Ueber eine besondere Art monocularer Relief-Anschauung.

Von

Dr. **J. Samelsohn** in Cöln.

Hierzu Tafel V b.

Blickt man mit einem Auge durch ein Prisma auf eine gerade Linie, so erscheint dieselbe nicht allein mit farbigen Rändern (wenn das Prisma nicht achromatisch ist) umsäumt und im Gesichtsfelde verschoben, sondern auch in bestimmter Art gekrümmt. Das Gesetz dieser Krümmung lässt sich so aussprechen, dass die gekrümmte Linie ihre Convexität stets dem brechenden Winkel zukehrt: für ein aufwärts brechendes Prisma erscheinen also Horizontallinien nach oben, für ein abwärts brechendes nach unten concav gekrümmt, während Verticallinien gerade bleiben; umgekehrt erfahren Verticallinien durch ein adducirendes Prisma eine Krümmung mit der Concavität nach innen, durch ein abducirendes eine solche mit der Concavität nach aussen, während Horizontallinien ihre gerade Richtung bewahren. Der Grad der Krümmung hängt allein von der Grösse des brechenden Winkels, die Form derselben von der Stellung des Prismas zu den Meridianen des Auges ab. Steht z. B. die eine Fläche des Prismas senkrecht zum vertikalen Meridian, so erscheint eine horizontale Linie in erwähnter Weise gekrümmt und zwar so, dass die Mitte der Linie (wenn wir gerade nach dem Mittelpunkt derselben visiren) die geringste, die Enden derselben die stärkste Ablenkung erfahren, welche Ablenkung von der Mitte zu den Endpunkten so stetig und symmetrisch fortschreitet, dass die Form dieser Krümmungslinie aus den drei bezeichneten Grenzwerten ohne Schwierigkeit berechnet werden kann. Dreht man das Prisma nun allmählich um seine horizontale Axe, so geht diese regelmässige Krümmungslinie nach und nach in andere unsymmetrische Formen über, die stets Projectionen einer Kreislinie, also Kegelschnitte sein müssen. Auch diese Linien können construirt werden aus den beiden Grenzstellungen, welche man durch Drehung aus der neutralen Mittelstellung erreichen kann: es wird die Ablenkung alsdann eine Function des veränderlichen Drehungswinkels sein müssen.

Die physikalische Erklärung dieser Erscheinung ist eine sehr einfache. Da sämtliche Strahlen von der Linie durch die Pupille gehen müssen, welche wir der linienförmigen Ausdehnung gegenüber füglich als einen Punkt betrachten können, so werden dieselben das Prisma nicht alle in verticalen Trennungsflächen durchschneiden können, für welche allein der brechende Winkel stets derselbe bleibt. Vielmehr wird diese Bedingung nur für den von dem Mittelpunkt der Linie ausgehenden Strahl zutreffen, während die seitwärts von demselben liegenden Punkte ihre Strahlen in immer schiefer werdenden Durchschnittebenen durch das Prisma senden; diesen stetig schiefer werdenden Durchschnittebenen entsprechen stetig wachsende Prismenwinkel, und diesen ebenso stetig wachsende Ablenkungen, wie aus Figur 1 Taf. V b hervorgeht.

Es ist auffallend, dass über diese so elementare Erscheinung die meisten Lehrbücher der Optik schweigen. Während Goethe die einfache Beobachtung ohne jede Erklärung verzeichnet, bleibt dieselbe in einem so elementaren und speciellen Werke wie es z. B. die ophthalmologische Physik von Gerold ist, vollkommen unberücksichtigt. Dagegen erwähnt sie Wüllner in seinem Lehrbuche ¹⁾ und verweist zur näheren mathematischen Begründung derselben auf Reusch ²⁾, welcher die Formel für den Gang der schief in das Prisma eintretenden Strahlen discutirt und zu dem Schlusse kommt, »dass die Projection der schiefen Strahlen wie Strahlen im Normalschnitt eines Prismas laufen, dessen brechender Winkel gleich ist dem des angewandten, aber dessen Substanz eine im Verhältnisse von $1 : \sec. {}^2\varphi$ (der Winkel, den ein schräg einfallender Strahl mit dem Normalschnitt macht) grössere brechende Kraft hätte; desgleichen verweist Wüllner auf L. Ditscheiner ³⁾, welcher die Erscheinung von dem mehr praktischen Gesichtspunkte untersucht, wie die Krümmung der Spaltlinie im Spectralapparate zu umgehen sei.

Oeffnet man jetzt, während das eine Auge dnrch ein Prisma nach einer geraden Linie blickt, das zweite unbewaffnete Auge, so erscheint die Linie, wenn anders nach bekannten Gesetzen Einfachsehen zu erzielen ist, in schwächerer Krümmung und zugleich von

1) Experimentalphysik. 1871, S. 97.

2) Die Lehre von der Brechung und Farbenzerstreuung an ebenen Flächen und Prismen. Poggendorf Annalen, Bd. 117. S. 248.

