

Studie zur Erklärung gewisser Scheinbewegungen.

Von

Dr. JULIUS HOPPE,

Assistenzarzt der Universitäts-Augenklinik in Göttingen.

Kommen gleichmäßig bewegte Gegenstände, nachdem man sie längere Zeit aufmerksam betrachtet hat, plötzlich zur Ruhe, oder wendet man schnell den Blick von ihnen auf zum Auge in relativer Ruhe befindliche Dinge, so bemerkt man eine Scheinbewegung an ihnen in einer der erst angeschauten Bewegung entgegengesetzten Richtung.

Nachdem ich gelegentlich dieses Phänomen beobachtet hatte an der rotierenden Notenscheibe eines Symphonions (einer neueren Abänderung der Spieluhr),¹ suchte ich selbständig auf experimentellem Wege die Bedingungen und Ursachen der Erscheinung festzustellen.

Meine Beobachtungen bestätigten im ganzen die Angaben OPPELS über diesen Gegenstand; die nachstehend mitgeteilten dürften wesentlich neu sein und einiges Interesse verdienen, weil sie darthun, daß die meist acceptierte Erklärung des Phänomens nach v. HELMHOLTZ nicht zutrifft. Weiterhin will ich einen Versuch machen, die Erscheinung in einer, wie ich glaube, besser zutreffenden Weise zu erklären.

Die meisten Interpreten denken an eine vermittelnde Thätigkeit des Augenmuskelapparates, unbewusster Muskelkontraktionen, oder des Muskelinnervationsgefühles, und folgen

¹ Die Notenscheibe hat einen Durchmesser von 145 mm, ist an der Peripherie gezahnt. Auf dunkelbraunem Grunde sind in konzentrischen Kreisen mit hellgelber Farbe Worte, Zahlen, Arabesken aufgedruckt und in großer Menge kleine gleichartige, rechteckige Öffnungen geschlagen. Durch die an der Peripherie angreifende Zahnstange einer kleinen Kurbel wird die Scheibe mit der Hand gedreht und macht durchschnittlich in 12—14 Sekunden eine Umdrehung.

hierbei den Ideen v. HELMHOLTZS, welche er in seiner *Physiologischen Optik* entwickelt. OPPEL hatte (*Poggendorfs Annalen*, v. HELMHOLTZ l. c.) gerade in dem Stillhalten der Augen, in der Ausschaltung der Muskelthätigkeit eine wesentliche Bedingung des Phänomens zu erkennen geglaubt.

v. HELMHOLTZ führt l. c. S. 603 und 604 aus:

Indem das Auge die sich in gleicher Richtung fortbewegenden Gegenstände zu fixieren sucht, macht es unbewusst gleichgerichtete Bewegungen. Nachdem nun der Beobachter sich daran gewöhnt hat, die unter diesen Umständen ausgeübten Willensimpulse als die zur Fixation eines Objectes geeigneten zu betrachten, versucht er in derselben Weise auch ruhende Objecte zu fixieren. Die genannten Willensimpulse bringen aber unbewusst Bewegungen der Augen hervor, und da der Beobachter seine Augen für festgestellt hält, so scheinen sich ihm nun die Objecte, und zwar der vorher angeschauten Bewegung entgegengesetzt, zu bewegen.

Soweit große bewegte Gegenstände oder Flächen in Frage kommen, kann diese Erklärung plausibel erscheinen. Aber selbst dann tritt das Phänomen ein, wenn wir bewegte Flächen von sehr geringer Ausdehnung betrachten, wo eine Fixation unter Augenmitbewegung nicht mehr annehmbar ist.

So beobachten wir noch ganz regelmässig, wenn auch nur für Momente, das Phänomen, wenn die bewegte Fläche 1 qmm beträgt. Dabei durchheilen die einzelnen Punkte der bewegten Bilder in etwa 0,07 Sekunden den Weg von 1 mm. Zu einer Fixation unter diesen Bedingungen dürfte die Feinheit der Muskelthätigkeit nicht entfernt ausreichen.¹

Weiterhin setzt eine Fixation bewegter Gegenstände voraus, daß der Beobachter dieselben zu erkennen und voneinander zu unterscheiden vermöge, zumal wenn es sich um kleine bewegte Flächen handelt. Indessen konnte ich bei einer großen Zahl von Beobachtern mit stark herabgesetzter Sehschärfe, mit centralen und peripheren Gesichtsfelddefekten, feststellen, daß sie bei einfach ruhigem Blick auf die rotierende Scheibe das Phänomen ohne jeden Hinweis sofort erkannten. Die Entfernung des beobachtenden Auges wurde dabei stets so

¹ Die Verkleinerung bewegter Flächen führte ich aus, indem ich die Scheibe mit dünnem, undurchsichtigem Papier bedeckte und durch Ausschnitte in demselben die Scheibenrotation verfolgte.

gewählt, daß ein Erkennen von Einzelheiten auf der Scheibe unmöglich war.

