Über die Beziehungen des Tastraumes zum Sehraum.

Von

Privatdozent Dr. phil. et med. **Ernst Gellhorn.**

(Aus dem Physiologischen Institut der Universität Halle.)

Mit 1 Textabbildung.

(Eingegangen am 27. Juli 1921.)

Wohl kaum ein anderes Problem zeigt so mannigfache Seiten und gibt, je nach dem wissenschaftlichen Standpunkte des Betrachters, so verschiedene Aspekte wie das Raumproblem. Das Raumproblem der Physik ist wesentlich verschieden von dem Raumproblem der Physiologie und Psychologie und dem der Mathematik. Dennoch wird jede tieferschürfende Erforschung des Raumproblem es Stellung nehmen müssen zu seinen erkenntnistheoretischen Grundlagen, mit einem Worte zu Kant. Kant hat seinen philosophischen Standpunkt dahin präzisiert, daß er den Raum und die Zeit als die a priori gegebenen Formen der Anschauung bezeichnete. Man hat Kant deshalb einen Nativisten genannt und ihn in Gegensatz zu den Vertretern der empiristischen Theorie gesetzt, die behaupten, daß die Wahrnehmung des Raumes nur auf Grund der Erfahrung möglich sei. Man übersah aber hierbei, daß die nativistische und empiristische Theorie sich erst scheiden, wenn es gilt, die physiologischen und psychologischen Grundlagen der Raumwahrnehmung zu interpretieren. Diese Untersuchungen, die Gegenstand experimenteller Forschung sein müssen, lagen für Kant außerhalb des Wirkungsbereiches seiner philosophischen Kritik¹⁾. Er hat wohl auch klar erkannt, daß er für diese Fragen nicht zuständig war. Seine Entscheidung aber steht über dem physiologischen und psychologischen Raumproblem. Mag man der Erfahrung den wesentlichen Anteil an den Gesetzen der Lokalisation zuerteilen, mag man nach streng nativistischem Standpunkte für alle physiologischen Tatsachen der Raumwahrnehmung bildungsgesetzliche Grundlagen annehmen, dennoch wird man Kant zustimmen müssen, daß wir uns die Dinge nicht unräumlich vorzustellen vermögen, daß ferner der Raum

¹⁾ Vgl. hierzu v. Kries in Helmholtz, Handbuch der physiol. Optik, 3. Aufl. Bd. III, S. 520ff. 1910.

als solcher unwandelbar gegeben und eine Veränderung etwa im Sinne einer Verkleinerung oder Vergrößerung uns nicht denkbar ist.

Steht somit die physiologische und psychologische Erforschung des Raumproblems nicht im Gegensatz zu den Kantischen Darlegungen, sondern außerhalb ihrer und ist man deshalb berechtigt, in ihnen eine notwendige Ergänzung der Raumforschung zu sehen, so ergibt sich die weitere Frage, ob die Durchdringung des Raumproblems mit physiologischen und psychologischen Methoden zugunsten der nativistischen oder empiristischen Theorie entschieden hat. Noch vor wenigen Jahren standen sich die wissenschaftlichen Parteien scharf gegenüber. Helmholtz, der eigentliche Schöpfer der empiristischen Auffassungsweise, der die Bedeutung der Erfahrung für die Raumwahrnehmung insbesondere im Bereiche des Tiefensehens in zahlreichen Experimenten begründet hat, auf der einen Seite, Ewald Hering, sein kongenialer Partner, dem es in seinen Forschungen gelungen war, auch für die Tiefenwahrnehmung den Nachweis vor aller Erfahrung gelegener präformierter Grundlagen zu erbringen, als vornehmster Vertreter der nativistischen Theorie auf der anderen Seite. Wenn wir auch heute zu einer definitiven Beantwortung der Frage noch nicht berechtigt sind, so läßt sich wohl die Ansicht der meisten Forscher dahin zusammenfassen, daß zwar die Raumempfindung ebenso einfach und ursprünglich ist wie etwa die Helligkeits- oder Farbenempfindung, daß aber mannigfache psychische Vorgänge, unter denen die unter dem Einflusse der Erfahrung erworbenen Assoziationen besonders genannt seien, die so gegebene Raumanschauung maßgebend beeinflussen. Diese Feststellung nimmt dem Gegensatz von Empirismus und Nativismus seine Schärfe. Das zeigt sich auch in folgenden Worten von Kries¹⁾, der als namhaftester Vertreter der empiristischen Theorie in seinen Ergänzungen zu Helmholtz physiologischer Optik sagt: „Je nach der größeren oder geringeren Bedeutung, die den einen oder anderen Momenten beigemessen wird, erscheint eine fast stetige Abstufung der Anschauungen möglich. Ob überhaupt und wo hier eine Grenze gezogen werden soll, wird immer eine Sache subjektiven Ermessens und kaum diskutierbar sein.“

