

(Aus dem Laboratorium der II. Universitäts-Augenklinik in Wien.)

Untersuchungen über die optische und haptische Lokalisation bei Neigungen um eine sagittale Achse.

Von
M. SACHS und J. MELLER.

I. Einleitung.

Die Versuche, über die wir im folgenden berichten wollen, bilden eine Fortsetzung unserer schon veröffentlichten Untersuchungen über die optische Orientierung bei Neigung des Kopfes gegen die Schulter.¹

Zunächst gingen wir daran, die Lokalisation mit Hilfe des Tastsinnes unter denselben Bedingungen zu prüfen wie seinerzeit die optische Lokalisation. Die Berücksichtigung des Umstandes, daß die von uns bei den Tastversuchen verwendeten Hände (resp. Arme) an den Lagenänderungen des Rumpfes partizipieren, während die Augen den Kopfbewegungen folgen, legte es nahe, den Einfluß, den Lagenänderungen des Kopfes oder Rumpfes auf die Lokalisation nehmen, getrennt zu bestimmen, und dies sowohl für den Tastsinn als auch für den Gesichtssinn. Eine wichtige Ergänzung unserer Versuche erblickten wir in der Bestimmung der scheinbaren Lage von Kopf und Körper, wobei wir wieder nur die eine Art von Stellungsänderungen — nämlich Neigungen um die sagittale Achse — in den Kreis unserer Betrachtung zogen. Die Ausdehnung der Versuche nach dieser Richtung erschien uns insbesondere auch in Hinblick auf die Theorie DELAGE's² von Interesse, derzufolge

¹ SACHS u. MELLER: „v. Gräfe's Arch. f. Ophthalm.“ 52 (3). „Über die optische Orientierung bei Neigung des Kopfes gegen die Schulter.“

² YVES DELAGE: *Études Expérimentales sur les illusions statiques et dynamiques de direction etc.* Übersetzt von AUBERT.

die bei Neigungen des Körpers auftretenden Lagenänderungen der scheinbar Vertikalen auf eine Überschätzung der Körperneigung zurückzuführen wären. Seine Theorie leidet darunter, daß er überhaupt keine messenden Versuche zur Bestimmung der scheinbaren Lage des Körpers angestellt hat. Eine andere Quelle für die Widersprüche, zu denen seine Schlußfolgerungen geführt haben, ist darin gelegen, daß er die Notwendigkeit nicht erkannt hat, Kopf- und Körperneigungen in ihrem Einflusse auf die Lokalisation getrennt zu prüfen. Wie wir dazu gekommen sind, solche Versuche anzustellen, ist einleitend bemerkt worden.

Nachdem wir erkannt hatten, daß es zum Verständnis der hierher gehörigen Erscheinungen unerläßlich ist, eine große Zahl von Beobachtungen anzustellen, und für ein Gleichbleiben der Versuchsbedingungen innerhalb einer Versuchsreihe, sowie für eine genaue und dabei doch rasch durchführbare Registrierung der Aussagen Sorge zu tragen, verwendeten wir große Sorgfalt auf die Versuchsanordnung. Sie war in erster Linie für die Untersuchung bei Neigung des Kopfes und Körpers um die sagittale Achse eingerichtet. Daß wir darauf ausgingen, gerade den Einfluß dieser Art von Neigungen auf die Lokalisation zu studieren, möchten wir damit rechtfertigen, daß sie (sc. diese Neigungen) innerhalb der physiologischen Breite öfter und ausgiebiger vorgenommen werden, und ihnen im Vergleiche zu den anders gerichteten Abweichungen der Kopf- und Körperlage auch eine größere theoretische Bedeutung zukommt — es sei hier nur an das Phänomen der Gegenrollung der Augen erinnert.

II. Versuchsanordnung.

Bei unseren Tastversuchen verwendeten wir als Objekt einen fingerdicken, spulrunden, glatt polierten, ungefähr 4 dcm langen Messingstab, der in einem um eine sagittale Achse drehbaren Holzrahmen eingefügt war. (Siehe Figur 1.)

Die Achse des Rahmens selbst war in ein Gestell eingelassen, welches durch eine Kurbel leicht gehoben oder gesenkt werden konnte, so daß wir im stande waren, die Untersuchungen sowohl sitzend als stehend auszuführen.

Der Holzrahmen trug ferner an seiner hinteren Seite drei übereinander angebrachte Taster, welche man mit ihrer Spitze gegen einen dahinter gespannten Papierstreifen drücken konnte.

Wir kamen überein, bei unseren Versuchen die Lage des Stabes nach der Richtung zu bezeichnen, in welcher das untere Ende desselben von der Vertikalen abweichend empfunden wurde, und markierten die Angabe des Beobachters „rechts geneigt“ mit Hilfe des oberen Tasters (t_1), die Angabe „links geneigt“ mit dem unteren Taster (t_3), während wir für die Angabe „senkrecht“ den mittleren Taster (t_2) verwendeten.

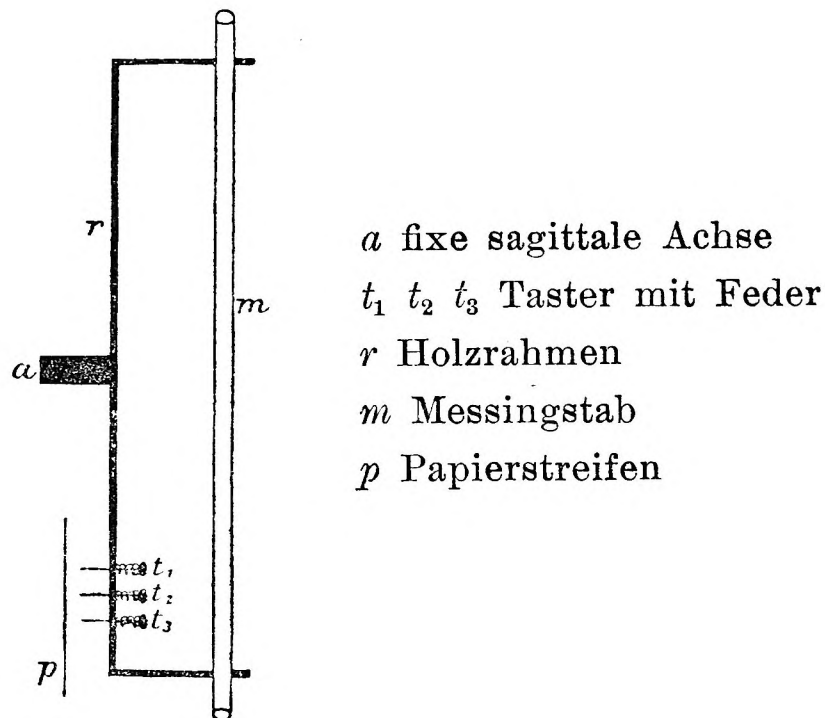


Fig. 1.

