

## Ueber das räumliche Sehen.

Von

Dr. E. STORCH.

(Mit 6 Fig.)

Wenn ich mich in meinem Zimmer umsehe, in welchem mir jeder Gegenstand bekannt ist, so nehme ich lauter körperliche Dinge wahr. Die Platte des Tisches erscheint mir als ein Rechteck, an dessen vier Ecken die Beine rechtwinklig eingepflanzt sind, die Ecken des Zimmers werden von drei rechtwinklig aufeinanderstossenden Ebenen gebildet, kurz alles was ich sehe, erscheint eine ganz bestimmte räumliche Form und Grösse zu besitzen, dieselbe Form und Grösse, welche ich auch durch Tasten wahrnehmen kann.

Schliesse ich nunmehr ein Auge, so bemerke ich, daß in dem Bilde eine schwer zu beschreibende Veränderung stattgefunden hat, deren Wesen festzustellen der naiven Beobachtung kaum gelingen dürfte. Läßt man von Kindern oder auch von unbefangenen Erwachsenen diesen Versuch ausführen, so wird man auf die Frage, ob sie mit einem Auge anders sähen als mit beiden, in der Regel eine verneinende Antwort erhalten. Ich selbst bemerke bei einseitigem Augenschluß sofort, wie alle Entfernungen in der Tiefenausmessung des Raumes zusammenschrumpfen, daß die Dinge gewissermaassen auf dem Hintergrunde zu kleben scheinen. Immerhin ist auch für mich, der ich gewöhnt bin, auf diese Verhältnisse zu achten, der Eindruck der Dinge zwingend körperlich, körperlicher als ihn ein Gemälde aus bester Künstlerhand erzeugt.

Erst das Experiment vermag uns über das Wesen des nur unklar empfundenen Unterschiedes zwischen ein- und zwei-äugiger Schwahrnehmung aufzuklären.

Betrachtet man drei senkrechte Stäbchen, von denen das mittlere aus der Ebene der beiden anderen nach vorne und hinten verschoben werden kann, mit einem Auge allein, so kann man regelmässig angeben, ob die Verschiebung nach hinten oder vorne stattgefunden hat, so lange man die oberen und unteren Enden der Stäbchen sehen kann. Sind diese aber durch einen Rahmen verdeckt, so ist es bei einäugiger Beobachtung ganz unmöglich, ein Urtheil über die Lage des mittleren Stäbchens zur Ebene der beiden seitlichen abzugeben, vorausgesetzt natürlich, daß man nicht den Kopf bewegt und aus der parallaxischen Verschiebung Schlüsse zieht. In dem Moment aber, wo man das zweite Auge öffnet, sieht man mit voller Deutlichkeit, ob der mittlere Stab vorne oder hinten sich befindet. Zu dieser Wahrnehmung genügt ein kurzer Bruchtheil einer Secunde, das momentane Licht des elektrischen Funkens.

Läßt man einen einfachen mathematischen Körper, z. B. einen Würfel, dessen Wände mit weißem Papier beklebt sind, und eine gute perspectivische Zeichnung desselben einäugig betrachten, so kann die Versuchsperson die Zeichnung von dem Körper nicht unterscheiden. Noch sicherer gelingt der Versuch, wenn man sich einen Würfel aus Draht zurechtbiegt.

Hieraus folgt die längst bekannte Thatsache, daß wir beim einäugigen Sehen unmittelbar nur ebene Gebilde wahrnehmen, daß erst die mit den Seh wahrnehmungen verknüpfte Erfahrung, welche wir durch die übrigen räumlichen Sinne besitzen, uns in den Stand setzt, diese ebenen Figuren körperlich auszulegen. Die perspectivische Form eines Würfels, die „Sehform“ desselben, welche der Sehsact unmittelbar liefert, steht in keiner einfachen Beziehung zu der räumlichen Würfelform, welche der Sehsact bei dem Erwachsenen mittelbar ins Bewußtsein hebt. Kein Winkel, kein Richtungsverhältniß der Sehform braucht mit irgend einem Richtungsverhältniß der räumlichen Form übereinzustimmen, und doch wiegt in unserem Bewußtsein, jedesmal, wenn wir einen Würfel sehen, die räumliche Form, die Vorstellung des regulären Sechsfächners so vor, daß wir das vermittelnde Glied, die Sehform, überhaupt nicht wahrzunehmen vermeinen.

In der That hat die Menschheit es erst verhältnißmässig spät gelernt, die Sehform von der wirklichen zu unterscheiden, perspectivisch richtige Zeichnungen herzustellen, und man kann

sich auch heute noch jeden Augenblick davon überzeugen, daß der unbefangene Mensch, dessen Aufmerksamkeit auf diese Dinge nicht besonders gelenkt wurde, beim Sehen immer nur die wirkliche Form wahrnimmt. Man fordere ein Kind oder auch einen Erwachsenen, der sich nicht viel mit Zeichnen abgegeben hat, auf, den Winkel zu zeichnen, unter welchem zwei Kanten in der Ecke eines Zimmers zusammenstoßen, genau so wie er es zu sehen vermeint, — es wird dann immer ein rechter Winkel gezeichnet werden.

Macht man diesen Versuch mit Personen, die etwas zeichnen können, so wird in der Regel die Abweichung der Sehform vom rechten Winkel zu klein ausfallen, ja es kommt vor, daß statt eines stumpfen Winkels ein spitzer gezeichnet wird und umgekehrt, wie man es auf architectonischen Zeichnungen früherer Jahrhunderte recht häufig findet. Es ist eben recht schwer von der im Bewußtsein vorherrschenden Vorstellung der wirklichen Form so abzusehen, daß die Sehform mit allen Einzelheiten scharf wahrgenommen wird.

Nehmen wir nochmals die Beobachtungen am Dreistäbchenapparat auf. Wir haben gesehen, daß in der Sehform desselben, so lange wir nur mit einem Auge sehen, kein Anhalt dafür gegeben ist, ob das mittlere Stäbchen vor oder hinter der Ebene der beiden seitlichen, der Bildebene, liegt. Ueberzeuge ich mich durch Oeffnen des anderen Auges davon, daß es sich gerade vorne befindet, so glaube ich auch hinterher mit einem Auge diese Lage wahrzunehmen, selbst wenn inzwischen ohne mein Wissen die Stellung verändert worden ist. In der einäugigen Sehform dieses Apparates liegt also die Möglichkeit jede beliebige Lage des mittleren Stäbchens zur Bildebene wahrzunehmen. Liegt in den Versuchsbedingungen kein Grund, eine bestimmte dieser Möglichkeiten zu bevorzugen, so steht jeder Stellung des verschieblichen Stäbchens vor der Bildebene eine solche hinter derselben gegenüber, und wir erblicken alle drei Senkrechten in einer Ebene. Liegen aber solche Versuchsbedingungen vor, so kann irgend eine andere räumliche Vorstellung durch die Sehform wachgerufen werden. Ist eine Vorrichtung getroffen, welche erlaubt, die Länge der drei Stäbchen nach Belieben zu verändern, sind sie z. B. in Stopfbüchsen verschieblich, so wird man stets unabhängig von der wirklichen Lage, den Eindruck erhalten, daß das kürzeste Stäbchen am weitesten entfernt ist.

Wählt man für die drei Stäbe merklich verschiedene Dicken, so vermeint man stets, daß der dickste am weitesten nach vorne liegt und dieselbe Raumvorstellung ruft auch die besonders helle Beleuchtung eines derselben hervor. Ja die einfache Suggestion, die Ueberzeugung, die ich durch zweiäugiges Sehen gewonnen habe, genügt, eine der räumlichen Möglichkeiten, welche eine bestimmte Sehform umfaßt, ins Bewußtsein zu heben.

