

der von den Eismassen der letzten Eiszeit bedeckten Gebiete nur dann einem bestimmten Stadium der postglazialen Zeit zuzuweisen vermag, wenn man zu der wenn auch nicht unwahrscheinlichen Hypothese des Bestandes einer postglazialen xerothermischen Periode auch in den Ostalpen schreitet.

Tafelerklärung.

1. Mutmassliche Verbreitung der Vegetation Österreichs in der Würmeiszeit.

Die hydrographischen Verhältnisse sind der Orientierung halber nach der Gegenwart eingetragen.

2. Mutmassliche Verbreitung der Vegetation Österreichs in der Riss-Würm-Interglazialzeit.

Die hydrographischen Verhältnisse sind der Orientierung halber nach der Gegenwart eingetragen. Die bewaldeten Gebiete sind schraffiert; in den waldlosen Steppengebieten ist das Löss-Vorkommen durch Punkte markiert.

Aus dem physiologischen Institute der k. k. deutschen Universität in Prag.

Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes.

Von Priv.-Dozent Dr. R. H. Kahn.

III. Binoculare Vereinigung pendelnder Kugeln.

Die ungemein interessanten Erscheinungen, welche leicht dadurch hervorzurufen sind, dass man zwei in verschiedenen Phasen pendelnde Kugeln binocular vereinigt, haben ihre ersten Beschreiber Ewald und Gross,¹⁾ wie mir scheint, zum Teile falsch gedeutet. Es handelt sich in solchen Versuchen darum, zwei Kugeln von einigen Centimetern Durchmesser, welche etwa $\frac{1}{2} m$ weit von einander von der Zimmerdecke an Fäden herabhängen, aus einiger Entfernung (ca. 5 m) so zu betrachten, dass man die Augenachsen sich in einem Punkte kreuzen lässt, welcher so nahe liegt, dass die beiden mittleren Doppelbilder der Kugeln sich decken. E. und G. benützen schwarze Kugeln, hinter denen auf weissem Schirme je ein schwarzer Kreis derart aufgezeichnet ist, dass die Kugeln vor den Mittelpunkten der beiden Kreise sich befinden. „Lässt man beide Kugeln gegeneinander schwingen, und nähern und entfernen sie sich von einander, so verän-

¹⁾ J. Rich. Ewald u. Oscar Gross, Über Stereoskopie und Pseudoskopie. Pflüg. Arch. Bd. 115. Seite 528. 1906.

dern sie ihre Stellung den hinter ihnen befindlichen feststehenden Kreisen gegenüber in derselben Weise, wie sich eine einzelne Kugel, die auf uns zuschwingt, infolge der parallaktischen Verschiebungen in unseren beiden Augen abbilden würde. Es tritt also jetzt die stereoskopische Wirkung ein. Während sich die beiden Kugeln in Wirklichkeit von einander entfernen, scheint die stereoskopisch gesehene Kugel aus entfernter Lage zu uns zu schwingen. Sie befindet sich erst weit hinter dem natürlich immer feststehenden Kreise, fliegt durch diesen mitten hindurch — nämlich in dem Moment, wenn beide Kugeln durch die Ruhelage gehen — und kommt dann nahe an uns heran. Das Umgekehrte findet natürlich statt, wenn sich die Kugeln einander nähern.“ Dieser Versuch wird von E. und G. als eine Demonstration dafür angesehen, dass das plastische Hervortreten oder Zurückweichen eines Punktes auf zwei stereoskopischen Bildern durch die parallaktische Verschiebung bedingt sei.

