter ausbreitet und dadurch Schmerz erregt; 5. und endlich von der geringeren oder größeren Dicke der durch ihr schlechtes Wärmeleitungsvermögen schützenden Decke der Oberhaut, die bekanntlich an verschiedenen Teilen der Haut sehr verschieden ist, denn je dünner die Oberhaut ist, desto schneller können Wärme und Kälte bis zu den empfindlichen Teilen eindringen.

Was zuerst den Grad der Wärme und Kälte betrifft, welcher erforderlich ist, damit Gemeingefühlsempfindungen und sogar Schmerz entstehen, so scheint derselbe Grad, welcher die Nerven, wenn er einige Zeit auf sie einwirkt, in ihrem Leitungsvermögen beschränkt oder sie sogar dessen auf einige Zeit beraubt, auch Empfindungen des Gemeingefühles zu erwecken, die bis zum Schmerze steigen, wenn sie heftig werden.

Eine Temperatur von 39° R, wenn sie hinreichend lange auf unsere Organe einwirkt, schwächt noch das Leitungsvermögen, und ungefähr derselbe Grad ist es auch, der auch noch die Gemeingefühlsempfindungen und einen mäßigen Schmerz hervorrufen kann. Meine Versuche sind nicht ausreichend, um zu bestimmen, welcher Grad der Kälte noch das Leitungsvermögen der Nerven merklich schwäche, ich kann nur so viel sagen, daß eine Temperatur von 9° R und von 10° R diese Wirkung noch hervorbringt, wenn das Wasser lange genug einwirkt, und der eingetauchte Teil groß ist.

Wenn wir eine Hand in mäßig heißes Wasser eintauchen, so ist die Empfindung beim Eintauchen lebhaft und nimmt alsbald ab, hierauf nimmt sie aber allmählich wieder zu und wächst bis zum Schmerze, der endlich einen Grad erreicht, der uns nötigt, die Hand herauszuziehen. Je geringer die Hitze ist, desto länger dauert es, ehe der Schmerz entsteht. Da die Kälte, welche das Wasser annehmen kann, nur 0° beträgt, so hat man Zeit genug, zu beobachten, wie die Empfindung, welche auch hier anfangs am lebhaftesten ist, abnimmt, endlich aber wieder zunimmt und nach einiger Zeit bis zum Schmerz steigt, denn hier dauert es immer längere Zeit, ehe der Schmerz entsteht, und derselbe erreicht niemals den Grad, daß man ihn nicht ertragen könnte. Dem Schmerz gehen in beiden Fällen andere Gemeingefühlsempfindungen voraus. In der Hand, die man in warmes Wasser von etwa 40,5° oder 41° R eintaucht, fühlt man eine Spannung oder Fülle, es entsteht in ihr eine Unruhe, welche von dem heftigeren Pulsieren der kleineren Arterien und von einem Zittern herzurühren scheint, in das einzelne Muskelbündel geraten. Dasselbe Zittern beobachtet man in der Zungenspitze, wenn man sie eintaucht. Auch starke Kälte bringt es hervor.

Als ich $2^1/_2$ Minute lang den Mittelfinger der einen Hand in Wasser eintauchte, dessen Temperatur 40,5° R war, während ich den der anderen [572] in Wasser eintauchte, dessen

Temperatur + 9° R betrug, war anfangs die Empfindung der Kälte stärker als die der Wärme, nach einer Anzahl von Sekunden waren beide Empfindungen gleich stark, hierauf aber wuchs die Empfindung der Wärme, bis ein Schmerz zu entstehen anfing, und ein Klopfen im Finger wahrgenommen wurde; als ich nun beide Finger aneinander legte und jeden mit dem anderen befühlte, konnte ich weder die Wärme des erwärmten Fingers mit dem kalten, noch die Kälte des erkälteten Fingers mit dem warmen Finger fühlen, denn das Empfindungsvermögen beider Finger war abgestumpft, ich fühlte daher weder Kälte, noch Wärme. Waren die Temperaturen des Wassers + 30,5° R und + 9° R, so fühlte ich, als sie nach 10 Minuten einander berührten, Kälte, denn der erkältete Finger war in seinem Empfindungsvermögen abgestumpft und konnte keine Empfindung der Wärme des Fingers verschaffen, den er betastete, der erwärmte Finger dagegen war es nicht, und mittels des letzteren fühlte ich die Kälte des erkälteten Fingers. Waren die Temperaturen des Wassers + 41° R und + 19° R und wurde die rechte Hand der einen, die linke Hand der anderen Temperatur ausgesetzt, so fing das Wasser nach einiger Zeit an, eine Empfindung von Brennen zu erregen, nach 28 Sekunden war diese Empfindung so stark, daß sie Schmerz verursachte; brachte man nun beide Hände miteinander in Berührung, so fühlte man mit der mäßig erkälteten Hand die warme Temperatur der stark erwärmten Hand, aber man konnte nicht umgekehrt die Kälte der erkälteten Hand mittels der erwärmten Hand empfinden; denn das Empfindungs- und Leitungsvermögen der Nerven derselben waren geschwächt oder aufgehoben.

Wasser, welches die Wärme des Blutes um 20° R übersteigt, verursacht in einem eingetauchten Gliede eines Fingers schon in 4 bis 6 Sekunden einen sehr heftigen, unerträglichen Schmerz, dagegen erregt Wasser, welches um 20° R kälter ist, als das Blut, nach langer Berührung nur ein Gefühl von Erstarrung, aber keinen beträchtlichen Schmerz; sogar ein Brei von Schnee und Wasser, dessen Temperatur 0° R ist, und der also fast um 30° R kälter ist als das menschliche Blut, erregt nur in langer Zeit einen mäßigen Schmerz, den man sehr gut ertragen kann. Wärme führt daher schneller Schmerz herbei und erregt einen stärkeren Schmerz als Kälte.

Daß auf die Entstehung von Schmerz die Größe der Oberfläche der Haut, welche der warmen oder

kalten Temperatur ausgesetzt wird, Einfluß hat, sieht man aus folgenden Versuchen. Wenn ein Fingerglied beliebig lange in Wasser eingetaucht wurde, welches eine Temperatur von + 39° R (48,7° C) hatte, empfand ich keinen merklichen Schmerz, sondern hatte nur Gemeingefühlsempfindungen, die sich ohne Unbehagen ertragen ließen, wohl aber entstand Schmerz, wenn die ganze Hand in dasselbe eingetaucht wurde. Ebenso empfand ich, wenn ein Fingerglied in Wasser eingetaucht wurde, welches eine kalte Temperatur von + 5° R (6,2° C) hatte, keinen Schmerz, wohl aber, wenn die ganze Hand in dasselbe eingetaucht wurde.

Um den Einfluß genauer zu ermitteln, welchen die Zeit auf die Entstehung des Schmerzes hat, die erforderlich ist, damit Wärme und Kälte tiefer in den Körper eindringen und die Nervenstämme ergreifen, ließ ich einen Beobachter das letzte Glied des Zeigefingers in heißes Wasser eintauchen und beobachtete die Zahl der Sekunden, bis der Schmerz bei ihm [**573**] so hoch gestiegen war, daß er den Finger aus dem Wasser zu ziehen genötigt war. War das Wasser nicht sehr heiß, so empfand er einige Zeit gar keinen Schmerz, sondern derselbe trat erst nach einer Anzahl Sekunden ein. Es ergab sich, daß das Fingerglied eine desto längere Zeit dem heißen Wasser ausgesetzt werden konnte, je niedriger die Temperatur desselben war.

Grad der Wärme	Zahl der Sekunden, bis der Schmerz nötigte, das Fingerglied aus dem Wasser zu ziehen	Grad der Wärme	Zahl der Sekunden, bis der Schmerz nötigte, das Fingerglied aus dem Wasser zu ziehen
$45\frac{3}{4}$° R	11	52° R	3
$45\frac{1}{2}$° »	$13\frac{1}{2}$	51° »	4
$44\frac{1}{2}$° »	14	$50\frac{1}{3}$° R	$4\frac{1}{2}$
$44\frac{1}{2}$° »	14	$49\frac{2}{3}$° »	$5\frac{1}{2}$
44° »	21	49° R	$5\frac{1}{4}$
$43\frac{1}{2}$° »	20	48° »	7
$42\frac{1}{2}$° »	23	$47\frac{2}{3}$° R	7
Bei $41\frac{1}{2}$° nicht herausgezogen		47° R	9

Als ich solche Versuche an mir selbst machen ließ, fand ich, daß der Finger durch öfteres Eintauchen in heißes Wasser unempfindlicher wird gegen den Eindruck der Temperaturen, und daß es daher besser sei, wenn man mit den Fingern

wechselt und das letzte Glied von verschiedenen Fingern eintaucht.