Die einäugige Sehform an und für sich liefert also überhaupt keine bestimmte räumliche Formvorstellung, sie umfaßt nur unzählige Möglichkeiten solcher. Sie steht in dieser Hinsicht auf einer Stufe mit dem logischen Begriff, z. B. dem der Kugel, welcher die Möglichkeit aller Kugeln überhaupt umfaßt. Erst die mannigfachen näheren Bestimmungen, welche die Größenverhältnisse der einzelnen Theile der Sehform, die Farbe und die Beleuchtung, vor Allem aber unsere durch den Tastsinn erworbenen Erfahrungen hinzubringen, bedingen es, daß wir auch mit einem Auge die Gegenstände in ihrer räumlichen Form richtig beurtheilen. Daß es in der That vorwiegend diese aus einem anderen Sinnesgebiete stammenden Erfahrungen sind, können wir daraus entnehmen, daß Leute, welche niemals zweiäugig gesehen haben, die räumlichen Formen durch den Gesichtssinn beinahe ebenso sicher auffassen, wie solche mit völlig gesundem Sehvermögen.

In Fällen von frühzeitig entstandener Blindheit ist, wenn in reifem Alter eine plötzliche Heilung stattfindet, die Verknüpfung der Sehwahrnehmung mit der wirklichen Form zunächst unmöglich. In der Königl. Augenklinik hatte ich durch die gütige Erlaubniß des Herrn Geh. Rath UHTHOFF Gelegenheit, einschlägige Beobachtungen zu machen. Eine glückliche Operation gab einem Kranken, welcher über 20 Jahre blind gewesen war, jedenfalls in dieser Zeit keinerlei optische Formwahrnehmungen mehr gemacht hatte, und auch nur über ein höchst bescheidenes Maas rein optisch zu erwerbender Formvorstellungen verfügte, das Sehvermögen auf einem Auge zurück.

Bei den ersten Sehprüfungen, welche nach Abnahme des Verbandes mit diesem Kranken vorgenommen wurden, zeigte sich nun auf das deutlichste, daß er Formen gut wahrnehmen konnte, ja sogar ebene Figuren z. B. ein Strabometer kenntlich nachzuzeichnen vermochte, aber es zeigte sich auch, daß ihm nur die Sehform ins Bewußtsein trat, ohne die Vorstellung der

wirklichen, räumlichen Form zu erwecken. Eine Visitenkarte, die man seinem Auge näherte, oder davon entfernte, wurde, wie er sagte, gröfser oder kleiner, drehte man sie um die lange Seite, so wurde sie schmärer und dann wieder breiter, eine vierseitige Schachtel wurde als Streifen bezeichnet, der ebenfalls seine Form veränderte, wenn er bewegt wurde.

Uns Vollsinnigen kommt es bekanntlich gar nicht zum Bewußtsein, dafs die Sehform eines Dinges sich bei Bewegung desselben ändert, sondern wir haben dabei die ganz unabweisliche Vorstellung, dafs ein Gegenstand von unveränderlicher wirklicher Form nach einander verschiedene Stellungen einnimmt. Der genannte Kranke lernte das sehr bald, konnte aber diese nur durch den Tastsinn mögliche Erfahrung zunächst noch nicht sicher verwerthen. Er übertrug sie auf Verhältnisse, zu denen sie nicht pafste. Wurde er zu dieser Zeit vor einen Schirm gestellt, auf welchem das Schattenbild einer Hand mit gespreizten Fingern entworfen wurde, so erkannte er dieses als Hand, und meinte, dafs diese Hand sich ihm näherte, wenn der Schatten gröfser, dafs sie sich entferne, wenn er kleiner wurde. Sobald er die Bedeutung des Schattens erkannt hatte, verfiel er nicht mehr in diesen Irrthum.

Leider hatte ich zur Zeit, als jener Patient sehen lernte, die psychologische Bedeutung der Sehform nicht mit aller Schärfe erfaßt. Ich hätte sonst nicht versäumt, ihm die bekanntesten Beispiele optischer Täuschungen, das ZÖLLNER'sche Muster, das Pfeilmuster u. s. w., vorzulegen, so dafs meiner weiterhin zu entwickelnden Anschauung über diese Erscheinungen eine recht überzeugende Stütze fehlt; doch zweifle ich nicht, dafs in Zukunft sich Gelegenheit finden wird, zu zeigen, dafs sehend gewordene frühzeitig Erblindete diesen optischen Täuschungen zunächst nicht unterliegen.

Welche Sinnesgebiete es aber auch sein mögen, die uns veranlassen, eine Sehform durch eine wirkliche Form zu ersetzen, dafs dieser Vorgang beim Erwachsenen stattfindet, und dafs ein und dieselbe Sehform, wie die Beobachtung am Dreistäbchenapparat lehrt, die Möglichkeit unendlich vieler räumlicher Deutungen bietet, ist eine unbestreitbare Thatsache. Die Summe aller möglichen räumlichen Deutungen einer Sehform nenne ich den Sehbegriff derselben. Wie eine nähere Bestimmung zum Begriff Dreieck, z. B. gleichseitiges Dreieck, die

Summe aller möglichen im Dreiecksbegriff gelegenen Gröfsen einschränkt, und dadurch zu einer falscheren, bestimmteren, räumlichen Vorstellung führt, so schränken die durch die Sehform miterregten Erinnerungsbilder anderweitiger Erfahrung die Möglichkeiten, welche im Sehbegriffe liegen, derartig ein, dafs auch die einäugige Sehwahrnehmung uns die Dinge einer bekannten Umgebung in bestimmter räumlicher Ordnung zeigt. In unbekannter Umgebung freilich ist das in viel geringerem Maafse der Fall. Dafs überhaupt hier eine körperliche Anschauung der Dinge durch einäugiges Sehen zu Stande kommt, liegt daran, dafs es gewisse allgemein gültige Gesetze giebt, nach denen die Uebersetzung der Sehform in die Raumform erfolgt. Als erfahrungsmäfsig sind aber diese Gesetze Ausnahmen unterworfen, und solche Ausnahmen spielen bei den sogenannten optischen Täuschungen eine wichtige Rolle.

Der Grund, aus welchem die Sehform, zunächst immer nur die einäugige, niemals mit der räumlichen Form der Objecte identisch sein kann, und uns an sich auch keinerlei räumliche Vorstellung zu liefern vermag, ist leicht einzusehen. Jede beliebige Richtung im Raume vermag ich in zwei Componenten zu zerlegen, deren eine in die Bildebene fällt, deren andere durch den Knotenpunkt des Auges geht. Für die Sehform ist die letztere Componente ohne Bedeutung; ob sie grofs oder klein ausfällt, ist gleichgültig, ihre Projection ist stets gleich 0. Diejenigen räumlichen Gröfsen, welche für die Tiefenausmessung der Objecte bestimmend sind, geben also bei der einäugigen Betrachtung einen optischen Reiz überhaupt nicht ab, und es kann wohl nur auf einem Mißverständnisse von Prof. W. A. NAGEL beruhen, wenn er in seiner Besprechung meines Vortrages „Ueber das räumliche Sehen“ äufsert: „Entschieden zu weit gegangen ist es, wenn Verf. sagt, die wirkliche Form kennen wir nur aus unseren Tastwahrnehmungen; thatsächlich rangiren hier Tast- und Gesichtssinn vollkommen mit einander.“<sup>1</sup> Nur für den Tastsinn existiren Ausdehnungen der Tiefe als Sinnesreize; nur der Tastsinn allein vermag uns aus sich heraus räumliche Vorstellungen zu vermitteln. Das bestätigt ja auch zur Genüge die Erfahrung. Ein am Horizont auftauchendes Gebirge erscheint uns als ebene Wand, der Mond als Scheibe,

<sup>1</sup> *Centralbl. für Nervenheilkunde und Psychiatrie* (November 1901), S. 691.

obgleich auch bei der Wahrnehmung dieser Objecte, welche für ein- und zweiäugige Betrachtung identisch sind, die optische Wahrnehmung schon durch das Anklingen von Tasterinnerungen beeinflusst ist.