Einen strengen Beweis aber für die Unrichtigkeit der HELMHOLTZschen Erklärung dürfte der folgende Versuch liefern:

Setzt man den linearen Rand einer vertikalen Spiegelfläche dicht auf die rotierende kreisförmige Scheibe in der Richtung eines Radius, so erblickt man Bilder, deren symmetrische Hälften — Bild und Spiegelbild — sich in genau entgegengesetzter Richtung, annähernd senkrecht zur Spiegelkante, bewegen. Beim Aufhören der Rotation tritt nun in beiden Bildhälften die der ersten entgegengesetzte Scheinbewegung ein. Nach der v. HELMHOLTZschen Theorie müßte also dasselbe Auge — das Phänomen tritt im monokularen, wie im binokularen Sehen gleich regelmäßig auf — zu gleicher Zeit Bewegungen in einander entgegengesetzten Richtungen machen — eine offenbare Unmöglichkeit.

Indem ich nun im folgenden einen anderen Erklärungsversuch unternehme, will ich zunächst nachweisen, daß das Phänomen vermittelt werde durch eine Erregung der Netzhautpartien, auf welche das Bild der angeschauten Gegenstände fällt. Bereits haben andere Beobachter die Mitbeteiligung der Netzhaut angenommen, und HEUSE (*Arch. f. Opth.* Bd. 34) deutet in diesem Sinne eine Beobachtung an seiner Retina, wenn er auch der Muskelthätigkeit gleichzeitig eine hervorragende Mitwirkung zuerkennt. Eine Arbeit von BEVOOR, welche diesen Gegenstand zu behandeln scheint, war mir nicht zugänglich.

Ich stellte folgenden Versuch an:

In der Nähe der rotierenden Scheibe wird ein Spiegel so aufgestellt, daß zwischen ihr und dem Spiegelbilde ein ruhender Zwischenraum verbleibt. Ein Punkt dieses Raumes wird ruhig fixiert und beiden bewegten Flächen gleichmäßige Aufmerksamkeit zugewendet. Nach Sistierung der Rotation macht jede Fläche die entsprechende rückläufige Scheinbewegung. Wird hierauf jede Scheibe für sich beachtet, so bemerkt man keine Scheinbewegung. Sie tritt aber an jeder Scheibe sofort lebhaft wieder hervor, wenn der alte Punkt bei derselben Kopfhaltung wie früher fixiert wird.

Wendet man den Blick von den bewegten Scheiben schnell auf eine etwas dunkle, gleichmäßig gefärbte oder wenigstens ruhig gemusterte Fläche, so entstehen an zwei den Scheiben

nach Gröfse und Lage entsprechenden Stellen entgegengesetzte Scheinbewegungen — das übrige Gesichtsfeld bleibt ruhig.

Bei diesem Versuche werden also periphere Netzhautpartien durch bewegte Dinge erregt, die makularen bleiben in Ruhe. Die auf die gereizten Stellen fallenden Bilder, auch fremder Objekte, erscheinen bewegt; die auf nicht gereizte Stellen projicierten bleiben ruhig — selbst das Bild der vorher bewegten Scheibe, auf der nicht gereizten Macula entworfen, bleibt stille stehen.

Dafs die peripheren Retinalpartien das Phänomen ebenso vermitteln, wie die zentralen, lehrt auch sein Auftreten bei Beobachtern mit vollständigen centralen Skotomen, wie oben mitgeteilt.

Um die Vorgänge bei der Scheinbewegung genauer beobachten zu können, wählte ich folgende Versuchsanordnung, deren Resultat uns der Ergründung des Phänomens näher zu führen scheint.

Ich überklebte die Notenscheibe mit weifsem Papier, auf welchem konzentrisch mit der Scheibenperipherie eine Anzahl einfacher Figuren, z. B. Dreiecke, gezeichnet waren. Der lineare Rand einer vertikalen guten Spiegelfläche wird in der Richtung eines Scheibenradius so auf die Scheibe gesetzt, dafs sie sich leicht unter dem feststehenden Spiegel fortbewegen kann. Indem ich nun den Blick auf die Spiegelkante richte, beobachte ich die symmetrischen Bilder, welche hier bei der Scheibendrehung sichtbar werden und wieder verschwinden. Diese Bilder nehmen allmählich an Gröfse ab oder zu, je nachdem sie sich auf die Spiegelkante hin- oder von ihr wegbewegen.

