

zusammenhang zwischen Vorstellung und Wahrnehmung mit in Erwägung stellen. Nicht etwa einzig und allein daraus, daß ich einen bestimmten Gegenstand früher wahrnahm, nicht allein aus dem zeitlichen Vorangegangensein dieser Wahrnehmung verstehe ich schon, daß dann auch eine Vorstellung von ihm möglich sei; sondern weil es zum Wesen der Vorstellung gehört ihren Gegenstand in Wahrnehmungsaspekt zu zeigen d. h. ihn in einer Weise zu zeigen, wie ihn mögliche Wahrnehmung zeigen würde, darum erst ist es ganz verständlich, daß frühere Wahrnehmung darauf von Einfluß sein kann, ob eine entsprechende Vorstellung auftreten kann oder nicht.¹

Also so sehr ist unsere These verschieden von der Konstatierung eines Realzusammenhanges, daß diese Konstatierung erst durch Hinzunahme der These den Rang einer psychologischen „Einsicht“ bekommt.

Aus dieser Wesensbeziehung ist auch die Tatsache verständlich, daß die Vorstellung vielfach als Ersatz für Wahrnehmung dienen kann; nämlich genau so weit als die Wesensgleichheit des Gegenstandsaspektes in beiden Erlebnissen reicht; sobald dagegen die früher erwähnten Unterschiede in Frage kommen, hört auch die Ersatzfähigkeit auf. Wir kennen die Tatsache dieses Ersatzes aus dem täglichen Leben, wo wir tausendfach Gebrauch davon machen.

Noch eine andere Konsequenz dürfte erwähnenswert sein: die dargelegte Wesensbeziehung bildet auch die Grundlage für die von anderer Seite aufgestellte Behauptung, daß es für Wesensuntersuchungen irrelevant sei, ob die betr. Untersuchungsgegenstände in Wahrnehmung oder in bloßer Vorstellung gegeben sind.

¹ Ohne diese Einsicht in die Wesensbeziehung von Wahrnehmung und Vorstellung wäre es nicht erfindlich, warum ausgerechnet eine vorangegangene Wahrnehmung, und nicht etwa ebensogut irgend ein anderes Erlebnis, z. B. ein Gefühl für das Auftreten können einer Vorstellung von Belang sein solle.

Zur Entwicklung der Raumanschauung bei Mensch und Tier.

Von
MAX ETTLINGER.

THEODOR LIPPS beginnt die psychologische Studie „Der Raum der Gesichtswahrnehmung“, aus deren Anregungen die folgende Untersuchung hervorgegangen ist, mit der grundlegenden Unterscheidung, daß wir von einer psychologischen Theorie des Raums niemals die Beantwortung der Frage erwarten können, wie es geschieht, daß wir überhaupt ein Raumbild haben. Aufgabe der Psychologie des Raumsinns kann es vielmehr stets nur sein, Antwort auf die Frage zu geben, wie es geschieht, daß in unserem Raumbild die einzelnen von uns gesehenen, getasteten oder sonstwie wahrgenommenen Raumteile „diesen oder jenen bestimmten Ort, d. h. diese oder jene relative Lage zueinander haben“, in dieser oder jener Richtung als benachbart oder auseinanderliegend wahrgenommen werden. Mit anderen Worten: Die empirische Psychologie als solche hat es niemals mit dem Raumproblem an sich zu tun, welches vielmehr der Erkenntnistheorie, der Mathematik und der Metaphysik angehört, sondern der eigentlich psychologischen Lösung ist nur die Frage der Lokalisation zugänglich.

Bekanntlich stehen sich in der Psychologie der menschlichen Raumwahrnehmung und speziell der optischen Raumwahrnehmung zwei theoretische Richtungen scheinbar unversöhnlich gegenüber, deren Meinungsverschiedenheit im wesentlichen bereits auf der Stellung zum Entwicklungsgedanken zunächst in seiner ontogenetischen Beschränkung beruht: Der Empirismus lehrt, daß unsere räumliche Orientierung an Hand einfacher oder komplizierter „Lokalzeichen“ auf dem Wege der Erfahrung vom

Einzelnen allmählich erworben wurde; der Nativismus geht von der Voraussetzung aus, daß unsere Orientierung über die räumlichen Beziehungen der Außendinge unmittelbar mit deren erster sinnlicher Wahrnehmung gegeben ist. Von den verschiedenen empiristischen Lokalzeichentheorien, deren keine bisher vollkommen genügen dürfte, braucht hier zunächst nur so viel erinnernd hervorgehoben zu werden: Bereits Lotzes Theorie legt das Hauptgewicht auf Augenbewegungen, durch welche ein zunächst seitlich, undeutlich gesehener Punkt auf die ungefähr in der Mitte der Netzhaut gelegene Stelle schärfsten Sehens überführt wird, mit einem Wort auf Fixationsbewegungen; Wundts Theorie der komplexen Lokalzeichen betont neben den Augenbewegungen die qualitativen Unterschiede der Gesichtswahrnehmung je nach der Netzhautstelle — eine Verschiedenheit, welche zwar hinsichtlich der Farbenqualität fraglos besteht, aber schon deshalb theoretisch nicht erheblich weiterhilft, weil bei Farbenblinden die optische Lokalisation nicht als mangelhafter sich erweist —; von der Lippschen Theorie kommt hier zunächst nur der eine Leitgedanke in Betracht, daß sie eine gewisse Vermittlung zwischen empiristischer und nativistischer Theorie darstellt. Sie nimmt bekanntlich an, daß der allmähliche Erfahrungserwerb der optischen Lokalisation keineswegs bei jedem Einzelnen wieder von vorne an sich vollzieht; sondern diese erfahrungsmäßige Ausbildung soll sich im Laufe der Generationen allmählich gebildet, vererbt und vervollkommen haben. Der sichere Vollzug der Funktion ist mit der fortschreitenden Differenzierung und zugleich bestimmteren Anordnung des Organs und seiner Elemente immermehr erleichtert worden. Lipps entwirft in ganz allgemeinen Linien eine „Theorie der Anpassung“, deren phylogenetischer Fortschritt mit den ontogenetischen Anpassungsvorgängen bei der Ausbildung des binokularen Sehfeldes und bei der Korrektur der dioptrischen Metamorphopsien analogisiert wird. Lipps läßt es dahingestellt, ob und wie weit man die zur Entstehung der räumlichen Zuordnungen und Sonderungen der Gesichtseindrücke vorausgesetzte Folge von Generationen ins Tierreich zurück verfolgen muß. Jedenfalls verlohnt es sich der Mühe, einmal zu versuchen, wie weit man diesen hypothetischen Entwicklungsgang zurück verfolgen kann. Je mehr man dabei von bestimmten theoretischen Voraussetzungen absieht, je unbefangener man das Gewicht der von der neueren

Tierpsychologie bereits ermittelten Tatsachen würdigt, desto aussichtsvoller erscheint der Versuch.