Grad der Wärme	Zahl der Sekunden, welche vergingen, bis der Schmerz so groß wurde	Grad der Wärme	Zahl der Sekunden, welche vergingen, bis der Schmerz so groß wurde
57° R	$3^1/_2$	56° R	$2^1/_2$
53 »	$4^1/_2$	55 »	$3^1/_2$
52 »	4	54 »	$3^1/_2$
51 »	5	53 »	4
51 »	4	52 »	4
50 »	4	51 »	5
49 »	8	50 »	5
48 »	$5^1/_2$		

Fünfzehn Jahre später machte ich abermals solche Beobachtungen an mir selbst, ohne die früheren vorher nachzusehen.

Grad der Wärme	Zahl der Sekunden, welche vergingen, bis der Schmerz so groß wurde	Grad der Wärme	Zahl der Sekunden, welche vergingen, bis der Schmerz so groß wurde
70° R	$1^1/_2$ bis 2	53° R	7
68 »	3	52 »	7
66 »	3	51 »	8
65 »	3	50 »	9
63 »	3	49 »	10
62 »	3	48 »	12
60 »	4 bis 5	47 »	14
59 »	4 bis 5	46 »	17
58 »	5	45 »	23
55 »	6	44 »	28
54 »	6		

[**574**] Bei Versuchen, die bei einem anderen Beobachter mit dem letzten Fingergliede angestellt wurden, ergab sich, daß der Schmerz ein wenig früher eintrat, wenn ein Fingerglied der linken Hand eingetaucht wurde, als wenn es mit einem Fingergliede der rechten Hand geschah, vermutlich, weil die Oberhaut an der härtere Arbeiten verrichtenden rechten Hand etwas dicker ist als an der linken.

Fingerglied der rechten Hand.		Fingerglied der linken Hand.	
Wärmegrad	Sekunden	Wärmegrad	Sekunden
59° R	4 bis 5	59° R	4
55 »	6	55 »	5
52 »	6	52 »	$5^1/_2$

Wurde die Zungenspitze in heißes Wasser eingetaucht, so entstand der Grad des Schmerzes, der mich nötigte, die Zunge zurückzuziehen, schneller als beim Finger.

Wärmegrad	Sekunden	Wärmegrad	Sekunden
50° R	2	42° R	18
48 »	4	42 »	17
47 »	4	41 »	19
46 »	6	43 »	12
45 »	7	42 »	18
44 »	8		

Aus den mitgeteilten Versuchen erhellt, 1. daß ein Glied der heißen Temperatur des Wassers desto länger ausgesetzt werden mußte, damit die Empfindung von Schmerz entstände, je niedriger die Temperatur des heißen Wassers war, 2. daß bei weniger heißem Wasser, wo es 10 bis 28 Sekunden dauerte, ehe Schmerz entstand, schon 1° R oder $^1/_2$° R, um welchen das Wasser wärmer oder kälter war, einen beträchtlichen Unterschied in der Zeit hervorbrachte, welche erforderlich war, damit Schmerz entstände, während, wenn das Wasser sehr heiß war, 1° R keinen merklichen Unterschied hervorbrachte, 3. daß das Glied unempfindlicher wurde gegen heiße Temperaturen, wenn es vorher sehr heißen ausgesetzt worden war.

Um auch über den Schmerz einige Versuche anzustellen, welchen Körper, deren Temperatur unter 0° ist, verursachen, wendete ich folgendes Verfahren an. Ich tauchte einen sehr großen eisernen Schlüssel, dessen solider Zylinder ein abgerundetes Ende hatte, dessen Durchmesser 4 Paris. Linien betrug, in Quecksilber von — 4,2° R bis — 2,1° R ein, bis er die Temperatur desselben angenommen hatte. Da sich in der Nähe jenes Endes der sehr große Bart befand, so behielt das Ende einige Zeit seine sehr niedrige Temperatur ziemlich bei, wenn es mit der Haut in Berührung gebracht wurde. An manchen Teilen des Gesichtes, z. B. unter dem Jochbeine und am Mundwinkel, entstand ein stechender Schmerz, der dem Brennen ähnlich war, an manchen anderen Stellen war er

nicht stechend oder brennend, aber doch vom Gefühle der Kälte verschieden, nirgends war er so heftig, daß man ihn nicht hätte ertragen können. An manchen Teilen des Kopfes und Gesichtes und an sehr vielen Teilen des übrigen Körpers entstand gar kein Schmerz. Der Schmerz schien da zu entstehen, wo entweder die Haut sehr empfindlich und die Oberhaut zugleich dünn war, oder auch da, wo ein Empfindungsnerven enthaltender Nervenstamm [**575**] nahe unter der Haut lag. Sehr merkwürdig war die große Verschiedenheit vieler ganz nahe nebeneinander liegenden Teile der Haut; oft entstand in dem einen Teile bei der Berührung Schmerz, in dem benachbarten keiner. Man darf vermuten, daß diese Verschiedenheit daher rührte, daß die Kälte auf die an einzelnen Orten unter der Haut liegenden Stämme der Empfindungsnerven einwirkte. Übrigens scheinen auch die unbekannten Organe, die zur Empfindung der Wärme dienen mögen, nicht gleichmäßig in der Haut verteilt zu sein.

Zahl der Versuche	Temperatur des Schlüssels	Teil des Körpers, mit dem der Schlüssel in Berührung gebracht wurde	Ob Schmerz entstand oder nicht
1	— 4,2° R	Stirn, Mittellinie über der Nasenwurzel (Glabella).	Starkes Kältegefühl, aber kein ausgesprochener sich ausbreitender Schmerz.
2	— 3,2 »	Stirn, 5,3 Linien von der Mittellinie dicht über d. Arcus supraciliaris, rechte Seite.	Kein Schmerz, obwohl der Schlüssel über 1 Minute mit seinem abgerundeten Ende angedrückt wurde.
3	— 3,2 »	Stirn, 6 Linien von der Mittellinie, 7 Linien über der Mitte des Margo supraorbitalis, rechte Seite.	Schwacher Schmerz. Ich fühlte daselbst die Arterie pulsieren.
4	— 3,2 »	Stirn, 11 Linien von der Mittellinie, rechte Seite.	Schon nach 10 Sekunden fing der Schmerz an, nach 20 Sekunden war er sehr merklich. Ich fühlte daselbst eine Arterie pulsieren.
5	— 4,0 »	Stirn, 11 Linien von der Mittellinie links, 6,5 Linien über dem Margo supraorbitalis.	Schon nach 8 Sekunden entstand Schmerz, der in die Augenhöhle hineinzog.

Zahl der Versuche	Temperatur des Schlüssels	Teil des Körpers, mit dem der Schlüssel in Berührung gebracht wurde	Ob Schmerz entstand oder nicht
6	— 3,7° R	Stirn, rechts in der Gegend, wo die Zweige des N. supraorbitalis und supratrochlearis liegen.	In 14 Sekunden Schmerz.
7	— 4,0 »	Stirn über dem äußeren Teile der Orbita, 2 Zoll 2 Linien von der Mittellinie, 5,5 Linien höher, als der höchste Teil des Margo supraorbitalis.	Ziemlich heftiger Schmerz.
8	— 3,7 »	Oberes Augenlied.	Nach 8 Sekunden Schmerz, der schwingender und lokaler war als auf der Conjunctiva, die den Augapfel überzieht.
[576]			
9	— 2,9 »	Gesicht unter dem Jochbeine.	Empfindung stechend, dem Brennen ähnlich.
10	— 2,1 »	Mundwinkel.	Empfindung nach einigen Sekunden stechend, dem Brennen ähnlich.
11	— 2,6 »	Ohrläppchen.	Kein Schmerz.
12	— 2,6 »	Zungenspitze.	Schmerz, dem ähnlich, wie wenn man sich die Zunge verbrannt hat.
13	— 4,0 »	Mittelster linker Schneidezahn der oberen Kinnlade, der völlig gesund war.	Nach 2 Sekunden leiser Schmerz, der sich nicht verstärkte; die Empfindung der Kälte dauerte nach Wegnahme des Schlüssels lange fort.
14	— 3,9 »	Harter Gaumen hinter den Schneidezähnen.	Kein Schmerz.
15	— 3,9 »	Harter Gaumen, hinterer Teil, in der Gegend der Spina nasalis posterior.	Kein Schmerz.
16	— 3,2 »	Harter Gaumen, hinterer Teil, vor dem Hamulus pterygoideus.	Es entsteht schnell Schmerz (vermutlich wegen der Nähe der Äste des N. pterygo-palatinus).