Mein Kritiker könnte sagen: „Es ist richtig, daß wir den Richtungsunterschied zweier Linien, den Winkel, den sie mit einander bilden, aus der einäugigen Gesichtswahrnehmung ohne Weiteres nicht erschließen können, wenigstens nicht momentan. Der rechte Winkel, in welchen die Begrenzungslinien einer Zimmerwand zusammenstoßen, sieht bald spitz, bald stumpf aus, aber es giebt eine Stellung für mich, in der er als rechter, d. h. in seiner wirklichen Form erscheint; und so vermag auch der Sehact als solcher mich über die wirkliche Form eines Objectes zu belehren.“ Was aber, um alles in der Welt, sollte mich veranlassen, diese eine unter den unendlich vielen Sehformen so zu bevorzugen, daß sie gerade unweigerlich mit überwältigender Wucht ins Bewußtsein tritt, jedesmal, wenn ich die Zimmer-ecke sehe, wenn nicht der Umstand, daß ich an die Wand anrenne, daß diese eine Vorstellung des rechten Winkels vor allen anderen dadurch bevorzugt ist, daß ich sie auch tasten kann?

Wie ungeheuer wichtig diese Tastvorstellungen eines Objectes sind, bemerkt man, sobald man die Form eines dem Tastsinne unzugänglichen Gegenstandes zu beurtheilen hat, z. B. bei Spiegeluntersuchung des Augenhintergrundes. Es kann nicht scharf genug betont werden, daß die einäugige Seh-wahrnehmung allein ohne Verbindung mit dem Tastsinne, niemals über die wahre Form der Dinge aufklären könnte.

Wie weit dazu der zweiäugige Sehact an sich im Stande ist, werden wir später sehen.

Nur in einem Falle, wenn nämlich, wie bei ebenen Objecten, die Tiefenausdehnung fehlt, können die Sehformen identisch mit den wirklichen sein.

Halten wir daran fest, daß die Sehform nur ein Symbol ist für das, was wir wirklich wahrnehmen, daß die wirkliche Form, welche in unser Bewußtsein tritt, bei verschiedenen Sehformen die gleiche, und bei gleicher Sehform verschieden sein kann! Die Sehform eines rechten Winkels kann ein spitzer Winkel sein, und diese selbe Sehform kann unter anderen Umständen uns einen wirklich spitzen oder stumpfen Winkel wahr-

nehmen lassen. Jede Sehform umfaßt unendlich viele Möglichkeiten wirklicher Objecte.

Diese Rolle der Sehform dürfte durch folgende Betrachtung noch deutlicher werden. Es klingt trivial, wenn ich sage, daß wir die Objecte in einer bestimmten Gröfse sehen, einer Gröfse, die in einem bestimmten Längenmaafs angebbar ist. Die Leute, die in einem bestimmten Längenmaafs angebbar ist. Die Leute, welche ich auf der anderen Seite der Strafe gehen sehe, sind ebenso groß wie der Begleiter, der sich unmittelbar an meiner Seite befindet. Die Hand, welche ich 20 cm vor meine Augen halte, ist genau so groß, wie wenn ich sie in 40 cm Entfernung anschau, die Wanduhr in meiner Stube sieht nicht größer aus, wenn ich dicht davorstehe, als wenn ich einige Meter davon entfernt bin. Das ist bei zweiäugiger und einäugiger Betrachtung kein Unterschied.

Versuche ich aber den Menschen, welcher 20 m von mir entfernt ist, dadurch zu messen, daß ich ermittle, welche Strecke er an einem in 20 cm vom Auge gehaltenen Metermaafse bedeckt, so finde ich, daß das nicht mehr als 1,5—2,0 cm sind. Seine Sehgröfse ist also unter diesen Verhältnissen gleich der eines Maikäfers in 20 cm Entfernung vom Auge. Die Vorstellung von der Gröfse eines Menschen, welche ich durch den Sehact erhalte, ist aber in sehr weiten Grenzen unabhängig von seiner Sehgröfse. Diese ist immer nur das vermittelnde Glied, welches mir seine wirkliche Gröfse ins Bewußtsein bringt. Fordert man einen, im Zeichnen nicht ausgebildeten Menschen auf, das Fenster des gegenüberliegenden Hauses genau so groß zu zeichnen, wie er es sieht, so wird er regelmäfsig behaupten, daß das Zeichenpapier zu klein sei, und verlangt man, daß er eine Erbse aus einer Entfernung von 2 m zeichnet, so zeichnet er einen Kreis, der etwa den wahren Durchmesser der Erbse hat. Zwei Erbsen, die eine in  $\frac{1}{2}$ , die andere in 2 m Entfernung werden gleich groß gezeichnet, und fragt man, sehen denn beide wirklich gleich groß aus, so erhält man ein überzeugtes „Ja“ zur Antwort.

Die Sehgröfse kann eben erst durch einen besonderen Act der Aufmerksamkeit ins Bewußtsein gehoben werden. Sie wird bei jedem Sehact mit Naturnothwendigkeit ersetzt durch die bewußte Vorstellung der wirklichen Gröfse des Objectes. Zu dieser Uebertragung sind wir nicht nur befähigt, sondern geradezu gezwungen. Sobald wir ein Object sehen, geben wir

ihm eine bestimmte, am eigenen Körper abmefsbare Gröfse. Das gilt meinem verehrten Kritiker Prof. W. A. NAGEL zum Trotz auch für Dinge, welche wir niemals am eigenen Körper messen können, z. B. von den Gestirnen. NAGEL behauptet, dafs ihm und anderen eine absolute Gröfsschätzung des Mondes überhaupt unmöglich sei. Ich kann darüber ebenso wenig urtheilen, wie darüber, ob ihm Caviar besser schmeckt als mir. Aber er wäre der erste Mensch, der mir begegnet, und ich habe sehr viele darüber befragt, welcher den Mond nicht in einer, wenn auch noch so ungenau anzugebenden absoluten Gröfse sieht. Sollte er wirklich nicht zugeben können, dafs ihm, ganz abgesehen von den Entfernungen, eine Erbse kleiner erscheint und ein Wagenrad gröfser als der hoch am Himmel stehende Mond? Sollte NAGEL wirklich im Stande sein, ein Object in seiner relativen Gröfse zu sehen? Ich weifs natürlich auch, dafs der Monddurchmesser unter einem Winkel von  $\frac{1}{2}^{\circ}$  von uns Erdbewohnern gesehen wird, und trotzdem halte ich ihn für gröfser als 1 Pfennig, der in 1 m Entfernung den gleichen Sehwinkel hat. Ich mache NAGEL den Vorschlag, einmal einigen unbefangenen Personen, Damen eignen sich dazu am besten, auseinanderzusetzen, dafs es falsch ist, für den Mond einen Vergleich zu brauchen, wie die Gröfse eines Tellers oder eines Apfels, am Ende belehrt ihn der sehr lebhafteste Widerspruch, auf den er stöfst, dafs ein solcher Vergleich, so wenig er für die messende Wissenschaft sich verwerthen läfst, doch seine Begründung in der menschlichen Natur hat. Dafs es lächerlich ist, wenn ein Laienastronom eine Beschreibung des Venusdurchganges mit den Worten beginnt: „Die Sonne stand am westlichen Himmel als Scheibe von  $18\frac{1}{2}$  cm Durchmesser“, wie ich es kürzlich gelesen habe, darin stimme ich natürlich mit meinem Kritiker überein, kann mir aber beim besten Willen nicht vorstellen, wie er ein Object in rein relativer Gröfse zu sehen vermag, d. h. ohne irgend ein bekanntes Object damit zu vergleichen.

Diese absolute, in Längenmaafs angebbare Gröfse der gesehenen Dinge, kann natürlich nur auf eine bei jedem Sehact stattfindende Beimischung von Tasterinnerungen bezogen werden. Die Sehgröfse ein und desselben Objectes, wechselt mit den Umständen; die durch den Sehact wahrgenommene Gröfse eines Objectes ist immer die nämliche, welche wir auch tasten können.

Dafs aber ein gesehener Gegenstand tastbar ist, davon sind wir überzeugt, und wenn wir dem Mond eine absolute Gröfse, die eines Markstückes oder eines Wagenrades beilegen, so meinen wir damit, dafs, wenn wir ihn vom Himmel herunterlangen und betasten könnten, er uns in der Gröfse dieser Dinge erscheinen würde.