Trotz anfänglicher grundsätzlicher Skepsis gegen jede Verwertbarkeit deszendenztheoretischer Gesichtspunkte in der Psychologie¹ habe ich mich angesichts der neueren tierpsychologischen Ergebnisse und auf Grund meiner wachsenden Vertrautheit mit ihnen überzeugen müssen, daß gerade hinsichtlich der empiristischen Lokalisationstheorie der phylogenetischen Interpretation ein erheblicher Erkenntniswert innewohnt; ein Erkenntniswert freilich, der sich zunächst mehr in präziseren Fragestellungen und noch recht diskutablen Hypothesen als in gesicherten und ausgebauten Theorien beheben läßt. Aber gerade die vielfache Unentschiedenheit, die sich bei einer Beschränkung auf die Probleme des menschlichen Raumsinns immer wieder ergibt, ermuntert um so mehr zu dem Versuch, auch die Erkenntnismöglichkeiten der vergleichenden Psychologie für dieses Spezialgebiet praktisch auszuprobieren und sich nicht auf die Skepsis zurückzuziehen, mit der noch unlängst Witasek sein Werk über „die Psychologie der Raumwahrnehmung des Auges“² gerade in unserer Frage beschlossen hat. Während er nämlich an verschiedenen Stellen, namentlich da wo es sich um die Beziehungen der Augenbewegungen zum Ohrlabirynth handelt³, phylogenetische Erklärungsmöglichkeiten streift, meint er doch beim theoretischen Gesamtabschluß⁴, „daß Untersuchungen dieser Art mit unseren heutigen Mitteln nicht allzutief ins einzelne Konkrete dringen können und daß sie keinen allzuhohen Grad von Evidenz erreichen“, weil es nämlich noch in weitem Umfang an den sicheren, tatsächlichen Grundlagen gebricht.

Man darf dazu aber auch die Gegenfrage stellen, ob es mit den tatsächlichen Grundlagen für die ontogenetische Entwicklung der menschlichen Raumorientierung um so vieles besser bestellt ist, als hinsichtlich der entsprechenden Entwicklung bei den Tieren, wenn man sich nur einmal mit den von der Tierpsychologie ermittelten Tatsachen auch wirklich vertraut macht. Unsere meisten sicheren Kenntnisse über menschliche Raum-

¹ Vgl. meine „Untersuchungen über die Bedeutung der Deszendenztheorie für die Psychologie“, Köln 1903.

² Heidelberg 1910.

³ A. a. O. S. 286 ff.

⁴ A. a. O. S. 412.

orientierung beruhen auf Beobachtungen an Erwachsenen. Die Beobachtungen über den Raumsinn der Kinder und speziell über ihr Sehenlernen sind viel geringer an Zahl und ärmer an Sachertrag, als man bei der vielfältigen Betonung genetischer Gesichtspunkte eigentlich erwarten sollte. Und selbst diejenigen einschlägigen Tatsachen, wie sie die Kinderpsychologen von PREYER bis STERN und daneben eine Reihe von Physiologen¹ ermittelt haben, pflegen bei der Diskussion der Raumsinnprobleme nicht die entscheidende Rolle zu spielen, wie man erwarten sollte. Es sei z. B. nur an die schon von PREYER festgestellte Tatsache erinnert, daß die in den Theorien so wichtigen monokularen und binokularen Augenbewegungen keineswegs bei allen neugeborenen Kindern in gleicher Weise erstmals auftreten.² Nach DONDERS kommt es sogar auch vor, daß selbst die binokulare Fixation, welche gewöhnlich erst einige Wochen nach der Geburt richtig funktioniert, schon kurz nach der Geburt beobachtet wird. Derartige individuelle Variationen in der Ontogenese geben bereits jedem an deszendenztheoretische Gedankengänge gewöhnten zu denken. Mehr aber noch der Vergleich mit der optischen Raumorientierung neugeborener Tiere, welchen bereits PREYER in seinem bahnbrechenden Buche angestellt hat.³ Er gibt dort seiner, vom anthropozentrischen Standpunkt aus vollberechtigten Verwunderung Ausdruck über die Sicherheit, mit der z. B. junge Hühnchen schon wenige Stunden nach der Geburt Futterkörner vom Boden aufpicken. Über diese angeborenen, mit bemerkenswerter Vollkommenheit ausgeführten dreidimensionalen Raumreaktionen speziell junger Vögel hat C. LLOYD MORGAN in seinem jüngst verdeutschten Werke „Habit and Instinct“⁴ eine Reihe systematischer Beobachtungen niedergelegt, welche es über jeden Zweifel stellen, daß z. B. junge Enten und Teichhühner nach Überwindung des Ausschlüpfshocks alsbald gewandt nach allen Richtungen schwimmen, junge Hühner zielsicher nach Gegenständen von er-

¹ Das einschlägige Tatsachenmaterial ist vorzugsweise entnommen aus W. NAGELS Handbuch der Physiologie des Menschen. Bd. 3, Braunschweig 1905.

² W. PREYER, Die Seele des Kindes. 6. Aufl. hrsg. von K. L. SCHAEFER, Leipzig 1905. S. 20 ff. u. S. 25 ff.

³ A. a. O. S. 43 ff.

⁴ Dtsch. v. M. SEMON. Leipzig 1909. Vgl. namentlich das zweite und dritte Kapitel.

reichbarer Entfernung picken u. ä. m. MORGAN zieht aus der letzteren Tatsache, die ich aus eigenen Beobachtungen bekräftigen kann, den Schluß, daß von diesen Tieren, wie er sich ausdrückt, der Entfernungsbegriff nicht erst durch Erfahrung erlernt zu werden braucht, daß ihnen, anders gesagt, eine visuelle Tiefenwahrnehmung angeboren ist. Bei der stark seitlichen Lage der Augen des Huhnes und der entsprechenden Kopfhaltung beim Picken liegt es sogar nahe, das Angeborensein einer monokularen Tiefenwahrnehmung anzunehmen. Ein häufiges kurzes Zurückziehen des Kopfes vor dem Aufpicken, wie es A. v. TSCHERMAK zutreffend schildert,¹ legt allerdings doch wieder ein Mitspielen zweiaugiger Tiefenmerkmale nahe, läßt aber — zusammen mit den verwandten Tatsachen — die Notwendigkeit einer angeborenen visuellen Richtungsorientierung unangefochten.

Man könnte meinen, die Kontroverse zwischen Empiristen und Nativisten sei durch solche Beobachtungen an Tieren überhaupt schon zugunsten des Nativismus endgültig entschieden. Das wäre aber ebenso voreilig, als es ist, wenn man gewisse Beobachtungen an operierten blindgeborenen Menschen ohne weiteres als Entscheidungsgrund für den Empirismus ins Feld führt. Solche operierte Blindgeborene müssen bekanntlich gewisse visuelle Tiefenmerkmale, z. B. die Abnahme der scheinbaren Größe, erst durch allmähliche Erfahrung richtig begreifen lernen, „begreifen“ hier im eigentlichsten Wortsinn genommen; denn sie glauben zunächst, alle gesehenen Gegenstände berührten unmittelbar ihre Augen und greifen deshalb viel zu kurz. Hier muß also die Harmonie zwischen Tastraum und Gesichtsraum erst erfahrungsmäßig erworben werden, ähnlich wie bei dem von WUNDT so sehr betonten Falle dioptrischer Metamorphopsie und STRATTONS Experimenten mit lageändernden Gläsern vor den Augen. In allen diesen Fällen gewöhnt sich das menschliche Auge erst allmählich an die neuartigen Bedingungen des Sehens. Nun aber kann daraus, daß sich ein Sinnesorgan im Lauf des Lebens auch an neuartige, außergewöhnliche Funktionsbedingungen anzupassen vermag, an sich schon keineswegs bündig geschlossen werden, daß auch die ent-

¹ Über das Sehen der Wirbeltiere speziell der Haustiere. Rektoratsrede der Wiener tierärztl. Hochschule. Sonderabdruck aus dem Tierärztl. Zentralbl. Jahrg. 1910. Heft 33 S. 4.

