

Z 879, 18

V. *Das Telestereoskop; von H. Helmholtz.*

(Vorgetragen in der Sitzung der niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde vom 10. Juni 1857<sup>1</sup>.)

**D**as Netzhautbild jedes einzelnen menschlichen Auges stellt eine perspectivische Projection der im Gesichtsfelde befindlichen Gegenstände dar. Da der Standpunkt, von welchem diese Projection aufgenommen ist, für beide Augen desselben Individuum etwas verschieden ist, sind auch die beiden perspectivischen Bilder selbst nicht ganz identisch, und ihre Verschiedenheiten benutzen wir, wie die stereoskopischen Versuche lehren, um uns daraus ein Urtheil über die verschiedene Entfernung der dargestellten Objecte vom Auge zu bilden. Nun sind die Abbildungen desselben Gegenstandes auf beiden Netzhäuten desto mehr von einander verschieden, je näher der Gegenstand den Augen steht. Bei sehr entfernten Gegenständen gegen deren Entfernung die Distanz der Augen verschwindend klein ist,

1) Eine vorläufige Notiz gab schon Bd. 101, S. 494.

verschwindet auch der Unterschied der Bilder, und für solche geht uns also dieses Hülfsmittel, die Entfernungen der Gegenstände zu schätzen und ihre körperliche Gestalt zu erkennen, verloren.

Man kann sich davon namentlich an fernen Gegenständen von unregelmäßiger Form, z. B. den die Aussicht begrenzenden Bergzügen, überzeugen. Die letzteren erscheinen stets wie eine uns kreisförmig umgebende, am Horizont gerade aufsteigende Wand; wir erkennen nichts von den Wölbungen, Einschnitten, verschiedenen hinter einander liegenden Ketten der Berge, wenn uns nicht Schlagschatten, Luftperspective oder eine genaue schon früher erworbene Kenntniß ihrer Form zu Hülfe kommen. Bei Gegenständen von unregelmäßiger Form, Gebäuden u. s. w. genügt dem Vorstellungsvermögen schon eher eine einzige perspectivische Ansicht, um sich die nach der Tiefe des Bildes gerichteten Dimensionen ziemlich gut zu ergänzen.

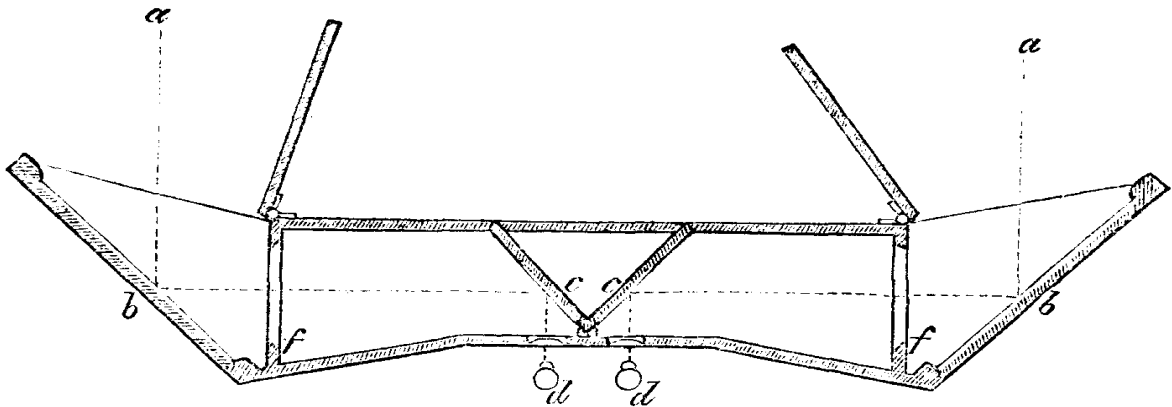
Bei den stereoskopischen Landschaftsbildern, welche jetzt viel durch Photographie erzeugt werden, ist nun diesem Mangel dadurch abgeholfen, daß der Photograph für die zweifache Aufnahme der Landschaft, sich zwei beliebig weit von einander entfernte Standorte wählen, und daher jedenfalls zwei hinreichend von einander verschiedene perspectivische Projectionen der Gegend verschaffen kann. Der Beschauer glaubt dann im Stereoskope ein verkleinertes Modell der Landschaft zu sehen, dessen Dimensionen sich zu denen der Landschaft verhalten, wie die Augendistanz des Beobachters zur Distanz der beiden Standorte der photographirenden *Camera obscura*.