Zahl der Versuche	Temperatur des Schlüssels	Teil des Körpers, mit dem der Schlüssel in Berührung gebracht wurde	Ob Schmerz entstand oder nicht
17	— 2,6° R	Arm, zwischen Condylus internus und Olecranon, wo der N. ulnaris nahe unter der Haut liegt.	Anfangs entsteht nur eine schwache Kälteempfindung, nach 11 Sek. fängt die Empfindung an zuzunehmen und allmählich schmerzhaft zu werden, der Schmerz erreicht zwischen 40 und 50 Sekunden einen hohen Grad. Der Schmerz nimmt einen Teil des Unterarmes mit ein.
18	— 2,4 »	Am äußeren Teile des Olecranon.	Auch hier entsteht Schmerz.
19	— 2,6 »	Unterarm, fast in der Mitte auf dem Extensor digitorum communis.	Mäßiger Schmerz.
20	— 2,4 »	Kniescheibe.	Kein Schmerz.
21	— 3,7 »	Unterschenkel, rechter, unter der Sehne des Biceps, wo der N. peronaeus nahe unter der Haut liegt; der Schlüssel wurde mit der Länge seines Zylinders angedrückt.	Schmerz, der auch einen Teil des Unterschenkels, aber nicht den Fuß einzunehmen schien.

[577] Schmerz in der Haut durch Druck und Zug.

Ähnliche Untersuchungen, wie die über die Entstehung von Schmerz durch Temperaturänderungen, lassen sich nun auch anstellen über die Entstehung von Schmerz durch Druck und Zug. Es wird sich z. B. durch solche Versuche bestimmen lassen, welches Gewicht auf einen Quadratzoll unserer durch Knochen unterstützten Haut wirken müsse, damit die Tastempfindung des Druckes in eine Empfindung des Schmerzes übergehe. Ebenso wird man durch Versuche finden können, welchen Einfluß es hat, wenn ein Gewicht an 4, 8 oder 16 Haaren aufgehangen wird, und wie groß das Gewicht sein müsse, um in diesen verschiedenen Fällen Schmerz durch Zug zu erregen.

Die Schmerzen, die durch Druck entstehen, z. B. durch enge Schuhe und Stiefeln, die auf Hühneraugen drücken, gehören zu den heftigeren und dauernderen Schmerzen, die in der Haut vorkommen. Eiter, der unter harten Teilen keinen Ausweg findet, verursacht auch heftigen Schmerz, der sogleich aufhört, wenn der Eiter einen Ausweg findet.

Weniger belehrend sind die Beobachtungen, die man über die Entstehung von Schmerz durch Zerschneidung der Haut mit scharfen Messern, durch Zerquetschen derselben und durch die zerstörende Wirkung von Kali causticum und anderen Ätzmitteln, so wie durch das glühende Eisen machen kann, Einwirkungen, welche eine mechanische oder chemische Zerstörung der Haut und ihrer Nerven hervorbringen.

Der Akt des Zerschneidens erregt Schmerz, nicht der Zustand des Zerschnittenseins, bevor infolge desselben Entzündung entsteht, die durch die Veränderungen, die sie hervorbringt, Schmerz erregen kann. Geht die Zerstörung sehr schnell vor sich, wie bei Schußwunden, so kann der Schmerz so gering sein, daß der Verletzte bisweilen selbst nicht weiß, daß er verletzt ist. Manche Einwirkungen, welche Schmerz hervorrufen, berauben die Nerven, die sie treffen, nach einiger Zeit ihres Empfindungsvermögens, z. B. die Wärme, die Kälte und der Druck. Ein fortdauernder Schmerz scheint indessen bei solchen Einwirkungen dadurch möglich zu sein, daß die schmerzerregende Ursache tiefer und immer tiefer in den Körper eindringt und dabei andere und andere Teile der Nerven ergreift, oder indem die Einwirkung und mit ihr der Schmerz von Zeit zu Zeit etwas nachläßt, und während dessen das Leitungsvermögen der Nerven sich wiederherstellt.

Schmerz durch Elektrizität.

Da der galvanische Strom beim Schließen und Öffnen der Kette nicht nur auf die Bewegungsnerven einwirkt und das wirksamste Mittel ist, um Muskelzusammenziehung zu erregen, sondern auch auf Empfindungsnerven, z. B. auf die Sehnerven, so sollte man glauben, daß durch die gleichzeitige Einwirkung desselben auf die Empfindungsnerven auch sehr heftige Schmerzen entstehen müßten. Nun sind zwar die Empfindungen, welche die Elektrizität und der galvanische Strom erzeugen, unangenehm, aber bei weitem weniger schmerzhaft, als man erwarten sollte, wenn man den heftigen Krampf damit vergleicht,

den sie in den Muskeln hervorrufen, z. B. wenn ein dauernder Starrkrampf in den Beugemuskeln entsteht, der uns die Hand zu öffnen hindert. Wir haben oben S. [497] gesehen, daß die Kälte, wenn der Ellenbogen in einen Brei von Wasser und Eis eingetaucht [578] wird, bis zu dem Stamme des Nervus ulnaris eindringt. Da dieser Nerv sowohl zahlreiche Empfindungsnerven als auch zahlreiche Bewegungsnerven enthält, und die Kälte zu beiden in gleichem Maße hindringt, so ist es interessant, daß die Einwirkung der Kälte auf die Bewegungsnerven sehr unbeträchtlich ist, während sowohl ein ziemlich heftiger Schmerz als auch eine Betäubung des Empfindungsvermögens entsteht. Wärme und Kälte scheinen daher leichter Schmerz, elektrische Ströme leichter Muskelzusammenziehung zu erregen.

Schauder und Kitzel in der Haut.

Wenn man manche Teile der Haut, z. B. die Haut des Rückens, mit der Fahne einer Feder leise streicht, so fühlt man nicht nur die Berührung, sondern, nachdem die Berührung vorüber ist, einen Schauder, d. h. eine Empfindung, die einige Zeit fortdauert und nicht nur in den berührten Teilen zu sein scheint, sondern sich auch auf andere Teile ausbreitet, die nicht berührt wurden und die, indem sie einen Teil der Haut verläßt, einen benachbarten ergreift und auf diese Weise sich fort zu bewegen scheint. Man sagt daher, es überlaufe uns ein Schauder. Da die Nerven an ihren peripherischen Enden nicht so untereinander kommunizieren, daß sich der Eindruck daselbst von einem Nerven auf den anderen fortpflanzen kann, so darf man vermuten, daß der zum Gehirne fortgepflanzte Eindruck sich dort auf benachbarte Teile des Gehirnes ausbreite, und daß die Seele sich nur vorstelle, daß die hierdurch entstehenden Empfindungen von Teilen der Haut herkämen, die in der Nachbarschaft der berührten Teile der Haut liegen. Es ist hierbei bemerkenswert, daß der Schauder nicht im Augenblicke der Berührung eintritt, sondern zu seiner Entstehung und Ausbreitung einer merklichen Zeit bedarf, während doch sonst die einfache Fortpflanzung der Empfindungen so schnell zu erfolgen scheint, daß wir keinen Zeitverlust dabei bemerken. Es verhält sich hier, wie bei der Reflexion der Eindrücke von den Empfindungsnerven auf die Bewegungsnerven, denn bei dieser vergeht auch eine

wahrnehmbare Zeit. Streicht man mit dem Nagel des Daumens die Mitte des Rückgrates und übt dabei zugleich einen beträchtlichen Druck aus, so erregt man den Schauder auch, wenn der Mensch bekleidet ist. Zugleich ziehen sich bisweilen die Rückenmuskeln, welche das Rückgrat ausstrecken, zusammen. Ein ähnlicher Schauder entsteht durch die Berührung mancher Teile der Haut mit einem kalten Körper; hier nennt man den Schauder ein Frösteln, wiewohl nicht daran zu denken ist, daß die Ausbreitung der Kälte auf der Haut die ausreichende Ursache der sich ausbreitenden Empfindung sei, die noch fortdauert, nachdem die Berührung schon aufgehört hat. Ohne alle vorausgehende Einwirkung auf die Haut entsteht ein solches Frösteln bei Eiterungen und in Fiebern, zumal in der Frostperiode des kalten Fiebers, wo bisweilen zugleich auch manche Muskeln mit ergriffen werden. Hier scheinen andere Einflüsse eine Bewegung im Nervenzentrum zu erregen, welche die Seele so deutet, daß sie die Empfindung in die Haut verlegt.