Aber die Erforschung des Raumproblems ist vom Standpunkte der Physiologie und der mit ihr auf diesem Gebiete untrennbar verknüpften experimentellen Psychologie hiermit nicht etwa erschöpft. Wissen wir doch, daß außer dem Gesichtssinne der Tastsinn sowie die Bewegungsempfindungen zur Erfassung extensiver Größen dienen und daß sie auch lokalisatorische Eigenschaften besitzen. Daneben kommt nach den Untersuchungen von Cyon¹⁾ noch den Bogengängen eine zentrale

¹⁾ v. Cyon, Das Ohrlabrynth als Organ der mathematischen Sinne für Raum und Zeit. Berlin 1908.

Bedeutung für die Raumauffassung zu. Hat doch dieser Autor im Labyrinth sogar das Organ der mathematischen Sinne das Raumes und der Zeit gesehen, eine Auffassung, die heute noch als sehr strittig bezeichnet werden muß. Aber auch der Acusticus selbst entbehrt nicht der Eigenschaft, bis zu einem gewissen Grade die Lokalisation der Reizquelle zu ermöglichen. Nach neueren Untersuchungen¹⁾ ist für die Wahrnehmung der Schallrichtung der Zeitpunkt maßgebend, um die das eine Gehörorgan früher erregt wird als das andere. Beträgt diese Zeitspanne nur $30 \cdot 10^{-6}$ Sekunde, so ist eine Lateralisation der Reizquelle bereits möglich. Bemerkenswert ist ferner die Tatsache, daß Tast- und Sehraum von dem Gehörsraum dadurch unterschieden sind, daß letzterer nicht nur außerhalb unseres Körpers gelegen ist, sondern z. B. auch innerhalb desselben. Nimmt doch der Gesunde den Ton beim sogen. Weberschen Versuche innerhalb des Schädels wahr. Dennoch kann es keinem Zweifel unterliegen, daß die räumlichen Eigenschaften des Gehörsinnes nur von untergeordneter Bedeutung für die Raumwahrnehmung sind, zumal dem Ohre die Erfassung extensiver Größen vollständig fehlt. Neben dem Gesichtssinne bleibt deshalb der Tastsinn unter Einschluß des kinästhetischen Sinnes für die Erfassung räumlicher Größen und ihre Lokalisation von großer Bedeutung, und es erscheint als ein wichtiges Problem, die Beziehungen des Tastraumes zum Sehraum darzulegen. Dabei werden wir uns zuerst die Frage vorzulegen haben, wie sich beim Kinde die Raumwahrnehmung entwickelt und sodann erörtern, welche Diskrepanzen zwischen räumlichen Tast- und Gesichtsvorstellungen auch beim Erwachsenen nachweisbar sind und in welcher Weise optische Vorstellungen taktile Empfindungen zu beeinflussen vermögen.

Es ist nun bemerkenswert, daß nach den Untersuchungen moderner Kinderpsychologen — in Deutschland vornehmlich von William Stern²⁾ —, Untersuchungen übrigens, die an des Physiologen Preyer klassische Forschungen anknüpfen, auch die Entwicklung der Raumwahrnehmung beim Kinde im Sinne des oben dargelegten Kompromisses zwischen nativistischer und empiristischer Theorie gedeutet werden muß. Es zeigt sich nämlich, daß auf die jeder exakten Raumwahrnehmung zugrunde liegenden Mechanismen der funktionellen Verknüpfung der Bewegungen beider Augen einerseits, der Parallelität der Akkommodation mit der Konvergenz andererseits, Übung und Erfahrung einen bedeutenden Einfluß ausüben. Bereits im ersten Viertel

¹⁾ v. Hornborstel und Wertheimer, Sitzungsber. d. kgl. preuß. Akad. d. Wiss. Berlin, Jg. 1920, S. 388 ff.