Daher erklärt sich, daß diese stereoskopischen Bilder eine viel deutlichere Vorstellung von der Form der Landschaft geben, als die Betrachtung der wirklichen Landschaft wenigstens einem durchreisenden Fremden gewährt, der die einzelnen Objecte der Landschaft nicht schon so genau kennt, wie die Einwohner. Städte, welche von einem hohen Punkte aus dem Beschauer als ein wüster Haufen von Dächern erscheinen, lösen sich im stereoskopischen

Bilde auf in die einzelnen, von den Strafsen eingeschalteten Vierecke; man erkennt die relative Höhe der Häuser, die Breite der Strafsen u. s. w. Dem entsprechend finde ich, dafs man von den riesigen Dimensionen der Hochalpen im Stereoskop oft einen besseren Begriff bekommt, als auf einer Alpenreise, weil derjenige, welcher solcher Bergreisen und Bergansichten ungewohnt ist, die Berge sich meist zu nahe und demgemäfs zu klein vorstellt, theils wegen des Mangels der Luftperspective, theils weil er so grofse Dimensionen zu beurtheilen nicht geübt ist. Nur indem er die Mühseligkeit des Steigens durchmacht, und nach einander dieselben Berge von verschiedenen Standpunkten aus sieht, bildet er sich eine Art von unvollkommenem Urtheil über ihre Gröfse. Noch sind offenbar die Vortheile, welche das Stereoskop in dieser Beziehung gewähren kann, wenig ausgebeutet, weil die Photographen im Ganzen eine gröfsere Distanz der Aufnahmepunkte mit Unrecht zu scheuen scheinen. Es läfst sich einsehen, dafs man z. B. genaue körperliche Bilder der unnachbarsten Theile der Hochalpen wird erhalten können, wenn man sich für die photographische Aufnahme passende Standpunkte sucht, welche einige tausend Fufs aus einander liegen. Bei der Betrachtung guter Modelle dieser Berge habe ich immer gefunden, dafs ich mir durch die landschaftlichen Ansichten auf Reisen sehr ungenügende Vorstellungen von den Berggruppen gemacht hatte. Ich hatte sie mir im Allgemeinen zu nah an einander gedrängt, und ihre Grundflächen zu schmal vorgestellt. Darin liegt auch wohl der Grund, warum uns Bergmodelle mit übertriebenen Höhen meist besser gefallen als solche mit richtigem Höhenverhältnisse. Erstere sind der falschen Vorstellung, die wir uns bei flüchtigen Reisen durch die Gebirge zu bilden pflegen, mehr entsprechend als letztere.

Einen Theil der Vortheile, welche die stereoskopischen Photographien gewähren, kann man sich auch bei der directen Beschauung einer Landschaft verschaffen, mittels eines einfachen Instruments, welches ich *Telestereoskop* ge-

nannt habe. Der Zweck desselben ist, dem Beschauer zwei Bilder der Landschaft stereoskopisch vereinigt zu zeigen, welche zwei Standpunkten entsprechen, deren Distanz die der menschlichen Augen beträchtlich übertrifft. Die bestehende Figur zeigt einen mittleren horizontalen Durchschnitt des Instruments in  $\frac{1}{11}$  seiner natürlichen Gröfse.