Dabei ist zunächst mit keinem Worte erwähnt, was denn geschieht, wenn man die Kugeln, ohne die Kreise auf den Hintergrund gezeichnet zu haben, schwingen lässt und binocular vereinigt. Tut man dies, so hat man ganz dieselbe Erscheinung wie früher, nämlich die einer in der Medianebene des Beschauers schwingenden Kugel. Auch dann, wenn man weisse Kugeln vor schwarzem Grunde, welcher nicht das geringste Detail erkennen lässt, betrachtet, ändert sich an der Erscheinung nichts. Es sind auch an den Kugeln alle weiteren Erscheinungen, welche E. und G. erwähnen, ebenso zu bemerken, ob man nun auf den Hintergrund geometrische Figuren zeichnet oder nicht. Daraus geht schon hervor, dass es in G. u. E.'s Versuchen parallaktische Verschiebung der Kugeln gegen die Kreise mindestens nicht allein sein kann, welche die angegebene Erscheinung bedingt. Eine andere Ursache für dieselbe ist unschwer zu finden. Man vergegenwärtige sich die bei dieser Versuchsanordnung in Betracht kommenden Momente. Um die ruhenden Kugeln mit gekreuzten Gesichtslinien zu vereinigen, muss man bei den oben erwähnten Dimensionen die Sehachsen der beiden Augen in einem ziemlich nahe gelegenen Punkte kreuzen. Setzt man nun die Kugeln in Bewegung, so dass sie gegeneinander schwingen, so entstehen sofort Doppelbilder derselben, wenn man den Kreuzungspunkt der Gesichtslinien beibehält, was durch ein daselbst aufgestelltes Fixierzeichen leicht erreicht werden kann. Bemüht man sich aber, die pendelnden Kugeln in allen Phasen ihrer Schwingungen binocular vereinigt zu halten, dann muss man die Richtung der Sehachsen zu einander fortwährend ändern. Das lässt sich übrigens durch Betrachtung der Augen einer so handelnden Person oder durch geeignet aufgestellte Visierzeichen (am besten

feine Nadeln) während der eigenen Beobachtung der Kugeln genau feststellen. Je mehr sich die Kugeln einander nähern, um so mehr rückt der Kreuzungspunkt der Gesichtslinien vom Beobachter ab und umgekehrt. Nun ist gerade für den Fall der haploskopischen Betrachtung zweier identischer Objekte die Konvergenzstellung der Augenachsen von hervorragender Bedeutung für die Vorstellung von der räumlichen Entfernung des binocular gesehenen Bildes. Das zeigen unter anderem in sehr deutlicher Weise die sogenannten Tapetenbilder (Helmholtz²⁾, welche ich³⁾ vor kurzem einer genaueren Untersuchung unterworfen habe. Bei diesen sowie einer Reihe anderer, schon aus früherer Zeit über diesen Gegenstand vorliegenden Untersuchungen (Donders, Aubert) zeigt sich, dass das Bild zweier mit konvergenten Sehachsen vereiniger identischer Objekte um so kleiner und näher zu sein scheint, je grösser der Konvergenzwinkel ist. Für Tapetenbilder habe ich gefunden, dass die so gewonnenen Bilder sicher in den Konvergenzpunkt selbst verlegt werden. Das gilt, wie mir scheint, auch für nur zwei identische Objekte, welche mit gekreuzten Sehachsen stereoskopisch vereinigt werden, zum Beispiel für unsere an Fäden hängenden Kugeln. Das binocular stereoskopisch gesehene Kugelbild ist viel kleiner und näher als die einzelne richtig binocular betrachtete Kugel. Ändert man nun, indem man mit gekreuzten Sehachsen den gegeneinander schwingenden Kugeln folgt, stetig den Konvergenzwinkel so ändert sich auch die scheinbare Entfernung und Grösse des so gesehenen Kugelbildes. Dasselbe erscheint grösser und entfernter bei kleinerem Konvergenzwinkel, kleiner und näher bei grösserem. Es wird also immer grösser und entfernt sich scheinbar vom Beobachter immer mehr, je mehr sich die Kugeln einander nähern und umgekehrt. Es entsteht also, indem der Beobachter gezwungen ist, mit dem Konvergenzpunkt zu wandern, der Eindruck, also würde die Kugel in der Medianebene des Beobachters schwingen. Dabei bewegt sie sich scheinbar gleichsinnig mit dem Kreuzungspunkte der Sehachsen.

Während eines solchen Versuches ändert sich also weder die Lage der Kugeln zu anderen in ihrer Nähe befindlichen Objekten, d. h. es gibt hier keine parallaktische Verschiebung, noch ändert sich die Grösse der Netzhautbilder oder die Akkomodation. Die Ursache für die eigentümliche, in Rede stehende Erscheinung ist also einzig die stetige Änderung des Konvergenzwinkels. Dabei ist hervorzuheben, dass es durchaus keiner be-

²⁾ H. v. Helmholtz, Hdb. d. physiologischen Optik. I. Aufl. S. 652 II. Aufl. S. 798.

