Fachinformationsdienst Biodiversitätsforschung

UB Universitätsbibliothek Frankfurt am Main

DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft

FID Biodiversitätsforschung

Mitteilungen der Pollichia, eines Naturwissenschaftlichen Vereins der Rheinpfalz

Jahresbericht

Vortrag über Zeiss'sche Relieffernrohre und stereoskopische Entfernungsmesser

Bender, Carl

1903

Digitalisiert durch die *Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main* im Rahmen des DFG-geförderten Projekts *FID Biodiversitätsforschung (BIOfid)*

Weitere Informationen
Nähere Informationen zu diesem Werk finden Sie im:
Suchportal der Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main.

Bitte benutzen Sie beim Zitieren des vorliegenden Digitalisats den folgenden persistenten Identifikator:

urn:nbn:de:hebis:30:4-94418

Visual Library

Vortrag über Zeiss'sche Relieffernrohre*) und stereoskopische Entfernungsmesser

von Rektor **Dr. C. Bender** in Speyer.

I. Relieffernrohre.

Hochgeehrter Herr Jubilar!
Hochwerte Versammlung!

Ehe ich mit meinem Vortrag beginne, beehre ich mich den hochgeehrten Herrn Jubilar im Namen des humanistischen Gymnasiums Speyer zu beglückwünschen und zu begrüssen. Ich erfülle damit gerne den Auftrag des Herrn Rektor Dr. Degenhardt, welcher durch eine unaufschiebbare Reise verhindert ist der heutigen Versammlung beizuwohnen und unter diesen Umständen auch nicht den dienstältesten Kollegen, Herrn Professor Nusch entbehren und senden kann. Das Lehrerkollegium des humanistischen Gymnasiums erblickt in der Wahl des heutigen Themas, durch den hochverehrten Herrn Jubilar, einen Akt besonderer und rührender Dankbarkeit, welche der Meister dem früheren Lehrer zollt, eine Ehrung, welche das Lehrerkollegium, dessen Mitglied Herr Professor Dr. Schwerd so lange Zeit gewesen ist, tief empfindet. Auch das Lehrerkollegium der Kgl. Realschule Speyer lässt es sich nicht nehmen, den hohen Herrn an seinem Jubeltage zu begrüssen, nimmt es ja doch Teil an dieser Ehrung. Zur Zeit, als Herr Professor Schwerd in Speyer wirkte, war die Trennung beider Anstalten noch nicht vollzogen. Die technischen Fächer konnten an der früheren Gewerbschule

*) Dr. Czapski-Jena »Ueber neue Arten von Fernrohren, insbesondere für den Handgebrauch.« Sitzung des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses in Berlin vom 7. Januar 1895.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

von Gymnasiasten besucht werden und Herr Professor Dr. Schwerd leitete die mit dieser Schule verbundene mechanische Werkstätte. Theodor von Wand, dessen Wiege auch in Kirchheimbolanden stand, hat beispielsweise das Absolutorium an beiden Anstalten mit Auszeichnung bestanden. Schwerd's Hand aber, welche nur Wenige kannten, war so bedeutend und so sicher, wie sein Geist, den Alle kannten.

Auch ein persönliches Motiv drängt mich, dem hochverehrten Herrn Jubilar die Hand an seinem hohen Ehrentag zu drücken. Sind es doch nunmehr 25 Jahre, dass ich die Ehre hatte, Herrn Geheimerat G. von Neumayer kennen zu lernen. Es war auf der Nuturforscherversammlung in Hamburg. Herr von Neumayer, schon damals eine wissenschaftliche Grösse, hatte erst begonnen das Fazit seiner reichen Kenntnisse und Erfahrungen zu ziehen und die Seewarte war damals in der Seemannsschule untergebracht. Aber schon zu jener Zeit konnte dank der Forschungen des Herrn Jubilars eine Seereise um das Kap der guten Hoffnung mit Segelschiffen auf eine Zeitersparnis von 14 Tagen, gegenüber früheren Fahrten, rechnen. Herr von Neumayer blieb bei diesem Erfolg nicht stehen. Immer weitere Kreise zog sein organisatorisches Talent, mehr und mehr erkannte eine intelligente Bevölkerung seine hohe Bedeutung für Hamburg. Heute ist Herr von Neumayer der populärste Mann in Hamburg. Jedes Kind kennt ihn, jeder Mann schätzt, jede Dame verehrt ihn. Welchen Anteil daran sein gewinnendes, freundliches Wesen, das heitere strahlende Auge hat, sei Ihrem Richterspruche anvertraut. Ich fasse aber den Einfluss des hohen, liebenswürdigen Herrn noch etwas tiefer. Gegenwart und Zukunft Hamburgs liegen auf dem Wasser. In diesem Wettkampf der Nationen rauscht Hamburgs Fahne ehrenvoll voran. Erfüllt von hohen Zielen vertraut der Hamburger sich »täglich dem wilden Meer«, unverzagt, denn er kennt ein Herz, das für ihn betet. Klingt es da nicht im Gebet, wie inniger

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Dank gegen den Herrn Jubilar, dessen Sorge Wind und Wetter künden lehrte, der vor Stürmen warnt und den Ort der Schiffstrümmer, dem Schiffer nicht weniger gefährlich, als Sturm und Klippen in zwanglos erscheinenden Karten niederlegt. Dank ihm, dessen nie rastendes Wissen, Können und Wollen die Schrecken des Meeres bannt, soweit menschliche Kraft es vermag.

Heute steht der hochverehrte Herr Jubilar vor uns in voller Frische des Geistes und des Körpers und wer sein unermüdliches Arbeiten verfolgt, an seinem Ideenreichtum sich erbaut hat, der fühlt, dass seine Arbeitskraft im Lauf der Jahre eher zu als abgenommen hat. Möge des Alters Last und Bürde ihm immer fremd bleiben und ein gnädiges Geschick ihn der Wissenschaft und uns noch recht lange erhalten. Das walte Gott!