Der außerordentliche Vorteil dieser Markiermethode besteht darin, daß wir mit jeder einzelnen Markierung nicht bloß die jeweilige Stellung des Stabes verzeichneten, sondern auch zugleich die Angabe über die scheinbare Lage desselben. Auf diese Weise konnten wir zahlreiche Beobachtungen rasch nacheinander anstellen, und darauf das Resultat derselben in übersichtlicher Weise vom Papierstreifen ablesen.

Bei allen Versuchen hatte der Beobachter durch Festbeißen in einem Zahnbrettchen den Kopf fixiert. Zur bequemen Einstellung beliebiger Grade von Kopfnigungen bedienten wir uns desselben Kopfhalters (hergestellt vom Mechaniker CASTAGNA in Wien), der sich schon bei unseren Versuchen über die optische Orientierung bei Neigung des Kopfes bewährt hatte. (Siehe a. a. O. S. 392.)

Die Versuche wurden selbstverständlich bei geschlossenen Augen durchgeführt. Nachdem sich der Beobachter in dem Zahnbrettchen des Kopfhalters festgebissen hatte, brachte der Gehilfe den Stab in eine beliebige Stellung, worauf der Beob-

achter, gewöhnlich mit beiden Händen den Stab umfassend und an ihm auf- und abgleitend, die scheinbare Lage desselben angab. Der Gehilfe registrierte diese Angabe mit dem entsprechenden Taster und brachte darauf den Stab in eine andere Stellung.

Wir ermittelten bei diesen Versuchen die scheinbar Vertikale nicht direkt. Die Lage derselben ergab sich vielmehr aus einer Reihe von Aussagen — denen, daß das untere Ende des Stabes rechts- resp. linksgeneigt sei — als Grenze zwischen den Gebieten der beiden Reihen von Aussagen.

Da es uns aufgefallen war, daß unsere Angaben gelegentlich wechselten, je nachdem wir die rechte oder linke Hand allein zum Tasten verwendeten, so machten wir bei ein und derselben Kopfstellung Kontrollversuche, wobei abwechselnd nur eine Hand allein tastete. Es zeigte sich, daß die beim Tasten mit der rechten Hand als vertikal bezeichnete Stellung des Stabes bei Verwendung der linken Hand ein wenig schief — und zwar mit dem unteren Ende nach rechts geneigt — erschien.

Da jedoch dieser Unterschied gering war (etwa $1-3^\circ$ betrug) und auch bei starken Kopfneigungen nicht größer wurde, nahmen wir auf diese Inkongruenz weiterhin bei unseren Versuchen keine Rücksicht.

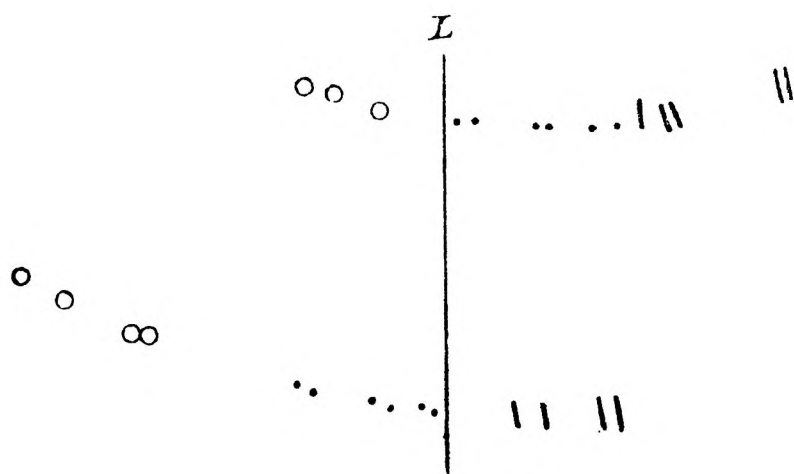


Fig. 2.

Die nebenstehende Tabelle zeigt (siehe Fig. 2), wie übersichtlich wir mit unserer Methode die Versuchsergebnisse verzeichneten. Die schwarzen Punkte entsprechen den Angaben über die Lage der scheinbar Vertikalen bei aufrechtem Kopfe, die Ringe denen bei einer Neigung des Kopfes um 80° links, die Striche denen bei einer Neigung des Kopfes um 80° rechts. *L* bezeichnet das Lot.

Man erkennt aus der Tabelle sofort, daß die Angaben bei jeder Kopfneigung mit großer Bestimmtheit erfolgen. Die

Punktreihe der Rechts-Angaben (obere Punktreihe) grenzt knapp an die der Links-Angaben (untere Punktreihe). Es besteht weder ein Überdeckungs- noch ein Zwischengebiet von nennenswerter Gröfse.

Den Grad der Neigung der scheinbar Vertikalen kann man aus der Tabelle leicht durch Bestimmung des Zentriwinkels berechnen. Auf diese Weise fanden wir, daß die scheinbar Vertikale mit der Zunahme der Kopfneigung mehr und mehr gegen das Lot sich neigt. Während bei einer Kopfneigung von 40° die Ablenkung noch kaum auffallend ist und nicht mehr als 1° — 2° beträgt, erreicht sie bei einer Kopfneigung von 80° eine Gröfse von ungefähr 8° und wächst dann rasch an, so daß sie bei 120° Kopfneigung schon 20° überschritten hat.

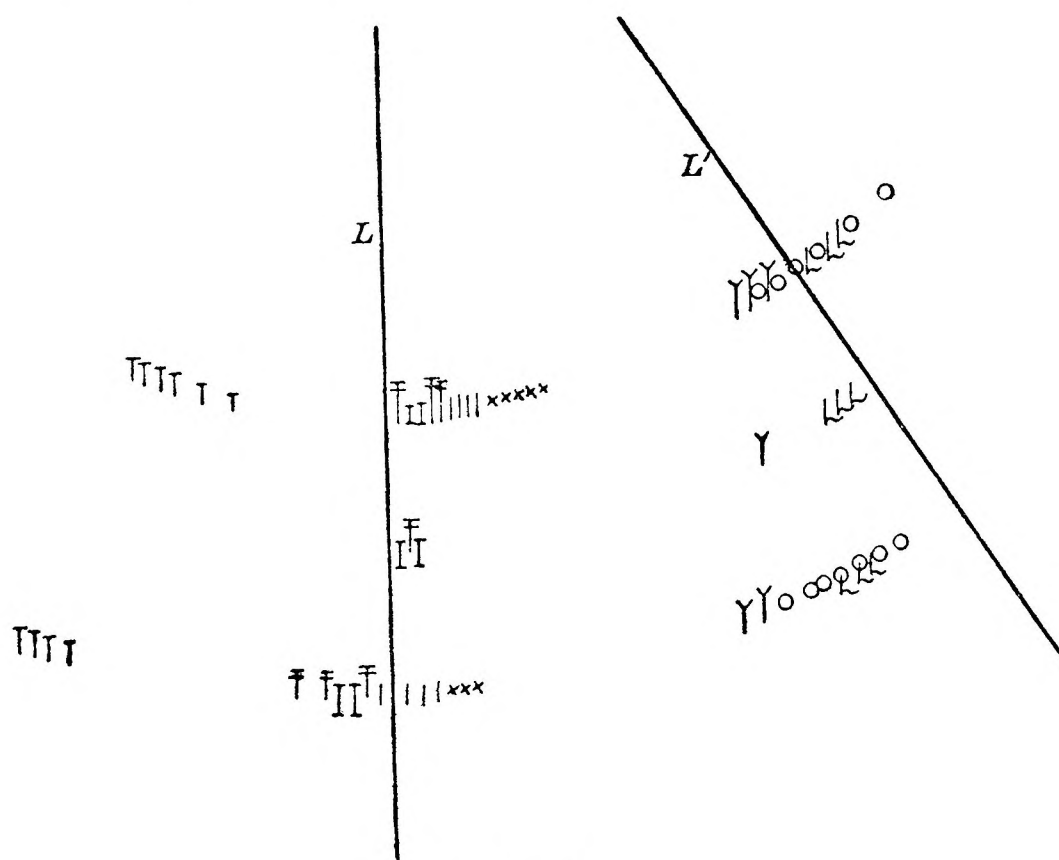


Fig. 3.