Eine leise Berührung mit den Spitzen der Fasern einer Feder an den Lippen, am Rande der Nasenlöcher und in der Umgegend im Gesicht erregt bekanntlich einen eigentümlichen Kitzel. Auch hier dauert die Empfindung nicht nur fort, nachdem die Berührung vorüber ist, sondern [**579**] wird bisweilen sogar dann noch stärker, wechselt ihren Ort und erweckt das instinktartige Verlangen, daselbst die Haut zu kratzen oder zu reiben. Etwas Ähnliches beobachtet man, wenn man die Schleimhaut der Nase leise reizt. Hier liegt die Ursache, warum der Kitzel noch zunimmt und endlich bis zum Niesen führt, darin, daß durch den Reiz die Ausführungsgänge der Schleimdrüsen zur Zusammenziehung angeregt werden, ihren Inhalt heraustreiben, und daß durch den Kitzel, den dieser wieder hervorbringt, die Reizung sich erneuert. Etwas Ähnliches ereignet sich vielleicht auch in der Haut, hinsichtlich der Ausführungsgänge der Hautdrüsen. Der Gehörgang ist nicht geeignet zum Kitzel, aber sehr empfindlich gegen die Berührung kalter Körper; das letztere ist bei der Schleimhaut der Nase nicht der Fall. Die heftige Empfindung, welche fremde Körper erregen, die mit der inneren Oberfläche der Augenlider in Berührung kommen, scheint auch ein sehr heftiger Kitzel zu sein, der aber leicht bis zum Schmerz steigt. Auch dieser erweckt das Ausfließen der Tränen. Der Teil der Conjunctiva,

der die Sclerotica und die Hornhaut überzieht, ist nicht sehr empfindlich und dem Kitzel nicht unterworfen; man kann ihn, ohne Kitzel oder Schmerz zu empfinden, berühren. Unter Wasser kann man die Augen öffnen, ohne eine unangenehme Empfindung davon zu haben, und sogar Salzwasser bringt nur am inneren Augenwinkel, an den Punctis lacrymalibus, einen kleinen Reiz hervor. Dagegen erregen Dämpfe von schwefliger Säure und von Ammoniak eine heftige Empfindung, die aber nicht ein Kitzel genannt werden kann. Die zahlreichen Härchen der Haut können die Fortpflanzung der leisen Eindrücke in das Innere der Haut und zu den Drüsen befördern, indessen ist ihre Gegenwart zur Entstehung des Kitzels nicht unumgänglich nötig, da auch in manchen haarlosen Teilen der Haut Kitzel entstehen kann, z. B. im Hohlfuß, in der Hohlhand und auf dem Gaumen.

Warum nur gewisse Teile der Haut und der Schleimhaut kitzlich sind, und manche andere dicht dabei gelegene gar nicht oder nur in geringem Grade, ist schwer zu erklären. Die Lippen, die Haut und Schleimhaut am Eingange in die Nase, die Haut des harten Gaumens nahe hinter den oberen Schneidezähnen, die Haut des Hohlfußes, die Haut in der Achselhöhle sind es bei mir vorzüglich. Die Teile, welche des Kitzels fähig sind, sind nicht immer mit einem sehr feinen Tastgefühle versehen, z. B. die Schleimhaut am Eingange der Nase.

Gemeingefühlsempfindungen, die durch die Blutbewegung, durch die Absonderung von Säften aus dem Blute und durch den Prozeß der Ernährung in der Haut entstehen.

Daß die Empfindungen, welche die Bewegung des Blutes und die anderen soeben angeführten Ursachen hervorbringen, zu der Klasse der Gemeingefühlsempfindungen gehören müssen, und nicht zu den Empfindungen, durch die man ein Objekt wahrzunehmen glaubt, leuchtet von selbst ein. Denn wenn die Empfindung erregende Ursache gleichzeitig auf die kleinsten Teile der Substanz wirkt, aus welcher die Haut besteht, so fällt alle Veranlassung für die Seele weg, die entstehenden Empfindungen so auszulegen, als ob sie von einem, von dem empfindlichen Organe zu unterscheidenden [**580**] Körper (Objekte) veranlaßt würden. Wir können unter solchen Verhältnissen nur unseren veränderten Empfindungszustand wahrnehmen.

Durch einen Senfteig, den wir uns auf die Haut legen, vermehrt sich die Menge des Blutes in dem gereizten Teile der Haut, und zugleich entsteht die Empfindung von Wärme und von Brennen.

Durch Hautausschläge können Empfindungen von Jucken, Brennen und zahlreiche andere Modifikationen der Gemeingefühlsempfindungen entstehen. Daß bei weit verbreiteten Hautausschlägen kein heftiger Schmerz entsteht, ist wohl dem Umstande zuzuschreiben, daß die Zerstörungen, die die Hautausschläge in der Haut anrichten, sehr allmählich entstehen.

Der Schmerz, welchen Brennesseln und der Stich der Bienen, Wespen und anderer Insekten hervorbringt, rührt wohl hauptsächlich von einem reizenden Safte her, der in die Wunden eingeflößt wird und sich daselbst ausbreitet, sonst wäre wohl die Stärke des Schmerzes und seine längere Dauer bei einer so kleinen Verletzung kaum zu begreifen.

Das Gemeingefühl der Muskeln.

*Bichat**) sagt: »die tierische Empfindlichkeit ist in den Muskeln im gewöhnlichen Zustande sehr dunkel. Bei Amputationen und bei Versuchen an lebenden Tieren der Quere nach durchschnitten, erregen sie keine sehr merkliche unangenehme Empfindung. Nur wenn ein Nervenfaden getroffen wird, äußert sich ein merklicher Schmerz, das eigentümliche Gewebe der Muskeln selbst ist nur wenig empfindlich. Gewisse Reizmittel verursachen gleichfalls keinen merklichen Schmerz. Indessen sind die Muskeln der Sitz einer eigentümlichen Empfindung, der der Müdigkeit nach wiederholten Zusammenziehungen.« Es ist für die Erkenntnis von der Natur des Schmerzes und des Gemeingefühles überhaupt sehr belehrend, daß viele Einflüsse, die in anderen Teilen heftigen Schmerz verursachen, in den Muskeln unwirksam sind, und daß andere Erscheinungen dennoch eine sehr große Empfindlichkeit der Muskeln beweisen.

Hierher gehören der Schmerz, der durch starke Ermüdung in ihnen entsteht, der ungeheure Schmerz, der mit manchem tonischen Krampfe, z. B. mit dem Wadenkrampfe verbunden ist, der rheumatische Schmerz, der oft plötzlich eintritt und

---

*) *Bichat*, Allgemeine Anatomie, übersetzt von *Pfaff*. Leipzig 1803. Teil II, S. 212.

sich wiederholt, sobald der leidende Muskel in Zusammenziehung gerät. Vor allen gehört aber hierher das feine Gefühl, welches die durch den Willen hervorgebrachte Zusammenziehung mancher dem Willen unterworfener Muskeln begleitet, wodurch wir die Anstrengung fühlen, die wir mit den Muskeln machen und den Widerstand sehr genau messen, der uns dabei geleistet wird.