Die experimentelle Bestätigung, dafs weder der einäugige noch der zweiäugige Sehact uns eine Vorstellung von der Gröfse eines Objectes geben kann, ist sehr einfach. Es gehört dazu ein Dunkelzimmer, ein verschieblicher Schirm und ein Scheinwerfer, mittelst dessen man nach Belieben verschieden grofse Kreisflächen des Schirmes gleichmäfsig beleuchten kann. Läfst man nun von einer Versuchsperson durch ein Loch in der Thüre des Dunkelzimmers, die Gröfse und Entfernung des erhellten Kreises abschätzen, so bemerkt man, dafs abgesehen von der allergröfsten Nähe, in welcher man das Korn des Papierschirmes sehen kann, vielleicht auch eine übermäfsige Convergence fühlt, von einer Entfernungs- und Gröfsschätzung nicht die Rede ist. Ein Kreis von 10 cm Durchmesser wird für 1 m grofs und für entsprechend fern gehalten, kurz, der Sehact allein gewährt uns keinen Anhalt für die wirkliche Gröfse des Objectes.

Die Sehgröfse spielt eine ähnliche Rolle wie die Sehform. Sie giebt nur die Möglichkeit unendlich vieler Gröfsevorstellungen. Sobald, wie ich einen Gegenstand von bekannter Gröfse, meine Hand auf den Schirm lege, wird die Schätzung eine richtige.

Wenden wir uns nunmehr zum normalen zweiäugigen Sehact. Jeder Mensch, der am Dreistäbchenapparat mit Leichtigkeit ohne Augenbewegungen auszuführen, anzugeben vermag, ob das mittlere Stäbchen vor oder hinter der Ebene der beiden seitlichen Stäbchen liegt, besitzt ein gesundes räumliches Sehvermögen, dessen Schärfe sich zahlenmäfsig bestimmen läfst. Diese Fähigkeit ist bei verschiedenen Leuten sehr verschieden entwickelt und fehlt häufig, besonders wenn die brechende Kraft der beiden Augen gröfsere Verschiedenheiten aufweist, vollständig, ohne dafs die betreffenden von ihrem Mangel eine Ahnung haben.

Achtet man genau auf den Unterschied zwischen einäugiger und zweiäugiger Wahrnehmung an dem Apparat, so ist das eine ganz eigenthümliche Empfindung, die man kennen lernen mufs, weil sich ihr Wesen eben so wenig wie das einer anderen rein

sinnlichen Empfindung nicht beschreiben läßt. Am deutlichsten tritt diese Empfindung auf, wenn man nur zwei Stäbchen verwendet, die hintereinanderstehen und sich bei einäugiger Beobachtung ganz oder beinahe decken. Oeffnet man nun das andere Auge, so sieht man wie die beiden Stäbchen plötzlich in der Richtung der Tiefe auseinanderfahren, und wie zwischen ihnen etwas liegt, das eigentlich nichts ist, der leere Raum. Diese durch das zweiäugige Sehen vermittelte Tiefenwahrnehmung ist untrüglich und besitzt einen unmittelbar sinnlichen Werth, wie die Empfindung einer Farbe oder eines Tones. Das Stäbchen, welches sich hinten befindet, sehe ich auch hinten, selbst wenn der Kopfpunkt des vorderen sichtbar wird, selbst wenn es dicker ist und heller beleuchtet wird als das vordere.

Die räumliche Vorstellung, die ich durch das zweiäugige Sehen von einem körperlichen Gegenstande erhalte, unterscheidet sich also dadurch von der durch ein Auge allein erhaltenen, daß jeder Punkt zu jedem anderen Punkte eine eindeutig bestimmte Orientirung in der Tiefenausmessung des Raumes erhalten hat.

Der physiologische Grund hierfür ist leicht einzusehen. Betrachte ich zwei Punkte im Raum, so kann ich die sie verbindende Gerade wieder in zwei Richtungen zerlegen: die eine liegt in der Bildebene des rechten Auges, die andere geht durch seinen Knotenpunkt; die Verbindungsstrecke läßt sich also darstellen als Summe  $x + iy$ , wenn das imaginäre Glied in der Richtung durch den Knotenpunkt liegt. Wie groß auch  $y$  ist, für das rechte Auge giebt es keinen Sinnesreiz ab. Für das linke Auge ist aber  $iy$  nicht auf der verschwindenden Richtung gelegen, je größer  $y$ , desto größer erscheint es in der Sehform des linken Auges. Für das zweiäugige Sehen giebt es daher keine verschwindende Richtung. Die Tiefenausdehnung eines Gegenstandes wird daher zum sinnlichen Reiz; sie spiegelt sich wieder in der Verschiedenheit beider Sehformen; je größer diese Verschiedenheit, desto größer die wirklich gesehene Tiefenerstreckung des Objectes.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Wenn der Begriff der einäugigen Sehform ohne Weiteres verständlich ist und gegeben ist durch das eine Netzhautbild eines bestimmten Gegenstandes, so bedarf die Ausdrucksweise von der Gleichheit und Verschiedenheit zweier Sehformen beim zweiäugigen Sehen der näheren Erläuterung. Zur Gleichheit zweier Sehformen gehört nicht nur, daß sie

Haben wir so in der Verschiedenheit der beiden Sehformen die physiologische Bedingung erkannt, welche für das wahre

congruent sind, sondern auch, daß sie auf identische Netzhautstellen fallen. Zwei identische Netzhautstellen geben bei ihrer Erregung eine einzige Lichtempfindung. Man kann daher auch von der Gleichheit und Verschiedenheit der beiden Sehformen eines Punktes im Raume sprechen. Fixiren wir einen Stern am Himmel, so fallen die Netzhautbilder aller Gestirne auf identische Netzhautstellen. Fixiren wir einen Punkt einer Ebene, so fallen alle Punkte dieser Ebene, soweit sie im Bereich des scharfen Sehens liegen, auf identische Netzhautpunkte. Ein Punktsystem in einer Ebene giebt also gleiche Sehformen, vorausgesetzt, daß die Entfernung des Papiers von den Augen nicht zu klein und die Augenstellung annähernd eine symmetrische ist. Fixiren wir aber von 2 hinter einander gelegenen Punkten den vordersten, so können wir bei besonderer Aufmerksamkeit die verschiedenen Sehformen des hintersten wahrnehmen; wir sehen dann 3 Punkte neben einander.

Ohne diese besondere Aufmerksamkeit sehen wir aber nur 2 Punkte hinter einander. Damit nun diese Tiefenwahrnehmung zu Stande kommt, ist es nöthig, daß die beiden Sehformen des hintersten Punktes einen Winkelabstand von mindestens 6 Bogensekunden haben. (Dr. L. HEINE, Sehschärfe und Tiefenwahrnehmung. *Gräfe's Archiv für Ophthalmologie* 51, Heft 1.)

Es ist einleuchtend, daß die Tiefenerstreckung, welche unter diesem Sehwinkel erscheint, abhängig ist von der Entfernung des fixirten Punktes, oder auch, je ferner ein Object ist, desto größer muß seine Tiefenausdehnung sein, um gesehen zu werden. Ist  $d$  die Entfernung des fixirten Punktes,  $x$  die kleinste Strecke, welche in der Tiefenrichtung noch gesehen wird, so besteht folgende Gleichung:

$$x = \frac{d^2}{2000 - d} \text{ m.}$$

D. h.: In einer Entfernung von  $d$  Meter sehen wir die Tiefenausdehnung eines Gegenstandes nur, wenn sie wirklich zum Mindesten  $x$  Meter beträgt:

für $d =$	0,4 m	ist $x =$	0,00008 m
„ $d =$	1	„ „	$x = 0,0005$ „
„ $d =$	2	„ „	$x = 0,002$ „
„ $d =$	3	„ „	$x = 0,0045$ „
„ $d =$	10	„ „	$x = 0,05$ „
„ $d =$	100	„ „	$x = 5,0$ „
„ $d =$	2000	„ „	$x = \infty$ „

Für jede Augenstellung giebt es bestimmte Punktsysteme, die gleiche Sehformen haben. Praktisch wichtig ist es, daß bei gewöhnlicher Augenstellung Linien, welche der Verbindungslinie beider Knotenpunkte gleich gerichtet sind, auch gleiche Sehformen liefern, also Tiefenwahrnehmung nicht auslösen. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man die Drähte einer Telegraphen- oder Telephonleitung betrachtet. Man vermag nicht zu sagen, welcher Draht vorne, welcher hinten liegt. Neigt man aber

Tiefensehen unumgänglich ist, so fehlt uns noch die Einsicht in den seelischen Vorgang, welcher auf den beiden verschiedenen ebenen Sehformen die sinnliche Vorstellung eines räumlich ausgedehnten Körpers aufbaut.