Wer die Bedeutung der Zeiss'schen Fernrohre als eines wesentlichen Fortschrittes der Optik verstehen will, kann des kurzen Rückblickes auf die Geschichte der Fernröhre nicht entbehren:

Als der Italiener Porta im Jahre 1589 auf Grund der Thatsache, dass Hohlgläser entfernte Gegenstände deutlicher und erhabene Gläser nahe Gegenstände grösser zeigen, Reflexionen darüber anstellte, dass es wohl möglich sei, durch Verbindung beider Gläser entfernte Gegenstände zugleich deutlicher und grösser zu sehen, da war es wie eine Morgendämmerung, dass auf diesem Gebiete der Optik der Tag nicht mehr ferne sei und es ward Tag, als am 2. Oktober 1608 dem Franz Lippershey (gebürtig in Wesel und Brillenmacher in Middelburg) durch einen Beschluss der Niederländischen Generalstaaten die Priorität und das Fabrikationsrecht auf ein Instrument zum Sehen in die Ferne gesichert wurde. Es war das Umsetzen der Ideen Porta's in die fruchtbare That. Das Instrument, welches aus einer dem Gegenstand zugekehrten Sammellinse (dem Objektiv) und einer vor dem Auge befindlichen Zerstreuungslinse (dem Okular) besteht, hat als Opernglas

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

seinen Platz bis heute unbestritten behauptet. Es ist nicht allgemein bekannt, dass die ersten Instrumente dieser Art aus Bergkrystall (der schlechten Beschaffenheit des damaligen Glases wegen) hergestellt wurden. Irrtümlicherweise nannte man den Bergkrystall früher Beryll, wodurch der Name Brille entstanden ist.

Die Theorie dieses ältesten Fernrohres gilt heute noch nicht als vollständig abgeschlossen. Schliessen wir uns jedoch an die Erfahrung an, dass durch ein Hohlglas (Koncavlinse) ein normales Auge übersichtig wird, diese Weitsichtigkeit aber durch eine in passender Entfernung von der Koncavlinse vorgehaltene Sammellinse (Konvexlinse) wieder aufgehoben werden kann, so gelangen wir zu einer ausreichenden Erklärung der Wirkungsweise des holländischen Fernrohres. Für schwache Vergrösserungen, nicht über 3fach, kann das Instrument als das Ideal eines Fernrohres mit aufrecht stehenden Bildern (terrestrisches Fernrohr) gelten. Hier treten grosse Lichtstärke, gepaart mit handlicher Grösse besonders in die Erscheinung. Auch das Sehfeld genügt den Anforderungen. Bei weiteren Vergrösserungen zeigen sich mehr und mehr Schwächen. Die Lichtstärke beansprucht Objektive von beträchtlicher Ausdehnung. Da aber das Instrument wesentlich als Doppelfernrohr gebaut wird, so ist dieser Ausdehnung schon durch die Entfernung der Augenachsen eine ziemlich enge Grenze gezogen. Die Lichtverteilung im Fernrohre wird ungleichmässig, so dass nur auf der Fernrohrachse die volle Lichtstärke vorhanden ist, eine rasche Abnahme aber für Punkte ausserhalb der Achse besteht. Das Gesichtsfeld nimmt hierbei beträchtlich ab. Dieses ist begrenzt durch eine von der Linsenkombination selbst hervorgerufene Blende, dem virtuellen Bilde des Objektives, welche sich einige Zentimeter vor dem Auge im Innern des Fernrohres befindet und als blendend heller Kreis wahrgenommen wird, sobald man das Fernrohr etwas vom Auge entfernt hält. Bewirkt man die Fernrohrvergrösserung durch Ver-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

kleinerung der Okularbrennweite und das erscheint nach Obigem angezeigt, so verkleinert sich die natürliche Blende wesentlich. Auch die Entfernung des Auges von der natürlichen Blende bedingt die Grösse des Gesichtsfeldes.

Schon bei einer 5fachen Vergrösserung sind die erwähnten Nachteile so bedeutend, dass man gerne der sonstigen Vorzüge entbehrt und Erstaunen erfüllt uns, wenn wir erfahren, dass Galiläi 1609 bei seinen Versuchen, das holländische Fernrohr zu verbessern, zu einer 30fachen Vergrösserung vorgegangen ist. Das Instrument, dessen Bau wohl heute kein Mechaniker auf sein optisches Gewissen nehmen möchte, diente offenbar nur astronomischen Zwecken.

Das astronomische, oder Keppler'sche Fernrohr, zwischen 1613 und 1617 von dem Jesuiten Scheiner konstruiert, war aber damals noch nicht erfunden. Ein paar Worte über dessen Konstruktion. Das Objektiv dieses Fernrohres entwirft von dem Objekte ein verkehrtes Bild (wie die Linse der photographischen Kamera auf der matten Glastafel), welches durch eine mehr oder weniger vergrössernde Lupe, eine Sammellinse, betrachtet wird. So muss natürlich ein verkehrtes Bild des Aussenobjektes zur Wahrnehmung kommen, was in der Astronomie belanglos ist. Da die Länge des astronomischen Fernrohres gleich der Summe der Brennweiten von Objektiv und Okular, diejenige des holländischen Fernrohres gleich der Differenz beider Grössen ist, die Vergrösserung aber bei beiden Fernrohren als Quotient aus Objektiv- durch Okularbrennweite berechnet wird, so ist die Länge des astronomischen Fernrohres bei gleicher Vergrösserung um wenigstens die doppelte Brennweite des Okulars grösser, als das holländische Fernrohr.

Für die Beobachtung irdischer Gegenstände sind verkehrte Bilder störend. Um nun zu einem terrestrischen Fernrohr zu gelangen, hat man nur das verkehrte Bild des Objektives durch eine Linse (oder ein Linsensystem) umzukehren und dann das zweite wieder aufrecht stehende Bild, durch eine Lupe zu betrachten. Praktisch gestaltet

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

sich die Sache so, dass man das durch das Objektiv entworfene verkehrte Bild durch ein schwach vergrösserndes Mikroskop, welches ja seinerseits auch umkehrend wirkt, als zusammengesetzte Lupe betrachtet. Gerade in der Konstruktion dieses zusammengesetzten Okulars sind seit der Erfindung und ersten Ausführung des terrestrischen Fernrohres durch Schyrl (1645) die bedeutendsten Fortschritte zu verzeichnen und dem genialen bayerischen Gelehrten Frauenhofer gebührt das Verdienst zu end- und mustergiltigen Typen vorangeschritten zu sein.

Man sieht aber sofort ein, dass die Bildumkehrung und die damit verbundene nicht unbeträchtliche Dimension des Okulars eine Fernrohrlänge beanspruchen, welche weder eine billige Herstellung noch eine bequeme Handhabung des Instrumentes gestatten. Beispielsweise würde man bei einem Fernrohre von 10facher Vergrösserung mit einer Objektivbrennweite von 300 mm und einer Okularbrennweite von 30 mm, welcher eine Länge von 300 mm (Frauenhofer) zukommt, zu einer Fernrohrlänge von 600 mm gelangen. Da für stärkere Vergrösserungen Okulare mit kleiner Brennweite Anwendung finden und diese geringere Ausdehnung besitzen, als solche mit grösserer Brennweite, so tritt der Nachteil der Okularlänge bei stark vergrössernden Fernrohren immer mehr zurück. Man baut daher zweckmässig terrestrische Fernrohre erst für 15fache und höhere Vergrösserung.