²⁾ William Stern, Zeitschr. f. angew. Psychol. **2**, 412 u. 498. 1909. Berlin, Jg. 1920, S. 388 ff. — Karl Bühler, Die geistige Entwicklung des Kindes. Jena 1919.

des ersten Lebensjahres werden optisch-taktile Assoziationen gebildet. Zuerst überwiegen Vorstellungen rein taktiler Natur, und zwar erscheint der Mund in den ersten Lebenswochen als ein noch wichtigeres Tastorgan als die Hand. Die Tast- und Greifbewegungen, die anfangs, wie bei Blinden, nur durch die Tastbewegungen selbst korrigiert werden, erfahren allmählich eine Vervollkommnung unter dem Einflusse des Gesichtssinnes. Zuerst hat wohl rein zufällig die Hand einen gesehenen Gegenstand berührt. Bei häufiger Wiederholung dieses Erlebnisses aber entwickelt sich der Wille, nach einem gesehenen Gegenstande zu greifen, und durch Übung wird nun die Abschätzung der Entfernung wie der Richtung mehr und mehr verfeinert. Entgegen der landläufigen Meinung müssen wir annehmen, daß Kinder im Alter von 6 Monaten bereits sehr wohl nah und fern zu unterscheiden vermögen, da Greifbewegungen fast ausnahmslos von Gegenständen des Nahraumes ausgelöst werden. Zu gleicher Zeit etwa entwickelt sich auch das aktive Schauen. Während anfangs die Augen planlos umherirren, beobachtet man dann, daß das Kind eine helle Fläche bereits fixiert, und von hier ist nur noch ein Schritt zu dem aktiven Suchen und Verfolgen der Gegenstände, ein Vorgang, bei dem die Gesichtsempfindungen mit den Bewegungsempfindungen der Augenmuskeln in Beziehung treten. Interessant ist nun, daß bevor das Greifen nach einem Gegenstande beobachtet wird, das Hinsehen nach einer Tonquelle, also Beziehungen zwischen Hörraum und Sehraum, festgestellt werden können.

Erwähnt sei ferner, daß für das Erkennen eines gesehenen oder getasteten Gegenstandes in einer Zeichnung nur der Umriß von Wichtigkeit ist. Deshalb ist die Verlagerung der Zeichnung im Raume z. B. im Sinne des Auf-dem-Kopfe-Stehens für die Erkennung eines Gegenstandes dem Kinde gleichgültig.

Die nächsten Lebensmonate bringen durch die eigene Lokmotion eine gewaltige Vertiefung in den Beziehungen zwischen dem optischen und taktilen Erkennen, und damit dürfte die letzte Entwicklungsstufe in der Raumwahrnehmung erreicht sein. Bedeutet doch die weitere Eroberung des Raumes durch den kindlichen Verstand nur eine Verbreiterung und Vertiefung seiner Kenntnisse von den Beziehungen des Tast- zum Sehraum, ohne prinzipielle neue Entwicklungsphasen herbeizuführen.

Die enge Verknüpfung, die sich aus der Schilderung der Entwicklung der Raumwahrnehmung beim Kinde zwischen Seh- und Tastraum ergibt, führt aber keineswegs, wiewohl die Erfahrung täglich uns unzählbare neue Erlebnisse in diesem Sinne zuträgt, zu einer vollständigen Übereinstimmung der Größenauffassung und Lokalisation durch Tast- und Gesichtssinn. Vielmehr zeigen Untersuchungen von Fitt¹⁾, daß

¹⁾ Zeitschr. f. d. ges. Psychologie **32**, 420. 1914.

zwischen der Größenauffassung durch den ruhenden Tastsinn und den Gesichtssinn erhebliche Differenzen bestehen. Entsprechend der Raumschwelle, die die gereizte Hautpartie zeigt, ist auch die assoziierte optische Größenvorstellung verschieden. Eine Taststrecke auf dem Oberarm z. B., der eine hohe Raumschwelle hat, muß eine Sehstrecke an Größe beträchtlich übertreffen, um gleich groß zu erscheinen. An den Fingerspitzen hingegen, die bekanntlich ein sehr feines Tastgefühl und demnach eine niedrige Raumschwelle aufweisen, wird eine Taststrecke, die mit der Sehstrecke objektiv an Größe genau übereinstimmt, für bedeutend größer gehalten. Zwischen diesen beiden Extremen findet sich ein Hautgebiet, in dem durch den Tastsinn eine mit dem Gesichtssinn übereinstimmende Größenschätzung erfolgt. Setzt man derartige Versuche längere Zeit fort, in der Erwartung, durch Übung eine richtigere Schätzung auch an den Hautgebieten zu erhalten, durch die sich anfangs eine Über- bzw. Unterschätzung ergab, so ist man über den Erfolg sehr enttäuscht. Es hat nämlich durch die Übung nur eine Verschiebung der Indifferenzzone, mit der der Hautbezirk mit ursprünglich richtiger Schätzung bezeichnet sei, nach einer Hautzone mit höherer Schwelle stattgefunden, ein Befund, der wohl in den bereits von Volkmann erhobenen Feststellungen seine Erklärung findet, nach denen durch Übung eine erhebliche Verfeinerung der Raumschwelle eintritt.