Auch die Bewegungen mancher organischer Muskeln sind mit schmerzhaften Empfindungen verbunden, z. B. die des Uterus, die man daher Wehen, Dolores, nennt, die des Mastdarmes beim Tenesmus und die der Gedärme beim Bauchkneipen. Ich halte es für wahrscheinlich, daß die heftige Zusammenziehung der Muskelfasern des ganz leeren Magens, wobei seine Höhle verschwindet, mit Empfindung verbunden ist, die einen Teil der Empfindung ausmacht, [**581**] die wir mit dem Namen Hunger bezeichnen. Auch das Gefühl des Übelseins beim Erbrechen, der Drang zum Stuhlgange, sowie das eigentümliche Gefühl beim Durchfalle sind wohl für Empfindungen zu halten, welche die heftige peristaltische und antiperistaltische Bewegung begleiten, ebenso scheinen manche Schmerzen, die das Herz verursacht, ihre Ursachen in Bewegungen desselben zu haben, die mit Empfindung verbunden sind, und es ist mir sehr wahrscheinlich, daß das Wollustgefühl beim Ergusse des Samens mit den Bewegungen verbunden sei, in welche die von mir nachgewiesenen Muskelfasern der Samenblase und der Prostata dann geraten. Sowie die Muskeln nächst den Sinnesorganen und namentlich auch nächst der Haut zu den nervenreichsten Teilen unseres Körpers gehören, so gehören sie auch zu denen, welche das feinste Gemeingefühl haben, aber nur für gewisse Einflüsse.

Um den allmählichen Übergang des Gefühles der Anstrengung in Ermüdung und der Ermüdung in Schmerz zu beobachten, kann man versuchen, wie lange man den Unterarm und Oberarm in mäßig gestreckter, horizontaler Lage erhoben halten kann. Es wird das nach der Größe der Muskelkraft und dem Grade der Ausstreckung des Armes, und je nachdem die Lage des Armes sich der horizontalen mehr oder weniger nähert, bei verschiedenen Menschen sehr verschieden sein. Bei mir begann der Schmerz ungefähr nach 300 Sekunden, er nahm von da an sehr allmählich zu, so daß ich den Arm noch 600 Sekunden und also im ganzen

900 Sekunden (eine Viertelstunde) erhoben hielt und ihn, wie ich glaube, noch längere Zeit hätte erhoben halten können. Indessen fing ich zuletzt an, schon ein wenig Zittern der Muskeln zu bemerken. Hob ich bei diesem hohen Grade von Ermüdung den Arm wiederholt noch höher, so vermehrte sich der Schmerz während der Zusammenziehung der ermüdeten Muskeln nicht, wohl aber nachher. Ich stellte mir während der Anstrengung den Zustand der Ruhe sehr angenehm vor, allein ich irrte mich. Zwar war ich dadurch erleichtert, daß ich nun meinen Willen nicht mehr anzustrengen brauchte, sondern mich leidend verhielt, aber der Schmerz dauerte in gleichem Grade fort, und sogar nach zwei Stunden war er noch nicht ganz vergangen. Er war auch dann vorhanden, wenn ich mich hinlegte und das ganze Glied möglichst ruhen ließ. Bei diesem Versuche fand kein gewaltsamer Druck auf die Muskeln und Nerven und keine übermäßige Ausdehnung der Muskeln statt. Es war nur die Dauer der Zusammenziehung, die unstreitig bei der unzureichenden Ernährung eine Mischungsveränderung in den Muskeln und ihren Nerven hervorbrachte und dadurch den Schmerz verursachte, ebenso wie in anderen Fällen durch eine in den Teilen unseres Körpers hervorgebrachte Mischungsveränderung Schmerz erzeugt wird, denn die Muskelzusammenziehung scheint, wie das Losschießen eines Gewehres, von einem chemischen Prozesse begleitet zu werden. Nach *Berzelius* und *Liebig**) befindet sich in den Muskeln Milchsäure, entweder frei oder als saures milchsaures Salz, zugleich scheint sich nach den Versuchen von *Bunzen***), *Becquerel* und *Brechet* an [**582**] warmblütigen Tieren und nach den von *Helmholtz****) an kaltblütigen Wärme zu entwickeln. Die Milchsäure ist vielleicht ein Zerstörungsprodukt.

Der Schmerz schien nur in denjenigen Muskeln seinen Sitz zu haben, welche zur Erhebung des Oberarmes und Unterarmes gebraucht wurden. Die Fingermuskeln z. B. nahmen daran keinen Teil und konnten auch nachher bewegt werden, ohne Schmerz zu erregen, dagegen brachte die Hebung des Ober-

---

*) *Liebig*, Annalen der Chemie und Physik. Bd. 62, Heft 3.

**) *Bunzen*, Beitrag zu einer künftigen Physiologie. Kopenhagen 1805, S. 117, armierte die Nerven und Muskeln des Unterschenkels einer soeben getöteten Kuh und sah bei Schließung der Kette das in die Muskelsubstanz gesteckte Thermometer um mehrere Linien steigen.

***) *Helmholtz* in *Müller*s Archiv 1848, Heft 2.

armes und Unterarmes, nachdem das Glied geruht hatte, Schmerz hervor. Die Entstehung des Schmerzes durch eine mäßige, aber ununterbrochene und lange fortgesetzte Tätigkeit der Muskeln, ohne den Einfluß irgend einer anderen Einwirkung, welche Schmerz erregen konnte, und die lange Fortdauer des Schmerzes, nachdem die Muskeln wieder in Ruhe versetzt waren, sprechen sehr dafür, daß die Ursache jenes Schmerzes in einer Mischungsveränderung zu suchen sei, welche die Muskeln bei einer so lange fortgesetzten Tätigkeit erlitten, und welche nur allmählich durch Ernährung wieder verschwinden konnte. Bekanntlich ist die große Veränderung, welche mit dem Fleische bei einer zu lang dauernden und zu heftigen Anstrengung vor sich geht, bei zu Tode gehetztem Wilde sogar durch das äußere Ansehen des Fleisches und durch den Geschmack desselben zu erkennen.

Die Empfindungen von Wärme und Kälte, ferner die Empfindungen von Druck und Zug verwandeln sich, wie wir gesehen haben, wenn sie einen gewissen Grad übersteigen, in Schmerz, und ebenso verwandelt sich die Empfindung der Anstrengung der willkürlichen Muskeln in das Gefühl der Müdigkeit und dieses in das Gefühl von Schmerz; und dieser Schmerz, ob er gleich in ganz anderen Teilen seinen Sitz hat und auf eine ganz besondere Weise entsteht, ist doch eine ganz ähnliche Empfindung als die, welche entsteht, wenn unsere Teile einen zu großen Druck oder eine zu starke Dehnung erlitten haben. Er hat nichts Spezifisches. Die Mischungsveränderung in den Muskeln und Muskelnerven, die durch eine lange fortgesetzte Anstrengung derselben hervorgebracht zu werden scheint, und die ich, wie gesagt, als die Ursache des entstehenden Schmerzes ansehe, kann auch durch andere Umstände, z. B. in Fieber, entstehen und bringt dann einen ähnlichen Schmerz hervor, den man oft Zerschlagenheit der Glieder nennt.