sprechenden ursprünglichen und normalen Funktionsweisen erst ontogenetisch erworben und eingeübt werden müssen. Hinsichtlich der Beweiskraft der STRATTONSchen Experimente habe ich bereits 1900 in meinem Referat für die „Zeitschrift für Psychologie“¹ betont, daß aus ihnen Argumente gegen den Nativismus nur insofern gewonnen werden können, als die Harmonie von Gesichtssinn und Tastraum in Frage steht. Daß diese Harmonie erst empirisch ausgebildet werden muß, — wofür auch manche Beobachtungen der Kinderpsychologie sprechen — beweist aber noch keineswegs, daß auch innerhalb des einzelnen Sinnesraums, also des Tastraumes für sich genommen oder des Gesichtstraums, der Empirismus ebenfalls zurecht besteht. Es könnte sehr wohl sein, daß die räumliche Orientierung auf einem der beiden Gebiete oder auf allen beiden von Geburt an gegeben wäre und die Erfahrung zwischen beiden nur die Harmonie herzustellen oder zu vervollständigen hätte. Daß tatsächlich in der Ontogenese der Raumorientierung bei Mensch und Tier zwischen der entsprechenden Funktion der verschiedenen Sinnegebiete mindestens zeitliche Prioritätsunterschiede bestehen, — bei vielen Säugetieren z. B. ist der Tastsinn viel früher funktionsfähig als der Gesichtssinn — diese und viele ähnliche Tatsachen der Tierpsychologie begründen abermals einen vermehrten Zweifel gegenüber der bisher in der allgemeinen Psychologie meist üblichen Art, die Entwicklung der menschlichen Raumorientierung fast allein aus den optischen Lokalisationen Erwachsener verstehen zu wollen; selbst der Tastsinn findet beim Raumproblem nur eine ganz stiefmütterliche Berücksichtigung und in mehreren Lehrbüchern der Psychologie findet sich sogar die kaum glaubliche These, daß der Mensch alle seine räumliche Orientierung nur aus Gesichtssinn und Tastsinn schöpfe, wobei unter Tastsinn gewöhnlich nur die äußeren Tastwahrnehmungen verstanden sind und die beim Kind so viel wichtigeren kinästhetischen Empfindungen gänzlich oder fast völlig ignoriert werden.

Demgegenüber wirkt es fast wie eine absichtliche Antithese, daß der Physiologe E. DE CYON seine seit 1873 vorgenommenen Untersuchungen über die Funktion des Ohrlabyrinths 1908 mit der endgültig durchgeführten Theorie abschloß², der Mensch ver-

¹ Bd. XXIII S. 139 f.

² Vgl. E. DE CYON, Das Ohrlabyrinth als Organ der mathematischen Sinne für Raum und Zeit. Berlin 1908.

danke seine Raumwahrnehmung ursprünglich überhaupt weder dem Gesichtssinn noch dem Tastsinn in dessen gewöhnlicher Bedeutung, sondern allein dem statischen Sinn des Ohrlabyrinths. Gerade diese Forschungen über statische Organe und ihre Funktion bei Mensch und Tier geben — mag man über ihre theoretische Tragweite denken wie immer — ein markantes Beispiel des wesentlichen Erkenntniszuwachses, den die menschliche Sinnespsychologie der Tierpsychologie bereits zu danken hat. Denn wir sind auf diese beim erwachsenen Menschen unter normalen Umständen völlig in den Hintergrund des Bewußtseins tretende Klasse von Sinnesempfindungen überhaupt erst aufmerksam geworden, nachdem ihre viel größere Bedeutung im Seelenleben vieler Tiere erkannt worden war. Die einfache Form der sog. Statocysten ist namentlich bei solchen niederen Tieren ausgebildet, welche im Wasser oder in der Luft leben, also nicht durch den festen Boden unter den Füßen über Oben und Unten orientiert sind. Das Organ ist bei ihnen nach dem Prinzip gebaut, daß der feste Halt, dessen der Körper nach außen entbehrt, ihm im eigenen Innern durch ein freibewegliches Schwergewicht ersetzt wird, gewöhnlich jene Kalkkörperchen, die man früher Gehörsteinchen nannte, jetzt funktionsgemäß als Statolithen bezeichnet. Diese Schwerkörper sinken, wie auch sonst der Gesamtorganismus sich zur Vertikale stellen mag, immer nach unten und lösen in der Statocyste Reize aus, mit denen kompensatorische, die Gleichgewichtslage wiederherstellende Gegenbewegungen reflektorisch verbunden sind. Den einfacheren statischen Apparaten der Wirbellosen, deren Funktion durch Exstirpations- und Ersatzexperimente gesichert ist, entsprechen bei den Wirbeltieren die komplizierteren statischen Organe des Ohrlabyrinths. Vor allem sind hier die drei Bogengänge so angeordnet, daß ihre drei Ebenen aufeinander senkrecht stehen; sie entsprechen also den drei Dimensionen des Raums, stellen gewissermaßen ein „natürliches Koordinatensystem“ dar. Die durch ihr Sinnesepithel ausgelösten Lageempfindungen und kompensatorischen Bewegungen lassen sich aus den Störungen erweisen, die bei zahlreichen Tieren mit künstlichen oder natürlichen (japanische Tanzmaus, junge Regenbogenforellen usw.) Labyrinthdefekten auftreten. Beim Menschen hat zuerst W. JAMES 1887 die Aufmerksamkeit auf die völlige Desorientierung über Oben und Unten gelenkt, die sich bei vielen Taubstummen, wenn sie unter Wasser tauchen, einstellt. Da diese JAMESsche Feststel-

lung neuerdings angefochten wird¹, sei hier eine einschlägige Erfahrung angeführt, die mir bei einem Lehrkurs über Tierpsychologie bekannt wurde. Eine Taubstummlehrerin nämlich, die als Hörerin beiwohnte, sprach mir danach ihre Freude aus, sich nun das absonderliche Verhalten einer sonst sehr willigen Schülerin im Turnunterricht erklären zu können; das betreffende Mädchen zeige besonders an Turnapparaten, bei denen der sichere Halt am Boden schwindet, eine frappante Unsicherheit der Bewegungen und entsprechende Scheu. Bei allen Taubstummen treten selbstverständlich diese Störungen nicht auf, da ja keineswegs immer ihr Ohrlabyrinth pathologische Veränderungen aufweist. DE CYON hat bekanntlich die Erkenntnis des statischen Sinns bis zu dem theoretischem Extrem ausgebildet, daß er das Ohrlabyrinth als unser einziges und spezifisches Raumsinnesorgan anspricht. Da er entsprechend annimmt, daß Taubstumme mit funktionsunfähigen Bogengängen überhaupt keine richtigen Raumvorstellungen besitzen und ausdrücklich an die Erfahrungen ihrer Geometrielehrer appelliert, sei festgestellt, daß über entsprechende Wahrnehmungen in Taubstummanstalten nichts bekannt geworden ist.

Wichtiger noch für unser Problem als die allgemeine Funktion des Labyrinthapparates ist seine spezielle Bedeutung für die Bewegungen von Kopf und Auge. Daß ihm eine solche in differenzierter Weise zukommt, erhellt schon aus der Tatsache, daß Tiere mit verbundenem Kopfbruststück mit einfachen Statolithenorganen auskommen, während bei freier Beweglichkeit des Kopfes die Ausbildung der halbkreisförmigen Kanäle hinzukommt. DE CYON hat bereits außer der allgemeinen Bedeutung des Ohrlabyrinths für die Gesamthaltung (Muskeltonus) des Körpers einen besonderen Zusammenhang mit dem okulomotorischen Apparat erkannt. Jede experimentelle Erregung eines der drei Bogengänge löst Bewegungen des Augapfels aus, die durch die Achse des betreffenden Bogengangs bestimmt werden. Ferner zeigt sich unter normalen Verhältnissen, daß bei Kopfdrehungen die Augen kompensatorische Bewegungen ausführen, von denen es feststeht, daß sie mit dem Ohrlabyrinth funktionell

¹ Vgl. G. ALEXANDER, Die Funktionen des Vestibularapparates im „Bericht über den IV. Kongreß für experimentelle Psychologie“. Leipzig 1911. S. 79.