In Fig. 3 ist eine ganze Reihe von Versuchen verzeichnet, welche wir bei Rechtsneigung um 33° ausgeführt haben.

L bezeichnet die Lage des Lotes bei aufrechter Stellung des Lagerbrettes, L' die bei Neigung des Lagerbrettes um 33° rechts.

A. Es werden drei Versuchsreihen bei ausschließlicher Neigung des Kopfes um 33° nach rechts vorgenommen und zwar:

α) die scheinbar Vertikale dieser Stellung in der oben beschriebenen Weise zu ermitteln gesucht

[die betreffenden Einstellungen resp. Aussagen (s. o. bei Beschreibung der Registriermethode) sind mit dem Zeichen „|“ versehen.]

β) die scheinbare Lage des Kopfes

(die darauf bezüglichen Versuche tragen das Zeichen „T“).

γ) die scheinbare Körperlage

(zugehöriges Zeichen „I“).

B. Es werden zwei Versuchsreihen bei gleichzeitiger Neigung von Kopf und Körper um denselben Winkel (33°) vorgenommen zur Ermittlung:

δ) der scheinbar Vertikalen

(Zeichen „o“).

ε) der scheinbaren Lage von K und K

(Zeichen „I“).

C. In der dritten Versuchsreihe — unternommen bei geneigtem Körper und aufrechtem Kopf — bezeichnet

„Y“ die Lage der scheinbar Vertikalen,

„I“ die scheinbare Kopflage,

„X“ die scheinbare Lage des Körpers.

Wir bringen absichtlich eine unserer zahlreichen Originaltabellen zum Abdruck, um die Art der Registrierung sowie ihre Übersichtlichkeit, die weitere Berechnungen überflüssig macht, zur Anschauung zu bringen.

Um den Einfluß, den Kopf- und Körperneigungen auf die Orientierungen nehmen, getrennt zu bestimmen, verwendeten wir eine Vorrichtung, die es uns ermöglichte, dem Körper beliebige Neigungen zur Vertikalen zu geben.

Sie bestand im wesentlichen aus einem großen, um eine sagittale Achse drehbaren Brette — analog dem Zapfenbrette DELAGE's —, an das der Körper des Beobachtenden mittels breiter Bänder angeschnallt wurde. Am unteren Ende des Brettes diente eine senkrecht abgehende Holzplatte als Stütze der Füße. Die Achse entsprach beiläufig der Höhe des Kreuzbeins des Beobachters. Durch seitlich an dem Brette angebrachte Ringe waren Seile gezogen, mittels deren das Brett in jeder beliebigen schrägen Stellung festgehalten werden konnte. Ein an dem Brette angebrachtes Lot spielte an einer Kreisteilung und gestattete die Bestimmung der Neigung des Brettes.

Mit diesem Brette war nun durch ein Balkenwerk der früher beschriebene Messingstab gerade vor dem Kopf und der Brust des Beobachters in solcher Entfernung angebracht, daß er mit beiden Händen bequem getastet werden konnte. Wurde das Brett geneigt, so ging natürlich auch der Stab samt der Markiervorrichtung um denselben Winkel mit, und es mußte daher für

diese neue Stellung des Merkstreifens das Lot erst ermittelt und eingezeichnet werden.

Auf diese Weise konnten wir bei Durchsicht der Versuchsergebnisse jederzeit sofort ablesen, in welchem Verhältnisse die scheinbar Vertikale dieser Stellung zum Lote sich befand.

An dem Balkenwerk war auch der Kopfhalter mit dem Gebißbrettchen angeschraubt, um den Kopf des Beobachters in jeder beliebigen Stellung fixieren zu können. Der Kopfhalter wurde, je nachdem man bei aufrechter oder geneigter Kopfhaltung untersuchte, immer so eingestellt, daß das Hinterhaupt auf dem Brette ruhte.

Mit derselben Versuchsanordnung haben wir die optische Orientierung einer neuerlichen Untersuchung unterzogen, wobei wir den Taststab durch die von uns schon früher verwendete und in der betreffenden Arbeit beschriebene, schwach leuchtende Glühlinie ersetzten (s. daselbst S. 390 u. 391).

Die Glühlinie wurde von zwei an dem Lagerbrette befestigten Balken getragen und war vom Beobachter ungefähr 2 m entfernt. Ebenso wie früher der Stab, wurde natürlich auch die Glühlinie bei Neigung des Brettes mitgeneigt. Wir mußten daher die Lotrechte, deren Aufzeichnung für das Verständnis der vermerkten Versuche notwendig war, erst ermitteln. Wir erreichten dies mit Hilfe eines Lotes, welches an der Hülse unserer Glühlinie, vor dem Spalte befestigt, pendelte. Wir drehten die Linie solange, bis das Lot vor dem Spalt zu liegen kam und markierten diese Stellung auf dem Papier.

Die Versuche, die wir mit Hilfe dieser Vorrichtungen anstellten, sind kurz zusammengefaßt folgende: Wir experimentierten in drei verschiedenen Stellungen:

1. bei reiner Neigung des Kopfes, wobei der Körper aufrecht blieb,
2. bei reiner Neigung des Körpers, wobei der Kopf in der aufrechten Stellung verharrte, und
3. bei gleichzeitiger und gleichgradiger Neigung von Kopf und Körper.

In jeder dieser Stellungen ermittelten wir:

1. die Lage der scheinbaren Vertikalen,
2. die scheinbare Lage des Körpers und
3. die scheinbare Lage des Kopfes.

Diese Versuche wurden sowohl haptisch als optisch durchgeführt. Nur bei der Bestimmung der scheinbare Lage des Körpers resp. Kopfes beschränkten wir uns auf haptische Versuche.

Die Art, wie wir die scheinbar Vertikale haptisch bestimmten, ist auf Seite 3 beschrieben.