So wird in Fig. 1 — die punktierten Linien gehören den Spiegelbildern an — aus dem Bilde $CEDE'$ das Bild $FHGH'$, wenn durch Hervortreten an der Kante AB des Spiegels ein Stück CED^1 sichtbar ist und dann im Fortschreiten der Bewegung in der Richtung LH ein gröfseres Stück FHG in die Erscheinung tritt.

Eine analoge Verkleinerung der Bilder ergibt sich bei Bewegung derselben auf die Spiegelkante hin.

¹ Bei der relativen Kleinheit der Figuren können wir die Bewegungsrichtung als senkrecht zu AB annehmen, obwohl sie, streng genommen, einem Kreisbogen entspricht.

So wird in Fig. 2 aus dem Bilde $FHGH'$ allmählich das Bild $CEDE'$, und verkleinert sich immer mehr, bis das ganze Bild an der Spiegelkante AB hinschwindet.

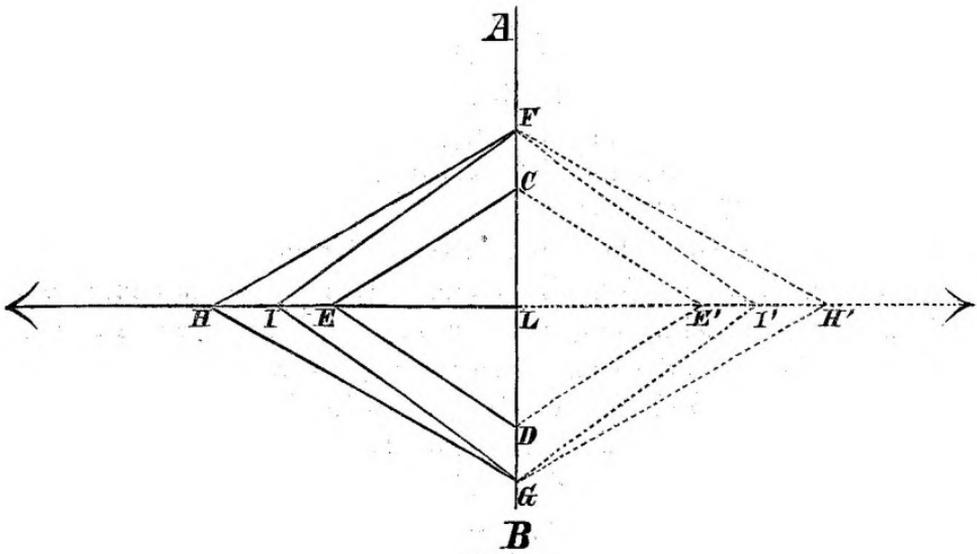


Fig. 1.

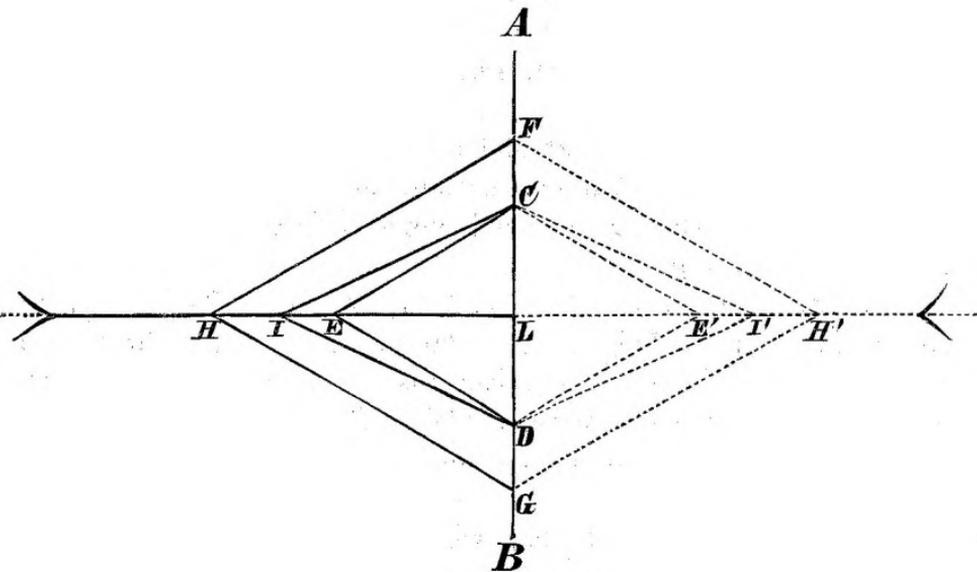


Fig. 2.

