

Parallaktische Verschiebung und Scheinbewegung in Sammelbildern binokular verschmolzener Halbbilder.

Von

Dr. Weinhold
in Plauen.

Mit 2 Figuren im Text.

In Band LVIII, Heft 4, S. 202 des Archivs für Ophthalmologie hatte ich versucht darzulegen, dass die bei Bewegungen der sog. Stereographenbilder auftretenden scheinbaren paradoxen Bewegungen physikalisch notwendig bedingt und ausreichend erklärt seien. In Bd. LIX, Heft 1, S. 189 erhebt Heine gegen diese Erklärung einige Einwände, durch die aber, wie ich glaube, meine Erklärung nicht widerlegt, hingegen zum Teil bestätigt wird. Heine gibt zu, dass durch die binokulare Projektion „auf die neue, durch die Bilddrehung gewonnene Ebene Verzerrungen in der Plastik des körperlichen Sammelbildes eintreten können und zwar im selben Sinne, wie die in Frage stehenden Scheinbewegungen“. Hierzu sei aber bemerkt, dass es sich dabei gar nicht um Können, sondern um Müssen handelt. Denn, wie ich in meiner kleinen Untersuchung: „Über Entfernungsvorstellungen bei binokularer Verschmelzung von Halbbildern“, Graefe's Archiv für Ophthalmologie, gelegentlich erwähnt habe, liegt das Sammelbild zweier durch binokulare Verschmelzung einfach gesehener Punkte auf dem Schnittpunkt der Gesichtslinien der beiden auf je einen Punkt gerichteten Augen. Infolge der geradlinigen Fortpflanzung des Lichtes ist dies ja nicht anders möglich. Die erwähnte Verzerrung in der Plastik bei schiefer Betrachtung der Halbbilder kann nicht nur, sondern sie muss eintreten, wie aus der in meiner erstgenannten Arbeit, S. 203, gegebenen Konstruktion ersichtlich ist, und zwar mit derselben Notwendigkeit, mit der bei normaler Betrachtung der Bilder richtige plastische Verhältnisse eintreten. Betrachten wir z. B. (vgl. obenstehende Fig. 1) die gleich weit von der Mittellinie mc , aber verschieden weit von der Verbindungslinie $Osin$ Od unserer Augen entfernten Punkte a und b

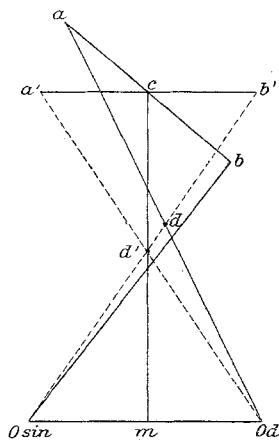


Fig. 1.