Das Gemeingefühl der Muskeln, mittels dessen wir den Grad der Anstrengung empfinden, welcher erforderlich ist, um den uns geleisteten Widerstand zu überwinden, ist so fein, daß es uns Dienste leistet wie ein Sinn, den wir den Kraftsinn nennen könnten. Es ist oben S. [546] durch Versuche dargetan worden, daß wir den Unterschied zweier Gewichte durch das Gemeingefühl der Muskeln noch bestimmter und genauer wahrnehmen, als durch den Tastsinn. Man unterscheidet noch das schwerere von dem leichteren

Gewichte, wenn sich die Gewichte wie 40 zu 39 verhalten. Man könnte nun zwar behaupten, die Ursache der Empfindung der Anstrengung sei nicht in den Muskelnerven, sondern in dem Teile des Gehirnes zu suchen, auf den der Wille einwirkt. In dieser Hinsicht ist es jedoch nötig, zu bemerken, daß man auch durch die Dehnung, die die Muskeln erleiden und also ohne alle Anstrengung des Willens, Gewichtsunterschiede wahrnehmen kann. Ich umgab die Handwurzel mit einem aus einem Tuche gemachten Ringe und ließ den [**583**] Arm über eine Stuhllehne herabhängen, so daß er in der Achsel unterstützt war. Wurden nun an einem an dem Bande befindlichen Haken Gewichte an dem schlaff herabhängenden Arme aufgehangen, so hatte man durch die Dehnung der Muskeln eine Empfindung, mittels deren man den Gewichtsunterschied wahrnehmen konnte, wozu freilich zugleich auch die Empfindung des Druckes beitrug, die man an dem Orte hatte, wo die Hand von dem Ringe gedrückt und der Arm von der Stuhllehne unterstützt wurde. Die Dehnung der Muskeln entstand dadurch, daß die schlaffen Bänder in den freien Gelenken der Hand und des Oberarmes etwas nachgaben, so daß sich die Ansatzpunkte mancher Muskeln voneinander entfernten. Es ist schon oben auseinander gesetzt worden, daß wir durch Erfahrung wissen, welche Anstrengung bestimmter Muskeln dazu gehört, damit unsere Glieder in eine gewisse Lage versetzt und darin erhalten werden, und daß sich diese Erkenntnis mit dem Gefühle der Anstrengung so assoziiert hat, daß wir durch das letztere Gefühl in jedem Augenblicke eine Vorstellung von der Lage unserer Glieder haben, auch wenn wir dieselben nicht sehen, und sie sich einander nicht berühren. Wenn ein anderer unseren Händen und Fingern eine bestimmte Stellung gibt, und wir diese Stellung erhalten, so wissen wir doch, in welcher Lage sich diese Glieder befinden. Durch das Gefühl von der Anstrengung der Muskeln erkennen wir also in jedem Augenblicke die Stellung der absichtlich bewegten Teile unseres Körpers und das mangelnde Gleichgewicht, durch sie nehmen wir sogar die Richtung sehr genau wahr, in welcher an unseren Haaren gezogen wird (siehe S. [**542**]). Mit der Anstrengung bestimmter Muskeln, die wir bei der Hervorbringung der Töne, welche wir singen, und der artikulierten Laute, die wir aussprechen, machen, assoziiert sich die Phantasievorstellung von diesen Tönen und Lauten, und es gibt nichts, wodurch wir diese Phantasievorstellung so lebhaft

erwecken könnten, als indem wir die Stimm- und Sprachorgane in die Stellung bringen, bei welcher jene Töne und Laute entstehen würden, wenn wir zugleich ausatmeten. Mit der Anstrengung bestimmter Muskeln, durch welche wir gewisse Mienen hervorbringen, assoziiert sich die Vorstellung von der Seelenstimmung, die uns antreibt, eine solche Miene zu machen, und daher erweckt auch umgekehrt eine gewisse Lage der Teile unseres Gesichtes eine gewisse Seelenstimmung, und diese verschwindet leichter, wenn die Lage jener Teile geändert wird, z. B. wenn wir mit der Hand gewisse Runzeln der Stirn glätten.

Man hat zu den Augenmuskeln, welche bekanntlich ihre Nerven von Bewegungsnerven, nämlich vom N. Oculomotorius, Trochlearis und Abducens bekommen, auch sehr dünne Äste eines Empfindungsnerven, des Ramus ophthalmicus des Trigeminus verfolgt. Auch zu anderen Muskeln gehen unstreitig zugleich mit den Bewegungsnerven einige Empfindungsnerven hin, die sich durch die Anastomosen verschiedener Nerven den Bewegungsnerven beimengen. Vielleicht sind diese Empfindungsnerven die Ursache des in gewisser Hinsicht so lebhaften und feinen Gemeingefühles der Muskeln, und vielleicht erklärt sich die Erscheinung, daß manche dem Willen gehorchende Muskeln, z. B. das Zwerchfell, dieses Gemeingefühl in viel geringerem Grade besitzen, dadurch, daß sie mit einer geringeren Zahl von Empfindungsnerven versehen sind. Die Annahme aber, daß das Gemeingefühl der Muskeln immer durch Nerven, die mit den Tastnerven entspringen, vermittelt werde, scheint durch diejenige Art der Lähmung, [584] welche man Anästhesie nennt, nicht bestätigt zu werden. Bei der Anästhesie verliert man in den Gliedern das Empfindungsvermögen, während das Vermögen, sie willkürlich zu bewegen, fortdauert. Nicht jeder Krankheitszustand, den man für Anästhesie erklärt hat, ist dafür zu halten, denn da viele Muskeln aus der Entfernung auf die Glieder wirken, und z. B. die Muskeln, welche die willkürliche Bewegung der Finger bewirken, nicht an den Fingern, sondern größtenteils an dem Unterarme liegen, so können, wenn die Lähmung nicht zugleich den Unterarm ergreift, sondern nur die Hand, die Finger bewegt werden, während sie fühllos sind. Dieses ist keine wahre Anästhesie. Aber auch bei der wahren Anästhesie, wo ein großer Teil des Körpers des Tastsinnes und des Vermögens, Schmerz zu empfinden, ganz oder fast ganz beraubt ist und dennoch absichtlich bewegt werden kann, dauert bisweilen das Vermögen zu gehen fort, und dieses setzt

die Empfindung des mangelnden oder stattfindenden Gleichgewichtes voraus, ohne welche das Balancieren des Körpers unmöglich ist*).

---

*) Einige Fälle von Anästhesie, welche in den Med. chirurg. Transact. Bd. II, S. 217 und Bd. III, S. 90, ferner in American medical Repository, Bd. IV, S. 225 mitgeteilt worden, findet man in *Nasse*, Zeitschrift für psychische Ärzte. 1822, Heft 2, gesammelt. Ein vorzüglich interessanter, dort nicht erwähnter Fall ist von *A. Reid* berichtet worden (siehe *Frorieps* Notizen 1829, Bd. 24, S. 217). Ich will ihn hier mitteilen: Ein gewisser *Walker* stürzte 1802 vom Pferde. Im Jahre 1812 bekam er einen Anfall von Erysipelas am Beine. Beide Beine wurden betäubt und zeigten sich beim Einstechen einer Stecknadel unempfindlich, der Tastsinn war gelähmt, denn *Walker* konnte, wenn er ein Fußbad nahm, nicht eher sagen, ob das Bad heiß oder kalt sei, bis er das Bein bis über die Mitte des Oberschenkels eingetaucht hatte. Er hatte dabei das Gefühl, als ob der Fuß mit einem Strumpfe oder Stiefel bedeckt sei, oder als ob er eingeschlafen sei. Er war aber vollkommen imstande, den Fuß gehörig zu bewegen. Nach dem Jahre 1815 erlitt er an dem Os metatarsi der kleinen Fußzehe eine Quetschung, dieser Knochen wurde kariös und mußte weggenommen werden. *Walker* versicherte, daß er bei dieser Operation nicht den geringsten Schmerz empfunden habe, es sei gewesen, als habe man an einem toten Gliede operiert. Die Krankheit dehnte sich allmählich so aus, daß zur Zeit, wo *Reid* über ihn berichtete, das Empfindungsvermögen fast ganz an der Oberfläche des Körpers vernichtet war, während die Bewegungskraft zwar geschwächt, aber doch noch so unversehrt war, daß er seine Hände noch gebrauchen konnte, um seine Speisen zu tranchieren, um zu schreiben und um die Zügel zu halten, wenn er ritt, auch war er imstande, eine kurze Strecke ohne Stock zu gehen. Er sagte: »Ich fühle mit nichts, als mit meinem Munde, d. h. ich bin nicht imstande zu sagen, ob ein Gegenstand, den ich berühre, kalt oder heiß, rauh oder glatt sei.« Er konnte nicht eher sagen, ob er die Zügel in Händen habe, bis er es sah. In den Füßen hatte er das Gefühl, als ob sie steif und schwer wären. Sein Gesicht war schwach, sein Gehör, Geschmack und Geruch dagegen waren gut. Es sind keine Versuche darüber angestellt worden, ob *Walker* die Lage seiner Glieder, ohne sie zu sehen, habe angeben können. Allein schon daraus, daß er gehen konnte, erhellt, daß er noch ein Gefühl von der Anstrengung der Muskeln gehabt habe. Hierauf deutet auch die Angabe hin, daß ihm die Füße steif und schwer zu sein geschienen haben. Der Tastsinn und das Gemeingefühl der Haut scheinen also gelähmt, die Muskeln dagegen des Gemeingefühles nicht ganz beraubt gewesen zu sein.

