

Der Einfluss der Accommodation auf die Wahrnehmung von Tiefenunterschieden.

Von

L. E. W. van Albada,
Lieutenant der Infanterie in Kampen (Holland).

Mit 1 Figur im Text.

Als Liebhaber der Stereoskopie, der Untersuchung ihrer physiologischen Grundlagen beflissen, erlaube ich mir an dieser Stelle etwas über meine Erfahrungen mitzutheilen. Zugleich bitte ich um Entschuldigung für die Mängel und Unvollkommenheiten, die nothwendigerweise die Arbeit eines Laien kennzeichnen, wenn sie darum hoffentlich doch nicht ganz werthlos sein wird.

Es hat meine Aufmerksamkeit erregt, dass u. m. der Einfluss der Accommodation auf die Wahrnehmung von Tiefenunterschieden noch nicht streng einwandsfrei festgestellt scheint und dass die zu diesem Zwecke bisher angestellten Versuche nicht immer die Einwirkung anderer Umstände, die möglicherweise unser Urtheil über Tiefenunterschiede ebenfalls beeinflussen, ausgeschlossen haben.

Von diesen Versuchen erwähne ich speciell die, welche Wundt und v. Helmholtz angestellt haben. Beide kamen auf verschiedenem Wege zum Schlusse, dass die Accommodation unser Tiefenurtheil merklich beeinflusse, während vorher Wheatstone diesen Einfluss ganz geleugnet hatte.

Zur Untersuchung der Genauigkeit, mit welcher wir mittels der Accommodation Entfernungsunterschiede schätzen, hängte Wundt einen schwarzen verticalen Faden vor einem weissen Hintergrunde auf, so dass der Faden längs eines unsichtbaren horizontalen Stabes näher und weiter verschiebbar war. Der Beobachter sah mit einem Auge durch ein Loch in einem Schirme und schätzte die Entfernungen des Fadens, die durch einen Gehilfen jedes Mal geändert wurden.

Ist bei diesem Versuche jede Mitwirkung anderer Generatoren des Tiefenurtheils ausgeschlossen?

Ich glaube nicht ganz und gar, denn obgleich der Faden eine sehr geringe Dicke hat, wird doch jedenfalls sein Bild auf der Netzhaut bei jeder Annäherung dicker; wenn man auch annimmt, die

Dicke des Bildes bleibe kleiner als der Durchmesser eines Zapfens, so könnte doch durch die zunehmende Verdunkelung der einzigen verticalen oder zweier benachbarter Zapfenreihen eine Annäherung des Fadens erkannt werden.

So auch die Erkennung mehrerer Einzelheiten.

Zweitens ist auch die Mitwirkung des geschlossenen Auges nicht aufgehoben, denn dasselbe ändert fortwährend seine Convergenz und unterstützt unser Urtheil über die Entfernung, ja es ist selbst denkbar, dass die Convergenz, wie sie auch entstehen mag, das Urtheil geradezu beherrscht.

Die Versuche Hering's über die Richtung des (binocularen) Sehens haben schon gelehrt, wie die Convergenzänderung des geschlossenen Auges das Urtheil über eine veränderte Richtung bestimmen kann.

Es bleibt aber eine Frage, ob die Convergenzänderung entweder als eine Folge der Accommodationsänderung zu betrachten sei oder ob schon aus anderen Ursachen sich eine Vorstellung der Entfernung gebildet habe, der die Convergenz sich anzupassen bestrebt.

Gehen wir von der ersteren Annahme aus, so würde die Accommodationsänderung oder die Aenderung ihrer Innervation zwar die erste Veranlassung zur Urtheilsänderung sein, aber doch in der folgenden Convergenz das Mittel finden, die Entfernungsunterschiede in ziemlich bestimmter Weise zu registriren.

Der v. Helmholtz'sche Versuch beruht auf dem Accommodationsunterschied für verschiedene Farben, z. B. Blau und Roth, der etwa 1 bis $1\frac{1}{2}$ D beträgt. Am geschlossenen Ende eines cylinderförmigen Rohres befinden sich zwei verticale Spalten, deren eine mit einem rothen und deren andere mit einem blauen Glase bedeckt sind. Der rothe Spalt schien v. Helmholtz etwas näher als der blaue, aber diese Vorstellung entstand erst dann genügend deutlich, nachdem er den rothen Streifen etwas breiter gemacht hatte.