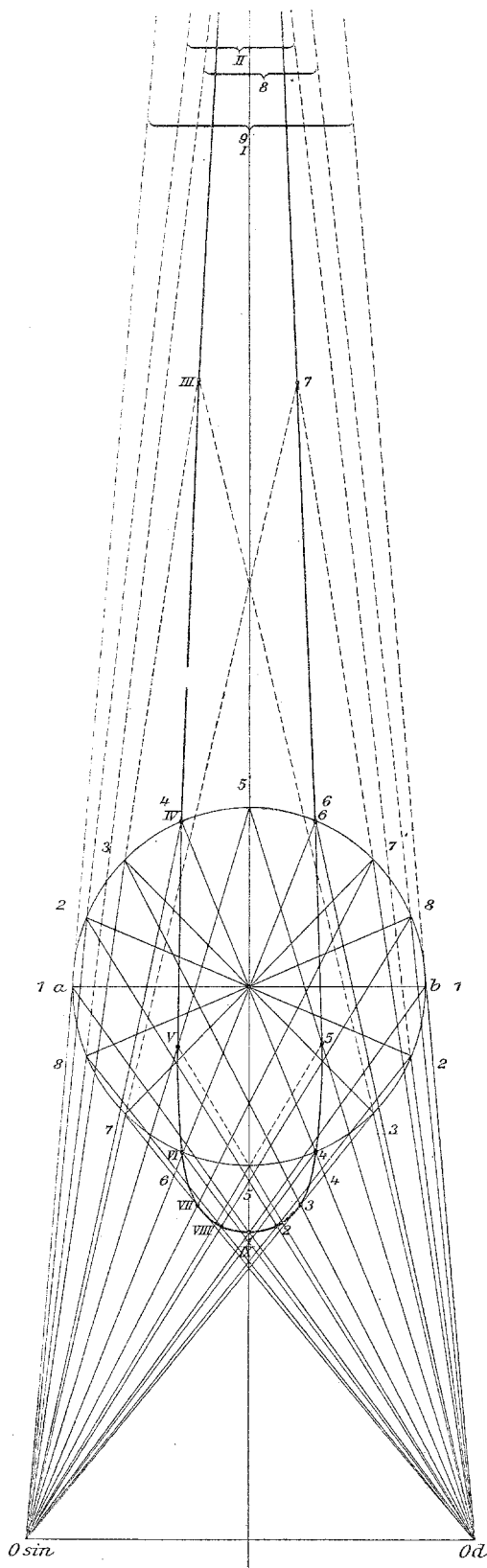
mit so stark gekreuzten Gesichtslinien, dass die innern Doppelbilder zur Deckung kommen, so liegt das Sammelbild d rechts von der Mittellinie mc , auf der Seite, wo das dem Beobachter näher gelegene Ende von ab sich befindet, während bei Stellung der Linie ab parallel Od O in das Sammelbild auf der Mittellinie (in d') liegen würde. Die erstere, schräge Stellung von ab bedeutet also für den Beobachter eine seitliche Lage des Sammelbildes, ohne dass er eine Bewegung und damit die „Wahrnehmung keiner parallaktischen Verschiebung“ gemacht hat. Dass das Vermissen der parallaktischen Verschiebung bei Drehung der Bilder zur Erklärung der Scheinbewegung nicht ausreicht, ist schon dadurch wahrscheinlich, dass die meisten Menschen diese zeitlebens bei jeder geringsten Bewegung des Kopfes auftretende Erscheinung der parallaktischen Verschiebung gar nicht oder höchstens von Eisenbahnfahrten her kennen und selbst, wenn sie dieselbe kennen, erst durch Versuche darüber belehrt werden müssen, ob dabei der nähere oder der fernere Gegenstand die gleichsinnige und der andere die entgegengesetzte Bewegung zeigt. Dass eine so alltägliche Erfahrung missdeutet und ganz übersehen werden kann, macht es schon an und für sich nicht sehr wahrscheinlich, dass sie, wenn einmal wirklich fehlend, sogleich als ihr Gegenteil empfunden und gedeutet werden sollte. Wenn aber nicht die bei Schiefstellung der Bilder veränderten physikalischen Verhältnisse, sondern nur das psychische Moment des Vermissens der parallaktischen Verschiebung das Zustandekommen der Scheinbewegung bewirken sollte, so müsste diese auch auftreten bei Bewegung von unokular betrachteten Halbbildern oder überhaupt von (nicht stereoskopischen) Bildern. Man darf hiergegen nicht einwenden, dass man in diesen Bildern überhaupt nicht wirklich plastisch sieht; denn wäre die rein psychologische Erklärung für das Zustandekommen der scheinbaren parallaktischen Verschiebung ausreichend, dann müsste diese auch bei Bewegung gewöhnlicher Bilder auftreten, da wir auch diese psychisch als plastisch deuten. Dass die Verschiebung aber nur bei schief gesehenen stereoskopischen Bildern auftritt, liegt eben daran, dass wir diese nicht nur auf psychischem Wege plastisch deuten, sondern sie wirklich plastisch sehen, da, wie oben angedeutet, die Sammelbilder von den ihnen zu Grunde liegenden Halbbildern räumlich, nach allen drei Dimensionen, entfernt sind und zwar in ganz verschiedenem Masse, je nach der Grösse ihrer Disparation und der Entfernung und der Pupillardistanz des Beobachters.