Die Bestimmung der scheinbaren Kopf- resp. Körperlage mittels eines Tastobjektes nahmen wir in der Weise vor, daß der in einer bestimmten Stellung am Lagerbrette befestigte Beobachter bei geschlossenen Augen durch Betasten des Stabes zu erkennen hatte, ob der eingestellte Stab schwächer, stärker, oder gleich stark geneigt sei wie der Kopf (Körper), resp. ob das untere Ende des Stabes nach rechts oder links von der Achse des Kopfes (Körpers) abweiche; dementsprechend wurde dann die Markierung — im ersteren Falle mit dem oberen Taster, im letzteren Falle mit dem unteren Taster — vorgenommen. Wir benutzten dazu denselben Merkmalsstreifen, auf welchem wir auch die scheinbar Vertikale verzeichnet hatten. So konnten wir auf leichte Weise nicht nur das Verhältnis zwischen scheinbar Vertikaler und Lot, sondern auch das zwischen scheinbarer Vertikaler und scheinbarer Kopf-Körperlage ablesen.

Zur Aufsuchung der optischen Vertikalen bedienten wir uns der sog. Aufblitzversuche.¹ Nachdem der Beobachter in einer bestimmten Stellung am Lagerbrette fixiert war, ließ der Gehilfe die Lichtlinie plötzlich sichtbar werden. Der Beobachter gab an, ob die Linie im ersten Moment des Aufblitzens mit dem unteren Ende rechts oder links geneigt oder genau vertikal erschienen war. Der Gehilfe registrierte hierauf die Stellung der Linie und die zugehörige Angabe des Beobachters, um dann nach Verschiebung der inzwischen abgelöschten Linie bei einer anderen Stellung derselben den Versuch zu wiederholen.

Die Bestimmung der scheinbaren Kopf- resp. Körperlage auf optische Weise haben wir — wie erwähnt — nicht vorgenommen.

III. Versuchsergebnisse.

Das rein meritorische unserer Versuche betreffend, fanden wir Verlagerungen der scheinbar Vertikalen bei reinen Körperneigungen, bei reinen Kopfneigungen und bei kombinierten Kopf-Körperneigungen. Es gilt dies ganz allgemein sowohl für die Verlagerung der optischen als haptischen Vertikalen.

¹ Siehe S. 390 der zitierten Arbeit.

Die Verlagerung der optischen Vertikalen durch Neigung des Kopfes ist viel gröfser als die durch Neigung des Körpers bedingte, während umgekehrt die Verlagerungen der haptischen Vertikalen mehr durch die Neigung des Körpers verursacht werden.

Die folgende Tabelle enthält eine Reihe diesbezüglicher Daten:

Verlagerung der scheinbar Vertikalen.

h = haptische Vertikale, o = optische Vertikale.

um	durch Neigung des Kopfes		durch Neigung des Körpers	
	h	o	h	o
30°	+ 2°	+ 6° — 9°	— 5°	— 3°
40°	+ 3°	+ 10°	— 10°	— 5°
50°	+ 4°	+ 12°	— 12°	— 8°
60°	+ 6°	+ 15°	— 15°	— 10°

Diese Werte stellen Durchschnittszahlen dar, da das Ergebnis der Versuche an verschiedenen Tagen nicht immer dasselbe war (s. S. 19).

Weil die Verlagerung der scheinbaren Vertikalen durch Neigung des Kopfes in anderer Richtung erfolgt als durch Neigung des Körpers, wurden die Zahlen mit verschiedenem Vorzeichen versehen.

α) Verlagerungen des Körpers nach einer Seite bei Belassen des Kopfes in der Ausgangsstellung bewirken Lageänderungen getasteter Objekte in dem Sinne, daß die Vertikale der Ausgangsstellung mit dem oberen Ende entgegengesetzt geneigt erscheint, so daß eine Gerade, um vertikal zu erscheinen, mit dem oberen Ende in gleichem Sinne wie der Körper geneigt werden muß, oder in entgegengesetztem Sinne, in dem der Kopf zum Körper geneigt ist.

Die Verlagerung, welche die optische Vertikale durch reine Körperneigungen erfährt, erfolgt in demselben Sinne, wie die der haptischen Vertikalen, nur ist sie dem Grade nach geringer.

β) Betrachten wir nun den Einfluß reiner Kopfneigungen auf die Orientierung, so ergibt sich, sowohl für die haptische als optische Vertikale, daß die bei aufrechtem Kopf als vertikal erscheinende Gerade im gleichen Sinne geneigt ist, wie der Kopf.

Damit sie vertikal erscheine, muß sie mit dem oberen Ende nach der entgegengesetzten Seite gedreht werden.

Dieses Gesetz ist auch dann gültig, wenn der Kopf aus einer schrägen Haltung des Körpers heraus nach der Schulter geneigt wird. Selbstverständlich muß man hierbei ausgehen von der der betreffenden Körperneigung entsprechenden scheinbar Vertikalen.

Die Verlagerung, welche die optische Vertikale erfährt, ist größer als die bei gleich großer Kopfneigung in Erscheinung tretende Verlagerung der haptischen Vertikalen.

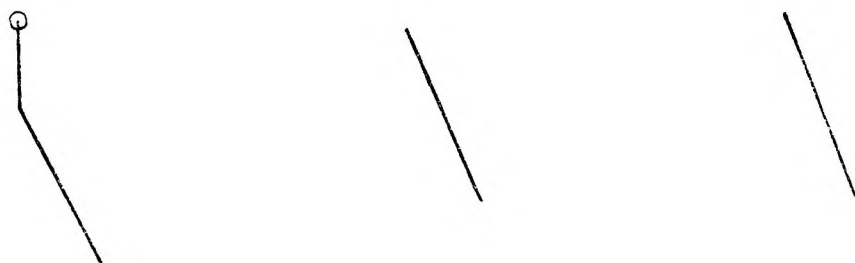
Fig. 4.

Schema der Verlagerung
der h = haptischen und o = optischen Vertikalen.

Kopf 30° links, Körper aufrecht.



Kopf aufrecht, Körper 30° links.



Kopf und Körper 30° links.



γ) Gleichzeitige Neigung von Kopf und Körper bedingen eine Verlagerung der optischen und haptischen Vertikalen in einem einander entgegengesetzten Sinne. Während die haptische Vertikale nach der Seite der Kopf-Körperneigung geneigt ist, ist die optische Vertikale in entgegengesetzter Richtung verdreht. D. h. es liegt die haptische Vertikale in der Richtung des Einflusses der Körperneigung, die optische Vertikale in der Richtung, die durch die Kopfneigung gesetzt ist, entsprechend dem größeren

Einfluß, den Kopfneigungen auf die optische, Körperneigungen auf die haptische Vertikale nehmen.

δ) Den Einfluß, den reine Körperneigungen auf die Orientierung nehmen, suchten wir auch mit Hilfe eines bei aufrechtem Kopf und Körper erzeugten Nachbildes festzustellen. Dreht man beispielsweise den gestreckt gehaltenen Körper unter Mitnahme des Kopfes um 60° nach links, lockert dann die Gebißschraube und fordert die Versuchsperson auf, den Kopf soweit zurückzudrehen, bis das Nachbild vertikal erscheint, so genügt eine Rechtsdrehung des Kopfes um 45° , so daß also der Kopf noch um 15° links geneigt bleibt. In dieser Stellung ist also der nachbildtragende Meridian der vertikalempfindende. Um ihn zu reizen, müßte man eine Linie nehmen, welche mit dem oberen Ende um 15° im Sinne der Körperneigung geneigt ist, konform dem Fehler, den die Orientierung bei reinen Körperneigungen aufweist. Wird der Kopf senkrecht gestellt, dann scheint die Linie mit dem oberen Ende deutlich entgegengesetzt geneigt zu sein.