Nach einer längeren von der Spiegelkante AB abgewandten Scheibendrehung unterbreche ich nun die Bewegung in dem Augenblick, wo (Fig. 1) die Gesamtfigur $FHGH'$ sichtbar ist. Bei der nun folgenden scheinbaren Rückbewegung tritt eine Ver-

änderung dieser Figur ein, die wie eine Schrumpfung imponiert; indem Diagonale HH' sich zu II' verkürzt und Diagonale FG unverändert bleibt, verwandelt sich $FHGH'$ in $FIGI'$.

War die entgegengesetzte Bewegung, der Spiegelkante zugewandt, vorhergegangen, und unterbreche ich (Fig. 2) die Rotation, wenn $CEDE'$ sichtbar ist, so vergrößert sich diese Figur scheinbar; indem die Diagonale EE' sich zu II' vergrößert und Diagonale CD konstant bleibt, entsteht aus $CEDE'$ das Bild $CIDI'$.

Statt der Dreiecke kann man beliebige andere Figuren wählen, z. B. Rechtecke, Kreise etc. Stets beobachtet man mit Eintritt der Scheinbewegung Formveränderungen an den symmetrischen Bildhälften, deren gemeinsames Kennzeichen ist: Veränderung der Dimension, welche der Bewegungsrichtung entspricht, während die Dimension senkrecht hierzu unverändert bleibt.

Man hat die Empfindung, als beständen die symmetrischen Figuren aus sehr elastischem Gummi, welches sich der Scheibenbewegung entsprechend dehne und zusammenziehe, während es an der Spiegelkante befestigt sei.

Dieselben Erscheinungen ergeben sich, wenn auch weniger frappant, wenn man einen Teil der Scheibe mit gerade geschnittenem Papier bedeckt und die Bilder beobachtet, welche an der Kante des Papiers auftauchen, allmählich größer werdend, oder kleiner werdend verschwinden, je nach der Bewegungsrichtung.

Schafft man, wie schon erwähnt, kleinere Flächen durch Bedecken der Scheibe mit Papier und beobachtet die Rotation durch kleine Auschnitte aus der Bedeckung, so sieht man gleichzeitig entsprechend kleine Figuren an einer Seite auftauchen und andere an der gegenüberliegenden Seite verschwinden.

Bei Eintritt der Scheinbewegung erfahren dann gleichzeitig die Bilder eine scheinbare Vergrößerung, deren Kleinerwerden wir bemerkten, und die eine Verkleinerung, welche wir allmählich größer werden sahen.

Die Bilder, welche im Moment der Bewegungsunterbrechung frei in dem bewegten Gesichtsfelde liegen, also an die ruhenden Grenzen (Spiegelkante) nicht unmittelbar anstoßen, erfahren

bei der Scheinbewegung niemals eine Formveränderung, sondern nur eine Lageveränderung, indem sie sich genau entgegengesetzt der primären Bewegung auf die ruhende Gesichtsfeldgrenze hin oder von ihr fort verschieben.

Noch eines ist bemerkenswert. Ein Bild, welches im Moment des Ruheeintritts gerade aus dem Gesichtsfelde verschwunden war, kehrt auch nicht mit dem kleinsten Teil in die Erscheinung zurück; aber ebensowenig verschwindet der kleinste Teil eines Bildes, welcher gerade in das Gesichtsfeld getreten war.

Wir überzeugen uns ferner durch genauere Beobachtung davon, daß jenes Dehnen, Schrumpfen, Verschieben der Bilder bis zum völligen Aufhören des Phänomens sich in mehrere Phasen gliedert. Hat die erste Scheinbewegung ihre größte Ausdehnung erreicht, so hört sie plötzlich (mit einem „Ruck“) auf. Es folgt eine momentane ausgeprägte Pause. Dann stehen die Bilder unvermerkt an der der Wirklichkeit entsprechenden Stelle, in ihrer reellen Form, und es hebt nun eine neue Scheinbewegung an gleich der ersten — nur mit kürzerer Exkursionsweite. Pause — und eine dritte, selbst vierte und fünfte Bewegung schließt sich an mit immer kleinerer Exkursion bis zum völligen Erlöschen.

Die Gesamtdauer des Phänomens steht in einem gewissen Verhältnis zur Größe der bewegten Fläche. Bei kleinsten Flächen (1 qmm) währt es nur Momente, bei der Betrachtung der ganzen Scheibe dauerte es mir oft über eine halbe Minute.