In der Lichtstärke ist das terrestrische Fernrohr dem holländischen ebenbürtig. Beide Instrumente erfordern zur Erzielung einer grösstmöglichen Lichtstärke eine Objektivöffnung, welche in Millimeter gemessen das 6fache der Vergrösserung ist, Pupillenöffnung dabei 6 mm angenommen. Wenn auch bei terrestrischen Fernröhren, im Interresse der Dimension des Instrumentes und der Reinheit der Bilder die Objetivöffnung etwas kleiner genommen wird, so hat doch das Gesichtsfeld des terrestrischen Fernrohres den Vorzug einer gleichmässigen Helligkeit. Bezüglich

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

der Grösse des Gesichtsfeldes ist aber das terrestrische Fernrohr dem holländischen weit überlegen. Während dieses für jede Vergrösserung ein Sehfeld von 30° bis 40° besitzt, hat das holländische Fernrohr bei einer 10fachen Vergrösserung nur noch ein Sehfeld von 11°—12°. Wir kommen zu dem Resumé, dass die älteren Fernrohr-Konstruktionen kein bequemes, handliches Fernrohr boten, mit einer Vergrösserung 6—14fach, wie sie dem Jäger und Touristen wünschenswert erscheint. Diese Lücke versuchte Herr Professor Dr. Abbe, dessen schätzenswerte Kraft der optischen Werkstätte in Jena zur Verfügung steht, auszufüllen. Sollen die terrestrischen Fernrohre ihres Hauptfehlers der unhandlichen Länge entkleidet werden, so kann die Bildumkehrung nur durch Spiegelung und zwar, des geringeren Lichtverlustes wegen, durch Prismenspiegelung bewerkstelligt werden. Es hat nicht an Vorbildern für diese Umkehrung gefehlt und zwar in der Prismenkombination von Amici (1786—1863) für das Präparieren mikroskopischer Objekte und von Dove für das Fernrohr. Während aber ersteres mit der Bildumkehrung eine Ablenkung der Sehrichung verbindet, liefert letzteres infolge wiederholter Brechungen eine excentrische Aberration. Die mit diesen Prismenkombinationen gemachten ungünstigen Erfahrungen präzisierten die zu lösende Aufgabe genau. Das System muss geradsichtig sein, an Ein- und Austrittsfläche muss senkrechte Incidenz erfolgen, ausserdem müssen an den reflektierenden Flächen die Bedingungen totaler Reflexion erfüllt sein. Diese Bedingungen werden nur von den beiden Prismenkombinationen Fig. 1 und 2 erfüllt, in welchen der Gang eines central und rechtwinklig einfallenden Lichtstrahles dargestellt ist. Fig. 1 besteht aus 2 gleich-

Fig. 1.

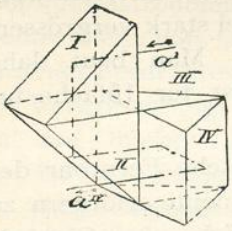
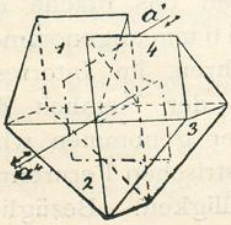


Fig. 2.



Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

schenklig rechtwinkligen Prismen, die mit ihren Hypotenusenflächen in gekreuzter Lage an einander befestigt sind, in Fig. 2 sitzen auf einem grösseren gleichschenklig rechtwinkeligen Prisma zwei kleinere ebensolche so neben einander gestellt auf, dass ihre Hypotenusenflächen sich rechtwinkelig kreuzen. Die Parallelverschiebung des Lichtstrahles ist bei Fig. 2 gleich einer Seitenkannte eines solchen kleinen Prismas bei Fig. 1. $\sqrt{2}$ mal so gross. Man kann sich die Wirkungsweise der Prismenkombinationen als diejenige zweier gekreuzter ebener Spiegel vorstellen. Bei einem Winkelspiegel von 90° erblickt man im III Raum das durch doppelte Spiegelung hervorgerufene Bild eines (unsymetrischen) Objektes um 180° gedreht, also gewissermassen von rechts nach links; ein zweiter mit erstem Spiegel rechtwinkelig gekreuzter Spiegel kann nun dieses Bild wieder von oben nach unten kehren. Beide Spiegel zusammen vermögen aber das rückwirkend zu gestalten, was durch die Objektivlinse entweder schon bewerkstelligt ist, falls die Kombination zwischen Objektiv und Okular kommt, oder noch erfolgt, falls die Prismenkombination vor das Objektiv gestellt wird. Beide Aufstellungen verkürzen das Fernrohr nicht unter die Dimensionen des astronomischen Fernrohres, letztere würde sie noch vergrössern. Trennt man jedoch die beiden gleichschenklig rechtwinkligen Prismen längs der gekreuzten Hypotenusenflächen und führt eine Parallelverschiebung in der Richtung einer Senkrechten zur Trenn-

Fig. 1a

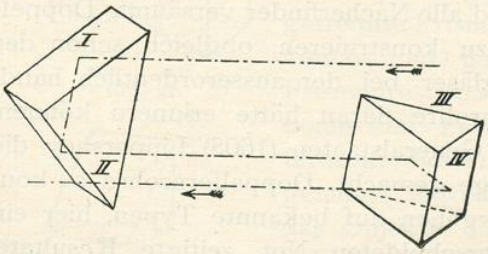
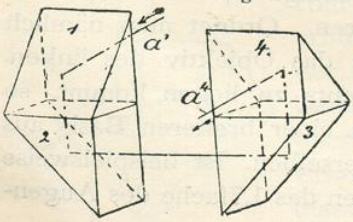


Fig. 2a



Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

ungsfläche aus, Fig. 1a und Fig. 2a, so wird der oben gezeichnete Strahlengang zwar etwas verlängert, die charakteristischen Reflexionen bleiben jedoch erhalten. Bringt man die Objektivlinse seitlich des einen, die Okularlinse seitlich des andern Prisma an, so hat der Lichtstrahl den dreifachen Weg von Objektiv bis zum ersten Prisma (Okularprisma) zurückzulegen, bis er zum Okular gelangt. Die Dimension des Fernrohres verkleinert sich also auf mindestens den dritten Teil eines gleich stark wirkenden astronomischen Fernrohres.