Den Schlüssel hierzu giebt uns der Sehbegriff. Wenn wir bedenken, daß der zur einäugigen Sehform gehörige Sehbegriff die Möglichkeit sehr vieler körperlicher Vorstellungen umfaßt, so ist es klar, daß die gleichzeitige Erweckung zweier Sehbegriffe eine räumliche Vorstellung von unvergleichlich größerer Bestimmtheit zur Wahrnehmung bringen wird. Wie die Combination zweier logischer Begriffe z. B. regelmässiges Vieleck und Dreieck den Begriff des gleichseitigen Dreiecks, also eine gegenseitige Beschränkung der in diesen Begriffen möglichen Formen, dafür aber eine schärfere Hervorhebung des beiden gemeinsamen Inhaltes zur Folge hat, so tritt auch durch die Combination der zwei Sehbegriffe mit Naturnothwendigkeit die beiden gemeinsame räumliche Vorstellung mit größter Bestimmtheit in uns auf. Waren es beim einäugigen Sehen lediglich Erinnerungsbilder, welche die körperliche Deutung der Sehform ermöglichten, während eine wirkliche sinnliche Unterlage für diese Deutung fehlte, so ist beim zweiäugigen Sehen diese räumliche Deutung durch eine unmittelbare sinnliche Ursache, die Verschiedenheit beider Sehformen bedingt. Daher die Möglichkeit auch in völlig unbekannter Umgebung mit zwei Augen räumlich zu sehen.

Die Thatsache, daß ich mit zwei Augen körperlich wahrnehme, um ein bestimmtes Beispiel zu wählen, sehe, daß zwischen den beiden hintereinander gelegenen Stäbchen des Apparates eine Entfernung in der Tiefenrichtung vorhanden ist, zeigt vielleicht klarer als alle bisher angeführten Gründe, daß die Sehformen in der That nicht wirklich wahrgenommen werden, sondern nur die Vermittlerrolle für die wirkliche, ins Bewusstsein tretende Raumform übernehmen. Wäre das nicht so, so müßte ich mir ja in jedem Augenblicke von der Existenz der beiden verschiedenen Sehformen Rechenschaft geben können. Das ist nicht der Fall; obgleich ich mich geübt habe, die beiden

---

den Kopf auf eine Schulter, so daß die Verbindungslinie der Knotenpunkte schief oder senkrecht zu der Richtung der Leitungsdrähte steht, so erkennt man mit einem Schlage und sehr deutlich die räumliche Anordnung der Drähte.

Sehformen eines Objectes wahrzunehmen, sehe ich für gewöhnlich räumlich, nicht doppelt, und es bedarf immer einer besonderen Aufmerksamkeit für mich, die beiden Sehformen wirklich wahrzunehmen. Unbefangene Menschen haben davon keine Ahnung, daß sie von jedem gesehenen Körper zwei Sehformen haben, der beste Beweis, daß diese selbst normaler Weise keine Bewußtseinsgrößen darstellen. In dem Augenblicke erst, in welchem ich durch einen besonderen Act der Aufmerksamkeit, durch eine willkürliche Einschränkung meines Bewußtseins auf einen einzigen Punkt oder eine Linie des gesehenen Gegenstandes, die Combination der zwei Sehbegriffe unmöglich mache, nehme ich die doppelten Sehformen wahr. Betrachte ich in dieser Weise das mittlere und zugleich vordere Stäbchen des Apparates, so sehe ich im Ganzen fünf Stäbchen, das mittlere einfach, die beiden seitlichen in Doppelbildern. In dem Augenblicke, wo dies gelingt, hört aber für mich jede wahre Tiefenausdehnung auf. Ich habe die Neigung, das am schärfsten gesehene Stäbchen nach vorne zu verlegen, selbst wenn es sich in Wahrheit hinten befindet. Ohne diesen besonderen Act der Aufmerksamkeit aber sehe ich, obgleich der Sinnesreiz ganz derselbe bleibt, nur drei Stäbchen, von denen das mittlere vorne steht. Es wird also beim unbefangenen Sehen erst durch eine Bewußtseinsthätigkeit, durch die Combination beider Sehbegriffe, die räumliche Wahrnehmung erzeugt. Fehlt diese Bewußtseinsthätigkeit, so nehme ich mit nicht identischen Netzhautstellen gesonderte Lichtpunkte wahr. Die Ordnung der Raumpunkte in der Tiefe findet dann nicht statt.

Ueber die wirkliche Entfernung und Gröfse der Objecte aber kann uns das zweiäugige Sehen nicht mehr lehren als das einäugige; das zeigte uns der Versuch mit den hellen Kreisen im Dunkelzimmer, das zeigt uns das doppeläugige Nachbild einer Flamme oder eines anderen hellen Gegenstandes. Dieses sehen wir, je nach der Entfernung des Hintergrundes, auf welchem wir es uns vorstellen, in jeder möglichen absoluten Gröfse. Die wirkliche Entfernung und Gröfse, in welcher wir einen Gegenstand erblicken, ist also weder beim ein- noch beim zweiäugigen Sehen durch den Gesichtszreiz an sich bestimmt, sondern tritt erst durch das Mitanschwingen anderweitiger Erfahrungen in unser Bewußtsein. Es ist klar, daß diese Erinnerungsbilder für ein bestimmtes gesehenes Object unabhängig sein werden

von der Stellung der Augenaxen, da sie ja durch den Tastsinn erworben sind. Daraus erklärt sich denn auch, warum ein stereoskopisches Doppelbild mir bei gekreuzten Augenaxen nicht gröfser und näher erscheint als bei gleichgerichteten.

Mein verehrter Kritiker NAGEL ist daher in einem nur durch die Kürze meiner früheren Mittheilung verständlichen Irrthume befangen, wenn er schreibt: „Schliesslich leitet Verfasser die binoculare Tiefenwahrnehmung in bekannter Weise aus der Durchkreuzung der Projectionslinien ab.“

Wo sich diese Projectionslinien kreuzen und ob sie sich überhaupt kreuzen, ist für den Ort, an welchem ich einen Punkt sehe, ganz gleichgültig, und einen Punkt oder auch eine ebene Figur sehe ich mit zwei Augen ebensowenig in einer bestimmten, mit der Wirklichkeit übereinstimmenden, Entfernung und Gröfse, wie mit einem Auge, sobald die Möglichkeit, bekannte Gröfsen und Entfernungen zum Vergleiche heranzuziehen, durch die Versuchsanordnung ausgeschlossen ist. Die beiden Sehformen sind ja gleich, ebenso wie ihre zugehörigen Sehbegriffe, und die in letzteren gelegenen Möglichkeiten wirklicher Dinge können sich nicht einschränken. Die beiden Sehbegriffe eines fixirten Punktes verhalten sich wie die zwei Wortbegriffe Homo und Mensch, sie bilden eine Tautologie. Dafs sich hierbei die Projectionslinien an einer bestimmten Stelle des Raumes kreuzen, ist vollständig gleichgültig.