Aus der Beschreibung in v. Helmholtz' Handbuch der physiologischen Optik geht nicht hervor, ob er mit einem oder mit zwei Augen nach den Streifen blickte.

Hatte er ein Auge geschlossen, so könnte die, durch den Accommodationsunterschied hervorgerufene Convergenzänderung, des geschlossenen Auges anstatt des Accommodationsunterschiedes selbst die Vorstellung der grösseren Nähe gebildet haben. Und hatte er mit beiden Augen zugleich wahrgenommen, so wäre doch die Convergenz für beide Spalten nicht die gleiche, wenn auch deren Entfernung dieselbe war.

Die Untersuchung nämlich, welche Dr. Einthoven auf Veran-

lassung von Donders darüber angestellt hat, hat erwiesen, dass die Hauptursache dieser bekannten Erscheinung in einer rein stereoskopischen Wirkung zu suchen ist, welche darin ihren Grund findet, dass die beiden Netzhautbilder eines rothen Punktes wegen der ge-

ringeren Brechbarkeit dieses Lichtes und der ausser-axialen Lage der Fovea sich weiter nach aussen befinden, also eine grössere Querdissparation haben, als die eines in derselben Entfernung befindlichen blauen Punktes. Zur Fixation des rothen Punktes gehört also eine grössere Convergenz als für die des blauen Punktes, und daher erscheint uns auch der rothe Streifen näher als der blaue.

Dieser Umstand erklärt auch, warum die Erscheinung bei Personen mit verschiedenen gebauten Augen sich in übereinstimmender Weise ändert, ja sogar umgekehrt sein kann.

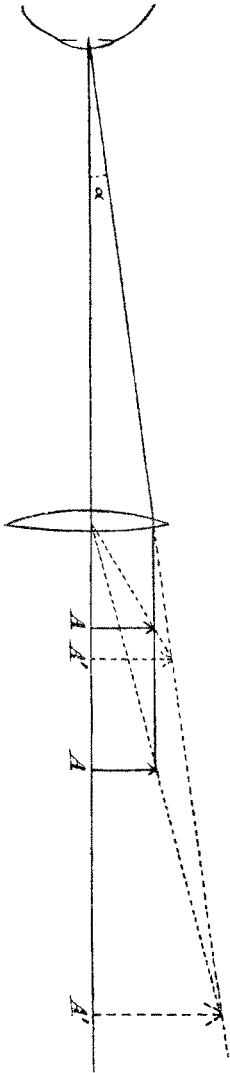
Nunmehr erhebt sich die Frage, in welcher Weise der Versuch anzuordnen sei, damit nur die Accommodation allein sich ändert und sowohl die Convergenz als die Grösse des Netzhautbildes immer dieselbe bleibt, denn nur dann darf man die Verschiedenheiten in der Tiefenwahrnehmung hauptsächlich auf Rechnung der Accommodationsänderungen setzen.

Um diese Bedingungen möglichst zu erfüllen, habe ich meinen Versuch in folgender Weise angestellt:

Ich zog die beiden Tubi eines Doppelfernrohres (Opernguckers) so weit als möglich aus, entfernte die negativen Oculare und verlängerte die Tubi durch Pappröhren so weit, bis meine Augen sich gerade in den Brennpunkten der beiden Objective befanden, wenn ich die Enden der Röhren gegen die Stirn anlegte.

Einen Gehilfen liess ich ein gewöhnliches Stereoskopbild (Glasdiapositiv), dessen Lateralabstände nicht grösser waren, als die des Opernguckers, vor den letzteren halten und ohne mein Wissen innerhalb der Aussenbrennweite entfernen oder nähern.

Da ich Hypermetrop bin von 2 D und mich bei parallelen Gesichtslinien noch einer Accommodationsbreite erfreue von etwa 6 D, konnte ich meine Versuche über sehr beträchtliche Accommodationsunterschiede ausdehnen, wobei Convergenz und Bildgrösse stets unver-



ändert blieben. Zur Erläuterung dieses Princip's dient die nebenstehende Figur.