Als die Firma Zeiss das Patent anmeldete, wurde ihr von dem Patentamte mitgeteilt, dass das Instrument bereits von Porro in Paris erfunden und in Eisenlohr's Physik (siehe 11. Auflage p. 317) als Reiterfernrohr beschrieben sei. Weitere Nachforschungen ergaben, dass nicht nur bereits 1849 die Beschreibung eines solchen als lunette Napoleon III. von Porro existierte, sondern dass auch eine ganze Reihe von Optikern das Fernrohr nacherfunden hatten.

»Was thun, spricht Zeiss!« Ein Patent für ein einfaches Fernrohr zu nehmen, war natürlich unmöglich, dagegen hatten Porro und alle Nacherfinder versäumt, Doppelfernrohre dieser Art zu konstruieren, obgleich schon der Gebrauch der Operngläser bei der ausserordentlich handlichen Form der Fernrohre daran hätte erinnern können. Hatten ja selbst die Generalstaaten (1608) Lippershey die vorübergehende Auflage gemacht, Doppelfernrohre zu konstruieren. Das Zurückgehen auf bekannte Typen, hier ein Retter aus der unverschuldeten Not, zeitigte Resultate, welche ohne diese äussere Notwendigkeit, wohl kaum so rasch zu erwarten gewesen wären. Ordnet man nämlich das Doppelfernrohr so an, dass das Objektiv des linken, links, dasjenige des rechten, rechts zu liegen kommt, so sehen wir die Gegenstände von einer breiteren Basis aus und erhöhen somit die Plastik derselben. Ist beispielsweise der Abstand beider Objektivachsen das 1,7fache des Augen-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

abstandes des Beobachters, so wird für ihn die Plastik auf das 1,7fache des gewöhnlichen Doppelfernrohres (gleiche Vergrösserung vorausgesetzt) gesteigert und er kann in der 1,7fachen Entfernungen (im Vergleich zum gewöhnlichen Doppelfernrohr) eine räumliche Trennung der Objekte wahrnehmen. Doppelfernrohre dieser Art verfertigt Zeiss unter dem Namen Feldstecher. Aber die Plastik lässt sich noch viel weiter ausdehnen und Abbe gelangte schliesslich zu einer Neukonstruktion des Helmholtz'schen Telestereoskop, welches mit dem neuen Instrument kaum mehr als den Zweck gemeinsam hat. Denkt man sich in Fig. 1 und Fig. 2 das Prisma 1 abgetrennt und längs einer Senkrechten zur Trennungsfläche parallel verschoben, (Fig. 1b und Fig. 2b) so wird der Gang der Reflexionen damit nicht gestört. Ein durch die Kathetenfläche des Prisma 4 blickendes Auge empfängt aber Strahlen von Objekten, die weit (links oder rechts, oben oder unten, je nach der Anordnung des Ganzen) abliegen. Zwischen das abgetrennte Prisma und den Prismenrest kommt nun das Objektiv, vor den Prismenrest das Okular eines astronomischen Fernrohres. Ein Doppelfernrohr dieser Art, Relieffernrohr genannt, in welchem auch hier wieder das Objektiv für das linke Fernrohr links, dasjenige für das rechte Fernrohr rechts liegt, muss eine gewaltig erhöhte Plastik zeigen. Ist der Abstand der beiden Objektivachsen 335 mm, derjenige der Augenachsen des Beobachters etwa 65 mm, so beträgt die Erhöhung der Plastik beiläufig die 5fache des gewöhnlichen astrono-

Fig. 1b

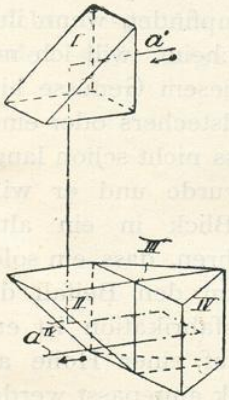
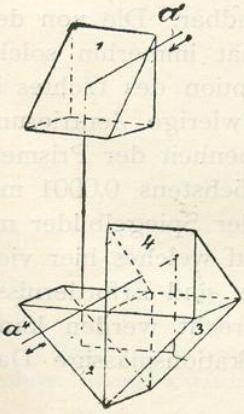


Fig. 2b



Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

mischen (oder terrestrischen) Doppelfernrohres. Der grosse Objektivabstand gestattet das Beobachten hinter einem Baume, also unter Deckung. Unter Preisgabe der erhöhten Plastik kann man auch als Deckung eine Mauerbrüstung wählen. Zu diesem Zweck bringt man die beiden Fernrohre aus der gestreckten Stellung (mittelst Scharnierbewegung) fast in Parallelstellung. In der Deckung allein besteht nicht der einzige Wert des Fernrohres zu Kriegszwecken. Durch die erhöhte Plastik werden die Unebenheiten und räumlichen Unterschiede des Terrains so scharf markiert, dass auch dieser Umstand für die Verwertung des Fernrohres im Kriege und bei Manövern spricht. Den grossen Genuss, welchen der Tourist empfindet, wenn ihm die Landschaft, wie im Stereoskop erscheint, will ich nur angedeutet haben. Wer sich einmal diesem Genusse hingab, sei es unter Anwendung eines Feldstechers oder eines Relieffernrohres, der muss bedauern, dass nicht schon lange die Porro'sche Erfindung ausgebaut wurde und er wird nach Gründen hiefür fragen. Ein Blick in ein altes Porro'sches Fernrohr wird ihn aber belehren, dass ein solch unvollkommenes trübes Instrument kaum den Beifall des Publikums erwerben konnte. Die Glasfabrikation ist erst durch Schott und Genossen in Jena auf einer Höhe angelangt, dass sie allen Zwecken der Optik angepasst werden kann. Selbst unter den 100 Glassorten dieser Firma sind nur 2 zu den neuen Fernrohren verwendbar. Die von den Lichtstrahlen durchsetzte Glasmasse hat immerhin solche Dimensionen, dass man mit der Absorption des Lichtes in ihnen rechnen muss. Die höchst schwierige Zentrierung und die grossen Ansprüche an die Ebenheit der Prismenflächen, welche Abweichungen von höchstens 0,0001 mm gestatten, das empfindliche Wandern der Spiegelbilder mit der kleinsten Drehung des Spiegels, auf welches hier viermal Bedacht zu nehmen ist, das Alles sind Erfordernisse, welchen nur die heutige Technik gerecht werden kann. An ihnen scheiterte früher die fabrikationsmässige Dar-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

stellung und wohl auch die Zusammenstellung zu einem Doppelfernrohr.