Der Versuch ergab kein so evidentes Resultat, wenn man nach Erzeugung des Nachbildes den Kopf im Gebiß mit Hilfe eines Gebißbrettes aufrecht ließ und den Körper allein neigte.

Daß die theoretisch vorausgesetzte Verlagerung der scheinbar Vertikalen nicht eintrat, mag sich daraus erklären, daß im optischen Empfindungsinhalt während des Versuches keine Veränderung vor sich geht, wie dies bei der früher ausgeführten Versuchsanordnung — vorangeschickte Neigung des ganzen Körpers und Kopfes — der Fall ist.

ε) Versuche über die scheinbare Kopf- und Körperhaltung.

Diese Versuche — wir benützten, wie bemerkt, nur die haptische Methode — haben übereinstimmend ergeben, daß sowohl reine Neigungen des Körpers bei aufrecht gehaltenem Kopfe, wie auch reine Neigungen des Kopfes bei aufrecht gehaltenem Körper unterschätzt werden.

Die Unterschätzung der Neigung des Körpers, wenn Körper und Kopf um dasselbe Maß nach einer Seite geneigt werden, nimmt zu, wenn der Kopf nunmehr aufgerichtet wird. Der Kopf scheint jetzt, wenn auch nur wenig, nach derselben Seite geneigt, wie der Körper.

ζ) Verhältnis der Körper- und Kopflagelinien zur scheinbar Vertikalen dieser Stellungen.

Um denselben festzustellen, bedurfte es nicht eigener Versuche; da wir bei den verschiedenen Kopf-Körperhaltungen einerseits die Vertikale ermittelten, andererseits die scheinbare Lage von Kopf und Körper registrierten, konnten wir aus unseren Aufzeichnungen unmittelbar den Grad der Neigung ableiten, den der Körper resp. der Kopf in dieser Stellung zur scheinbar Vertikalen hat.

Selbstverständlich fällt der Winkel, der den Grad der Unterschätzung der Körper- resp. Kopfneigung angibt, größer aus, wenn man bei der Verwertung der Tabelle statt vom Lot von der scheinbar Vertikalen ausgeht, die ja in den betreffenden Stellungen in einem der vorgenommenen Neigung entgegengesetzten Richtung verläuft.

IV. Besprechung der Versuchsergebnisse.

Aus unseren Versuchen geht hervor, daß durch reine Kopf- und reine Körperneigungen die optische Vertikale im gleichen Sinne verlagert erscheint wie die haptische Vertikale.

Hier wie dort rufen Kopfneigungen Verlagerungen der scheinbar Vertikalen im entgegengesetzten Sinne, Körperneigungen gleichgerichtete Verlagerungen hervor. Der Unterschied liegt nur darin, daß die größeren Orientierungsfehler, bei den optischen Versuchen durch Kopfneigungen, bei den haptischen Versuchen durch Körperneigungen ausgelöst werden.

Hierauf dürfte es auch zurückzuführen sein, daß bei gleichzeitiger Neigung von Kopf und Körper die optische Vertikale im Sinne der Kopfneigung, die haptische Vertikale im Sinne der Körperneigung verlagert ist.

Die Tatsache, daß die Richtung der optischen Vertikalen überwiegend durch Kopfneigungen, die der haptischen Vertikalen durch Körperneigungen beeinflusst wird, möchten wir als wertvolles Argument für eine gewisse Unabhängigkeit der beiden Empfindungsgebiete ansehen und daraus ableiten, daß das Anschauungsbild des Raumes, das wir aus den Gesichtsempfindungen formen — der Sehraum — mit den aus Tastempfindungen aufgebauten Raumbilde — es sei der Kürze wegen Tastraum genannt — von Haus aus nichts gemein hat. Die Erregungen des statischen Organs stellen eine dritte Quelle für die Bildung von Raumvorstellungen vor. Um die Betrachtung nicht überflüssig zu komplizieren, wollen wir bis auf weiteres annehmen,

daß der Einfluß der Neigungen des Kopfes einerseits auf die Erregungen des statischen Sinnes andererseits auf die Gesichtsempfindungen gleich groß sei. Freilich ohne alle Beziehungen können die verschiedenen Sinnesgebieten entstammenden Empfindungen nicht bleiben, schon weil der vorgestellte Raum einheitlich ist. Wenn wir, wie in unseren Versuchen, die Aussagen über den jeweiligen Empfindungsinhalt im Hinblick auf die jeweilige Vorstellung von der Richtung der Vertikalen abgeben, so müssen wir uns gegenwärtig halten, daß die genannte Vorstellung nicht in einer einzelnen Empfindung ruft und daß es nicht möglich ist, auch bei ausschließlicher Beachtung der einen Art von Empfindungen die einem anderen Sinnesgebiete angehörenden Empfindungen und damit deren Einfluß auf die Bildung der Vorstellung von der Richtung der Vertikalen vollständig auszuschalten. Man kann wohl bei den Tastversuchen durch Verschluss der Augen den Einfluß der Gesichtsempfindungen beseitigen, nicht aber den der Erregungen des statischen Sinnes, ebensowenig die Tastempfindungen (sc. Muskel-, Sehnen-, Gelenks-, Hautempfindungen) bei den optischen Versuchen unmerklich machen.

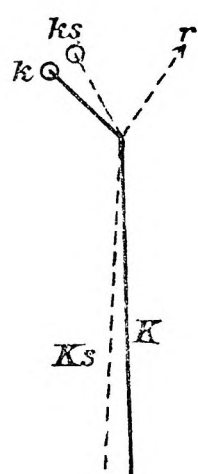
Wir sind sonach zwar nicht im stande, den Einfluß der einzelnen Empfindungskategorien auf die Vorstellung von den Richtungen im Raume — wenn man so sagen darf — rein darzustellen; wir sind aber berechtigt, in der trotz alledem zu Tage tretenden Differenz der Lage der scheinbar Vertikalen, je nachdem überwiegend optische oder haptische Empfindungen verwertet werden, einen Beweis a fortiori für die Spezifität dieser mit räumlicher Qualität ausgestatteten Empfindungen zu erblicken.

Als eine Folge der Einheit des vorgestellten Raumes kann die Erscheinung angesehen werden, daß gleichzeitig mit den Lagenänderungen der scheinbar Vertikalen durch Kopf- und Körperneigungen auch Änderungen der scheinbaren Lage von Kopf und Körper hervorgerufen werden.