3) Ueber die Krümmung von Spectrallinien. Sitzungsber. der Wiener Academie 1815. Bd. L.I 2. Abth. S. 368.

der untenliegenden Papierfläche reliefartig abgehoben in der Weise, wie es aus der stereoskopischen Combination einer geraden und einer gekrümmten Linie zur Genüge bekannt ist ¹⁾).

Blickt man nun durch ein Prisma mit einem Auge statt auf eine gerade Linie, auf eine von geraden Linien begrenzte Fläche, so erscheinen nicht allein die Begrenzungslinien derselben obigem Gesetze gemäss gekrümmt, sondern die ganze Fläche nimmt plötzlich eine starke Reliefkrümmung an. Sehe ich z. B. durch ein vor das eine Auge gehaltenes Prisma mit der brechenden Kante nach unten auf ein horizontal gehaltenes Lineal (während das zweite Auge geschlossen ist), so erscheint dasselbe nach der Fläche gebogen, und zwar so, dass es die Höhlung dem Auge zuwendet. Wird die brechende Kante des Prismas nach oben gedreht, so erscheint die convexe Fläche des Lineals dem Auge zugewandt; ähnliche Reliefkrümmungen treten auf, wenn ein vertical gehaltenes Lineal durch ein seitwärts brechendes Prisma angeschaut wird: während jedoch bei auf- oder abwärts brechenden Prismen kein Unterschied für das rechte oder linke Auge auftrat, gestalten sich hier die Verhältnisse derart different, dass ein adducirendes Prisma dem rechten Auge Concavität, dem linken Convexität, ein abducirendes Prisma dem rechten Convexität, dem linken Concavität vortäuscht. Dreht man das Prisma aus einer Anfangsstellung um die verticale Axe, wodurch die Krümmungslinien nach obiger Deduction unsymmetrische werden müssen, so wird diese Reliefanschauung ganz besonders deutlich; desgleichen erscheint sie um so schlagender, je grössere Flächen sich dem Blicke darbieten; z. B. ein Fenster mit seinen zahlreichen geraden Begrenzungslinien erscheint, durch ein Prisma gesehen, auf die überraschendste Weise verbogen. Endlich wird die Reliefkrümmung um so intensiver, je länger der Blick auf der Erscheinung haftet. Oeffnet man nun das zweite Auge, so nimmt die Reliefkrümmung zu und wächst noch mehr an Intensität, je eingehender der Blick sich mit der Erscheinung beschäftigt; so biegt sich ein Fenster z. B. bei einem Prisma von 14° zu einer Cylinderfläche von ziemlich kleinem Radius aus, wenn man sie auf die beschriebene Weise etwa eine halbe Minute fixirt.

Suchen wir nach einer Erklärung dieses Phänomens, so müssen wir uns zunächst erinnern, welcher Hülfsmittel wir uns zur Construc-

1) Nagel, das Sehen mit zwei Augen. S. 40. Fig. 12.

tion der dritten Dimension zu bedienen pflegen. Diese Hilfsmittel sind bekanntlich zweierlei Art: »die einen, welche der Erfahrung über die Natur der gesehenen Objecte angehören, vermitteln nur Vorstellungen, die andern, die der Empfindung angehören, vermitteln eine wirkliche Wahrnehmung«¹⁾. Es ist wohl auf den ersten Blick klar, dass es sich in unserer Beobachtung nicht um eine in die letzte Klasse zu rechnende Erscheinung handelt, wenigstens nicht um die von Helmholtz aufgestellten drei Kategorien von 1. Gefühl der nothwendigen Accommodationsanstrengung, 2. Beobachtung bei bewegtem Kopf und Körper, 3. gleichzeitigem Gebrauch beider Augen. Wenden wir uns nun zu den Hilfsmitteln der ersten Klasse, so stossen wir sofort auf diejenigen Raumvorstellungen, welche das einäugige Sehen sich mit Hilfe perspectivischer Flächenzeichnungen zu bilden vermag; und in der That scheinen sich auf den ersten Blick die beschriebenen Erscheinungen mühelos aus der Deutung perspectivischer Verziehungen zu erklären. Nehmen wir z. B. an, dass wir eine geradlinig begrenzte Fläche durch ein abwärts brechendes Prisma betrachten: es werden dann nach den oben erörterten Principien die horizontalen Begrenzungslinien entsprechend der brechenden Kante d. h. nach unten concav gekrümmt erscheinen. Aus einem Rechtecke z. B. wird demnach die perspectivische Projection eines Cylinders entstehen, welche die Vorstellung zu der hohlen Innenfläche desselben gestaltet; durch ein aufwärts brechendes Prisma wird eine perspectivische Zeichnung dargestellt, welche die Vorstellung in ähnlicher Weise zur convexen Mantelfläche modelt; ähnlich werden die perspectivischen Verziehungen adducirender und abducirender Prismen bald zu hohlen, bald zu erhabenen Cylinderstücken von der Vorstellung verwandt.