Es war nun von Interesse, analoge Versuche im Bereiche der Bewegungsempfindungen anzustellen, zumal wir aus zahlreichen Untersuchungen — ich erwähne nur die Experimente Loebs über den Fühlraum der Hand¹⁾ — wissen, daß die Abschätzung der Größe einer Bewegung beim Vergleich mit einer anderen, die sich nur um ein geringes in quantitativer Hinsicht unterscheidet, eine ziemlich feine ist. Will man nun feststellen²⁾, welche Entfernung z. B. Daumen und Zeigefinger haben müssen, um einer bestimmten Sehstrecke kongruent zu erscheinen, so zeigt sich ein prinzipieller Unterschied zwischen kleinen und großen Strecken. Erstere, für die wohl das Empfinden durch die Erfahrung besonders geschult ist, werden nämlich von den meisten Versuchspersonen richtig geschätzt oder etwas überschätzt, während große Strecken regelmäßig und oft in hohem Grade unterschätzt werden. Dieser Befund dürfte auch für die geschilderten Versuche Fitts von Bedeutung sein, da ein Einfluß der Streckengröße auf ihre Schätzung durch den ruhenden Tastsinn auch aus theoretischen Gründen postuliert werden muß. Denn wir wissen, daß, wenn wir zwei Taststrecken auf verschiedenen Hautstellen miteinander vergleichen, der Fehler, der durch

¹⁾ Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **46**, 1. 1890.

²⁾ E. Gellhorn, Untersuchungen zur Physiologie der räumlichen Tastempfindungen unter Berücksichtigung der Beziehungen des Tastraumes zum Sehraum. I. Mitteilung. Erscheint Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **189**. 1921.

die ungleiche Raumschwelle bedingt wird, sich mit zunehmender Größe der Taststrecken verringert. Es liegt dies daran, daß bei großen durch die simultane Reizung zweier Druckpunkte gegebenen Taststrecken, die an besonders ausgezeichneten Stellen der Haut (über Knochenvorsprüngen usw.) z. B. an der ulnaren bzw. an der radialen Seite des Unter- oder Oberarms gelegen sind, der Ortssinn der Versuchsperson Kenntnis von der Lage der Druckpunkte und infolgedessen ihrer Distanz gibt, während die Schätzung kleinerer Entfernungen zweier Druckpunkte, die beide z. B. in der Mitte der Volarfläche des Unterarms gelegen sind, durch den Ortssinn keine oder nur eine geringe Unterstützung erfährt. Unter diesen Umständen scheint eine erweiterte Nachprüfung der Versuche Fitts geboten.

Die Untersuchungen über die optische Größenschätzung von Strecken, die durch kinästhetische Empfindungen vermittelt werden, sind aber noch durch ein anderes Ergebnis belangreich. Es zeigt sich nämlich, daß eine ungeübte Versuchsperson eine Bewegungstaststrecke verschieden beurteilt, je nachdem die Finger schnell oder langsam voneinander entfernt werden, ein Phänomen, das sich mit Zunahme der Übung völlig verliert. Man geht wohl nicht fehl in der Annahme, daß hier psychische Faktoren, insbesondere der Zeitsinn, solange die Bewegungsempfindungen nur sehr unsichere Größenschätzungen gestatten, die Beurteilung der Streckengröße maßgebend beeinflussen. Daß auch andere psychische Faktoren bei dem Vergleich von Tast- und Sehstrecken eine Rolle spielen, zeigt sich in einer etwas verschiedenen Schätzung der Strecken, je nachdem die optische oder taktile Strecke der Versuchsperson zuerst dargeboten wird. Wir sehen in diesen Versuchen zugleich Beispiele für die Anschauung, daß die verschiedensten psychischen Vorgänge die räumlichen Vorstellungen, die wir auf Grund von Empfindungen von verschiedenen Gegenständen besitzen, wesentlich zu modifizieren vermögen.