Wir haben gesehen, daß bei reiner Neigung des Kopfes (siehe Schema I) der Körper in selbem Sinne verlagert erscheint, wie die scheinbar Vertikale; daß heißt, wir halten den Körper für weniger von der scheinbar Vertikalen abweichend, als dies sein müßte, wenn seine Lage richtig beurteilt

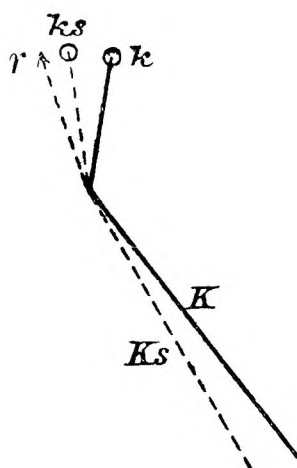
werden würde. Mit der durch die Kopfneigung hervorgerufenen Änderung in der Lage der scheinbar Vertikalen geht also eine Änderung der Vorstellung von der Lage des Körpers einher in dem Sinne, daß die Übereinstimmung beider hierdurch eine größere wird. Der Kopf wird minder geneigt empfunden, die Kopfneigung wird unterschätzt. Es ist also die Abweichung vom Lot, die ein Teil des Gesamtkörpers erfahren hat, auf die beiden Teile Kopf-Körper repartiert.

Fig. 5.



Schema I.

k Kopf
ks scheinbare Kopflage
K Körper
Ks scheinbare Körperlage
V scheinbar Vertikale



Schema II.

In diesen Schemen ist nur auf die Richtung der scheinbaren Lagenänderung, nicht auch auf das Ausmaß derselben Rücksicht genommen.

Verfolgen wir nun die Verhältnisse bei reiner Körperneigung, so zeigt sich im wesentlichen dasselbe. Das Lot erscheint in der Richtung der Körperneigung geneigt, der Körper selbst wird weniger geneigt empfunden, vollends zur jetzt vertikal erscheinenden, und auch der aufrechte Kopf erfährt eine Scheindrehung, die ihn der Richtung der scheinbar Vertikalen näher bringt (siehe Schema II). Also auch hier eine Aufteilung der Lagenänderung, die ein Teil des Körpers erfahren hat, auf beide; die Tendenz, beide (Kopf und Körper) von der Richtung der scheinbar Vertikalen weniger abweichend zu empfinden — was einer Anpassung an die abnorme Körperhaltung gleichkommt.

Es liegt der Gedanke nahe, die Änderungen in der Lage der scheinbar Vertikalen bei Neigungen des Körpers und des Kopfes von den hierbei auftretenden Änderungen der scheinbaren

Lage dieser Teile abhängig zu machen — eine Überlegung, die, wie es scheint, zuerst DELAGE angestellt hat.

Wir wollen von diesem Gesichtspunkte aus die Verlagerung der haptischen Vertikalen bei Neigung des Körpers betrachten. Wir haben gesehen, daß die Körperneigung unterschätzt wird.

Die Annahme der Abhängigkeit der scheinbar Vertikalen von einer Unterschätzung der Körperneigung besagt, daß die Umwertung der Tastempfindungen bei Neigung des Körpers proportional der vermuteten Neigung desselben ist, aber von der wirklichen Neigung des Körpers ihren Ausgang nimmt.

Wenn wir eine richtige Vorstellung von der Lage des Körpers bei Neigung desselben besitzen und diese den Ausgang zur Beurteilung der scheinbar Vertikalen in der neuen Lage bildet in dem Sinne, daß jede Tastempfindung die entsprechende Umwertung erfährt, dann müßte richtig getastet werden. Nun beurteilen wir die Lage des Körpers falsch: wir unterschätzen den Grad seiner Neigung. Wenn die Umwertung der Tastempfindungen in ihrem Werte dem Grade der vermuteten Körperneigung entsprechen würde, jedoch von der wirklichen Lage des Körpers aus zur Geltung kommen muß, dann wird die Vertikale im Sinne der Körperneigung vom Lote abweichen, d. h. das Lot wird weniger weit abliegend vermutet. Beispielsweise: es werde der Körper um 40° nach rechts geneigt. Man hält den Körper nur 25° nach rechts geneigt. Die Umwertung der Tastempfindungen beträgt ebenfalls 25° . Man vermutet das Lot von der wirklichen Körperlage um 25° abweichend, d. h. die scheinbar Vertikale ist vom Lote um 15° im Sinne der Körperneigung verdreht. (Hierbei sehen wir davon ab, daß auf die Stellung der scheinbar Vertikalen noch andere Momente Einfluß nehmen.)

Man kann, wie wir gleich sehen werden, die Ortsgebung der Vertikalen nicht in allen Fällen aus der vorgestellten Lage des Kopfes oder Körpers ableiten. Für den eben erwähnten Fall der Lagenänderung der haptischen Vertikalen bei Neigung des Körpers ist diese Ableitung nicht nur durchführbar, sondern auch ansprechend, wie aus den folgenden Erwägungen erhellt.

Wenn wir den Körper nach einer Seite hin neigen, dann müssen wir ihn entweder unterstützen oder aber durch passende Veränderungen im Spannungszustande der Muskeln äquilibrieren. Letzteres ist natürlich nur in Stellungen möglich, die von der aufrechten Körperhaltung nicht allzu stark abweichen. In welchem der beiden Fälle die Wahrnehmung der Körperlage bestimmter und lebhafter ist, wäre noch zu untersuchen. In unseren Versuchen wurde der Körper nur zum geringsten Teil durch Muskelkräfte, zum größten Teil — soweit dies eben unsere Versuchsanordnung möglich machte — durch Vorrichtungen (Bindenzügel etc.) in den abnormen Stellungen festgehalten. So lebhaft die Empfindung der Lage

des Körpers oder der seiner Teile ist, so lange sie sich in (beabsichtigter) Bewegung befinden und unmittelbar nach dieser, so stumpf werden sie nach eingetretener Äquilibration, indem die Empfindungen, die mit der Veränderung der Körperlage ausgelöst worden waren, abzublassen beginnen. Dementsprechend mag der Körper minder stark geneigt vorgestellt werden, und es müßte die haptische Vertikale eine Neigung im Sinne der Körperneigung, sowie dem Grade dieser entsprechend erfahren, wofern nur die gleichartige Führung des Armes entlang einer Vertikalen bei aufrechter Körperhaltung, und entlang einem schräg gestellten Stab bei dieser schrägen Körperhaltung das Urteil bestimmen würde.

Es kommt aber noch der Einfluß der Schwerkraft auf die Führung des Armes beim Hinabgleiten am Stabe entlang in Betracht resp. die Wahrnehmung der Richtung der Schwerkraft aus den Empfindungen, die durch sie beeinflusst werden.

So könnte aus dem Gleichbleiben der Druckempfindungen in der den Stab umschließenden Hand und aus der stärksten Beschleunigung, die der Arm beim Hinabgleiten dann erfährt, wenn es entlang einer objektiv Vertikalen geschieht, auf die Richtung der Schwerkraft geschlossen werden. Die Empfindungen, die beim Tasten des Stabes ausgelöst werden, unterliegen demnach einer Deutung von zwei Gesichtspunkten aus, insofern die Richtung, die dem Arm erteilt wird, in Beziehung gebracht werden kann zur vorgestellten Körperachse und andererseits zur Richtung der Schwerkraft. Die Bewegungen des Armes werden aber auch eine Auffrischung der Empfindungen mit sich bringen, die zur Wahrnehmung der Körperlage führen und hierdurch die falsche und unsicher werdende Vorstellung von der Lage des Körpers teilweise korrigieren können.