Besonderes Gemeingefühl in Teilen des Nervensystemes.

Alle Empfindungen beruhen auf einer in den Nervenfäden vor sich gehenden Veränderung, und insofern kann man behaupten, daß es nur ein Gemeingefühl in den Teilen des Nervensystemes gebe. Indessen kann [585] man doch in manchen Fällen unterscheiden, ob die erste Veranlassung zu einer solchen Veränderung von etwas ausgeht, was auf die peripherischen Enden unserer Nervenfäden oder auf die Stämme der Nerven oder auf die zentralen Teile des Nervensystemes wirkt. Dieses zu unterscheiden, ist in medizinischer Hinsicht wichtig, aber oft sehr schwer.

Man hat Schauder, Ameisenkriechen, Eingeschlafensein oder Taubheit der Glieder, und Schmerz durch Krampf als besondere Äußerungen des Gemeingefühles des Nervensystemes angesehen, und in der Tat, es deuten diese Symptome auf ein Leiden hin, welches oft nicht in den in der Haut und in den Muskeln verborgenen Nervenenden, sondern in den Nervenstämmen und im Gehirne und Rückenmarke seinen Sitz hat.

Gewiß entstehen auch viele Schmerzen auf diese Weise, daß die schmerzerregende Ursache nicht auf die Nervenenden in den Teilen, sondern auf die Nervenstämme oder auf die Nervenfäden im Gehirne und Rückenmarke wirkt. Aber sie sind schwer von den anderen Schmerzen zu unterscheiden. Ich kann mich nicht davon überzeugen, daß der Kopfschmerz niemals in Gehirnfasern, sondern immer in den Enden derjenigen Empfindungsnerven seinen Sitz habe, welche sich zu dem Zwecke, das Gehirn empfindlich zu machen, in das Gehirn hinein verbreiteten. Die Existenz solcher Nervi nervorum ist noch nicht dargetan. *Longet*, welcher sich ehemals mit *Magendie* darüber stritt*), wer von ihnen durch physiologische Experimente dargetan habe, daß Empfindungsnerven aus der hinteren Wurzel der Rückenmarknerven am Ganglion spinale in die vordere Wurzel übergingen und sich in ihr in der Richtung nach dem Rückenmarke zu verbreiteten und dadurch diese Wurzel empfindlich machten, überläßt jetzt diese Ehre ganz Herrn *Magendie* und will von seinen eigenen Versuchen nichts mehr wissen**). Ehemals glaubte er gefunden zu haben,

---

*) *Longet* in Comptes rend. 1839, Juin. No. 23, p. 920.

**) *Longet*, Anatomie und Physiologie der Nervensystemes, übersetzt von *Hein*. Bd. I, Leipzig 1847, S. 30.

daß die vordere Wurzel der Rückenmarksnerven empfindlich sei, solange die hintere nicht durchschnitten worden, daß sie aber nach deren Durchschneidung unempfindlich werde.

Gemeingefühl in den Organen, welche mit einer Schleimhaut versehen sind.

Manche Gemeingefühlsempfindungen in diesen Organen sind, wie ich S. [**581**] geäußert habe, wahrscheinlich mit heftigen Bewegungen ihrer Muskelfasern verknüpft, andere beruhen unstreitig auf Eindrücken, welche auf die Schleimhaut selbst gemacht werden.

Hierher gehört der Kitzel, den tropfbare Flüssigkeiten, sogar die mildesten, sowie auch alle festen Körper im Kehlkopfe hervorbringen, welcher die Verschließung der Glottis und den Husten zur Folge hat. Bei der Bronchotomie sieht man, daß diese große Reizbarkeit nur in dem Kehlkopfe und nicht in der Luftröhre existiert. Hierher ist auch zu rechnen der ekelerregende Kitzel bei Berührung der Zungenwurzel.

Auf der Schleimhaut der Nase erregt, wie schon erwähnt worden, die Berührung fester Körper den eigentümlichen Kitzel, der zum Niesen führt, Wasser dagegen, womit man die Nase füllen kann, reizt die Schleimhaut nicht, wohl aber tut es die Kohlensäure kohlensaurer Getränke, wenn [**586**] die sich entwickelnde Luft aus dem Magen aufsteigt und uns in die Nase kommt. Sie bringt dann eine sehr heftige Empfindung in der Nase, nicht aber in dem Munde hervor. Eine eigentümliche Empfindung erweckt mit Pfefferminzöl getränkter Zucker an der Zunge, am Gaumen und am Schlunde.

In der Harnröhre bemerkt man heftige Empfindungen, wenn mit dem Harne Blut oder griesartige Niederschläge vermengt sind.

Der Durst beruht vielleicht auf einer Abänderung der auf manchen Schleimhäuten stattfindenden Sekretion, die wieder durch den Mangel an der hinreichenden Menge von Wasser im Blute entsteht; daher erregt die Aufnahme einer großen Menge Kochsalz ins Blut Durst, weil dann die gewöhnliche Menge des Blutwassers nicht mehr die erforderliche Verdünnung des Blutes hervorbringt. Auf der anderen Seite bringt das Unterlassen des Trinkens desto schneller Durst hervor, je mehr wässerige Teile man durch Ausdünstung oder Durchfälle verliert. Die Ursache, warum wir dabei das Gefühl der

Trockenheit hauptsächlich im Schlunde und am Gaumen haben, liegt wohl darin, daß diese Teile eine besondere Empfindlichkeit für gewisse Einflüsse besitzen, die der Speiseröhre, dem Magen, den Gedärmen und sogar der Zunge fehlt. So wie die Conjunctiva durch schwefligsaure Dämpfe und durch Ammoniakdämpfe sehr affiziert wird, so ist es auch, wiewohl in geringerem Grade, nach meinen Versuchen am Gaumen und Rachen der Fall (siehe S. [562]). Diese Teile sind mit dem Tastsinne versehen und haben zugleich eine viel dünnere Oberhaut als die Zunge. Würde die Conjunctiva nicht durch die Tränen benetzt, so würden wir vielleicht auch beim Dursten Trockenheit in den Augen empfinden. Wir fühlen zwar den Durst am meisten am Gaumen und im Schlunde, aber der Zustand, der die Empfindung hervorruft, ist unstreitig nicht bloß auf diesen Teil der Schleimhaut beschränkt.

Das Gefühl, welches nach längerem Mangel an atembarer Luft mit dem Bedürfnis des Atmens verbunden ist, hat unstreitig seinen Sitz nicht bloß in der Schleimhaut der Lunge, sondern auch im Herzen, weil mit diesem Mangel Störungen im Kreislaufe verbunden zu sein pflegen.

Das Gemeingefühl in Teilen, welche nicht reich an Nerven und an Blutgefäßen sind.

Die Knorpel, die Knochen, die serösen Häute und namentlich auch die Synovialhäute, die Blutgefäße, die sehnigen Teile, das Bindegewebe und das Fettgewebe haben im ausgebildeten und gesunden Zustande nicht sehr dichte, mit Blut sehr erfüllte Haargefäßnetze. Bei den Knorpeln, solange sie nicht verknöchern, und solange in ihnen keine Markhöhlen entstehen, lassen sich die Blutgefäße gar nicht sichtbar machen, und ebensowenig kann man Nerven zu den Knorpeln hin verfolgen. Dagegen sind die Nerven der serösen Häute und Synovialhäute, mancher sehnigen Teile, z. B. der Dura mater, der äußeren Arterienhaut, der Haut großer Venenstämme anatomisch dargestellt worden, die mittlere und innere Arterienhaut besitzen jedoch nach meinen Untersuchungen keine Haargefäße, wohl aber die Längsfaserhaut der größeren Venen.