Die Beziehungen zwischen dem Raumsinn der Haut und dem des Auges sind aber nicht damit erschöpft, daß wir mit mehr oder minder großer Genauigkeit anzugeben vermögen, welche Sehstrecke einer Taststrecke entspricht und umgekehrt, sondern nach den Untersuchungen Ziehens¹⁾ scheinen noch engere Bande zwischen den beiden Sinnesgebieten vorzuliegen. Dieser Autor fand nämlich, daß die Größenvorstellung, die durch eine Taststrecke bestimmter Länge hervorgerufen wird, vermutlich durch Gesichtsvorstellungen in gesetzmäßiger Weise geändert wird. In Ziehens Versuchen werden die zu vergleichenden Reizstrecken auf den Unterarm appliziert und dessen Entfernung von den Augen der Versuchsperson so verändert, daß wir eine Nah- und eine Fernstellung unterscheiden können. Diese Versuchsanordnung zeigte

¹⁾ Zeitschr. f. Sinnesphysiol. 50, 79. 1910.

nun das überraschende Resultat, daß im allgemeinen bei der Fernstellung die Strecken kleiner erscheinen als bei der Nahstellung. Dagegen hat die willkürliche Akkommodation der Augen auf die Nähe oder Ferne auf die taktile Größenschätzung keinen Einfluß. Die wahrscheinlichste Erklärung dieser Versuche dürfte darin liegen, daß wir die Erfahrung des täglichen Lebens, daß ferne Gegenstände kleiner erscheinen als nahegelegene, auf die Größenschätzung durch den Tastsinn übertragen. Diese Erklärung erfährt, wie Ziehen hervorhebt, eine gewisse Stütze in einer Analogieerscheinung, die dem Psychiater bekannt ist. Die Größe einer halluzinierten Gestalt scheint nämlich auch mit der Entfernung und Annäherung eine entsprechende Größenänderung zu erfahren.

Der Raumsinn der Haut vermag aber nicht nur extensive Größen zu erfassen, sondern er besitzt auch, wie der Gesichtssinn, die Fähigkeit, die Reize zu lokalisieren. Man spricht dann vom Ortssinn der Haut und pflegt diesen vom eigentlichen Raumsinn zu trennen, da wir aus klinischen Erfahrungen¹⁾ wissen, daß der Ortssinn intakt, der Raumsinn der Haut aber schwer geschädigt sein kann. Die enge Verbindung von Ortssinn und Gesichtsvorstellung geht nun daraus hervor, daß wir fast ebenso gut die Lage eines bei verbundenen Augen berührten Druckpunktes zu zeigen wie unter Ausschluß des Gesichtssinnes durch das Tastgefühl anzugeben vermögen. Verfeinert man²⁾ den Ortssinn durch zahlreiche Wiederholungen der Versuche, so zeigt sich, daß trotz strenger Befolgung des sogenannten unwissentlichen Verfahrens auch die optische Wiedererkennung eines berührten Punktes der Haut sich erheblich bessert, ja daß diese nicht allein auf die geübten Hautstellen beschränkt bleibt, sondern auch auf anderen Hautpartien, deren Ortssinn man durch einen einmaligen Versuch vor Beginn der Übungsperiode festgestellt hat, deutlich nachweisbar ist.

Die systematische Übersicht verlangt noch in zweifacher Hinsicht Ergänzungen. Einmal interessiert uns die Frage, inwieweit der ruhende Tastsinn den Winkel, den zwei Taststrecken miteinander bilden, zu erkennen vermag, und welcher optische Winkel dem jeweiligen Reizwinkel entspricht.

Zur Untersuchung dieser Frage gingen wir so vor, daß wir zwei etwa 0,2 mm dünne Metallstreifen von 4 cm Länge, die mittels eines Scharniergelenkes in eine beliebige, an einer Gradeinteilung abzulesende Stellung gebracht werden konnten, sukzessiv auf verschiedene Stellen der Haut applizierten und die Versuchsperson angeben ließen, ob der Winkel recht, stumpf oder spitz sei. Setzt man beide Schenkel des Reizwinkels gleichzeitig auf, so ist seine Erkennung für die meisten Versuchspersonen zu schwierig, so daß von dieser Methode zunächst

¹⁾ Schittenhelm, Dtsch. Zeitschr. f. Nervenheilk. **22**, 1. 1902.

²⁾ Gellhorn, l. c.