Bei allen derartigen, wie den angestellten Untersuchungen müsste man eigentlich die Bezeichnung „scheinbare Bewegung“ vermeiden, weil dadurch subjektive Momente herbeigezogen werden, die psychologische Deutungen herauszufordern scheinen, wo rein objektive, geometrische am Platze sind. Die Parallaxe ist ein Winkel, der die Beziehungen zwischen dem Orte eines gesehenen Gegenstandes und den verschiedenen Orten des Beobachters angibt; bei parallaktischen Verschiebungen kommt es also nur auf die rein geometrischen Beziehungen des jeweiligen Standpunktes des Beobachters zu dem des Objektes an und nicht auf den Beobachter selbst oder seine psychologischen Beziehungen zu jenem. Natürlich sind die parallaktischen Verschiebungen, d. h. die durch Änderung der Parallaxe eintretenden scheinbaren Bewegungen, ebensowenig wirkliche Bewegungen, wie die bei Annäherung eines Gegenstandes an den Beobachter eintretende Vergrößerung

ein wirkliches Wachstum ist. Dort die Bewegung, hier das Wachstum ist scheinbar, ist durch stetige Änderung geometrischer Grössen bedingt, gleichviel ob der Beobachter als psychisch tätiger Mensch oder als mathematischer Punkt gedacht ist.

Heine wendet ferner ein, dass bei Bewegungen um die horizontale Achse die Verschiebungen gleichfalls eintreten, eine optisch-konstruktive Erklärung aber hierfür unmöglich sei, „da die Bilddifferenzen hier völlig fehlen“. Hier bin ich wohl von Heine dadurch missverstanden worden, dass ich a. a. O. S. 204 nicht ausdrücklich hervorgehoben habe, dass in Fig. 4 drei verschiedene Figuren in eine Ebene zusammengelegt sind, die jede auf die Ebene der Fig. 3 senkrecht stehen und zwar so, dass jedesmal die ausgezogenen, die gestrichelten oder die punktierten Linien einander entsprechen; dies besonders hervorzuheben, hielt ich für überflüssig. Unter Bilddifferenzen, „durch deren andersartige Projektionen beim Standpunktswechsel die Scheinbewegung bedingt sein könnte“, sind doch wohl die Differenzen zwischen den vor und nach den Drehungen des Bildes entstehenden Sammelbildern gemeint¹⁾. Diese Differenzen fehlen aber bei Drehung um eine wagerechte Achse durchaus nicht, sondern sind sehr bedeutend, wie doch wohl ohne weiteres aus der senkrecht in der Medianebene liegend zu denkenden Fig. 3, S. 205, hervorgeht. Dass in Fig. 3 der Punkt S durch Verschmelzung von I und L vor der Drehung, der Punkt S' durch Verschmelzung von I und L nach der Drehung entsteht, ist ausdrücklich vermerkt. Da die Sammelbilder S und S' in den Schnittpunkten der beiden Gesichtslinien nach L und I , bzw. L' und I' liegen, ist es natürlich, dass man, um ihren Abstand von der Verbindungslinie der Augen zu finden, „eine binokulare Projektion nötig hat“. Aus den Hilfskonstruktionen in Fig. 4, S. 205, geht hervor, was als selbstverständlich nicht besonders bemerkt wurde, dass LI parallel Od $Osin$ ist, mit andern Worten, dass die Kreise so betrachtet gedacht werden, dass sie querdissparat erscheinen. Der lineare Wert dieser Querdissparation bleibt natürlich auch bei allen Drehungen des Bildes um die Horizontale konstant, der Winkelwert ändert sich entsprechend dem Masse, in dem sich die obere bzw. untere Seite des Bildes den Augen des Beobachters nähert oder von ihnen entfernt. Der Einwand Heines, die Anwendung der Fig. 4 wäre nur statthaft für Menschen, „die zwei übereinanderstehende Augen haben“, ist dann hinfällig, da die Punkte L und I der Fig. 4 entsprechende querdissparate Punkte der unokular gesehenen querdissparaten Kreise (vgl. Fig. 5, S. 206) darstellen und somit Fig. 4 für Übereinanderstehen der Augen Od und $Osin$ falsch wäre. Würde aber auch bei solchem Stande der Augen das Bild Fig. 1, S. 202, entsprechend senkrecht gehalten, so wäre die Konstruktion der Fig. 4 überflüssig und Fig. 3 gleich Fig. 2 auf S. 203. Der erwähnte Einwand erklärt sich also wohl daraus, dass nicht berücksichtigt wurde, dass die Ebenen der Fig. 3 und 4 senkrecht aufeinanderstehen, was ich allerdings a. a. O., wie gesagt, nicht besonders betont habe.