Schliesse ich während des Anschauens der Bewegung oder auch der Scheinbewegung die Augen, so habe ich keinerlei subjektive Empfindung — beim Wiederöffnen der Augen sehe ich stets die Scheinrotation, mochte ich unter den geschlossenen Lidern die Augen ruhig halten oder sie beliebig bewegen oder die Lider festzukneifen.

Den Augenschluß kann ich über eine halbe Minute ausdehnen und mehrmals hintereinander wiederholen, ohne die Erscheinung zu beeinträchtigen.

Was nun die Erklärung der geschilderten Beobachtungen betrifft, so erscheinen mir die wiederholt aufs neue einsetzenden Scheinbewegungen als der sichtbare Ausdruck einer allmählich sich vollziehenden Erholung der stark ermüdeten Retina. Das Phänomen möchte ich der Hauptsache nach in den Bereich

der Nachbilderscheinungen verweisen. Nach Beendigung der primären Bewegung treten successiv Nachbilder der jüngst vergangenen Bewegungsphasen hervor, die der letzten zuerst, und ihre Summation erweckt die Vorstellung einer neuen Bewegung.

Aber so gut hierdurch die scheinbaren Lageveränderungen der Bilder gedeutet scheinen, so erklären sie nicht ohne weiteres die geschilderten Formveränderungen und die Scheinbewegung fremder Objekte im Wegsehen.

Handelte es sich lediglich um das Wiedererscheinen vergangener Bewegungsphasenbilder, so müßten an ihnen alle die Dimensionen sich zu ändern scheinen, welche eine solche in Wirklichkeit erleiden, — aber wir sahen, daß die Formveränderung nur in einer Dimension vor sich geht, in der, welche der Bewegungsrichtung entspricht. In Fig. 2 müßten wir an Stelle der Figur *CEDE'* etwa *FHGH'* wiederkehrend erwarten, statt der wirklich auftretenden *CIDI'*. In Fig. 1. hätten wir statt *FHGH'* etwa *CEDE'* zu erwarten, während die Figur *FIGI'* resultiert.

Wo wir also Formveränderungen im Bewegungsnachbilde wahrnehmen, scheint die konstant bleibende Dimension (senkrecht zur Bewegungsrichtung) dem wirklich gesehenen ruhenden Bilde anzugehören, hingegen die labile (der Bewegungsrichtung entsprechende) Dimension den Nachbildern früherer Bewegungsphasen.

Auf diese Weise werden während der Scheinbewegung aufeinander folgende Sammelbilder geschaffen, in deren veränderliche Form reell gesehene Bilder hineingepaßt werden, mögen sie nun der vorherbewegten Scheibe angehören oder ganz fremdartig sein, vorausgesetzt, daß letztere nicht durch Intensität ihrer Farbe u. a. nicht das Phänomen überhaupt unterdrücken.

Bot ich dem Auge auf der rotierenden Scheibe eine Folge radiär gestellter farbiger Linien, so vollführten die reell erblickten Linien die Scheinbewegung — jede deutlich in der Eigenfarbe kenntlich. Auch diese Beobachtung zeigt, daß ausschließlich die reellen Dinge den Inhalt des Bewegungsnachbildes liefern, da man anderenfalls Farbenänderungen zu erwarten hätte, indem die einzelnen Farbtöne einander beeinflussten.

Mein verehrter Chef, Herr Geheimrat SCHMIDT-RIMPLER, brachte diesen Untersuchungen ein freundliches Interesse ent-

gegen und nahm Gelegenheit, sich von den dargestellten Haupterscheinungen zu überzeugen; ich verfehle nicht, auch an dieser Stelle ihm meinen Dank abzustatten.

Das Ergebnis meiner Untersuchungen möchte ich in folgenden Sätzen zusammenfassend wiederholen:

Bei der Scheinbewegung nach Aufhören einer reellen Bewegung handelt es sich wesentlich um das Auftreten von Bewegungsnachbildern. Die dabei unter Umständen bemerkten Formveränderungen vollziehen sich nur in den der Bewegungsrichtung entsprechenden Dimensionen und werden beeinflusst theils von den reell gesehenen Dingen, theils von den Nachbildern vergangener Bewegungsphasen. Den Inhalt der Nachbilder liefern ausschliesslich reell angeschaute Gegenstände. Die Vorstellung der Scheinbewegung wird vermittelt durch hochgradig infolge der angeschauten Bewegung ermüdete Netzhautpartien.