Die Abbe'schen Fernrohre*) sind höchst wertvoll, wegen ihrer handlichen Dimensionen, ihres grossen Gesichtsfeldes und besonders wegen ihrer erhöhten Plastik. Gerade in letzterer Hinsicht versagen alle anderen Zusammenstellungen Porro'scher Prismen, welche von anderen Firmen auf den Markt gebracht werden. Eine erhöhte Plastik vermag aber das Auge zu schulen und den Sinn für körperliche Vorstellung zu erhöhen. Die Abbe'schen Fernrohre sind berufen, das wieder gut zu machen, was seither zum Nachteil unseres Anschauungsvermögens versäumt worden war. Welche besondere weittragenden Erfolge ihnen aber geworden sind, möge in Nachfolgendem dargelegt werden

---

*) Siehe Dr. A. Seitz Winke zum Gebrauch des Zeiss'schen Doppelfernrohres. Kriegstechnische Zeitschrift 9. Heft 1901. p. 1—8.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

II. Der stereoskopische Entfernungsmesser*)

der Firma **Carl Zeiss** in Jena.

I. Allgemeine Gesichtspunkte.

Wenn man in einem an Objekten reichen Terrain eine Reihe von Stangen in bestimmten Abständen vom Beobachter verteilt und von der Landschaft alsdann stereoskopische Aufnahme herstellt, so werden unter dem Stereoskop die Markstangen mit den zugehörigen Punkten der Landschaft wieder körperlich zusammenfallen. Unter dem Stereoskop wird also die Entfernung des betreffenden Punktes als diejenige der zugehörigen Markstange wieder erkannt.

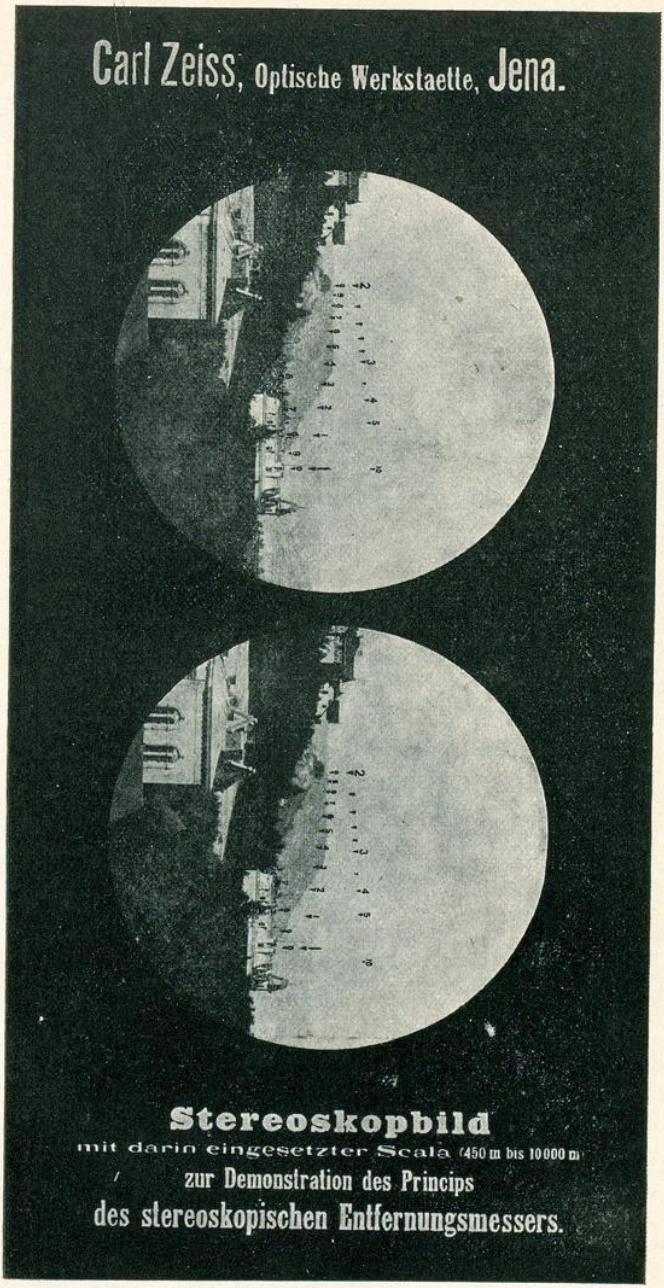
Denkt man sich die Glasphotogramme der Markstangen allein, auf die entsprechenden Stereoskop-Photographieen einer beliebigen Landschaft (welche unter gleichen Bedingungen aufgenommen wurde) gelegt, so werden unter dem Stereoskop bestimmte Markstangen mit bestimmten Objekten der neuen Landschaft zusammenfallen und wir werden zu dem logischen Schluss gedrängt, dass die Objekte der Landschaft diejenige Entfernung vom Orte der Aufnahme besitzen, welche den mit ihnen sich deckenden Markstangen zukommen. Die stereoskopischen Photogramme der Marksteine liefern also im Prinzip einen Entfernungsmesser der einfachsten Art. Der Gedanke ist von Herrn Ingenieur Hector de Grousilliers in Charlottenburg ausgesprochen worden. Am Anfang 1893 regte er die Firma Zeiss in Jena an, den Gedanken praktisch zu gestalten und nach vielen Bemühungon ist dieses der überaus leistungsfähigen Firma auch gelungen.

Es lässt sich nicht erwarten, dass die gewöhnliche Aufnahme stereskopischer Bilder eine charakteristische

*) Dr. C. Pulfrich. Vortrag gehalten auf der Naturforscherversammlung zu München am 19. Sept. 1899, Physikalische Zeitschrift Nro. 9 vom 25. Nov. 1899.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Fig. 3a.

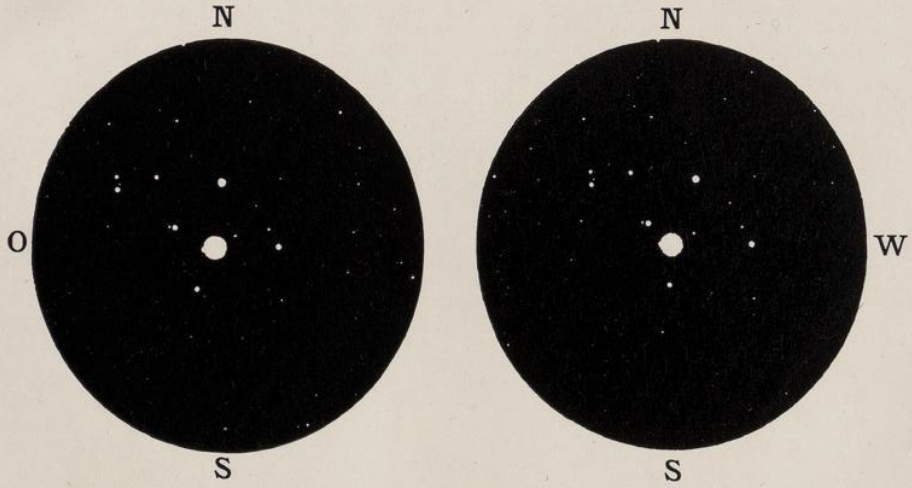


Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Saturn im Sternbild des Schlangenträgers

am 10. Juni 1899 — am 9. Juni 1899



zusammengestellt nach Aufnahmen von Prof. M. WOLF, HEIDELBERG.