Abstand genommen wurde. Ferner wurde ein Schenkel stets in der Längsachse der Extremität aufgelegt, weil auch hierdurch das Erkennen der Winkelgröße wesentlich erleichtert wird. Durch zahlreiche Versuche, in denen Winkel zwischen 60° und 120° auf die Haut aufgesetzt wurden, wurde festgestellt, daß die Schätzung von Winkeln an Hautbezirken mit ungleicher Raumschwelle nicht allein verschieden schwierig ist, sondern daß entsprechend den Versuchen Fitts auch für die Schätzung von Winkeln die Größe der Raumschwelle maßgebend ist. Zur Erläuterung diene die Abbildung. Die Berechnung

Die Abszisse gibt die Größe der Reizwinkel in Graden, die Ordinate die Zahl, in denen die Vp. das Urteil „spitz“ fällt, in Prozenten an.

geschieht in der Weise, daß die Zahl der Urteile spitz bzw. stumpf für jede Winkelgröße festgestellt wird und zu dieser Zahl die Hälfte der Urteile, in denen die Versuchsperson, unsicher oder rechtwinklig angibt, hinzugefügt wird. In der Tabelle ist in der ersten Spalte stets die absolute Zahl der Urteile spitz angegeben (daneben in Klammern die Hälfte der unsicheren Urteile, die, wie ersichtlich, sehr gering ist); die zweite Spalte enthält in Prozenten die Zahl der Urteile „spitz“. Jeder Winkel wurde auf dem Unterarm 20 mal, auf der Hohlhand 25 mal dargeboten, an jedem Versuchstage aber nur zweimal, so daß die Versuchsreihe 10 bis 13 Tage umfaßt. Dabei war die Reihenfolge, in der die Reizwinkel dargeboten wurden, eine völlig unregelmäßige, das Verfahren selbst streng unwissentlich.

Aus der Abbildung geht nun hervor, daß der scheinbar rechte Winkel, der Winkel nämlich, bei dem in 50% der Fälle von der Versuchsperson das Urteil spitz und in 50% stumpf abgegeben wird, für die Hohlhand bei $87,5^\circ$, für den Unterarm aber bei 95° gelegen ist. Die Hautzone mit sehr feinem Raumsinn führt also zu Überschätzung, diejenige mit relativ hoher Raumschwelle (Unterarm) zur Unterschätzung. Ganz analoge Resultate werden erhalten, wenn die Versuchsperson zu jedem „Tastwinkel“ den entsprechenden optischen Winkel angeben soll¹⁾.

¹⁾ Die ausführliche Publikation unter Berücksichtigung der individuellen Variationen erfolgt in Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol.

Vp. E.

Reizmuskel	Hohlhand		Unterarm	
	Zahl der „Spitz“-Urteile absolut	relativ	Zahl der „Spitz“-Urteile absolut	relativ
55°	25	100%	20	100%
60°	25	100%	20	100%
65°	25	100%	19	95%
70°	25	100%	19	95%
75°	25	100%	16 (+ 1,5)	87,5%
80°	24 (+ 1)	100%	13 (+ 1,5)	72,5%
85°	16 (44)	80%	11 (+ 2)	65%
90°	2 (+ 3)	20%	12 (+ 1,5)	67,5%
95°	0	0%	6 (+ 1)	35%
100°	0	0%	5 (+ 2,5)	37,5%
105°			5 (+ 1)	30%
110°			3 (+ 0,5)	17,5%
115°			3 (+ 1)	20%
120°			1	5%
125°			0	0%
130°			0	0%

Über die analoge Frage, wie weit wir vermittels kinästhetischer Empfindungen von dem Grade der Winkelstellungen eines Gelenkes die richtige Vorstellung erhalten, liegen leider noch keine abschließenden Untersuchungen vor.

Auch über den Formsinn der Haut, durch den wir eine optische Vorstellung von der Gestalt des auf die Haut aufgesetzten Reizobjektes erhalten, liegen nur sehr spärliche Beobachtungen vor. Dabei scheint gerade die Verfolgung dieses Gebietes für die Erkenntnis der Beziehungen zwischen taktilen und optischen Vorstellungen von besonderer Bedeutung. Es hat offenbar die räumliche Lage der Extremität, deren Formsinn untersucht wird, und die optische Vorstellung hiervon einen bedeutenden Einfluß auf die Erkennung des Reizobjektes. Henri¹⁾ fand nämlich, daß bei Haltung des Handrückens nach oben durch Berührung der Volarfläche des Mittelfingers mit einem typographischen Buchstaben dieser richtig erkannt wurde, während die Berührung der gleichen Hautstelle bei umgekehrter Haltung der Hand, d. h. wenn der Handrücken nach unten sah, die Vorstellung des Spiegelbildes des Buchstabens erzeugte. Ebenso zeigt sich, daß die Berührung verschiedener Bezirke der Haut mit einem Buchstaben bald die Vorstellung des richtigen Buchstabens oder seiner Umkehrung, bald die des Spiegelbildes hervorruft, ein Beweis, daß mit der Reizung bestimmter Punkte der Haut zwangsmäßig charakteristische optische Assoziationen sich einstellen.