In welcher Entfernung das Object A sich auch befindet, das im Brennpunkte befindliche Auge sieht das virtuelle Bild A' stets unter dem gleichen Winkel α , aber die Accommodation ändert sich je nach der Entfernung von A' vom Nahepunkt bis zum Fernpunkt.

Weil also an dem Netzhautbild sich nichts ändert (abgesehen von der zu vernachlässigenden Lagenänderung des Knotenpunktes des Auges), so bleibt auch die Convergenz für jeden Punkt des Stereoskopbildes die gleiche.

Merkwürdigerweise bemerkt man dennoch deutlich, wie das Bild sich abwechselnd entfernt und zugleich scheinbar ausdehnt, oder sich nähert und verkleinert, je nachdem der Gehilfe das Stereoskopbild entfernt oder nähert. Dass die Bildgrösse stets dieselbe bleibt, davon überzeugt man sich leicht, indem man immer einen gleich grossen Theil des Bildes innerhalb des Linsenrandes sieht.

Offenbar sind es nun die Unterschiede der Accommodation oder die ihrer Innervation, welche den Eindruck der sich verändernden Entfernung hervorrufen. Dass wirklich die Vorstellung von der Entfernung eine andere wird und nicht zuerst die der Bildgrösse, geht daraus hervor, dass die scheinbare Vergrösserung mit der Vorstellung einer Entfernung zusammengeht, da doch sonst eine scheinbare Vergrösserung eben die Empfindung einer Annäherung hervorruft¹⁾. Zu bemerken war, dass die scheinbaren Aenderungen am lebhaftesten empfunden wurden, während die Bewegungen des Stereoskopbildes mit einer gewissen gleichmässigen Schnelligkeit und über der ganzen Accommodationsbreite hin und her ausgeführt wurden.

Von Interesse wäre es, die Versuche Wundt's in dieser Anordnung systematisch zu wiederholen.

Ich theilte auch das Diapositiv durch einen Horizontalschnitt in eine obere und untere Hälfte, brachte die untere Hälfte ziemlich nahe heran und die obere in den Fernpunkt, so dass ihre Netzhautbilder

¹⁾ Diese merkwürdige wechselseitige Beziehung zwischen scheinbarer Grösse und Entfernung, wobei bald erstere die zweite, bald letztere die erste bestimmt, je nachdem die erste oder die zweite in unserer Vorstellung überwiegt, giebt zu sehr interessanten Versuchen und Erscheinungen Anlass, worauf näher einzugehen für heute zu weit führen würde. Auch will es mir vorkommen, dass obenstehende Versuchsanordnung mit Vortheil zu benützen ist zu einer subjectiven physiologischen Bestimmung der Sehschärfe und der Refraction mittels verkleinerter Diapositive der Optotypi, wobei auch zweckmässige Convergenzänderungen herbeizuführen wären.

wie vorher ein ununterbrochenes Ganzes bildeten, jedoch mit verschiedener Accommodation. Als ich versuchte, die unteren Hälften der Baumstämme mit den oberen Hälften zu verschmelzen, entstand ein eigenthümlicher Wettstreit, wobei es schwer zu entscheiden war, ob die oberen Hälften sich wirklich weiter entfernt zeigten als die unteren.

Sehr schön und deutlich empfindet man die Entfernungsunterschiede, wenn ein Auge geschlossen wird. Das geschlossene Auge ändert dann sehr merklich seine Convergenz nach der sich ändernden Accommodation, wie man sofort feststellt, wenn man das zweite Auge auch öffnet, aber die eine Linse mit einem dünnen weissen Papierblatt bedeckt, so dass eine binoculare stereoskopische Vereinigung verhindert wird. Das zweite Auge folgt dann den Bewegungen des Bildes, obgleich es dasselbe nicht sieht, was durch die seitlichen Verschiebungen des weissen Papierkreises bemerkbar wird. Es sind eben die hier auftretenden Convergenzänderungen, welche die Deutlichkeit der Empfindung erheblich stärker machen, als bei constant bleibender Convergenz.