zusammenhängen; sie bleiben nämlich bei dessen künstlichen oder natürlichen Defekten aus. Auch WITASEK betont, daß es sich bei dieser Einrichtung, die beim Menschen nur noch unvollkommen, bei vielen Tieren aber exakt funktioniert, offenbar um Rudimente eines psychophysischen Zusammenhanges handelt; „der dazu bestimmt ist, die absolute Orientierung der Netzhaut der Kopfstellung zum Trotz zu erhalten.“ Alle Wahrscheinlichkeit spricht dafür, daß es sich hier keineswegs um einen rein physiologischen Reflex handelt, sondern um einen zum mindesten ursprünglich sensorischen Vorgang, um einen Zusammenhang der statischen Sinneswahrnehmung des Labyrinthapparates mit der visuellen Orientierung des Auges. Die nähere Prüfung der Bewegungsgesetze unserer Augenmuskeln ergibt noch eine ganze Reihe von Instanzen für einen solchen Zusammenhang. Bereits WITASEK führt das AUBERTSche Phänomen an.¹ Wichtiger erscheint noch das LISTINGSche Gesetz, weil es jene natürliche Primärstellung des Auges als tatsächlich gegeben feststellt, welche theoretisch bereits zum Verständnis der Lotzschen Lokalzeichenlehre vorausgesetzt werden muß. Das LISTINGSche Gesetz besagt, daß für die, — wie wir noch sehen werden, genetisch primäre — Fernsehfunktion unseres optischen Organs eine dadurch ausgezeichnete Stellung der Augen existiert, daß von ihr aus gradlinige Augenbewegung in alle anderen, sekundären Fernstellungen hin und zurück ohne Rollung erfolgt. Die feineren Einstellungsbewegungen des Auges beschränken sich in der Regel überhaupt ganz auf die nähere Umgebung der durch LISTINGS Gesetz bezeichneten, ausgezeichneten Ausgangsstellung², während die gröbere Fixation bei weiter abliegendem neuen Fixationspunkt durch Kopfbewegungen stattfindet. Dieser geordneten Aufeinanderfolge von Kopf- und Augenbewegung beim Erwachsenen entspricht auch durchaus ihre Eintrittsordnung bei neugeborenen Kindern, die auf starke Lichtreize zumeist erst mit der groben Einstellung des Kopfes, erst später auch mit feinerer Einstellung des Auges reagieren. Es sind also, wie schon aus diesen Tatsachengruppen gefolgert werden muß, für die Netzhaut von vornherein bestimmte, entwicklungsgeschichtlich bedingte Stellungen und Lageregulationen gegeben; und es kann in der Theorie der visuellen Orien-

¹ A. a. O. S. 287.

² Vgl. NAGELS Handbuch, Bd. III, S. 317.

tierung keineswegs von einem „chaotischen Urzustand“ ausgegangen werden, wie ihn auch W. WIRTH bei der in dieser Hinsicht viel zu abstrakt gehaltenen LIPPSSchen Theorie ablehnen muß.¹

Der räumlichen Orientierung des Auges ist bereits in der Ontogenese durch Lageorientierungen von Kopf und Körper vorgearbeitet, und schon diese eine Tatsache sollte davon abhalten, die visuellen Lokalisationsvorgänge allein aus sich selbst erklären zu wollen. Eine sehr wesentliche Bestärkung erhalten diese, zunächst der Psychologie des Menschenkindes entstammenden Bedenken, wenn man aus der vergleichenden Psychophysik die Erkenntnis gewinnt, daß jene sog. Einstellungsbewegungen von Kopf und Auge nur den Spezialfall eines allgemeinen Gesetzes darstellen, welches für die Raumorientierung auch aller übrigen Sinnesorgane gilt und im größten Umriß etwa so formuliert werden kann: Zuerst erfolgt die allgemeine Raumorientierung des Körpers über die Reizrichtung, dann erst die spezifische Lokalisation (und Qualifikation) des Reizes durch das Sinnesorgan. Konkreter gefaßt: Alles Sehen ist der Genese nach zuerst ein Sichten, alles Hören ein Horchen, alles Riechen ein Wittern usw. Immer werden — so formulieren es ähnlich auch P. BONNIER und F. HARTMANN in ihren Schriften über die Orientierung² — zuerst die peripheren Sinnesflächen zu den einwirkenden Reizen oder genauer gesagt: zu den Richtungen der einfallenden Reize in bestimmter Weise eingestellt, ehe die Sinnesflächen sich des weiteren „akkommodieren“ und ihre spezifische räumliche (und qualitative) Orientierungsfähigkeit vollkommen entfalten. Ursprünglich mußte an diesen primären Einstellungsbewegungen der ganze Körper teilnehmen.³ Aber das große teleologische Gesetz der Sparsamkeit, der nutzbringendsten Anwendung der geringsten Energiemenge, welches die ganze organische Entwicklung beherrscht, führt allmählich zu einer gewissen Entlastung des Gesamtorganismus von den Einstellungs-

¹ W. WIRTH, Die Probleme der Psychologischen Studien von TH. LIPPS im Archiv für die ges. Psychol. Bd. XIV (1909) S. 217 ff.

² Vgl. F. HARTMANN, Die Orientierung, Leipzig 1902, S. 53 ff.

³ In diesem Stadium ist die fixe Lagebeziehung von Körper und Sinnesorgan noch von selbst gegeben. — Die später eintretenden eigenen Kompensationsbewegungen des Körpers zur Erhaltung dieser Lagebeziehung sind sekundäre Erwerbung, nachdem das Sinnesorgan eigenbeweglich geworden ist.

bewegungen. Die örtliche Verteilung der Sinnesorgane am Körper vollzieht sich durch weitere Ausbildung ihrer geübten und stetige Rückbildung ihrer ungeübten Elemente derart, daß sie sich an solchen Stellen häufen, wo die Reize am häufigsten auftreten. Sie häufen sich also zumeist am oralen Pol¹, der bei den meisten Körperbewegungen vorne dran ist und daher am ersten und häufigsten von neuen Reizen getroffen wird, oder sie werden sogar auf besonders bewegliche Organträger aufgepflanzt und so gewissermaßen dem Körper in den häufigsten Reizeinfallrichtungen noch eigens vorangetragen (auf Tasttentakeln, Riech-, „fühlern“, Augenstielen usw.). Bei Tierformen mit freibeweglichem Kopf konzentrieren sich die Sinnesorgane ganz besonders an diesem, weil dessen Eigenbeweglichkeit ihre Sonderbewegungen ganz ersetzen (beim menschlichen Ohr) oder sich mit ihren Sonderbewegungen kombinieren kann (beim menschlichen Auge). Auch innerhalb des höherdifferenzierten Sinnesorgans häufen sich die reizempfindlichen Elemente noch einmal besonders an den günstigsten Einfallsstellen (Netzhautmitte). Im gleichen Schritt mit dieser räumlichen Spezialisierung der Sinnesorgane auf die einzelnen Körperstellen vollzieht sich aber notwendig auch die assoziative Verflechtung ihrer Spezialempfindungen mit eigens zugeordneten kinästhetischen Lage- und Bewegungsempfindungen des ganzen Körpers und der besonderen Muskeln. So ungefähr mag man es sich im großen ganzen vorstellen, daß auf dem Erfahrungsweg der Generationen die Lokalzeichen geschaffen und differenziert werden.

Ehe wir uns noch einige nähere Vorstellung von den Hauptstadien dieses Entwicklungswegs zu verschaffen suchen, ist ein Seitenblick nötig auf die qualitative Spezialisierung der Sinnesorgane, welche sich gleichzeitig mit ihrer räumlichen Verteilung vollzieht. Das Gesetz von der spezifischen Energie der Sinnesorgane scheint mindestens für die niederen Tiere keineswegs überall zurecht zu bestehen²; sondern

¹ L. EDINGER redet wegen der besonders feinen Ausbildung der Tastorgane in der Schnauzengegend vieler Wirbeltiere von einem eigenen „Oralsinn“.