Fixire ich aber von zwei hintereinander gelegenen Punkten den vordersten, so fällt das Bild der hinteren auf zwei nicht identische Netzhautstellen, seine Sehformen sind ungleich, und allein das Gemeinsame in beiden Sehbegriffen tritt ins Bewusstsein: Wir sehen den zweiten Punkt hinter dem ersten. Wie weit wir ihn aber dahinter verlegen, ist durch den Sehwinkel, unter welchem ihre wirkliche Entfernung erscheint, nicht bestimmt. Eine unendlich grofse Tiefenausdehnung ergiebt dieselbe Verschiedenheit beider Sehformen in einer Entfernung von zwei Kilometern, wie eine solche von 0,08 mm in deutlicher Sehweite. Da uns nun der Sehsact an sich nichts über die Entfernung eines gesehenen Objectes sagt, so kann auch der Grad der Verschiedenheit beider Sehformen uns nichts über seine wirkliche Tiefenerstreckung lehren. Der Versuch am Dreistäbchenapparat erweist die Richtigkeit dieser Ableitung. Man verschiebe das mittlere der drei Stäbchen und lasse den Beobachter angeben,

wenn er glaubt, daß sie ein gleichseitiges Dreieck bilden. Man wird finden, daß diese Schätzung höchst ungenau ist, so ungenau, daß wir wohl behaupten dürfen, das Tiefensehen giebt uns überhaupt keine annähernde Vorstellung von der wirklichen Tiefenerstreckung eines Gegenstandes, sondern ordnet seine Punkte und Linien nur relativ in der dritten Ausmessung des Raumes.

Fassen wir das Ergebniss unserer Betrachtungen zusammen!

Das einäugige Sehen an sich belehrt uns weder über die wirkliche Gröfse und Entfernung, noch über die wahre Form eines Dinges.

Daß wir die Dinge auch einäugig an einer bestimmten Stelle des Raums in ihrer wahren Gestalt und Gröfse erblicken, beruht lediglich auf der Miterregung anderweitig gewonnener räumlicher Erfahrungen über unsere Umgebung. Wenn ich hier immer den Werth des Tastsinnes besonders hervorgehoben habe, so geschah das lediglich, weil ich dem Leser etwas Bekanntes nennen wollte. Ich meine damit die räumliche Wahrnehmung überhaupt.<sup>1</sup>

Auch der zweiäugige Sehact an sich genügt nicht zur Erkennung der wirklichen Form, Gröfse und Entfernung der Objecte. Auch beim zweiäugigen Sehen spielt unsere sonstige räumliche Erfahrung eine ungemein wichtige Rolle. Er hat vor dem einäugigen Sehact nur das voraus, daß er uns innerhalb gewisser Entfernungen über das relative Vorne und Hinten der Theile eines Objectes sinnlich belehrt.

Mit anderen Worten: Die Art des Sehreizes ist nicht allein maafsgebend für die wirklich zur Wahrnehmung gelangende Form. Bestimmend für diese ist neben dem Sehreize die Summe der von unserer anderweitigen Erfahrung abhängigen, jeweilig vorhandenen räumlichen Vorstellungen. Eine Sehform, die wir in Folge unserer Erfahrung stets oder meistens als Symbol einer ganz bestimmten wirklichen Form auffassen, wird diese wirkliche Form auch ins Bewußtsein heben, selbst wenn die begleitenden Umstände eine andere räumliche Auslegung verlangen.

Widerspricht diese Bewerthung der Sehform der Wirklichkeit, so haben wir eine optische Täuschung vor uns.

---

<sup>1</sup> E. STORCH, Muskelfunction und Bewußtsein. Wiesbaden 1901.

Streng genommen beruht die Wirkung aller Flächenkunst auf optischer Täuschung. Je genauer die Sehform einer Zeichnung eines Gemäldes mit der Sehform der dargestellten Vorwurfs übereinstimmt, desto größer ist der Zwang räumliche Vorstellungen für die wirkliche Form des Bildes, welches mit seiner Sehform gleichbedeutend ist, zu verbinden. Diese Täuschung kann man, wie leicht verständlich, noch verstärken, wenn man ein Auge schließt.

Es ist das alles ja allgemein bekannt. Aber ich war doch überrascht über die erdrückende Wucht, mit welcher bei unbefangenen Menschen, die durch ein Bild geweckte räumliche Vorstellung, die wirkliche ebene Gestalt der Zeichnung zurückdrängt. Einem kleinen 6jährigen Jungen zeigte ich die gut ausgeführte Zeichnung seines Würfels, dessen obere Fläche in sehr starker Verkürzung als schmales ungleichseitiges Viereck zu sehen war. Ich forderte ihn auf, sich diese Fläche ganz genau anzusehen; dann nahm ich das Bild an mich und ließ ihn zeichnen, was er gesehen hatte. Er zeichnete ganz unverkennbar ein Quadrat. Um einen Irrtum auszuschließen, mußte mir der Junge jetzt zeigen, was er gezeichnet hatte; er umfuhr wirklich das schmale verschobene Viereck, die obere Würfelfläche mit dem Finger, ja noch mehr, er glaubte nicht, daß seine Zeichnung falsch wäre. Erst als ich diese mit der Schere ausschnitt und dicht neben das Würfelbild legte, sagte er — offenbar sehr erstaunt —: „es stimmt doch nicht.“

Aber auch ganz gewöhnliche Strichzeichnungen, zwei bis drei einfache gerade Linien, werden, wenn sie den Sehformen häufig gesehener räumlicher Verhältnisse gleichen, gegen unseren Willen mit der körperlichen Vorstellung, welche durch solche Sehformen gewöhnlich erregt wird, bewerthet. Dann kommt es freilich oft nur zu einer unvollkommenen räumlichen Anschauung, weil wir ganz genau wissen, daß wir eine ebene Zeichnung vor uns haben. Man kann dann die räumliche Bewerthung dadurch begünstigen, daß man diese ebenen Figuren auf einer Glasscheibe entwirft, oder noch besser, indem man sie aus Draht oder Holzstäbchen herstellt, und einäugig beobachtet. Meistens wird einem dann sofort klar, welche körperliche Vorstellung, die optische Täuschung über die wirkliche Größe oder Richtung der Linien veranlaßte.

Ich glaube, es wird genügen, nur einige der bekanntesten

dieser Täuschungen hier anzuführen, zumal da Prof. FILEHNE erst kürzlich in *dieser Zeitschrift*<sup>1</sup> diesen Gegenstand erörterte, und zwar völlig im Sinne meiner Ausführungen. Wenn ich trotzdem nochmals hier denselben Gedankengang entwickle, so geschieht das, weil er vollkommen mit meiner Auffassung des Sehactes übereinstimmt und hierdurch eine erhöhte Bedeutung erhält.

Die Ufer eines Baches, der Saum eines Waldes, die Ränder eines Weges, die Wände, die Decke, der Fußboden eines Zimmers werden von gleichgerichteten, wagerechten Geraden begrenzt. Die Sehform je zweier solcher horizontaler Grenzlinien wird von zwei Geraden gebildet, welche sich, genügend weit fortgesetzt, in einem Punkte schneiden würden. Stehe ich zwischen den Schienen einer Eisenbahn, so ist die zugehörige Sehform gleich der Figur 1.

Ganz ähnlich ist aber auch die Sehform jedes Bürgersteiges aus quadratischen Steinfliesen, jedes Zimmerfußbodens.

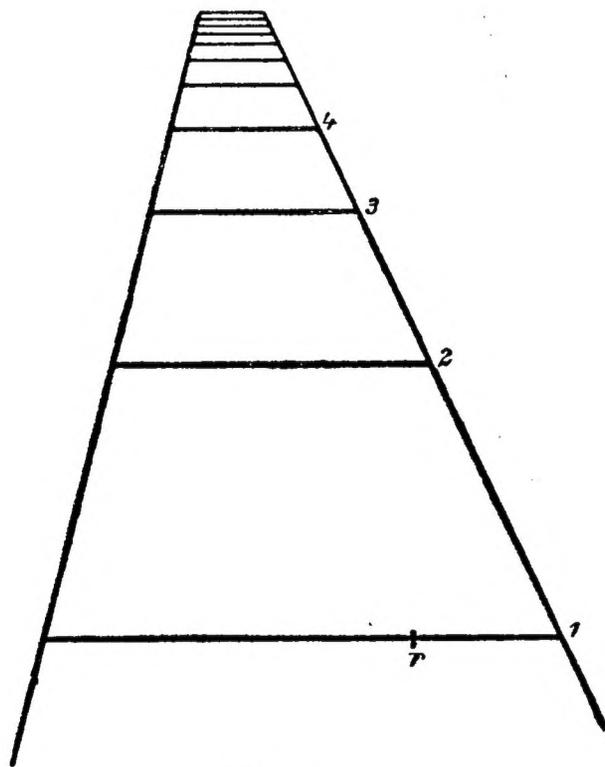


Fig. 1.