Nach alledem ist es verständlich, daß die Neigung des Körpers zu einer Verlagerung der haptischen Vertikalen im Sinne der Neigung des Körpers führt und diese Verlagerung hinter dem Grade der Körperneigung zurückbleibt. —

Das Princip, die Verlagerung der haptischen Vertikalen bei Körperneigung auf die hierbei auftretende falsche Vorstellung (Unterschätzung) des Grades der vollzogenen Neigung zurückzuführen, läßt sich nicht ohne weiteres auf die haptischen Täuschungen bei reinen Kopfneigungen übertragen. Wir rekapitulieren, daß die haptische Vertikale bei reiner Kopfneigung in einem der Kopfneigungsrichtung entgegengesetzten Sinne verlagert ist. Dies könnte unter Festhaltung an dem obigen Erklärungsprinzip nur dann zu stande kommen, wenn die Kopfneigung überschätzt werden würde: dies ist aber nicht der Fall; die Kopfneigung wird ebenso wie die Neigung des Körpers unterschätzt, und, wie es scheint, in noch viel höherem Grade. Nichtsdestoweniger scheint uns die Anwendung desselben Erklärungsprinzips zulässig, indem man die Verlagerung der haptischen Vertikalen abhängig macht von der bei Neigung des Kopfes auftretenden **scheinbaren Lageänderung** des Körpers, die in einem der Kopfneigungsrichtung entgegengesetzten Sinne erfolgt, so daß sie die Richtung, in der die Verlagerung der haptischen Vertikalen stattfindet, zu erklären vermöchte. Diese Auffassung ist nicht so gezwungen, als es auf

den ersten Blick scheinen könnte. Man muß nur bedenken, daß die Verlagerung der haptischen Vertikalen bei reinen Kopfneigungen sehr gering ist, und daß der Einfluß, den Verlagerungen des Körpers (demnach auch scheinbare) auf die haptische Vertikale nehmen, nach dem auf S. 97 Gesagten überwiegt.

Dagegen ist der Versuch, die optischen Orientierungsfehler bei Neigung des Kopfes aus der falschen Vorstellung von der Lage des Kopfes oder Körpers abzuleiten, von der Hand zu weisen; ersteres, weil die Verlagerung in einem der Kopfneigung entgegengesetzten Sinne erfolgt (die Kopfneigung wird bekanntlich unterschätzt); letzteres, weil der Grad der Verlagerung der optischen Vertikalen (im Gegensatz zur haptischen) viel zu groß ist, um aus der die reinen Kopfneigungen begleitenden scheinbaren Lagenänderung des Körpers erklärt werden zu können und überdies auch die Beeinflussung der mit Hilfe des Gesichtsinnes wahrgenommenen Richtungen im Raume selbst durch wirklich vorgenommene Änderungen der Lage des Körpers sehr gering ist. —

Wir stehen in Bezug auf die Erklärung der optischen Orientierungsfehler bei Neigung des Kopfes auf dem Standpunkt, den wir in unserer ersten Arbeit eingenommen haben, wo wir aus dem Umstande, daß ein bei aufrechtem Kopf erzeugtes vertikales Nachbild bei Neigung des Kopfes schräg erscheint, auf eine hierbei stattfindende Umwertung der Netzhautwerte schlossen. Wir bezeichneten sie als impulsive und dachten uns dieselben in Beziehung zu Erregungen des statischen Sinnes.

„Hinge die Lokalisation der optischen Vertikalen bei geneigtem Kopfe — wir folgen hier den Ausführungen unserer eben citierten Arbeit — ausschließlich von der impulsiven Umwertung der Netzhaut ab, und wäre diese proportional dem Grade der Kopfneigung, dann dürften keine Lokalisationsfehler auftreten; eine im Gesichtsfeld verharrende Vertikale müßte sich hintereinander auf Meridianen abbilden, die hintereinander zu vertikal-empfindenden gewertet werden. Dieser Idealmechanismus erleidet die erste Abänderung durch das Vorhandensein der Gegenrollung der Augen, die dazu führt, daß bei Neigung des Kopfes nicht der um den Kopfneigungswinkel vom Netzhautmittelschnitt abweichende schräge Meridian,

sondern ein um einen kleineren Winkel abstehender Meridian vertikal zu liegen kommt.“

Auf die Bedeutung der Gegenrollung werden wir hier nicht näher eingehen und verweisen diesbezüglich wieder auf unsere Arbeit, in der wir zum Schluß gelangten, daß die Gegenrollung der Augen die bei schwachen Kopfneigungen auftretenden Fehler der Lokalisation mit verschuldet, bei hochgradigen Kopfneigungen dagegen nicht ausreicht, um ihrem Auftreten vorzubeugen.

Werden stärkere Kopfneigungen ausgeführt, zu deren Aufbringung auch Bewegungen des Körpers erforderlich sind, dann mag einerseits der Umstand, daß die Gegenrollung sistiert, andererseits das Hineinspielen des Einflusses von Körperneigung auf die Lokalisation dazu führen, daß die Lokalisationsfehler kleiner werden und schließlich, begünstigt durch ein Moment, dessen wir gleich noch zu gedenken haben, nach der anderen Richtung hin erfolgen.

Dieses Umschlagen des Orientierungsfehlers, das ganz besonders deutlich bei Kopfneigungen auftrat, die 90° überstiegen, und die höchsten Grade bei Neigungen des Kopfes zwischen 140° und 160° erreichte, haben wir in unserer Arbeit darauf zurückgeführt, daß bei diesen extremen Kopfneigungen, die ganz unnatürlich sind und deren Festhalten nur durch Überwindung höchst unangenehmer Empfindungen gelingt, die Vorstellung des verdrehten Kopfes uns bei der Ortsgebung in erster Linie leitet, und das aus den Netzhautempfindungen aufgebaute Anschauungsbild des Raumes beeinflusst, oder, wie wir es dort ausgedrückt haben, die Unterscheidung von oben und unten, die Empfindung von der Richtung der Schwerkraft für die Ausdeutung des Netzhautbildes zum dominierenden Faktor wird.

„Insofern hierdurch allein schon eine Erkennung der Richtungen im Raume trotz der veränderten Abbildungsverhältnisse gegeben wäre, ist die impulsive Umwertung der Netzhautraumwerte, die demselben Zwecke diene, gewissermaßen überflüssig: das Zusammentreffen beider Momente muß die Lokalisation im Sinne der *Überkompensation* beeinflussen Dies ist auch tatsächlich der Fall; denn bei höhergradiger Kopfneigung erscheint eine Linie senkrecht, die sich auf einem Meridian abbildet, der — wenn bloß die impulsive Umwertung bestände, schon bei einer Kopfneigung geringeren Grades vertikal — empfindend werden müßte.“

Was die Verlagerung der optischen Vertikalen bei reiner Körperneigung anlangt, so kann sie selbstverständlich nicht mit einer Umwertung der Netzhautwerte, die wir uns an faktisch ausgeführte Kopfneigungen gebunden denken, im Zusammenhang stehen. Ebensowenig kann man die Zuflucht nehmen zu einer an die vermuthete Neigung des Kopfes gebundene Umwertung der Netzhautwerte. Denn diese müßte zu einer Lokalisation der scheinbar Vertikalen führen, die der tatsächlich zur Beobachtung gelangenden entgegengesetzt ist.