² Ich vermag also dieses Gesetz nicht mehr in jeder Hinsicht (wie es in meinen „Untersuchungen über die Bedeutung usw.“ S. 84 noch geschah) als unüberbrückbare Schranke einer psychologischen Entwicklung aufrecht zu erhalten. Bereits WUNDT setzt ja an die Stelle des MÜLLER-

bei ihnen finden sich noch sog. Universalsinnesorgane oder Wechsel-sinnesorgane, welche für verschiedenartige Reize gleichermaßen empfänglich sind und erst allmählich z. B. durch tiefere Einlagerung (Ausfall mechanischer und chemischer Reize) und sonstige Formänderung ihre Vielseitigkeit eingebüßt zu haben scheinen. Wir Menschen mit unseren hochspezialisierten Sinnen vermögen uns natürlich die subjektive Empfindungsqualität solcher Organe nur sehr schwer vorzustellen; am ersten gelingt es uns noch beim chemischen Sinn, da wir selbst Geschmacks- und Geruchsempfindungen nur unvollkommen unterscheiden, am besten charakteristischerweise erst dann, wenn wir die spezifischen Einstellungsbewegungen der Nase bzw. der Zunge zuhelfen. — Für die Probleme der Raumwahrnehmung und speziell der visuellen Lokalisation am bedeutungsvollsten ist die Tatsache, daß der Lichtsinn augenloser Tiere vielfach noch ungeschieden zu sein scheint von ihrer Perzeption mechanischer und chemischer Reize und durch die gleichen Hautsinnesorgane vermittelt.¹ Bei manchen Tieren kommen sogar bereits die spezifischen optischen Organe neben den noch unspezialisierten lichtempfindlichen Hautsinnesorganen vor; so bleibt z. B. die Weinbergsschnecke nach Entfernung der Fühler nebst Augen noch für Beleuchtungsunterschiede empfindlich. Es kann also ihre visuelle Orientierung noch nicht ausschließlich durch die spezifischen Sehorgane bedingt sein; sonst müßte bei deren Ausfall zunächst auf optische Reize hin eine völlige Desorientierung sich zeigen. Offenbar besteht also ein Orientierungszusammenhang zwischen den spezialisierten Organen, soweit ihre Wahrnehmungsinhalte gleichartig sind. Diesen Zusammenhang kann man sich kaum anders als durch die gemeinsamen kinästhetischen Beziehungen zur räumlichen Orientierung des Gesamtkörpers vermittelt denken.

In die gleiche Richtung weisen uns die nachfolgenden allgemeinen Tatsachen und Überlegungen.

Die beiden, eben kurz angedeuteten allgemeinen Verhältnisse der tierischen Sinnesorgane, ihre örtliche Verteilungsweise am Tierkörper und der Grad ihrer qualitativen Spezialisierung müssen selbstverständlich jeweils für die Rolle, die ihnen bei der räumlichen

sehen Gesetzes ein „Prinzip der Anpassung der Sinnesfunktionen an die Reize und der Sinneswerkzeuge an die Funktionen“; zu dessen theoretischem Ausbau ich noch einiges beizutragen hoffe.

¹ Vgl. W. A. NAGEL, Der Lichtsinn augenloser Tiere. Jena 1896.

Orientierung des betreffenden Tieres zubemessen ist, von ausschlaggebender Bedeutung sein.

Bereits die Reizreaktionen der niedersten Lebewesen, der Protozoen, die noch aller örtlich und qualitativ spezialisierter Sinnesorgane entbehren, zeigen schon ein Mindestmaß räumlicher Orientierung, welches in so ausgesprochener Form zutage tritt, daß die Reaktionen mit Fug und Recht als Tropismen, als Hinzuwendungen bzw. Hinwegwendungen bezeichnet werden.¹ Dieses Richtungsnehmen zur Reizquelle ist die primitivste Form tierischer Raumreaktion und Reizreaktion überhaupt, da hier immer noch der Gesamtorganismus unmittelbar in Mitleidenschaft gezogen ist. In den tierischen „Tropismen“ bereits einen psychophysischen Vorgang und keineswegs etwa nur einen chemisch-physikalischen zu sehen (wie es manche Antipsychologen in der Tierpsychologie vergeblich versucht haben), zwingt die Art und Weise ihres Vollzugs und Weiterwirkens. Die Beeinflussbarkeit der tierischen „Tropismen“ durch Erfahrung ist nach Beobachtungen, wie denen von STEVENSON SMITH,² S. METALNIKOW³ u. a. bereits bei Protozoen kaum mehr zweifelhaft und weist auf das ursprüngliche Mitwirken eines psychischen Faktors, auf den Charakter einer eigentlichen Triebhandlung hin. Noch unbedingt nötigt zu dieser psychistischen Auffassung jene besondere Art und Weise des Bewegungsvollzugs, wie sie JENNINGS im Gegensatz zur ursprünglichen, allzu einfachen Tropismentheorie klargelegt und mit der freilich wieder allzu anthropomorphistischen Benennung als „method of trial and error“ gekennzeichnet hat. Auch die niedersten Tiere werden keineswegs rein passiv zum Reize hin oder von ihm hinweg getrieben, wie ein schwimmender Leichnam im Strom, sondern sie vollziehen eine große Zahl von Hin- und Herschwankungen und -drehungen, eine „ausprobierende“ Bewegungsfolge, ehe sie

¹ Selbstverständlich ist also der Terminus „Tropismus“, seines ursprünglich mechanistischen Beigeschmacks entkleidet, hier zunächst im rein deskriptiven Sinn zu nehmen.

² The Limits of Educability in Paramaecium: Journ. of Compar. Neurol. and Psychol. Bd. XVIII (1908) S. 499 ff. Vgl. meinen Sammelbericht über Tierpsychol. Zeitschr. für Psychol. Bd. LVI (1910) S. 479.

³ Über die Ernährung der Infusorien und deren Fähigkeit ihre Nahrung zu wählen. Travaux de la Société des Naturalistes de St. Petersburg. Bd. 38 (1907) Lief. 1 Nr. 4.

endgültig ihren Weg einschlagen; ein Verhalten, für das K. C. SCHNEIDER die passendere Bezeichnung als „*variative Triebhandlung*“ einführt.¹ Besonders bemerkenswert für unser Problem der räumlichen Orientierung ist an diesen variativen Triebhandlungen, daß die Variation ganz besonders in einem perpendikulären Abwandeln der Reizeinfallrichtung sich kundgibt, dessen schließliche Schlichtung kaum anders erklärt werden kann, als daß irgendeine Art von *primitivem Richtungssinn* schließlich die Oberhand über anderweitige Bewegungsantriebe gewinnt.² In der Annahme eines solchen primären Richtungssinns bestärkt die Beobachtung gewisser abgestufter Raumreaktionen bei höheren Tierformen; denn auch hier bleibt öfters das Richtungsnehmen zum Reiz als erstes Reaktionsstadium klar unterscheidbar. So hat z. B. PHILIPP B. HADLEY bei seinen Untersuchungen über die Orientierungsweise junger, amerikanischer Hummern³ festgestellt, daß speziell bei ihrer „phototaktischen“ Orientierung zu einer Lichtquelle zuerst die Tiere die Längsachse ihres Körpers parallel zur Strahlenrichtung einstellen⁴; dann erst bewegen sie sich in der Strahlenrichtung zur Lichtquelle hin oder von ihr hinweg. Selbstverständlich hängt eine so exakte Einstellbarkeit der Längsachse zusammen mit der örtlichen Verteilung und Spezialisierung der lichtempfindlichen Organe am Tierkörper, speziell mit ihrer symmetrischen Anordnung auf beiden Seiten des Körpers. Gerade durch diese bestimmte Lokalisation der Reizeinfallstellen werden die unsicheren Schwankungen der „method of trial and error“ im erheblichem Umfang erspart und eine rationellere Ausnutzung der verfügbaren Be-

¹ Vorlesungen über Tierpsychologie. Leipzig 1909. S. 43.