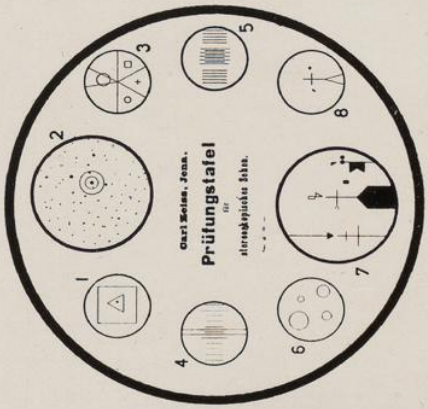
Sehen
s Bild
Vor-
einem
eines
jektes
n der
bringt
iegeln
r be-
, wo-

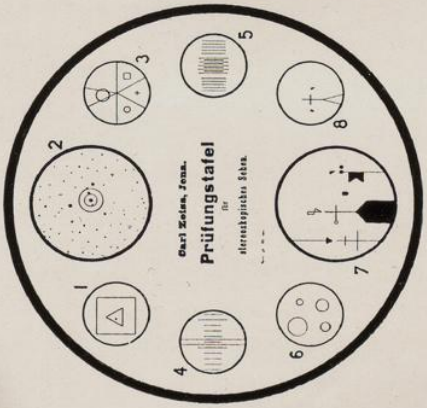
r sich
n zur
eines
l der
r des
Vor-
weite
beiden
s zen-
baltes),
es die
freien
n den
Bleibt
steti g
cheint,
oder
banten
r das
näher
Dann

. 221.
3

UB Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg Frankfurt am Main

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main





Sehen
s Bild
Vor-
einem
eines
jektes
n der
bringt
iegeln
r be-
, wo-

r sich
an zur
eines
l der
g des
Vor-
weite
beiden
s zen-
baltes),
es die
freien
n den
Bleibt
stetig
cheint,
oder
santen
g das
näher
Dann

. 221.
3

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Plastik für entferntere Objekte liefert. Bei dem Sehen mit zwei Augen erhält jedes der beiden ein anderes Bild des Objektes. Beide verschmelzen sich in unserer Vorstellung (jedenfalls infolge fortgesetzter Erfahrung) zu einem einzigen Objekt. Von den stereoskopischen Bildern eines Objektes entspricht nun das linke dem Teil des Objektes der vom linken Auge gesehen, das rechte demjenigen der vom rechten Auge gesehen wird. Das Stereoskop bringt beide Bilder entweder durch Anwendung von Spiegeln oder von Prismen so zusammen, dass sie von einer bestimmten Stelle des Raumes herzukommen scheinen, wodurch der Eindruck der Plastik hervorgerufen wird.

Da die Augen unter normalen Verhältnissen für sich die Fähigkeit besitzen, plastisch zu sehen, so kann man zur Erzielung eines Entfernungsvergleiches mit Hilfe eines auf Glas photographierten Markenschemas, sowohl der Photographieen des Objektes, als der Anwendung des Stereoskops entbehren. Nimmt man nach dem Vorschlag von Dr. Pulfrich*) zwei, Meter lange, 55 mm weite eng an einander gelegte Rohre, verschliesst die beiden Rohre auf der gleichen Seite unter Freilassung eines zentralen Durchblickes (eines 2 mm breiten horizontalen Spaltes), so nehmen beim Durschschauen dieses Okularendes die Augenachsen Parallelstellung an. Marken, an dem freien Ende des Doppelrohres angebracht, projizieren sich in den Raum und verschmelzen sich zu einzelnen Bildern. Bleibt die Marke des einen Rohres fest, und ändert man stetig die Stellung der andern durch Seitenverschiebung, so scheint, je nach dem Sinn der Bewegung die Marke vorwärts oder rückwärts zu wandern. Man kann dabei einer interessanten optischen Täuschung begegnen, wenn man zufällig das Doppelrohr auf einen Gegenstand richtet, welcher näher liegt, als die stereoskopische Projektion der Marke. Dann scheint der Gegenstand sich im Rohre zu befinden.

*) Dr. C. Pulfrich Zeitschrift für Instrumentenkunde 1901. p. 221.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Der stereoskopische Effekt der wandernden Marke lässt sich auch ohne Anwendung eines Doppelrohres gewinnen, wenn man zwei gleiche Bleistifte am einen Ende mit der Spitze nach unten anfasst und unter Ausstrecken der Arme beobachtet. Die beiden mittleren der 4 zunächst auftretenden Bilder verschmelzen sich bald zu einem einzigen, welches vor- oder rückwärts wandert, wenn man dem einen Bleistift eine sanfte Bewegung nach rechts oder links gibt. Ein so einfacher Entfernungsmesser in Gestalt eines Doppelrohres würde nicht weit tragen. Die Bilder beider Augen sind selbst für nahe Gegenstände so wenig von einander verschieden, dass nur ein sehr geschärfter kritischer Blick Unterschiede an den beiden Stereoskopbildern in der Regel wahrnimmt. Meist belehrt uns erst das Stereoskop dessen und gibt uns das Mittel an die Hand, z. B. falsche Kassenscheine neben richtigen herauszufinden oder Nachdruck von seinem Originale zu unterscheiden. Mit der Entfernung des Objektes vom Beobachter verschwindet der Unterschied der beiden Augenbilder mehr und mehr und die Augen verlieren damit die Fähigkeit des plastischen Sehens. Es ist auch eine bekannte Erfahrung, dass in den Stereoskopen die entfernten Objekte nicht körperlich hervortreten und eigentlich nicht so recht zur lebhaften Plastik des Vordergrundes passen.