Alle diese Teile scheinen nur im kranken Zustande fähig zu sein, uns Gemeingefühlsempfindungen zu verschaffen. Unstreitig sind es hauptsächlich die Blutgefäße in ihnen, zu welchen sich die diesen Teilen angehörenden Nerven begeben, und

so scheint denn auch die übermäßige Ausdehnung [587] der Gefäße mit Blut eine Bedingung zu sein, unter welcher in ihnen Schmerz entstehen kann.

Um die Empfindlichkeit der Knorpel und Synovialhaut zu prüfen, brachte *Haller**) bei einer lebenden Katze in die Gelenkhöhle des Beckens, in welcher der Oberschenkelknochen eingelenkt ist, Vitriolöl und in das Kniegelenk ein andermal Vitriolöl und Spießglanzbutter; er stach und brannte die Oberfläche dieser Gelenke, ohne daß die Tiere Zeichen des Schmerzes zu erkennen gaben. *Dörner***), der unter *Autenrieths* Leitung 34 Experimente über die Verletzung der Knorpel an lebenden Katzen gemacht hat und hierzu die Nasenscheidewand-, Ohr-, Kehlkopf-, Rippen- und Gelenkknorpel benutzt hat, erwähnt nichts davon, daß die Tiere dabei Zeichen des Schmerzes verraten hätten, außer im 25. Experimente, wo 2 Gran Höllenstein in die Kniegelenke gebracht wurden, wodurch denn freilich die weichen Teile des Gelenkes zerstört, und vielleicht auch benachbarte Teile verletzt wurden.

Die Verletzung der Arterien scheint keinen merklichen Schmerz zu erregen. *Haller****) sah niemals, daß ein Tier durch Geschrei oder auf andere Weise Zeichen von Schmerz zu erkennen gab, wenn er eine Arterie an einer solchen Stelle, wo kein Nerv lag, mit einem Faden oder Bande zusammenschnürte, und er beruft sich zugleich auf ähnliche Erfahrungen, welche *Bromfield* und *Pouteau* bei Menschen gemacht haben. Wenn dagegen *Bichat*, sobald er reizende Flüssigkeiten, wie Tinte, verdünnte Säuren oder Wein in die Arterien lebender Tiere spritzte, heftigen Schmerz entstehen sah, so beweist dieser Versuch nicht die Empfindlichkeit der Arterien, denn es dringen dann diese Flüssigkeiten durch die Poren der Gefäßwände in die benachbarten, mit Nerven versehenen Teile ein.

Die sehnigen Teile sind im gesunden Zustande gegen äußere Reize wenig oder gar nicht empfindlich. *Haller*†) führt 39 Schriftsteller an, welche bei Menschen über die Unempfindlichkeit der Sehnen, und 18, welche bei Tieren darüber an

---

*) *Haller*, De partibus c. h. sensibilibus et irritabilibus, Commentar. soc. reg. Gotting. T. II. 1752.

**) *Dörner*, De gravioribus quibusdam cartilaginum mutationibus. Tubingae 1798. 8.

***) *Haller*, De partium c. h. fabrica etc. Lib. II, Sect. 1, § 12, und dessen Second. mémoire sur les parties sensibles. p. 217.

†) *Haller*, Elementa physiologiae. Lib. XXVIII. in der Vorrede.

200 Versuche gemacht haben, er nennt ferner 25 Schriftsteller, welche über die harte Hirnhaut ähnliche Beobachtungen bei Menschen und 16 Beobachter, welche an derselben Haut bei Tieren Versuche gemacht haben. Ebenso sind die Beobachtungen über die Unempfindlichkeit der Knochenhaut sehr zahlreich, welche bekanntlich bei Amputationen ohne Schmerz abgeschabt wird*). Man hat bei allen diesen Versuchen teils eine mechanische Reizung durch Zerschneiden, Zerreißen, Zerkneipen, teils eine chemische Reizung, indem man sie brannte, mit Spießglanzbutter, Säuren und Alkalien und anderen Ätzmitteln berührte, angewendet, und mit der Dura mater sogar im entzündeten Zustande Versuche gemacht. Indessen will *Bichat***) wahrgenommen haben, daß zwar die Sehnen, Aponeurosen und Bänder gegen die chemischen und [588] meisten mechanischen Reizmittel unempfindlich wären, daß sie aber doch sehr schmerzten, wenn sie gewaltsam ausgedehnt oder durch Drehung gewunden würden. Man beobachtet allerdings, daß bei Fußreisen angestrengte oder gedehnte Bänder heftig schmerzen.

Das Bindegewebe ist nach *Hallers****), *Schobingers* und *Zimmermanns* Versuchen, die von *Bichat* bestätigt worden sind, im gesunden Zustande unempfindlich. Man kann es nach *Bichat* bei lebenden Menschen und Tieren durchschneiden, in verschiedenen Richtungen zerren und durch Luft ausdehnen, ohne Schmerz zu erregen, vorausgesetzt, daß die durch dasselbe laufenden Nerven nicht verletzt werden. Auch das fettenthaltende Zellgewebe ist im allgemeinen unempfindlich, indessen schien das Knochenmark bei den von *Duverney*†) und *Monro* bei amputierten Menschen angestellten Versuchen empfindlich, was auch *Troja*, *Köhler* und *Bichat* durch Versuche bei Tieren bestätigt haben. Diese Empfindlichkeit kommt aber vermutlich nicht dem Knochenmarke, sondern unstreitig den kleinen, von *Gros*††) beim Pferde deutlich dargestellten Nerven zu, die durch die Foramina nutritia mit den Blutgefäßen

---

*) *Haller*, in Commentar. Gotting. 1752, T. II, p. 123 sq. Opera min. I, p. 341, und Castelli experimenta, quibus varias c. h. partes sensu carere constitit. Gottingae 1753, Sect. III.

**) *Bichat*, Allgemeine Anatomie, übers. v. *Pfaff*. Bd. II, Abt. 1.

***) *Haller*, Novi Comment. soc. reg. Gotting. T. III, p. 25.

†) *Duverney*, Mem. de l'Ac. roy. des sc. de Paris. a. 1700, p. 199.

††) *Gros*, in Comptes rendus, T. XXIII, No. 24, p. 1106 und in *Frorieps* Notizen 1847, März, S. 289.

eindringen und zum Teil durch das Knochenmark hindurch zu den Knochen sich zu begeben scheinen.

Die Knochen sind im gesunden Zustand unempfindlich. *Bichat* sagt, man könne sie zersägen, zerschneiden, klopfen und brennen, ohne einen merklichen Schmerz zu erregen. Indessen können sie, wie viele andere Teile, welche im gesunden Zustand unempfindlich sind, doch im kranken Zustande schmerzhaft werden, z. B. bei venerischen und gichtischen Knochenkrankheiten.

Auch der Nabelstrang scheint unempfindlich zu sein.

Das Gemeingefühl bei Menschen und Tieren, bei Gesunden und Kranken.

Das Gemeingefühl kommt allen Tieren zu, und schon der Embryo scheint durch Gemeingefühlsempfindungen veranlaßt zu werden, seine Lage im Mutterleibe zu ändern. Bei Kranken, namentlich in der Hypochondrie und Hysterie, veranlassen Einwirkungen, die oft so schwach sind, daß sie bei Gesunden unbemerkt bleiben, lebhafte Gemeingefühlsempfindungen. Mit Unrecht glauben manche, daß eine größere Erregbarkeit der Nerven die Ursache dieser Erscheinungen sei. Vielmehr scheinen die verschiedenen Verrichtungen der Organe bei solchen Kranken, wegen mancherlei Fehler und Unvollkommenheiten schon durch geringe Einwirkungen gestört zu werden, und die Störung einer Verrichtung scheint dann leicht eine neue Störung nach sich zu ziehen und dadurch Schmerz zu erregen. Eine mäßige Anstrengung der Muskeln verursacht bei solchen schwächlichen Menschen schnell Ermüdung und Schmerz, keineswegs aber deswegen, weil die Nerven erregbarer wären, sondern weil die Muskelsubstanz unbrauchbarer ist und schon nach einer kurzen Tätigkeit Veränderungen erleidet, die Ermüdung und Schmerz zur Folge haben.