² Die scheinbar einfachere und mechanische Tropismentheorie von LOEB besitzt bei näherem Zusehen diese beiden Vorzüge keineswegs. Denn sie setzt zur Erklärung der endgültigen Einstellung der Längsachse voraus, daß gleichmäßige Reize an *symmetrischen* Körperstellen der Protozoen auch gleichmäßige Wirkungen auslösen und daß dieser symmetrische Reizzustand den Lebewesen der konformste sei.

³ The Behavior of the Larval and Adolescent Stages of the American Lobster: Journ. of Compar. Neurol. and Psychol. Bd. XVIII (1908) S. 199 ff. Vgl. meinen Sammelbericht über Tierpsychol. in der Zeitschr. für Psychol. Bd. LVI (1910) S. 468 ff.

⁴ Neben der phototaktischen Einstellung auf Lichtreize mit bestimmter Strahlenrichtung konstatiert HADLEY auch noch bei diffusem Licht eine „phototaktische“ Reaktion ohne bestimmte Einstellung der Längsachse.

wegungskräfte gefördert. So wird allmählich die Grundform der Reizreaktion, der Tropismus differenziert. Immerhin begegnen wir ihm in rückgebildeter, zum rein physiologischen Reflex gewordener Form noch bis in die höchsten Reaktionsformen hinein als Teilvorgang. So können z. B. im menschlichen Auge die Pigmentkörnchen des Epithels, welches der Stäbchen- und Zapfenschicht der Netzhaut aufgelagert ist, innerhalb der Zellen wandern. Bei Beleuchtung wandern sie gegen die Netzhaut zu und legen sich zwischen die Stäbchen, bei Verdunklung ziehen sie sich zurück. Man spricht deshalb bezeichnenderweise von einer „phototropen“ Reaktion des Pigmentepithels; wenn auch die Bedeutung dieses Vorgangs für den Sehakt noch nicht genauer bekannt ist, so darf man doch annehmen, daß es sich dabei um eine ähnliche selektive Regelung der Reizzufuhr handelt, wie wir sie bereits bei der Entwicklung der spezifischen Sinnesenergie antrafen.

Mit der höheren strukturellen Ausbildung der Sinnesorgane werden auch ihre Funktionsformen immer feiner geregelt. Das gilt auch für den primitiven Richtungssinn, der uns hier zunächst beschäftigt. Bei den Protozoen dürfen wir die „Richtung“ nicht etwa im exakten, linearen Sinne fixiert und präzisiert denken. Es handelt sich selbstverständlich bei diesen winzigen Organismen und den relativ breiten auf sie einwirkenden Reizströmen nicht um die Richtung auf einen bestimmten Punkt hin, ja nicht einmal eigentlich auf eine Fläche hin, sondern um die Richtung nach oder von einer qualitativ irgendwie reizauslösenden Region oder Sphäre, bei der Lichtreaktion z. B. um das Aufsuchen oder Meiden einer helleren bzw. dunkleren Bewegungssphäre. Bei den jungen Hummern dagegen, bezüglich deren wir HADLEYS Beobachtungen zitierten, handelt es sich schon um ein eigentlicheres, präziseres Richtungsnehmen mittels der lokalisierten und spezialisierten Sinnesorgane.

Es ist bei den Tieren keineswegs gesagt, daß sich diese feinere Ausbildung des Richtungssinnes gerade mittels der spezialisierten optischen Organe oder vornehmlich vermittels derselben entwickelt; es sei nur daran erinnert, daß der zum Geruch spezialisierte chemische Sinn vielen Tieren, von den Insekten bis hinauf zu den Säugetieren, in besonderem Maße als Wegweiser dient; selbst mit der Möglichkeit spezialisierter Sinnesqualitäten, die der menschlichen Durchschnittsorganisation gänzlich fehlen, muß

man bei manchen Tieren rechnen.¹ Zu einem näheren Verständnis der einzelnen Entwicklungsstadien tierischer Raumwahrnehmungen sind aber derartige Sinnesklassen schon deshalb minder geeignet, weil wir Menschen auf diesen Gebieten viel zu weit hinter der Schärfe der tierischen Sinne zurückbleiben, als daß wir alle Einzelheiten genügend auseinanderzuhalten vermöchten.

Deshalb bleibt die Phylogenese des tierischen Gesichtssinns doch dasjenige Gebiet, auf dem wir die einzelnen Entwicklungsstufen auch der allgemeinen Raumorientierung noch am ehesten aufzuweisen vermögen. Wir können hier nichts besseres tun, als den physiologischen Tatsachenbefunden eines so hervorragendsten Spezialisten wir R. Hesse zu folgen, um auf dieser Grundlage unsere psychologischen Theorien des weiteren zu klären und auszubauen.² Hesse unterscheidet an Hand der verschiedenen Formen der Sehorgane folgende Stufen des Sehens:

1. Helldunkel-Sehen (wir sagen: vages Richtungssehen)
2. Richtungs-Sehen (wir sagen: zielbestimmtes Richtungssehen)
3. Bewegung-Sehen
4. Entfernung-Sehen
5. Form-Sehen
6. Farben-Sehen.

Damit wir einem Organismus spezifisches Helldunkel sehen zuschreiben, obwohl keine spezialisierten optischen Organe bei ihm vorhanden bzw. nachgewiesen sind, genügt es nicht, daß er bei zeitlich sukzessivem Helligkeitswechsel Veränderungen seines Verhaltens zeigt (vgl. den pflanzlichen „Heliotropismus“); selbst die Plötzlichkeit und Stärke, mit der manchmal solche Reaktionen bei grellem Helligkeitswechsel stattfinden,

¹ Vgl. meine populäre Zusammenfassung „Vom magnetischen Sinn mancher Tiere“ in der Monatsschrift Hochland, Jahrg. VIII (1910), Bd. 1, S. 197 ff.

² Vgl. zum Folgenden R. Hesse, Das Sehen der niederen Tiere, Jena 1908 und seine Untersuchungen über die Organe der Lichtempfindung bei niederen Tieren in der Zeitschr. für wissenschaftl. Zool. Bd. LXI ff. Eine zusammenfassende Übersicht über die Sehorgane der gesamten Tierwelt, welche in Wort und Bild erheblich über populäre Orientierungszwecke hinausführt, gibt R. Hesse im 1. Bd. des von ihm zusammen mit F. Doflein hrsg. Werkes „Tierbau und Tierleben“ Leipzig und Berlin 1910.

ermöglicht noch keinen bündigen Schluß. Erst der Nachweis auch einer gewissen simultanen Unterschiedsempfindlichkeit bei gleichzeitig einwirkenden verschiedenen Helligkeitsstufen, die Bevorzugung einer bestimmten Helligkeitssphäre trotz der dargebotenen Möglichkeit auch andersartige Sphären aufzusuchen bzw. beizubehalten, läßt sich nur mehr durch das Vorhandensein einer optisch schon irgendwie differenzierenden Sinnesfläche erklären. Hinzukommen muß freilich allemal eine zweite Vorbedingung: nämlich die nötige Eigenbeweglichkeit des Organismus. Die differenzierte Empfindlichkeit muß in einer entsprechend gleichgerichteten Ortsveränderung für den Beobachter gesetzmäßig in Erscheinung treten. Ohne daß der in solchen Bewegungsorientierungen des Gesamtkörpers sich kundgebende primitive Richtungssinn irgend feiner ausgebildet wäre, kann die Unterschiedsempfindlichkeit für Lichtintensitäten gerade bei den untersten Lebewesen schon weit über Menschensinn hinaus abgestuft sein, wie es bei dem von ENGELMANN beschriebenen *Bacterium photometricum* ja schon durch den Namen besagt wird.