¹⁾ Sollten die Differenzen zwischen den beiden Halbbildern gemeint sein, so ändert sich bei Drehung um die Horizontale auch deren Projektion, aber auf beiden Seiten gleichmässig, so dass eine Verschiebung des Sammelbildes in der Medianebene resultiert.



Weinhold.

Einen weitem Einwand erhebt Heine auf Grund der Tatsache, dass man nur die geringsten seitlichen Schüttelbewegungen mit dem Kopfe zu machen braucht, um aufs deutlichste die Scheinbewegung zu sehen. Er sagt: „Wäre diese im Sinne Weinholds physikalisch zu verstehen, so müsste sie als Funktion des Drehungswinkels eine zu- und abnehmende Geschwindigkeit zeigen und nicht schon unter den geschilderten Bedingungen fast das Maximum haben.“ Gemeint ist hier natürlich wohl nicht die Geschwindigkeit (= Weg dividiert durch Zeit) der Scheinbewegung, denn diese ist ja lediglich von dem Tempo abhängig, in dem der Beobachter seinen Kopf bewegt oder das Bild dreht, sondern das Verhältnis der Grösse des Drehungswinkels des Bildes zu der Grösse der seitlichen Verschiebung des Sammelbildes; mit andern Worten: bei fortgesetzter Zunahme des Drehungswinkels des Bildes müsste die seitliche Verschiebung des Sammelbildes zu- und wieder abnehmen. Dies tut sie nun tatsächlich auch, wie aus nebenstehender Fig. 2 zu ersehen, aber es ist durchaus kein Grund vorhanden, warum diese Zu- und Abnahme etwa der Winkeldrehung proportional sein sollte, und sie ist es auch keineswegs, wie ebenfalls Fig. 2 zeigt. In dieser Figur bedeuten $O \sin$ und $O d$ die beiden Augen des

Beobachters; betrachtet dieser die beiden Punkte a und b mit gekreuzten oder ungekreuzten Gesichtslinien so, dass sie zur Deckung kommen, so liegt das Sammelbild auf der Medianlinie, im erstern Falle diesseits, im andern jenseits der Linie ab . Dreht er nun die Linie ab rechts oder links herum, so rückt das Sammelbild der Punkte a und b auf die Seite. Der geometrische Ort aller Lagen des Sammelbildes ist eine zum Teil diesseits, zum Teil jenseits des Drehungspunktes, zur Hälfte rechts, zur Hälfte links der Medianlinie liegende geschlossene Kurve, deren jenseitiger Pol für den Fall, dass $ab = \text{der Pupillendistanz } Od \text{ } Osin$ ist, in der Unendlichkeit liegt. Wir sehen auch aus der Fig. 2, dass bei gleich grossen Winkeldrehungen der Linie ab die seitliche Abweichung des Sammelbildes von der Mittellinie zunächst ziemlich rasch wächst, dann aber sehr bald immer langsamer. Dies bestätigt und erklärt die Beobachtung Heines, dass die Scheinbewegungen schon bei geringen Drehungen „fast das Maximum haben“. Diese Beobachtung widerlegt also nicht, sondern stützt meine Behauptung, dass die seitlichen Verschiebungen des Sammelbildes durch die geometrisch-physikalischen Verhältnisse zureichend erklärt sind.

Die Fig. 2 lehrt noch mehr. Die Verzerrung in der Plastizität bei Drehungen des Bildes setzt sich zusammen aus der seitlichen Abweichung von der Medianlinie und aus der Abflachung des Sammelbildes. Die Tiefenwerte werden bei zunehmendem Drehungswinkel immer geringer, und gleich Null, wenn der Drehungswinkel dem Konvergenzwinkel komplementär ist, mit andern Worten, wenn die eine Gesichtslinie in die Bildebene fällt. Setzt man die Drehung noch weiter fort, so werden die Tiefenwerte negativ, das Relief kehrt sich so um, dass das Erhabene vertieft wird und umgekehrt, denn die vorher gekreuzten Blicklinien sind jetzt ungekreuzt oder die vorher ungekreuzten jetzt gekreuzt, und wir betrachten das Bild mit einem Auge, bei noch weiterer Drehung mit beiden Augen von der Rückseite. Dazu muss man natürlich durchsichtige Bilder benutzen, die man auch von der Rückseite betrachten kann, am einfachsten zwei senkrechte Drähte, die auf einem wagerechten, um eine in der Mitte zwischen den beiden Drähten befindliche senkrechte Achse drehbar ist. Damit kann man sich die in Fig. 2 dargestellte Verschiebung des Sammelbildes deutlich vor Augen führen.