Wenn also die beschriebenen Erscheinungen in das Gebiet der bekannten Auslegung perspectivischer Flächenzeichnungen zu gehören scheinen, so stellt sich bei näherer Prüfung jedoch eine erhebliche Abweichung von jenen heraus. Es ist bekannt, dass perspectivische Zeichnungen von nach drei Dimensionen ausgedehnten Körpern ganz zutreffend körperlich gedeutet werden können, auch wenn das Verständniss der Körperform nicht durch gute Schattirung erleichtert wird: die Auslegung eines solchen Bildes geschieht immer nach der Erfahrung, nach der durch Erfahrung erworbenen Kennt-

1) Helmholtz, Physiologische Optik. S. 623.

niss von der der Zeichnung zu Grunde liegenden Form. Lässt aber eine solche Zeichnung eine doppelte Auslegung zu, so wird, falls eine richtige Schattirung nicht den Zweifel benimmt, die Vorstellung in Verlegenheit gerathen und gleichsam souverain bald die eine bald die andere Deutung versuchen, wie es aus der Schröder'schen Treppenfigur zur Genüge bekannt ist, 'die bald als Treppe bald als überhängendes Mauerstück gedeutet wird ¹⁾. In unserer Beobachtung sehen wir nun zunächst, dass eine perspectivische Zeichnung, die durch keine Schattirung unterstützt ist, nicht willkürlich, sondern mit zwingender Nothwendigkeit in einer bestimmten Richtung gedeutet wird, und zwar der bessern Erfahrung zum Trotz: denn obwohl die tägliche Erfahrung ebenso wie die Controlle des zweiten unbewaffneten Auges die Vorstellung belehren, dass ein Lineal ebenso wenig gekrümmt verfertigt wird, wie ein Fenster oder eine Thür, so wird uns dennoch eine scheinbar so widersinnige Vorstellung aufgedrängt und so systematisch vergewaltigt, dass wir nicht vermögen, durch ein abwärts brechendes Prisma ein convexes oder durch ein aufwärts brechendes ein concaves Relief zu erblicken, sondern stets die umgekehrte Vorstellung uns beherrschen lassen müssen. Blicken wir dagegen auf die durch ein Prisma entstandenen perspectivischen Zeichnungen mit zwei gekrümmten Begrenzungslinien, so wird unsre Vorstellung wieder in bekannter Weise souverain schalten können.

Es liegt in den Figuren a und b, die den durch ein abwärts oder aufwärts brechendes Prisma entstandenen Netzhautbildern des Rechteckes x entsprechen und perspectivische Projectionen von Cylinderflächen darstellen, keine Nöthigung dieselben in einer bestimmten Weise als Relief zu deuten, vielmehr vermag ich bei dem Mangel der Schattirung a wie b bald als convexe, bald als hohle Cylinderfläche mir vorzustellen, während der Blick durch ein Prisma eine solche Willkür der Deutung nicht zulässt. Es scheint demnach, als ob ausser der Deutung des veränderten Netzhautbildes durch die Vorstellung auch noch die unmittelbare Empfindung dieser Veränderung die Auslegung des Reliefs beeinflusse, so dass die ganze Erscheinung einen gewissen Uebergang zwischen jenen beiden von Helmholtz aufgestellten Kategorien darstellen würde. Für diese Auffassung spricht es wenigstens, dass eine durch ein Prisma angeschaute geradlinig begrenzte Fläche eine viel über-

1) Helmholtz, l. c. S. 626.

raschendere Reliefempfindung vermittelt, als eine von gekrümmten Linien bereits eingeschlossene: schneidet man sich aus Papier ein Rechteck und eine durch ein abwärts brechendes Prisma z. B. vermittelte Projection desselben in ziemlich grossen Dimensionen und blickt durch ein abwärts brechendes Prisma auf diese beiden dicht nebeneinanderliegenden Figuren, so wird der angeführte Unterschied zu Gunsten des Rechteckes ganz besonders eklatant und gleicht sich erst wieder einigermaßen aus, wenn ich das andere Auge öffne. Worin nun dieses Moment der unmittelbaren Empfindung, welche diese Relieftäuschung hervorruft, besteht, vermögen wir ebenso wenig zu erklären, wie bei so vielen anderen bekannten Erscheinungen auf dem Gebiete der Gesichtstäuschungen.

Ziehen wir aus den erörterten Beobachtungen einen kurzen Schluss, so würde derselbe lauten.

Es giebt eine Art der monoculären Reliefanschauung, die weder aus der Erfahrung von der Form des gesehenen Gegenstandes noch aus der Empfindung des Retinabildes allein abgeleitet werden kann und als eine Urtheilstäuschung angesehen werden muss, welche selbst unter der Controle des richtig sehenden zweiten Auges bestehen bleibt und dessen Flächenbild nach den bekannten Regeln der stereoskopischen Reliefconstruction¹⁾ zu einer Reliefempfindung zwingt.

1) Cf. Helmholtz, l. c. S. 668—71. Nagel, l. c. S. 40 Fig. 12. Vergl. auch: Hering, Einäugige Stereoskopie. Physiolog. Beiträge 1861.

Fig. 1a.

Fig. 2.

Fig. 4.

Tafel V.

Fig. 2.

Fig. 1.

Fig. 5.

Fig. 5.

Zeichen des Stützpunkts.