Die wesentlichen Theile davon sind vier Spiegel *b, b* und *c, c*, welche senkrecht in einem gemeinsamen hölzernen Kasten, und unter  $45^\circ$  gegen die längsten Kanten desselben geneigt befestigt sind. Die äusseren Spiegel *b* müssen groß, die inneren *c* können klein seyn, alle müssen von den best geschliffenen dicken Platten genommen seyn, die man unter den käuflichen Spiegeln findet, damit sie nicht verzerrte Bilder geben. Das von dem fernen Objecte kommende Licht wird auf den Wegen *abcd* zwei Mal unter rechten Winkeln reflectirt, und fällt bei *dd* in die beiden Augen des Beobachters. Bei *ff* sind Diaphragmen angebracht, um zu verhindern, das anderes Licht in die Augen des Beobachters gelange, als was zweimal reflectirt ist. In den Oeffnungen des Kastens, durch welche der Beobachter hineinblickt, ist es zweckmäfsig zwei ganz schwache Concavgläser von 30 bis 40 Zoll Brennweite einzusetzen, weil die meisten Augen sehr entfernte Gegenstände nicht ganz deutlich sehen, worauf es hier gerade ankommt. So schwache Gläser hindern auch normalsichtige Augen nicht, deutlich zu sehen.

Für Laien ist es wohl rathsamer die Spiegel festzustellen, wie es in der Zeichnung angenommen ist; für gewisse

physikalische Versuche, namentlich um nahe Gegenstände beobachten zu können, ist es nützlich die vier Spiegel um senkrechte Axen drehbar zu machen.

Jedes Auge des Beobachters sieht in dem kleinen Spiegel seiner Seite den grossen, und in dem grossen die Landschaft gespiegelt, letztere aber erblickt er in einer solchen perspectivischen Projection, wie sie von den beiden grossen Spiegeln  $bb$  aus erscheint, wodurch natürlich viel grössere Verschiedenheiten der beiden perspectivischen Ansichten hervorgebracht werden, als die beiden Augen des Beobachters bei unmittelbarer Betrachtung der Landschaft gewähren. Um den Standpunkt genau zu bestimmen, von denen die Landschaft hierbei betrachtet wird, muss man sich die von den zwei Spiegelpaaren entworfenen Bilder der Augen des Beobachters suchen, welche in der Figur in der Verlängerung der Linien  $ab$  liegen würden, über  $b$  hinaus, und zwar von  $b$  um  $bc + cd$  entfernt. Durch das Instrument wird also die Augendistanz des Beobachters bis zur Grösse  $bb$  künstlich vergrössert.

Dem Beobachter erscheint die Landschaft durch das Telestereoskop wie ein verkleinertes Modell. Es ist dabei einerlei, ob in dem Instrumente Concavgläser angebracht sind oder nicht. Alle nicht zu entfernten Theile der Landschaft bekommen dasselbe körperliche Ansehen, wie im Stereoskop, und behalten dabei den ganzen Reichthum ihrer natürlichen Farben, so dass Bilder von überraschender Zierlichkeit und Eleganz entstehen.

Fernere Gegenstände erscheinen allerdings platt, lösen sich aber doch noch von ihrem Hintergrunde ab, so z. B. Berge, die eine halbe Meile entfernt sind, vom Himmel. Wie auf den stereoskopischen Photographien, ist auch im Telestereoskop der Anblick von Baumgruppen sehr überraschend, weil sich die einzelnen Wipfel und in jedem Wipfel die einzelnen Zweige vollständig von einander lösen. Auch niedrig ziehende Wolken scheinen in dem Instrumente häufig viel körperlicher, und mehr von einander getrennt, als dem freien Auge.