Die geringe Plastik entfernter Objekte kann man nun durch Anwendung von Doppel-Fernrohren erhöhen, denn mit der Vergrösserung des Fernrohres wächst auch die Dimension des Unterschiedes der beiden Augenbilder. Die Entfernung der beiden Augenachsen von einander ist so klein (etwa 65 mm), dass die Anwendung von Doppelfernrohren allein weittragende stereoskopische Effekte nicht erzielen lässt. Betrachtet man aber die Objekte von einer breitern Basis aus, in dem man, durch mehrfache Spiegelung von den Enden dieser Basis die linke Ansicht des Objektes dem linken und die rechte Ansicht des Objektes dem rechten Auge darbietet, so erhöht sich die Plastik

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

noch weiter und zwar im Verhältnis der neuen Basis zur Entfernung der Augenachsen. Das ist bereits von Helmholtz*) in seinen Telestereoskop erreicht worden. Die Zeiss'schen Relieffernrohre erfüllen, wie oben näher auseinander gesetzt, die gleiche Aufgabe. Bei diesen sind an der Stelle stark Licht absorbierender ebener Spiegel Reflexionsprismen verwendet, von welchem je ein solches am Ende der erwähnten Basis dazu dient, die neue Seitenansicht des Objektes in das Fernrohr zu leiten, während je eine Porro'sche Prismenkombination im Innern der beiden Fernröhre die entsprechenden Bilder aufrecht stellt und den Augen des Beobachters zuführt. Die Achsen der beiden Fernrohre liegen also auf einer geraden Linie (der Basis) und man sieht senkrecht zu dieser Basis in das Fernrohr. Bringt man in die Brennebene des Objektives des linken und des rechten Fernrohres das zugehörige Markenschema, so projiziert sich letzteres in die unter erhöhter Plastik durch das Fernrohr gesehene Landschaft hinein, und bestimmte Objekte werden mit den in den Raum scheinbar hinaustretenden Marken zur Deckung kommen, also mit diesen in der Entfernung übereinstimmen. Die Entfernung solcher Objekte, welche nicht direkt mit Marken zur Deckung kommen, kann mit grosser Genauigkeit geschätzt werden. Mit der Herstellung des Instruments war das Ideal eines Entfernungsmessers geschaffen und auch dem weniger mathematisch Gebildeten ermöglicht, Entfernungen mit hinreichender Genauigkeit zu messen, soferne nur dem Beobachter die Möglichkeit stereoskopischen Sehens überhaupt gegeben ist. Die technische Ausführung des an sich bedeutungsvollen Gedankens von Grousilliers muss als eine bedeutende That angesehen werden.

2. Konstruktion des Markenschemas.

Die Marken, deren stereoskopisches Bild sich über einer Landschaft ausbreiten soll, wird man nicht auf dem

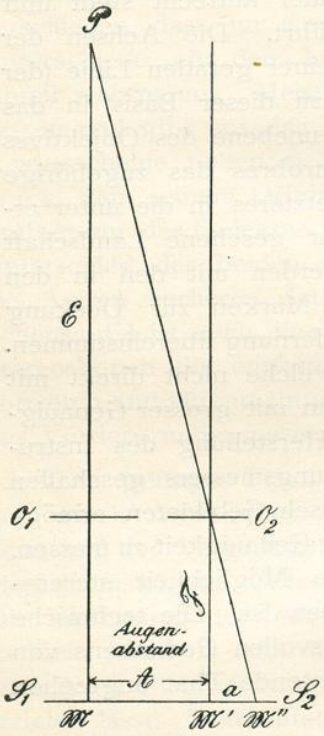
*) H. Helmholtz, Handbuch der psysiologischen Optik 1867 p. 673.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Weg photographischer Aufnahmen, (etwa in gleichen Abständen hintereinander aufgesteckten Stangen) gewinnen, sondern auf dem Weg der Berechnung.

Das Doppelfernrohr möge auf ein unendlich fernes Objekt eingestellt sein und in der Brennebene eines jeden Objektivs befinde sich eine durchsichtige Platte, S_1 respektive S_2, zur Aufnahme der Marken, dann sind die Marken für ein unendlich entferntes Objekt die Brennpunkte $\mathfrak{M}$ und $\mathfrak{M}'$ eines jeden der beiden Objektive selbst.

Fig. 1



In Figur 1 bedeuten F die Brennweite der Objektive O_1 und O_2, $\mathfrak{M}$ und $\mathfrak{M}'$ die Marken für einen unendlich entfernten Punkt, auf den Glasscheibchen S_1 und S_2 $\mathfrak{M}$ und $\mathfrak{M}''$ die korrespondierenden Marken für einen Punkt P der Achse des Objektivs O_1, dessen Entfernung E ist, A die Augendistanz des Beobachters, dann folgt aus der Aehnlichkeit vorhandener Dreiecke:

$$E : A = F : \mathfrak{M}'\mathfrak{M}'' \text{ oder da}$$

$$\mathfrak{M}'\mathfrak{M}'' = a$$

$$a = \frac{A \,.\, F}{E}$$

(Es möge hier kurz bemerkt werden, dass $\mathfrak{M}''$ links von $\mathfrak{M}'$ liegt, wenn das Bildumkehrungssystem sich zwischen O und S befindet.)

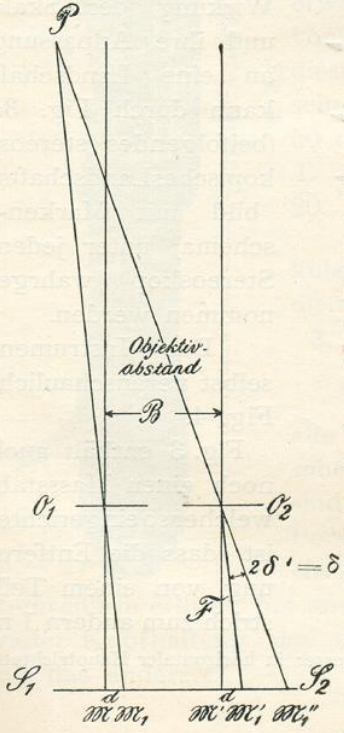
Ist der Abstand der Objective voneinander nicht gleich der Augendistanz, sondern ein grösserer B, so geht obige Formel über in:

$$a = \frac{B \,.\, F}{E} \quad \ldots\ldots\ldots 1)$$

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Diese gestattet die Berechnung von a, wenn B, F und E gegeben sind. Es kann aber auch E aus den gemessenen Grössen a, B, F berechnet werden und diesem Zwecke dient ein andrer Entfernungsmesser der Firma Zeiss, bei welchem S_1 wie früher schon angedeutet die feste Marke $\mathfrak{M}$ enthält, während $\mathfrak{M}'$ auf S_2 soweit mikrometrisch verschoben werden kann, bis das stereoskopische Gesammtbild der Marken $\mathfrak{M}$ und $\mathfrak{M}'$ mit einem bestimmten Objekt zur Deckung kommt. Aus der Grösse der Verschiebung von $\mathfrak{M}'$ kann man rechnerisch oder tabellarisch die Entfernung E des Objektes ermitteln. Die Vorteile des Apparates liegen in der Möglichkeit einer Selbstkontrole. Für eine rasche Beobachtung z. B. zur Bestimmung der augenblicklichen Entfernung eines fliegenden Vogels, eines Reitertruppes in Karriere verdient der mit stereoskopischen Marken versehene Entfernungsmesser den Vorzug.