³⁾ R. H. Kahn, Über Tapetenbilder. Arch. f. Anat. u. Physiol. (Physiol. Abt.) 1907.

deutenden Elongationen der schwingenden Pendel bedarf, um die Erscheinung hervorzurufen. Schon ein sehr geringes Wandern des Konvergenzpunktes genügt um den Eindruck der in der Medianlinie zum Beschauer schwingenden Kugel zu erzielen. Gibt man nun den Kugeln eine so geringe Elongation, dass bei ruhendem Konvergenzpunkte keine Doppelbilder mehr entstehen (wegen des relativ bedeutenden Kugeldurchmessers), so ist die Erscheinung kaum mehr wahrzunehmen. Es ist also auch die Möglichkeit fast ausgeschlossen, dass in unseren Versuchen bei geringer Elongation eine sehr geringe Disparation zu Unterschieden in der Tiefenwahrnehmung führt. Vielmehr ist es nur die Änderung der Konvergenzstellung der Augen, welche die beschriebene Erscheinung verursacht.

Nun lässt sich genau dasselbe beobachten, wenn man knapp hinter die Kugeln geometrische Figuren, etwa Kreise auf den Hintergrund zeichnet. Es ist aber nicht notwendig geschlossene Figuren zu verwenden. Bringt man hinter und knapp über den Kugeln einen langen schmalen Strich horizontal an, so dass weder der Grund noch der lange gerade und schmale Streifen irgend welche Details erkennen lassen, so scheint die mittlere Kugel unter dem Streifen zu schwingen indem sie bald vor, bald hinter demselben erscheint. Die Anbringung des Streifens auf dem Hintergrunde hat hier nur die Bedeutung, dass damit eine Ebene von in der Vorstellung bestimmter Entfernung gegeben erscheint, deren scheinbare Entfernung sich bei wechselnder Konvergenzstellung der Augen nicht ändert. Dasselbe erreicht man durch Aufzeichnung von zwei Kreisen hinter den Kugeln. Dabei erscheinen mir schon bei geringer Elongation der schwingenden Kugeln, diese oder die Kreise in Doppelbildern je nachdem ich den Konvergenzpunkt beibehalte oder nicht. Dass diese Doppelbilder zur Tiefenwahrnehmung ausgenutzt werden, scheint mir sehr fraglich zu sein. Sicherlich aber ist eine Parallaxe der Kugeln gegen die Kreise nicht das Moment, welches in dem vorliegenden Falle die scheinbare Änderung der Entfernung der schwingenden Kugel bedingt. Dazu ist die Verschiebung der Kugeln von den Kreisen viel zu gross. Nun lässt sich diese zwar recht klein machen und auch dabei tritt unsere Erscheinung sehr schön hervor. Ein im Konvergenzpunkte aufgestelltes feines Visierzeichen erscheint, indem man die Kugeln scharf betrachtet in Doppelbildern, die Kreise aber nicht, weil ihre Dicke zu gross ist, als dass die geringfügige Disparation derselben wahrgenommen werden könnte. Hier könnte natürlich behauptet werden, dass die Ursache der Täuschung in der Tiefenwahrnehmung eine echte stereoskopische Parallaxe der Kugeln gegen die Kreise sei. Aber auch bei sehr geringen Elongationen der schwingenden Kugeln