Aber diese große Exaktheit der intensiven (und ev. qualitativen) Unterschiedsempfindlichkeit trägt, wie gerade ein solcher Fall beweist, an sich noch gar nichts bei zur feineren Ausbildung der räumlichen Orientierung. Diese wird erst möglich durch bestimmte Lokalisation der Sinnesorgane am Tierkörper und ihre entsprechende Verknüpfung mit bestimmten kinästhetischen Empfindungsgruppen (Erste Lokalzeichen). Eine solche Lokalisation am Tierkörper kann selbstverständlich auch bereits bei lichtempfindlichen „Universalsinnesorganen“ gegeben sein. Solche finden wir z. B. in bereits etwas spezialisierter, eingelagerter Form beim Regenwurm am leichtbeweglichen Vorderende und auch am Hinterende seines Körpers stärker gehäuft; seinen Lebensbedürfnissen entspricht und genügt es, daß er bei Regenwetter oder bei Nacht aus der Erde hervorkriecht, während ihn helleres Licht in seine Röhre zurückscheucht. Einer bestimmteren Wahrnehmung der Strahlenrichtung bedarf er dagegen noch nicht.

Ein Richtungssehen im engeren Sinne (Zweite Stufe nach Hesse) wird erst durch die eigentlichere Ausbildung spezifischer Sehorgane gewährleistet. Für diese ist es ganz besonders charakteristisch, daß eine Vorrichtung geschaffen wird, durch welche Lichtstrahlen, die aus bestimmten Richtungen kommen, abge-

blendet werden, während die Lichtstrahlen aus den übrigen Richtungen ungehemmt ihre Reizwirkung üben. Diese Funktion der optischen Isolierung übt das Pigment und zwar je nach der Art seiner Lagerung in mehr oder minder vollkommener Weise. Von den mehr oder minder symmetrisch gelagerten Pigmentwänden bis zu den von flacher Wölbung zu tiefen Becherformen sich fortbildenden „Pigmentbecherzellen“ werden immer angemessene Bedingungen geschaffen für eine differenzierte Reizwirkung der von vorne oder rückwärts, von links oder rechts, von oben oder unten einfallenden Lichtstrahlen. Die reine Sehleistung aller dieser Formen bleibt aber noch eine recht beschränkte, solange die Ocellen nur wenige Sehzellen enthalten oder nicht selbst in größerer Anzahl zusammengeordnet sind. Die nächste Wirkung einfacher Pigmentblendungen besteht darin, daß, extensiv genommen, weniger gesehen wird; aber dafür dieses wenige in bestimmter Richtung. Demgemäß finden sich solche einfache Formen auch hauptsächlich bei festsitzenden oder wenig ortswechselnden Tieren, denen die optische Richtungswahrnehmung nahender Beute oder Feinde genügt. Selbstverständlich sind aber auch hier den im Sehorgan selbst örtlich differenzierten Reizungen entsprechend verschiedenartige Fang- oder Fluchtbewegungen regelmäßig zugeordnet.

Die dritte Stufe des Sehens bewegter Gegenstände geht in allmählichem Übergang aus der zweiten hervor, sobald eine größere Anzahl der eben beschriebenen gut isolierten Richtungsäugen (wie wir der Einfachheit halber sagen), so nahe zusammengeordnet ist, daß sich die Ränder ihrer Sehbezirke decken. Dann werden durch einen in genügender Nähe vorbeibewegten helleren oder dunkleren Gegenstand die einzelnen Richtungsäugen kontinuierlich nacheinander gereizt und die jeweils zugeordneten Fang- oder Fluchtbewegungen in entsprechender Folge ausgelöst. Es kann also ein eigentliches Verfolgen bewegter Gegenstände, zwar noch nicht mit den Augen, — dazu müßten sie beweglich sein — aber mit dem Gesamtkörper zustande kommen; es können sich mit der optischen Wahrnehmung eines bewegten Gegenstandes bestimmt gerichtete und geordnete Bewegungsfolgen kinästhetischen Charakters verknüpfen.

Diese starke Mitwirkung des kinästhetischen Erfahrungszuwachses wird am allerdeutlichsten beim Erreichen der vierten Stufe, der spezifischen Tiefenwahrnehmung, d. h. der

optischen Unterschiedempfindlichkeit für Fern und Nah. Der Beweglichkeitsgrad eines Tieres steht, wie Hesse betont, auch innerhalb der engeren Verwandtschaftskreise im direkten Verhältnis zum Ausbildungsgrad seiner Augen. Gerade die beweglicheren Tiere bedürfen, sei es um Beute zu verfolgen oder aufzuspüren, sei es um nachsetzenden Feinden oder begegnenden Hindernissen auszuweichen, immer mehr einer Fernsinnergänzung ihrer Tasterfahrungen, zumal wenn dazu, wie bei Wassertieren, der Geruchssinn minder nutzbar ist. (Daß bis weit hinauf in der Tierreihe der optischen Fernwahrnehmung nur eine ergänzende Bedeutung gegenüber dem kinästhetischen Raumgedächtnis zukommt, darf man übrigens auch aus den nun schon an so vielen Arten durchgeführten Irrgartenexperimenten schließen, bei denen der erlernte Weg allein mittels der kinästhetischen Merkmale richtig absolviert wird.)

Zur visuellen Unterscheidung von Nahraum und Fernraum bestehen zwei Grundmöglichkeiten: Entweder entwickeln sich zwei Arten von Augen, von denen die einen nur für das Fernsehen, die anderen nur für das Nahsehen geeignet sind. Dann ist, wenn diese Fern- und Nahaugen an verschiedenen Körperstellen stehen — wie es tatsächlich oft der Fall ist — immer noch ein hohes Maß von Gesamtbewegung des Tierkörpers nötig, um aus der Nahseheinstellung in die Fernseheinstellung oder umgekehrt überzugehen. Wesentlich gemindert wird das Maß der vermittelnden Einstellbewegungen, wenn in einem und demselben Auge die Möglichkeit der Wahrnehmung verschiedener Entfernungen gegeben ist. Das kann abermals auf zwei (Unter-)Arten geschehen: Entweder sind die einzelnen Retinaabschnitte in verschiedenen festen Entfernungen von der Linse angeordnet, wie z. B. im Stirn- ocell mancher Fliegen. Dann muß jedesmal noch das ganze Auge zur Wahrnehmung verschiedener Entfernungen bewegt werden. Oder die Entfernung von Retina und Linse¹ ist veränderlich, es findet Akkommodation statt, und damit ist das Maß notwendiger Augenbewegung zur ständigen deutlichen Gesichtswahrnehmung eines auf das Auge direkt sagittal hin- oder von ihm wegbewegten Gegenstands auf das möglichste Mindestmaß be-

¹ Ursprünglich hat die Linse nur optische Isolierungsfunktionen. Darauf, wie auf zahlreiche andere Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden.

schränkt. Auch die Akkommodation findet übrigens wieder auf zweierlei Art statt: Bei Tintenfischen und Fischen durch Änderung der Entfernung zwischen Linse und Netzhaut, bei Vögeln und Säugetieren durch Veränderung der Brechkraft der Linse.

Es bedarf keiner weiteren Verfolgung der bei der fünften und sechsten Stufe immer komplizierter sich entwickelnden funktionellen und strukturellen Anpassungen verschiedenster Art, um unsere Hauptthese zu erhärten: mit der immer feineren Differenzierung der lichtperzipierenden Elemente ist auch ein immer beziehungsreicheres Netz von geregelten Zusammenhängen mit Bewegungen im Auge selbst und in dessen näherer und fernerer Umgebung, Kopf und Körper, geschaffen und festgelegt. Diese Bewegungszusammenhänge, ursprünglich der sinnlichen Erfahrung entsprungen, sind zum größten Teil reflektorisch geworden. Das schließt aber selbstverständlich nicht aus, daß sie wieder zu psychischen Determinanten werden, sobald sie einmal in Funktion getreten sind.