Heine macht weiterhin den Einwand, es „sollte, wenn man den Bildern eine starke konvexe oder konkave Wölbung gibt, eine Änderung im Charakter der Scheinbewegung eintreten, da die binokulare Projektion jetzt, wo die Stellung der Augen den Bilddifferenzen gegenüber eine andere ist, auch eine andere sein muss. Von alledem ist jedoch nichts zu beobachten“. Nun, diese Beobachtung ist völlig richtig; es kann auch nicht anders sein, denn die durch die Krümmung des Bildes veränderte Projektion ergibt zwar natürlich ein verändertes Sammelbild; dies ist ausserordentlich deutlich zu beobachten, wenn man z. B. die von mir in der genannten Arbeit S. 202 gegebene Fig. 1 oder eins der Ringbilder in den Dahlfeldschen „Bildern für stereoskopische Übungen“ zu einem konvexen oder konkaven Halbcylinder mit senkrechter, wagerechter oder schräger Achse oder auch irgendwie wellenförmig zusammenbiegt, und die nun bei binokularer Verschmelzung entstehenden Sammelbilder sind in entsprechender Weise verbogene Ringe von sattelförmiger oder sonst welcher Gestalt. Aber bei Drehung des so

gebogenen Bildes um irgend eine Achse macht auch das verbogene Sammelbild ganz die entsprechenden gleichsinnigen Scheinbewegungen, wie bei den Drehungen des ebenen Bildes auftreten. Eine „Änderung im Charakter der Scheinbewegung“, d. h. eine Rückläufigkeit oder, im Verhältnis zur Drehungsrichtung des Bildes, Gegensinnigkeit der Bewegung kann erst dann eintreten, wenn die Krümmung des Bildes oder der Drehungswinkel oder beide so gross sind, dass man auf die Rückseite des Bildes blickt und die gekreuzten Blicklinien ungekreuzt werden. Durch der Fig. 2 auf S. 203 analoge Konstruktionen lässt sich auch dieses nachweisen, wenn man statt der Geraden AB und $A'B'$ nach den Augen zu konkave oder konvexe Halbkreise benutzt und auf diesen die entsprechenden Strecken als Bögen abträgt. Also auch hier bestätigt Heines Beobachtung meine Ansicht.

Ohne die Möglichkeit bestreiten zu wollen, „dass unsere Beobachtungsgabe für Verschiebungen in der Horizontalen überhaupt besser ausgebildet ist, als für solche in der Vertikalen“, glaube ich auch folgende Angabe Heines, dass „die Scheinbewegungen in der Horizontalen ausgesprochener sind, als in der Vertikalen“, physikalisch begründen zu können: um nämlich die Plastizität des Sammelbildes gleich Null werden zu lassen, bedarf es bei Drehung um die Horizontale einer Drehung von 90° , d. h. bis das Bild in die gemeinsame horizontale Blickebene fällt, bei Dehnung um die Vertikale dagegen nur einer Drehung von 90° minus dem Konvergenzwinkel, d. h. bis eine der beiden Gesichtslinien in die Vertikalebene des Bildes fällt; denn darüber hinaus wird nur noch mit einem Auge, also nicht mehr stereoskopisch gesehen; es genügt hier also ein geringerer Drehungswinkel, um die Tiefenwirkung aufzuheben, während die Grösse der seitlichen Verschiebung bei beiden Arten der Dehnung in gleicher Weise von der Querdissipation der Halbbilder, der Entfernung und der Pupillardistanz des Beobachters abhängt.

Nach dem Gesagten wird meine Ansicht, dass die Scheinbewegungen in stereoskopischen Bildern geometrisch-optisch bedingt sind, durch die Einwände Heines nicht widerlegt, vielmehr bestätigt durch seine Beobachtungen, dass schon bei geringen Drehungen des Bildes fast maximale seitliche Verschiebungen des Sammelbildes eintreten und dass auch bei Krümmung des Bildes eine Änderung im Charakter dieser Bewegungen nicht eintritt.