Die Sehform eines Quadrates oder Rechteckes ist also häufig ein Trapez. Warum sollte nicht auch die Zeichnung eines Trapezes, dessen Sehform mit der eines wirklichen Rechteckes übereinstimmt, die räumliche Vorstellung eines wirklichen Rechteckes oder Quadrates erwecken? Das ist nun freilich nur der Fall, wenn ich die erwähnten, die Täuschung begünstigenden Hilfsmittel anwende, aber doch läßt sich zeigen, daß auch bei der Auffassung eines gezeichneten Trapezes die Vorstellung des Quadrates einen Einfluß übt.

Wer würde nicht auf den ersten Blick glauben, daß das in Fig. 2a dargestellte Viereck viel höher ist als seine Grundlinie? Wer würde nach dem Augenmaße schätzen, daß in Figur 1 die Wagerechte 1 genau so groß ist als der Abstand zwischen 1 und 4? In Figur 2a erblicken wir eben die Sehform eines

<sup>1</sup> *Diese Zeitschrift* 17, 15 ff.

Rechteckes, das bedeutend länger ist als breit, darum überschätzen wir die wirkliche Länge der Zeichnung. In Figur 1

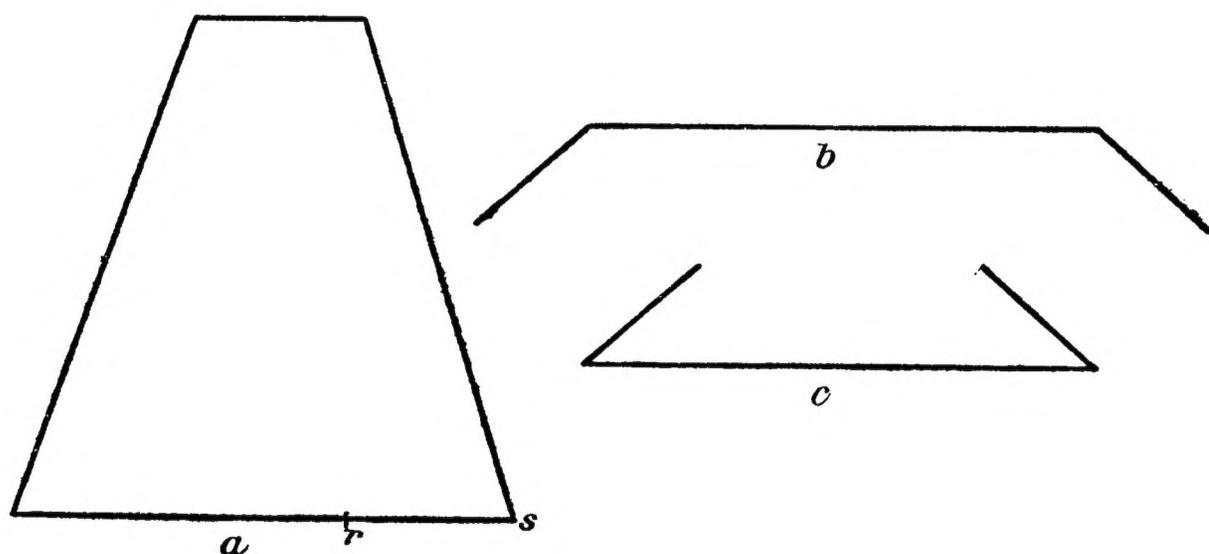


Fig. 2.

entspricht das unterste Viereck der Sehform eines wirklichen Quadrats und diese Vorstellung bestimmt unser Urtheil über den Abstand 1 und 4. Stellen wir Figur 1 auf den Kopf, so haben wir das Bild der Oberleitung einer zweigleisigen elektrischen Bahn, oder einer Zimmerdecke mit Querfugen.

In der wirklichen zu Figur 1 gehörigen Raumform sind die Strecken 1, 2, 3, 4 alle einander gleich, in Folge dessen erscheint mir  $1r$  bedeutend kleiner als 4. In Figur 2a ist  $rs$  genau gleich der oberen Grundlinie.

In den Zeichnungen 2b und 2c sind die beiden Wagerechten in Wirklichkeit gleich, aber da die an ihren Endpunkten angesetzten Schrägen in  $b$  und  $c$  nach oben zusammenlaufen, wird die Vorstellung wirksam, diese seien wirklich gleichgerichtet. 2b ist die Sehform der hinteren Kante eines viereckigen Tisches, es wird demnach verglichen mit den davor gelegenen Entfernungen zwischen beiden Schrägen, deren Sehformen größer sind. 2c ist die Sehform der vorderen Tischkante, und wird in Vergleich gesetzt zu den dahinter gelegenen kleineren Abständen. 2b kann ich nur zu einer wirklich größeren Tischzeichnung ergänzen als 2c.

Auch in Figur 3 findet man die horizontale oder verticale Strecke mit schräg verlaufenden Ansatzlinien versehen. 3a und 3b stellen das bekannte Pfeilmuster dar. In 3a<sub>1</sub> habe ich die Sehform eines Winkels im Zimmer, in 3a<sub>2</sub> die der Kante eines Hauses. 3b<sub>1</sub> stellt einen halbgeöffneten Briefbogen dar, in dessen Oeffnung ich hineinschaue, 3b<sub>2</sub> einen, dessen scharfer Bug mir

mir zugekehrt ist.  $3c_1$  stellt die hintere,  $3c_2$  die vordere Kante einer Mauer dar. Zwei thatsächlich gleiche Sehformen horizontaler oder verticaler Linien aber, von denen die eine vorn, die andere hinten liegt, gehören zu ungleich grossen wirklichen Formen;

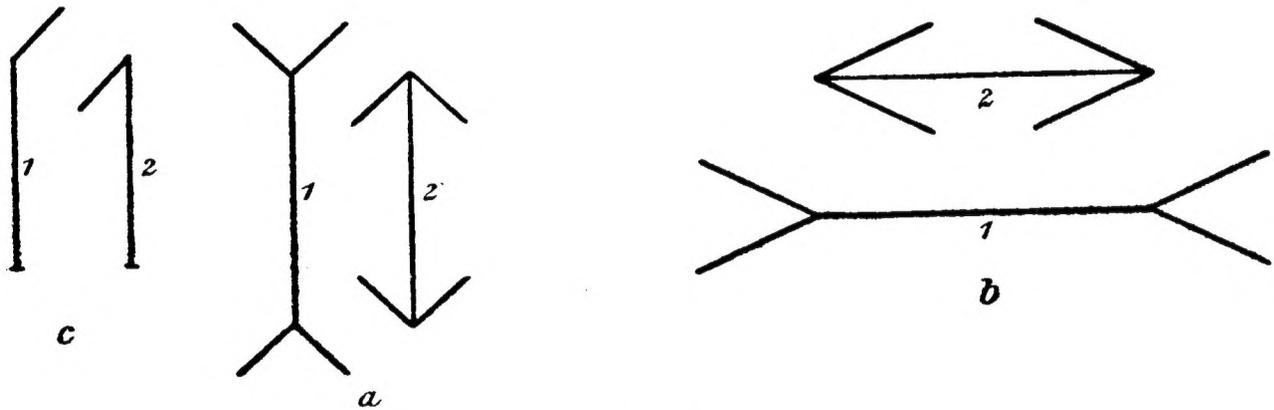


Fig. 3.

daher scheinen in  $3a$ ,  $b$  und  $c$  die mit 1 bezeichneten Strecken bedeutend grösser als die mit 2 bezeichneten.