Je größer der Abstand der beiden größeren Spiegel ist, desto weiter hinaus in die Ferne zeigt das Instrument die körperlichen Formen der Objecte. Größere Spiegel geben ein größeres Gesichtsfeld. Will man daher auf irgend einem Aussichtspunkte das Instrument feststehend anbringen, um die Aussicht dadurch betrachten zu lassen, so wird es vortheilhaft seyn, die Dimensionen der Spiegel und ihren Abstand möglichst zu vergrößern, und das Ganze auf einen drehbaren Tisch zu stellen. Für gewöhnlich ist es bequem die größte Länge des Instruments nicht größer als die Breite eines Fensters zu machen, damit man es vom Zimmer aus gebrauchen könne. Uebrigens erhält man einen großen Theil der Effecte auch mit kleineren Instrumenten, in denen der gegenseitige Abstand der Spiegel viel geringer ist.

Physiker, welche in Anstellung optischer Versuche geübt sind, können sich übrigens eine telestereoskopische Ansicht der Landschaft verschaffen, ohne eines weiteren Apparates zu bedürfen, als eines großen und eines kleinen Spiegels. Den großen Spiegel hängt man so auf, daß man unter  $45^\circ$  in ihn hineinblickend die Landschaft sehen kann, stellt sich in der genannten Richtung einige Fuß von ihm entfernt auf, und hält den kleinen Spiegel dem großen parallel, vor dasjenige Auge, welches der Ebene des großen Spiegels am nächsten ist. Wenn also z. B. die rechte Seite des Beschauers dem großen Spiegel, näher ist, betrachte er mit dem rechten Auge die Landschaft im kleinen Spiegel, mit dem linken im großen, bringe beide Bilder der Landschaft zum Decken, und er wird denselben optischen Effect haben, wie im Telestereoskope.

Man kann hierbei aber nur schwer verschiedene Stellen der Aussicht nach einander zur Beobachtung bringen, und nähere Gegenstände erscheinen dem linken Auge in geringerer scheinbarer Größe als dem rechten.

Um nahe Gegenstände im Telestereoskop betrachten zu können, muß man die Spiegel um ihre senkrechten Axen drehen können, so daß die Winkel zwischen ihrer Fläche



und der Längskante des Kastens etwas größer als  $45^\circ$  werden. Die Objecte erscheinen dann stark verkleinert, ebenfalls mit sehr auffallend hervortretendem Relief. Wenn man bloß die großen Spiegel dreht, die kleinen aber unter den Winkel von  $45^\circ$  stehen läßt, erhält man sogar übertriebenes Relief. Sollen die Dimensionen in Richtung der Tiefe des Gesichtsfeldes zu denen in der Fläche des Gesichtsfeldes das richtige Verhältniß behalten, so muß man die kleinen Spiegel den großen stets parallel stellen. Auch der Anblick naher Gegenstände, namentlich menschlicher Figuren, im Telestereoskope ist sehr überraschend und zierlich. Der Eindruck unterscheidet sich von der Verkleinerung durch Concavgläser wesentlich dadurch, daß man nicht nur verkleinerte Bilder, sondern wirklich verkleinerte Körper vor sich zu sehen glaubt.

Vergrößerungen lassen sich mit dem Telestereoskop leicht verbinden, der Beobachter braucht nur unmittelbar zwischen seine Augen und die kleinen Spiegel ein doppeltes Opernglas zu bringen; noch vortheilhafter für das Gesichtsfeld ist es die Oculare und Objective des Opernglases herauszunehmen und im Telestereoskop so zu befestigen, daß das Licht auf jeder Seite erst den großen Spiegel, dann das Objectiv, dann den kleinen Spiegel, endlich das Ocular trifft, so daß dabei die optische Axe des Fernrohrs selbst unter einem rechten Winkel gebrochen wird. Je stärker die Vergrößerung ist, desto größere Anforderungen muß man natürlich an die Genauigkeit der Planspiegel machen, aber man braucht sie dann auch nicht größer als die Objectivgläser der Fernröhre zu wählen.