¹⁾ Über die Raumwahrnehmungen des Tastsinnes. 1898.

Diese Eigentümlichkeiten bringen es mit sich, daß unter Umständen die Bewegungsempfindungen als Mittler zwischen taktiler Empfindung und optischer Vorstellung auftreten. Nicht selten ist nämlich eine Versuchsperson unfähig, die Form des Reizobjektes anzugeben. Sie vermag aber die Form des Buchstabens nachzuzeichnen, und erst aus der Zeichnung erkennt sie ihn.

Das Verhältnis des ruhenden Tastsinnes zu den kinästhetischen Empfindungen und Vorstellungen und dieser wiederum zu den Gesichtsvorstellungen zeigt in besonders einleuchtender Weise die Untersuchung eines Kranken mit sogenannter apperzeptiver Seelenblindheit, die durch Schußverletzung des Hinterhauptlappens entstanden war. Der Patient, dessen genaue neurologisch-psychologische Analyse wir Gelb und Goldstein¹⁾ verdanken, zeigte einen vollständigen Verlust des optischen Vorstellungsvermögens. Es war also hier Gelegenheit gegeben, festzustellen, inwieweit optische Vorstellungen die Tasterfahrungen zu beeinflussen imstande sind. Während die Berührung der Haut und die Unterscheidung spitzer und stumpfer Gegenstände ohne weiteres gelang, war der Patient zur Lokalisation einer berührten Hautstelle ebensowenig wie zur Unterscheidung der räumlichen Trennung von zwei berührten Punkten der Haut imstande. Auch vermochte er nicht die einem Gliede gegebene passive Lage zu erkennen, ja er wußte niemals auch nur den Körperteil anzugeben, der berührt oder bewegt worden war. Wurden aber dem Patienten Tastzuckungen erlaubt, die anfangs den ganzen Körper betrafen, dann aber allmählich sich nur auf den gereizten Körperteil und insbesondere auf die Umgebung des Reizortes erstreckten, so zeigte der Orts- und Raumsinn der Haut ebenso wie der Lagesinn keine wesentlichen Abweichungen von der Norm. Die Erklärung dürfte im folgenden liegen. Die Berührung einer Hautstelle ruft beim Normalen assoziativ die optische Vorstellung des berührten Punktes hervor und veranlaßt auf diese Weise die richtige Lokalisation. Da wir aber beim Kinde in ganz ähnlicher Weise wie bei dem seelenblinden Erwachsenen das Auftreten von Tastzuckungen bemerken, diese aber später beim Normalen völlig verschwinden, so ist es wahrscheinlich, daß die physiologischen Residuen der kinästhetischen Vorgänge genügen, um die zugehörigen optischen Vorstellungen zu erwecken und dadurch die richtige Lokalisationsbewegung herbeizuführen. Fehlen aber die optischen Vorstellungen, so ist die Auslösung der kinästhetischen Vorgänge unbedingt erforderlich, um eine Lokalisation zu ermöglichen. Da nun auf diesem Wege auch bei vollständigem Verlust des optischen Vorstellungsvermögens zwar ebenso die Lokalisation eines berührten Punktes wie die Längenschätzung oder die Beurteilung der Entfernung zweier Punkte der Haut gelang, dennoch aber Raumvorstellungen dem

¹⁾ Zeitschrift für Psychologie 83, 1. 1919.

Patienten fehlten, so kommen die Autoren zu dem theoretisch bemerkenswerten Ergebnis, daß der Tastsinn als solcher Raumvorstellungen nicht vermitteln kann, daß vielmehr nur durch Verbindung mit Gesichtsvorstellungen die Tasterfahrungen den Charakter des räumlich Ausgedehnten erhalten.

Und noch in anderer Weise zeigt sich die enge Verbindung zwischen optischem und taktilen Erkennen. Gegenstände, die der Seelenblinde, der das optische Vorstellungsvermögen und damit die Gestaltauffassung verloren hat, nicht mit dem Auge zu erkennen vermag, kann er durch Nachfahren der Konturen mit dem Finger oder durch Zeichnen richtig erfassen, wiewohl die optische Erkennung der Zeichnung selbst ihm wieder unmöglich ist.