Es müssen daher die oben — lückenhaft — angedeuteten phylogenetischen Entwicklungsstufen des Sehens in entsprechend abgeänderter Form auch noch in der Ontogenese zu erkennen sein; und zwar um so mehr, je weniger vollkommen der optische Apparat bereits beim Neugeborenen funktioniert. In der Tat gestatten die fragmentarischen Ergebnisse der Kinderpsychologie bereits manche Parallele zu HESSES phylogenetischen Stufen.

Prompte und lebhafte Helligkeitsreaktionen treten bei neugeborenen und frühgeborenen Menschenkindern bereits vor allen spezifischen Richtungswahrnehmungen gesichert auf. KUSSMAUL und PREYER fanden sie auch bei einzelnen Siebenmonatskindern bereits am zweiten Lebenstage.

Ein eigentliches Richtungssehen, d. h. ein Kopf- und Blickwenden von einer hellen Fläche im Gesichtsfeld zu einer anderen konstatiert PREYER deutlich am elften Tag. Zu dieser Zeit wird aber ein nahbewegter heller Gegenstand noch nicht mit dem Blick verfolgt, sondern im PREYERS Fall — auch bei ruhendem Kopf nur durch Augenbewegungen — erst am dreiundzwanzigsten Tag, nach W. STERN¹ bereits in der zweiten Lebenswoche.

Die visuelle Bewältigung des Fernsehens (vierte Stufe) voll-

¹ Die Entwicklung der Raumwahrnehmung in der ersten Kindheit: Zeitschrift für angewandte Psychol. Bd. II. (1909) S. 412 ff.

zieht sich nach STERNs gerade in dieser Hinsicht eingehenderen Feststellungen erst im zweiten Lebensvierteljahr, nachdem die Orientierung des Kindes im Nahraum durch Auge und andere Sinnesorgane, namentlich die Tastorgane, bereits erheblich gediehen sind. Das eigentliche spezielle Organ des Nahraums ist nach STERN im ersten Lebensvierteljahr die Hand, mittels deren auch zunächst die wichtigsten optisch-taktilen Assoziationen gestiftet werden. Mit Hilfe der Greifbewegungen der Hand¹ werden die optisch-zweidimensionalen Gebilde zunächst im Nahraum verschieden tief lokalisiert; im zweiten Vierteljahr gesellen sich dann für den optischen Fernraum Konvergenz- und Akkommodationsempfindungen hinzu. Aber auch diese genügen, wie STERN charakteristischerweise betont, nicht zur vollen Bewältigung des Fernraums, sondern diese erfolgt erst im zweiten Lebenshalbjahr mit Hilfe der eigenen Lokomotion des Rutschens und Gehenlernens. Bei allen diesen Stadien wird eine Fülle später unbeachteter kinästhetischer Raumwahrnehmungen mit einbezogen; speziell im letzten Stadium des Gehenlernens tritt der Gleichgewichtssinn gleichzeitig mit der Fixation ferner Gegenstände erstmals in volle Funktion. — Wie lange in der Entwicklung der menschlichen Raumwahrnehmung eine Fülle später unbeachteter Bewegungsempfindungen mitspielt, ehe die Stufe des Formsehens mit ruhendem Auge erreicht wird, dafür sei nur noch die eine Beobachtung W. STERNs herangezogen, wonach für das erste Wiedererkennen von Bildern durchaus die charakteristischen Umrißlinien — nicht aber Größe und Farbe — maßgebend sind. Daß auch bereits Bruchstücke solcher Umrißlinien, sofern sie nur charakteristische Richtungsänderungen enthalten, zum Wiedererkennen genügen, beweist noch deutlicher die ausschlaggebende Bedeutung der miteinspielenden Bewegungsempfindungen und bildet ein deutliches Analogon zu jenen „kinästhetischen Stichworten“, mittels deren sich Tiere, die man in einen geläufigen Irrgarten unterwegs einversetzt, orientieren.² —

¹ Hierfür und für andere Aufstellungen STERNs vgl. die Bestätigungen durch C. von MONAKOW in seinem wesentlich auf physiologischen Daten aufbauenden Sammelreferat über Aufbau und Lokalisation der Bewegungen beim Menschen: Bericht über den 4. Kongreß für experimentelle Psychol., Leipzig 1911, S. 1 ff; speziell S. 9.

² Vgl. meinen tierpsychol. Sammelbericht in der Zeitschr. für Psychol. Bd. LVI (1910) S. 391.

Sucht man aus all den angeführten und angedeuteten phylogenetischen oder ontogenetischen Tatsachen die Folgerung für eine Lokalzeichentheorie des menschlichen Auges zu ziehen, so ergibt sich in jedem Fall so viel, daß weder die quantitativen Abstufungen der Fixationsbewegungen im Sinne LOTZES noch die qualitativen Abstufungen der Netzhautstellen im Sinne von WUNDT oder LIPPS genügen. Die Lokalzeichentheorie muß eine komplexe sein und dies in noch viel ausgesprochenerem Sinn, als WUNDT annahm.

Die Augenbewegungen, welche in erster Linie als Lokalzeichen dienen, müssen nicht nur in quantitativer, sondern auch in qualitativer und regionärer Beziehung aufs mannigfaltigste abgestuft und geordnet gedacht werden auf Grund der mannigfachen, entwicklungsgeschichtlich fixierten Beziehungen, in denen sie hinwiederum zu den Bewegungsempfindungen des Gesamtkörpers, des Kopfes, des Gleichgewichtsorgans und aller übrigen Sinnesorgane und speziell wieder zu deren lokalisierenden Funktionsmerkmalen stehen.¹

Eben durch den Bestand dieser Koordinationen finden sich auch die Einwände entkräftet, welche man gegen die lokalisierende Bedeutung der Augenbewegungen und speziell der Fixationen vorgebracht hat. Es kann der LIPSSsche Einwurf gegen LOTZE, daß die Fixationsbewegungen je nach der Stellung des Auges im Kopfe für gleiche Netzhautstellen verschiedene sind, nicht aufrecht erhalten werden, da für das Auge eine ganz bestimmte und fixierte Primärstellung nachweislich ist und Differenzen zwischen Kopfstellung und Augenstellung durch die kompensatorischen Bewegungen in erheblichem Umfang alsbald wieder ausgeglichen werden. In Wahrheit sind die Augenbewegungen, wie DONDERS zeigte, beim Menschen in so weitgehendem Maße fixiert, daß sie vielfach auch von Blindgeborenen auf anderweitige Sinnesreize hin ausgeführt werden.

Wenn also unter den Augenbewegungen nicht nur das quantitative Abstufungsverhältnis besteht, sondern sie auch qualitativ durch die Stammesentwicklung im reichsten Maße beziehungsreich geordnet, abgestuft und nüanciert worden sind, so besteht wenigstens prinzipiell keine Schwierigkeit mehr, aus diesem ganzen

¹ MONAKOW betont eine ganze Reihe solcher zentraler Koordinationen.

System von Bestimmungsfaktoren die allmähliche visuelle Orientierung des Individuums gesetzmäßig bestimmt zu denken.

Im einzelnen wird freilich der genauere Ausbau der hier nur skizzierten Lokalzeichentheorie noch durch eine Menge Wissenslücken und theoretischer Unentschiedenheiten behemmt. Zur Beseitigung dieser Hemmnisse hofft der Verfasser in anderem Zusammenhange noch einiges beizutragen.