Bei diesen Versuchen trat auch noch eine überraschende Nebenerscheinung auf, deren Bedeutung nach meiner Meinung bei der Beurtheilung von Farben bisweilen nicht zu unterschätzen ist. Wenn ich mit dem linken Auge durch das Fernrohr nach einer weissen Wand blickte, erschien das Bildfeld in einer leichten rosa Farbe, das rechte Auge sah es hingegen leicht grünlich entweder mit oder ohne Fernrohr. Die Mischung beider Felder ergab weiss, und nur wenn ich durch starke Convergenz die beiden Felder aus einander rückte, sah ich beide in verschiedenen Farben neben einander. Nach mehreren Versuchen konnte ich feststellen, dass dies verursacht wurde durch das von der rechten Seite hereinfallende Tages- oder Lampenlicht, das durch die Sklera ins rechte Auge drang und das ganze innere Gesichtsfeld auffallend grünlich färbte. Das linke Auge hingegen, das durch den Nasenrücken gegen von rechts einfallendes Licht geschützt war, sah Alles in einem leichten rosafarbenen Ton, der stark von dem des rechten Auges verschieden war.

Wenn ich mich umwandte, so kehrte sich auch diese Erscheinung um, aber es dauerte ziemlich lange, ehe die Umkehrung vollkommen war.

Zuletzt sei noch die indirecte, aber in ihren Folgen wichtige Rolle erwähnt, welche die Accommodation bei der durch starke Convergenz erhaltenen binocularen Vereinigung zweier gleichen Tapetenbilder an einer etwa 3 m entfernten Zimmerwand spielt.

v. Helmholtz theilt mit, dass das Urtheil über die Entfernung,

in welcher das combinirte Bild sich zeigt, etwas Unbestimmtes hat, wie vor uns in der Luft schwebend, während Donders es in die Entfernung des Kreuzungspunktes der Gesichtslinien verlegt.

Halten wir z. B. einen Bleistift in den Kreuzungspunkt der Convergenzlinien, so dass er einfach erscheint, so sind die Tapetenbilder nichts Anderes als Doppelbilder, die zufälligerweise einander überdecken. Nach anderen Versuchen v. Helmholtz's und Hering's verlegen wir aber die Doppelbilder in die richtige Entfernung des zugehörigen Objectes, so dass auch das zufällig combinirte Tapetenbild in seiner wahren Entfernung erscheinen sollte.

Diese Angaben stimmen nicht ganz überein und um so weniger, weil Jedermann darüber einig ist, dass das combinirte Tapetenbild, trotz gleichbleibender Bildgrösse, bedeutend kleiner erscheint als das wie gewöhnlich angeschaute einzelne Tapetenbild.

Dieser Mangel an Uebereinstimmung lässt sich vielleicht dadurch theilweise beseitigen, dass es einen grossen Unterschied macht, ob man für das Tapetenbild accommodirt oder für den Bleistift. Accommodirt man für das Tapetenbild, so dass der Bleistift unscharf erscheint, dann hat die scheinbare Entfernung der Tapetenwand etwas Unbestimmtes; es scheint sich verkleinernd hinten gegen den Bleistift anzulegen und zwischen Bleistift und Tapetenwand ist kaum ein Entfernungsunterschied merkbar.

Nichts desto weniger behalten wir aber für beide eine richtige Vorstellung ihrer wahren Entfernung bei, etwa wie beim monocularen Sehen.

Sobald man aber für den Bleistift accommodirt (also ohne Convergenzänderung), so tritt plötzlich die Wand zurück und zugleich der grosse richtige Entfernungsunterschied auf, weil es für die normale Tiefenempfindung nun gar keinen Unterschied macht, ob die Doppelbilder einer 3 m entfernten Wand bei der Fixation eines naheliegenden Gegenstandes einander zufälligerweise überdecken oder nicht.

Hieraus geht hervor, dass die Rolle, welche die Accommodation jetzt spielt, nur eine indirecte und der normalen gerade entgegengesetzte ist, weil trotz gleichbleibender Convergenz bei stärkerer Accommodationsanstrengung eine grössere Tiefe für die Wand wahrgenommen wird als bei schwächerer Accommodation.

Die Accommodation selbst ist deshalb auch nicht als die active Ursache zu betrachten; ihre Aenderung ermöglicht nur das harmonische Wiederauftreten aller normalen Functionen der Tiefenwahrnehmung, welche zuerst zum Theil in ein disharmonisches Verhältniss zu einander gesetzt waren.