Dergleichen zugleich teleskopische und stereoskopische Bilder übertreffen wiederum die gewöhnlichen Bilder eines einzelnen Teleskops außerordentlich an Lebendigkeit. Bei den einfachen teleskopischen Bildern schwindet die Anschauung verschiedener Entfernung ganz und gar, die Gegenstände sehen vollständig so aus, als wären sie auf eine ebene Tafel gemalt. Durch die bei dem Galilei'schen Fernrohr jetzt sehr gebräuchliche Verbindung von zwei Fern-

röhren erhält man allerdings für die näheren Gegenstände eine gewisse Anschauung des Reliefs, weshalb die doppelten Operngläser schon einen viel lebendigeren Eindruck geben als ein einzelnes. Aber bei der gebräuchlichen Construction dieser Instrumente ist das Relief falsch, die Gegenstände erscheinen nach der Tiefendimension des Gesichtsfeldes zu kurz, als wären sie plattgedrückt. Bei menschlichen Gesichtern, zu deren Betrachtung die doppelten Operngläser doch hauptsächlich bestimmt sind, ist dies sehr auffallend. Wenn man sie von vorn betrachtet, sehen sie viel platter aus, als sie sind, und wenn man sie im Profil erblickt, sehen sie zu schmal und spitz aus. In beiden Fällen wird der Ausdruck des Gesichts wesentlich verändert.

Wenn man ein doppeltes Opernglas umdreht, und durch die Objectivgläser hineinsieht, erscheinen dagegen die Tiefendimensionen der Gegenstände unverhältnißmäßig vergrößert. Während also durch ein einfaches Fernrohr alle Gegenstände wie Gemälde erscheinen, sieht man durch ein doppeltes Opernglas volle Gegenstände wie Basreliefs, und durch dasselbe Opernglas in umgekehrter Haltung wirkliche Basreliefs wie Hautreliefs.

Auch theoretisch findet man leicht aus den bekannten Gesetzen der Fernröhre und des stereoskopischen Sehens, daß ein Doppelfernrohr, dessen optische Axen parallel und genau um den Abstand der beiden Augen des Beobachters von einander entfernt sind, welches  $n$  Mal vergrößert, die Gegenstände so erscheinen läßt, als wären alle senkrecht zur Axe des Fernrohrs gerichteten Dimensionen unverändert geblieben, die Entfernungen der Gegenstände vom Beobachter, parallel der optischen Axe, dagegen auf  $\frac{1}{n}$  reducirt, so daß der Beobachter die Gegenstände in natürlicher Größe, aber genähert, und nach der Tiefendimension des Gesichtsfeldes comprimirt zu sehen glaubt.

Während jedes einzelne Fernrohr dem Beobachter den Gegenstand so zeigt, wie er in  $\frac{1}{n}$  der Entfernung erscheint,



sind doch die Verschiedenheiten der perspectivischen Ansicht beider Augen nicht so groß, wie sie seyn würden, wenn der Beobachter sich dem Gegenstande wirklich bis auf  $\frac{1}{n}$  der Entfernung genähert hätte. Durch Verbindung eines Doppelfernrohrs mit einem Telestereoskop von parallelen Spiegelpaaren wird dieser Fehler nicht beseitigt; es tritt nur eine gleichmäßige weitere Reduction aller scheinbaren linearen Dimensionen, wie sie das Doppelfernrohr zeigt, ein. Wohl aber kann man für einzelne Gegenstände, die in bestimmter Entfernung stehen, ein richtiges Relief gewinnen, indem man die kleinen Spiegel unter  $45^\circ$  stehen läßt, und die großen allein unter einem etwas kleineren Reflexionswinkel als  $45^\circ$  reflectiren läßt. Dadurch gewinnt man, wie ich vorher erwähnte, im einfachen Telestereoskop allein ohne vergrößernde Gläser ein übertriebenes Relief, und kann dadurch den entgegengesetzten Fehler der Fernrohrverbindung corrigiren.

---