wechselt der Konvergenzpunkt, wie das daselbst aufgestellte Visierzeichen erweist, indem es jeweils in Doppelbildern erscheint, und auch hier ist die Art des Hintergrundes für das Zustandekommen der Erscheinung ohne Bedeutung. Sobald der Konvergenzpunkt wandert, schwingt die mittlere Kugel in der Medianlinie, bei jeder Elongation, mit oder ohne Kreise hinter den Kugeln. Aus dem bisher Erörterten geht hervor, dass nur für den Fall einer sehr kleinen Elongation nicht direkt in Abrede gestellt werden kann, dass die Anbringung von Kreisen hinter den pendelnden Kugeln die Wirkung des Wechsels des Konvergenzpunktes durch stereoskopische Parallaxe unterstützt. Obzwar bei E. und G. über die Grösse der Elongation der Pendelschwingungen Nichts gesagt ist, geht doch mit Sicherheit aus dieser Mitteilung hervor, dass solche kleine Elongationen nicht gemeint sind. Denn als einen besonderen Nebenumstand heben E. und G. das scheinbare Kleinerwerden der mittleren Kugel bei ihrer scheinbaren Annäherung hervor. Das ist bei sehr geringer Elongation kaum zu bemerken, tritt aber bei etwas grösserer überraschend hervor. Diese Verkleinerung ist sicherlich, wie auch G. und E. meinen, hier (sowie bei allen Versuchen der Vereinigung identischer Bilder mit stark konvergenten Sehachsen) durch das Ausbleiben der sonst bei Annäherung eines Gegenstandes erfolgenden Vergrösserung des Netzhautbildes zu erklären. Die Bildgrösse auf der Netzhaut ist gewiss ein wichtiges Moment für die Beurteilung der Grösse und im Vereine mit Parallaxe und Konvergenzstellung der Augen für die Vorstellung von der Entfernung gesehener Objekte. Indessen ist mir kein einziger Versuch bekannt, welcher den Einfluss der Grösse der Netzhautbilder isoliert zur direkten Anschauung bringen würde. Mit unseren pendelnden Kugeln ist nun ein solcher mit grosser Schönheit anzustellen. Betrachtet man die Kugeln wie vorher mit konvergenten Gesichtslinien und lässt dieselben derartig pendeln, dass sie in gleichen Phasen genau in den durch die Aufhängefäden und die Gesichtslinien bestimmten Ebenen, also die rechte Kugel gegen das linke Auge, die linke gegen das rechte sich bewegen, so nimmt man eine mittlere Kugel wahr, welche ihren Ort scheinbar nicht verändert, aber fortwährend pulsiert. Sie wird, wenn die beiden schwingenden Kugeln sich dem Beobachter nähern, immer grösser und, wenn sich diese entfernen, immer kleiner. Dabei ist die scheinbare Volumsänderung überraschend gross. Die Kugel behält ihren scheinbaren Ort vollkommen bei, nur bei sehr starker Elongation der pendelnden Kugeln scheint sich, da dieselben ja einen Teil eines Kreises beschreiben, der Aufhängefaden bei der Verkleinerung und Vergrösserung um ein Geringes zu verkürzen. Bei diesem Versuche ändert sich nur die Grösse der

Netzhautbilder. Daher ist er eine ganz reine Demonstration für die Bedeutung derselben für die Grössenschätzung.

Als einen weiteren auffallenden Nebenumstand geben E. und G. an, dass die median schwingende Kugel keine Pendelschwingungen ausführt, sondern dass sie sich viel langsamer bewegt, wenn sie sich vor der Ebene des Kreises befindet, als wenn sie hinter dieser schwingt, und dass in Übereinstimmung damit der von ihr zurückgelegte Weg hinter den Kreisen bedeutend grösser ist (soll heissen erscheint) als vor ihnen. „Die parallaktischen Verschiebungen sind gleich gross, ob sich die Kugeln nun auf ihrem Wege zwischen den Mittelpunkten der beiden festen Kreise befinden, oder weiter nach rechts und links ausserhalb derselben. Die Bedeutung der parallaktischen Verschiebung ist aber in beiden Fällen eine ganz andere, da sie in Wirklichkeit mit der grösseren Entfernung des Gegenstandes mehr und mehr abnehmen müsste.“ Diese Erscheinung kann ich nicht sehen. Trotz der verschiedenartigsten Variationen der Versuchsbedingungen (Entfernungen, Elongationen, Schwingungsdauer) habe weder ich, noch andere, denen ich diese Versuche zeigte, die beschriebene Erscheinung wahrgenommen. Die Kugel macht für meine Augen Pendelschwingungen. Manche Beobachter, denen ich den Versuch vorführte, neigten bei genauer Beobachtung anfänglich der Ansicht zu, die Kugel schwinde bei ihrer scheinbaren Annäherung, also vor der Ebene, in welcher ihr Ruhepunkt vorgestellt wird, etwas rascher, was wohl als Täuschung infolge der Anstrengung bei der starken Konvergenz aufgefasst werden kann. Ich selbst habe diese Täuschung nicht.

Aus der vorstehenden Erörterung geht also hervor, dass die mit stark konvergenten Sehachsen vereinigten pendelnden Kugeln als Demonstrationsobjekte für die Bedeutung der stereoskopischen Parallaxe mindestens ein schlecht gewähltes Beispiel sind. Vielmehr stellen sie eine schöne Versuchsanordnung zur Demonstration der Tatsache dar, dass die Konvergenzstellung der Augen ein nicht zu unterschätzender Faktor bei der binocularen Beurteilung der Tiefendimension ist, und der sonst nicht rein zur Darstellung zu bringenden Bedeutung der Grösse der Netzhautbilder für die Schätzung der Grösse gesehener Objekte, deren Entfernung in der Vorstellung bestimmt ist.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Lotos - Zeitschrift fuer Naturwissenschaften](#)

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: [56](#)

Autor(en)/Author(s): Kahn R.W.

Artikel/Article: [Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes 125-130](#)