Der zu beobachtende Fehler stimmt überein mit dem, den wir bei den haptischen Versuchen als Körperneigungsfehler bezeichnet haben, und weicht von ihm nur in der GröÙe ab. Der Orientierungsfehler ist bei den optischen Versuchen viel kleiner.

Wir sehen uns infolgedessen zur Annahme gedrängt, daß wir bei aufrecht gehaltenem Kopfe und schrägem Körper bei der Beurteilung der Richtung des Gesehenen — wenn gleichzeitig die Erfahrungsmotive ausgeschaltet sind — nicht von den Empfindungen abstrahieren können, die uns vom Körper zufließen. Die Gesamtheit dieser erfährt bei Neigung des Körpers eine gesetzmäßige Änderung, die am reinsten im Tastfehler zum Ausdruck kommt.

So sehen wir hier, sowie oben bei der Lokalisation der optischen Vertikalen nach Ausführung höhergradiger Kopfneigungen das Zusammenwirken der verschiedenen Empfindungen, die mit räumlicher Qualität ausgestattet sind, und erhalten einen Einblick in den, wenn man so sagen darf, musivischen Charakter des jeweils geformten Raumbildes.

Es ist dasselbe Prinzip, auf das wir die Erscheinung zurückgeführt haben, daß gleichzeitig mit den Lagenänderungen der scheinbar Vertikalen durch Kopf- und Körperneigungen auch Änderungen der scheinbaren Lage dieser Teile gesetzt werden.

Man könnte gegen die Verwendung der Tastversuche zur Bestimmung der scheinbaren Lage von Kopf und Körper theoretische Bedenken äußern, insofern man die bei Bestimmung der haptischen Vertikalen auftretenden Fehler als Orientierungsstörungen betrachten kann, die an die Tastempfindungen gebunden sind, entgegen der Annahme, daß mit der Neigung des Kopfes oder Körpers eine Veränderung der Vorstellung von der Richtung der Schwerlinie gesetzt werde,

welche veränderte Richtung richtig angezeigt wird. Dann stände zu erwarten, daß der Tastfehler, der mit der Neigung des Körpers resp. Kopfes gegeben ist, allen Tastversuchen anhaftet, also nicht nur denen, die auf Ermittlung der scheinbar Vertikalen gerichtet sind, sondern auch denen, durch welche die scheinbare Lage der Kopf- oder Körperachse bestimmt werden soll. Daraus, daß zwischen der wirklichen Lage der Kopf- oder Körperachse und der Lage einer Geraden, die unseren Tastversuchen nach die Richtung der genannten Achsen hat, keine Übereinstimmung besteht, könnten wir also noch nicht in Erfahrung bringen, ob die Lage von Kopf und Körper unrichtig erkannt, resp. dürften nicht aus der gefundenen Abweichung auf die Gröfse des Schätzungsfehlers schließen.

Wenn auch bei den Bestimmungen der Kopf- und Körperlage mittels der Tastversuche der Fehler — den wir kurzweg als Tastfehler bezeichnen — nicht auszuschalten ist und wir auf diesem Wege nicht zu absoluten Werten gelangen können, so gestatten doch die mit Hilfe dieser Methode gewonnenen Resultate die Entscheidung der von DELAGE aufgeworfenen Frage, ob die bei Neigung des Kopfes auftretenden Orientierungsstörungen einer falschen Beurteilung der verlagerten Körperteile ihre Entstehung verdanken.

Bestünde ein solches Abhängigkeitsverhältnis — wie es von DELAGE behauptet wurde — dann müßte die Gröfse der Tastfehler sowohl bei der Bestimmung der scheinbaren Lage von Kopf und Körper, als auch bei Ermittlung der scheinbar Vertikalen die gleiche bleiben.

Dies ist aber nicht der Fall. Nicht nur die Gröfse der Fehler ist verschieden, sondern sogar die Richtung, in der die Fehler liegen. Damit soll nicht bestritten werden, daß bei den Versuchen, ein getastetes Objekt in die Richtung des geneigten Körpers oder Kopfes zu bringen, nicht auch Erwägungen über die Richtung der scheinbar Vertikalen hineinspielen und umgekehrt nicht auch Vorstellungen von der Lage des geneigten Körpers bei der Bestimmung der scheinbar Vertikalen Einfluß nehmen. Es liegt aber kein Grund vor, ja im Gegenteil, es spricht vieles dagegen, ein Abhängigkeitsverhältnis im Sinne DELAGE's anzunehmen. So hat sich bei unseren Versuchen gezeigt, daß die Angaben um so genauer erfolgen, je mehr wir uns auf die gestellte Aufgabe zu be-

schränken vermochten, d. h. je mehr wir bei den Bestimmungen der scheinbar Vertikalen Erwägungen über die Lage des Körpers oder Kopfes zurückdrängten, und umgekehrt von Vorstellungen über die Richtung der scheinbar Vertikalen abstrahierten, wenn wir die schräge Lage von Kopf oder Körper ermitteln sollten.

Es wäre schliesslich noch der Tatsache zu gedenken, die sich aus der Zusammenstellung der Resultate verschiedener Versuchstage ergibt, daß nämlich nicht immer Linien von gleicher Lage bei gleicher Körperlage gleich gerichtet empfunden wurden, auch wenn die Versuchsbedingungen dem Anscheine nach dieselben geblieben waren, und obwohl innerhalb ein und derselben Versuchsreihe eine große Bestimmtheit der Aussagen zu konstatieren war. Wir möchten diese Differenzen in den Aussagen, wie schon dort daraus erklären, daß die Beobachtung erschwert wird durch das Zusammentreffen zum Teil widerstreitender Empfindungsbestandteile, deren Gewicht je nach dem Ort der Aufmerksamkeit (und noch aus anderen Gründen) schwankt.

Einen einfacheren Fall, in dem die Verhältnisse ähnlich liegen, möchten wir zum Vergleich anführen. Bekanntlich kann in Fällen, wo ein großer Teil der sichtbaren Dinge sich gleichzeitig und gleichsinnig bewegt, eine Täuschung eintreten derart, daß das Bewegte ruhend und das Ruhende bewegt gesehen wird (vgl. Scheinbewegung des Mondes hinter den vorüberziehenden Wolken). Die Geschwindigkeit dieser Scheinbewegung kann verschieden groß empfunden werden, je nachdem das objektiv Bewegte ganz ruhend oder nur langsamer bewegt gesehen wird. Wenn aber auch die scheinbare Geschwindigkeit aus diesem Grunde wechselt, so ist sie dennoch in jedem einzelnen Momente eine bestimmte.

(Eingegangen am 8. November 1902.)