Wenn auch vielleicht die Folgerungen, die die genannten Autoren aus der Analyse dieses Falles ziehen und die auf die Negierung der Existenz der räumlichen Tastvorstellungen hinauslaufen, zu weit gegangen sind, so dürften die Untersuchungen doch einen wichtigen Beitrag für die nahen Beziehungen, in denen die räumlichen Tastempfindungen zu den Gesichtsempfindungen stehen, geliefert haben.

Die vorliegende Darstellung der Beziehungen des Tastraumes zum Sehraum erhebt keinen Anspruch, die Gesamtliteratur berücksichtigt zu haben. Unseren Erörterungen liegt vielmehr der Gedanke zugrunde, darzutun, welche prinzipielle Bedeutung für physiologische (speziell sinnesphysiologische) und psychologische Fragen dieser ganzen Forschungsrichtung zukommt.

Die neuere Sinnesphysiologie hat sich, wie dies besonders eingehend Tschermak¹⁾ kürzlich hervorgehoben hat, auf den Standpunkt des exakten Subjektivismus gestellt, der sich im Verfolg des Müllerschen Gesetzes von den spezifischen Sinnesenergien auf die Unterschiede, die zwischen dem Reiz und dem Erregungsvorgang bestehen, gründet und die maßgebende Rolle physiologischer und psychologischer Vorgänge auf die Empfindungen darlegt. Gerade die Diskrepanzen, die zwischen dem Sehraum und dem objektiven Raum bestehen, bilden eine gewichtige Stütze für die subjektivistische Anschauung. Analoge, nur noch stärkere Diskrepanzen finden sich auch, wenn man Tast- und Hörraum mit dem objektiven Raum vergleicht. Die vorliegenden Untersuchungen scheinen aber noch eine Erweiterung des sinnesphysiologischen Subjektivismus zu fordern. Ebenso wie der Raumsinn der Netzhautperipherie von dem der Fovea centralis deutlich verschieden ist, und in der ungleichen Schätzung, die eine und dieselbe Gerade bei peripherer bzw. bei zentraler Fixation erfährt, in Erscheinung tritt, ebenso erfolgt auch die Schätzung simultaner Taststrecken (Fitt) oder sukzessiv dargebotener Tast-Winkel (Gellhorn) verschieden, je nach-

¹⁾ Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 188, 1. 1921.

dem Bezirke mit niederer oder hoher Raumschwelle berührt werden. Bei gleichen äußeren und inneren Bedingungen (Adaptation) ist also, wenn das Sinnesorgan gereizt wird, die Qualität der Empfindung wesentlich vom Reizorte abhängig. Auch hierbei vermögen Übungsphänomene die Empfindungen und Vorstellungen, wie Fitt für den Raumsinn, ich selbst für den Ortssinn zeigen konnte, in hohem Maße zu beeinflussen.

Es erhebt sich nunmehr die Frage, wieso wir die zahlreichen Unstimmigkeiten, die sich zwischen dem räumlichen Erfassen einer extensiven Größe durch den Tastsinn und den Gesichtssinn ergeben haben, im Leben nicht störend empfinden. Es liegt dies erstens daran, daß wir den größten Teil des Tastorganes im praktischen Leben zur Beurteilung der Größe räumlicher Gegenstände nicht verwenden. Zweitens aber haben die Gesichtsvorstellungen, die wir von den Gegenständen besitzen, in psychischer Hinsicht so das Übergewicht, daß wir mit ihnen nicht harmonisierende Tasterfahrungen einfach vernachlässigen. Dieses Verhalten unserer Psyche, das im Sinne einer einheitlichen Wahrnehmung erfolgende Gerichtetsein der Aufmerksamkeit, ist auch aus zahlreichen anderen Vorgängen bekannt. Wissen wir doch, daß die Raumauffassung durch die peripheren Teile der Netzhaut erheblich von dem zentralen Sehen abweicht. Wären keine psychischen Regulationsmechanismen vorhanden, so müßten wir die Gegenstände des Raumes, die sich zum Teil auf peripheren Teilen der Retina abbilden, verzerrt sehen. Durch die Konzentration der Aufmerksamkeit auf die zentralfixierten Gegenstände wird aber eine einheitliche Raumauffassung auch innerhalb des Sehraumes gewährleistet, und in analoger Weise verschmelzen Tast- und Sehraum zu einem einheitlichen psycho-physiologischen Raum.