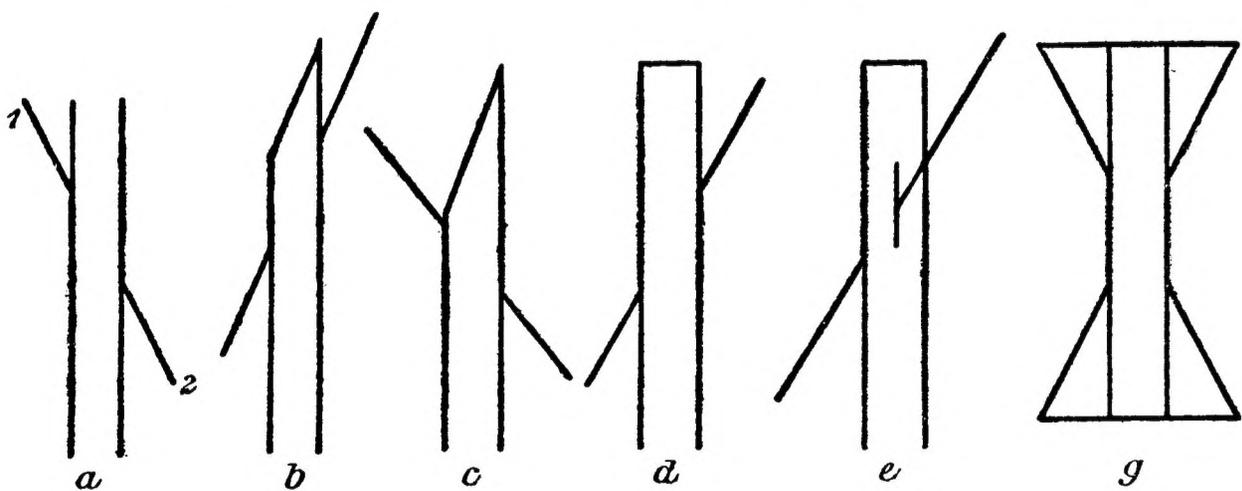
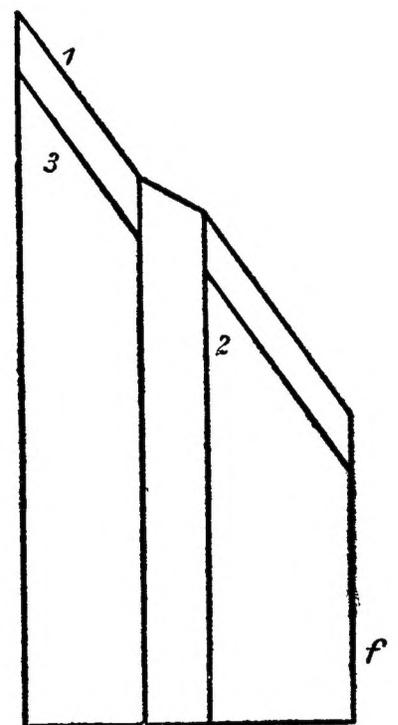


Fig. 4.

In Figur  $4a$  ist eine andere bekannte optische Täuschung dargestellt. Die schrägen Linien 1 und 2 sind wirklich Theile einer Geraden, 2 scheint aber merklich tiefer zu liegen, als es in der That der Fall ist. Die Erklärung ist einfach. Es wirkt nämlich die Vorstellung mit, daß 1 und 2 nicht in der Ebene der Zeichnung liegen, sondern mehr weniger daraus hervortreten. Innerhalb des von 2 Senkrechten eingeschlossenen Streifens ist das nicht der Fall, und die wirkliche Ferne, welche mit der Wirklichkeit streitet, sehen wir in  $4f$ , einen Buchdeckel, dessen obere Kante in Folge perspectivischer Gesetze nach unten zu



obere Kante in Folge perspectivischer Gesetze nach unten zu

sich senkt. 2 ist hier thatsächlich die Fortsetzung von 1, liegt aber in der wirklichen Form in gleichem Niveau mit 3. Die Zeichnungen *b*, *c*, *d*, *e*, *g* zeigen kleine Modificationen, welche wie in *e*, *c*, *d* die körperliche Vorstellung verstärken, oder wie *b* und *g* den Eindruck einer ebenen Figur erzeugen. Durch beide Kunstgriffe wird die Täuschung verringert oder ganz zum Verschwinden gebracht.

In Figur 5 *a* haben wir ein Kreuz mit einem senkrechten und einem schrägen Schenkel. Die natürlich sich darbietende wirkliche

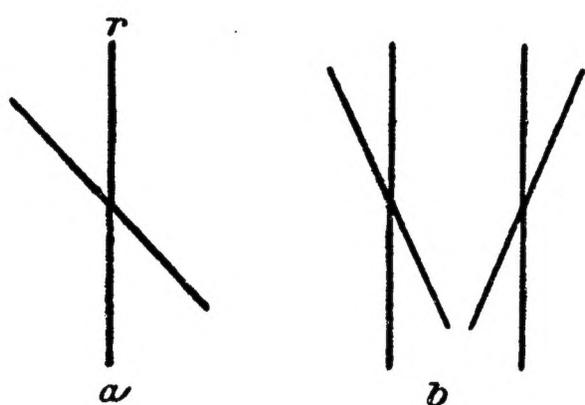


Fig. 5.

Form wäre die eines rechtwinkligen Kreuzes mit horizontalem Querholz, welches senkrecht auf der Zeichenebene steht. Die Vorstellung einer ebenen Figur erlaubt aber nicht, daß diese wirkliche Form ungestört ins Bewußtsein tritt. Man meint beide Schenkel liegen in einer von links oben, hinten nach rechts, unten vorn

sich senkenden Ebene, und sieht deshalb die Linie *a r* von rechts oben nach links unten geneigt. In Zeichnung 5 *b* ist diese Täuschung stärker ausgeprägt, die beiden Lothrechten laufen nach oben zusammen.

In Figur 6 *a* erscheint daher das untere Ende jedes oberen Kreuzchens nach außen gegen das obere Ende des darunter-

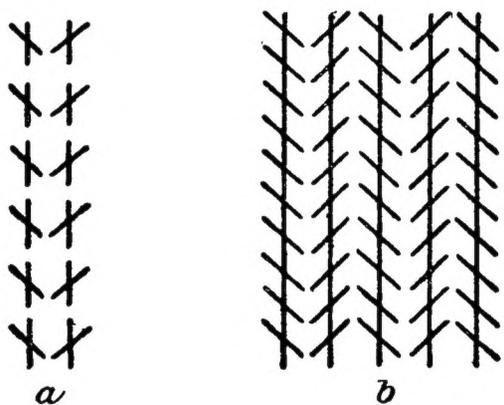


Fig. 6.

stehenden verschoben und in 6 *b*, dem bekannten ZÖLLNER'schen Muster, ist dieselbe Täuschung durch die Häufung der schrägen Linien zur höchsten Wirkung gesteigert.

Es würde ermüden, wollte ich an weiteren Beispielen die Richtigkeit meiner Theorie der Seh wahrnehmung erhärten. Er-

giebt sich doch ihre allgemeine, uneingeschränkte Gültigkeit schon daraus, daß es sich weniger um eine auf neuen oder schwierigen Beobachtungen aufgebaute Theorie, als vielmehr um eine folgerichtig durchgeführte Analyse der alltäglichen und allergewöhnlichsten Erfahrungen handelt. Diese Theorie ist eine

rein psychologische und setzt die Richtigkeit der HERING'schen Theorie von der Identität der Netzhautstellen voraus, soweit dieselbe die physiologischen Bedingungen des Einfach- und Doppeltsehens betrifft. Daß den Netzhautelementen ein Tiefenwerth nicht zukommt, geht wohl zur Genüge daraus hervor. Aber selbst wenn die HERING'sche, rein physiologische Theorie, später durch eine andere ersetzt werden müßte, würde der Werth meiner psychologischen Analyse dadurch nicht beeinträchtigt werden.

*(Eingegangen am 3. Februar 1902.)*

---