Fig. 2



Bezüglich des Aufzeichnens der Marken besteht für die eine der Bildflächen z. B. für S_1 eine gewisse Freiheit, die zugehörige Marke für ein bestimmtes E muss aber auf Grund von Gleichung 1) konstruiert werden. Wählt man auf S_1 den beliebigen Punkt M_1 so wird auf S_2 der korrespondierende Punkt $\mathfrak{M}_1''$ welcher den stereoskopischen Effekt in dem Abstande E gibt, wie folgt gefunden. Denke man sich $O_2\,\mathfrak{M}_1' \parallel O_1\,\mathfrak{M}_1$, so ergibt die Aehnlichkeit von Dreiecken in Fig. 2:

$$\mathfrak{M}_1'\,\mathfrak{M}_1'' : F = B : E;\ \mathfrak{M}_1\,\mathfrak{M}_1'' = \frac{BF}{E}$$

und $\mathfrak{M}_1''$ ist mithin der M_1 für E zugehörige Punkt in S_2. Es sind daher die Marken auf einer der Bildflächen in ihrer An-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

ordnung nur an eine gewisse Uebersichtlichkeit gebunden.

Die Firma Zeiss ordnet daher die Marken auch in mehrere Reihen. Bei dem handlichen Entfernungsmesser mit 8facher Vergrösserung und 51 cm Objektivabstand gilt beispielsweise die untere Reihe für Entfernungen von 90 bis 300, die mittlere für solche von 300 bis 800, die obere Reihe für Entfernungen von 800 bis 3000 m. (Fig. 3)*)

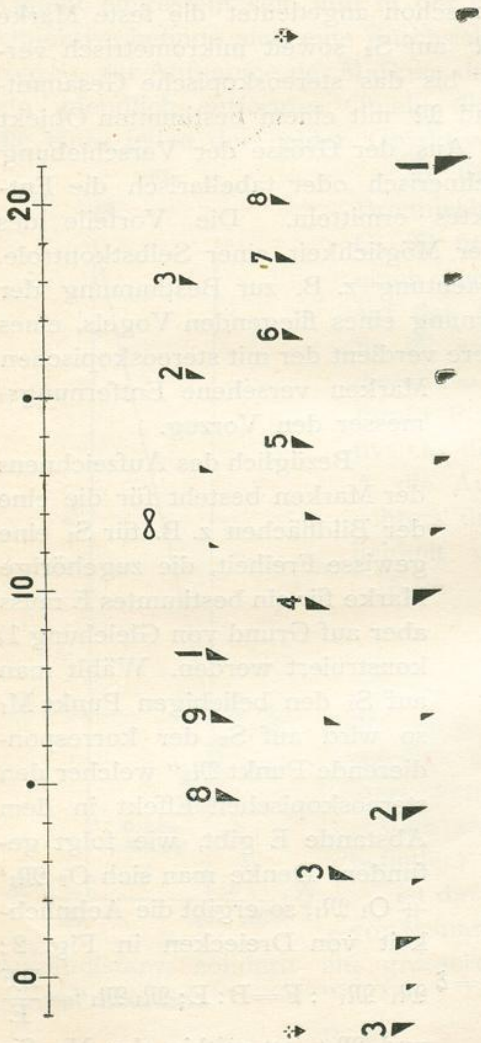


Fig. 3

Die stereoskopische Wirkung der Skala und ihre Anpassung an eine Landschaft kann durch Fig. 3a (beifolgendes stereoskopisches Landschaftsbild mit Markenschema) unter jedem Stereoskop wahrgenommen werden.

Das Instrument selbst veranschaulicht Fig. 4.

Fig. 3 enthält auch noch einen Massstab, welcher so eingerichtet ist, dass die Entfernung von einem Teilstrich zum andern 1 m

*) Diese Figur ist im Entfernungsmesser in horizontaler Hauptrichtung angebracht.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Breitedimension auf 1000 m Entfernung misst. Zeigen also die stereoskopischen Marken die Entfernung E eines Objektes an und füllt das Objekt n Skalenteile des Massstabes aus, so ist seine Breite = $n. \frac{E}{1000}$ m, oder n. E mm.

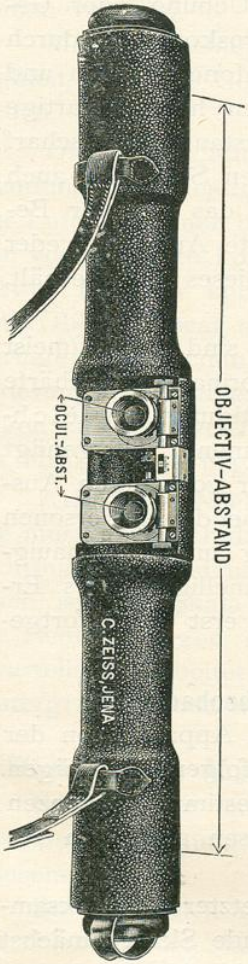


Fig. 4

Man beobachtet selbstverständlich hiebei immer nur mit einem Auge. Auch Höhenmessungen lassen sich mit diesem Massstab ausführen, wenn man das Instrument vertikal stellt, wodurch auch der Massstab vertikal zu stehen kommt. Beim binocularen Sehen erscheint der Masstab im Unendlichen.

Das objektive Sehfeld (Durchmesser der Blende) umfasst bei dem erwähnten Instrument einen Winkel von $2^0,9$ und umfasst, wenn man diesen Winkel durch das Verhältnis seines Bogens zum Radius ausdrückt, 50 m auf 1000 m Entfernung oder $\frac{E}{20}$ m auf E m Entfernung.

Auch die Blende kann bei monokularem Sehen als Vergleichsstrecke dienen.

3. Welche Personen eignen sich zur Beobachtung?

Im Allgemeinen eignen sich hierzu alle Personen, welche stereoskopisch sehen können. »Ausgeschlossen sind alle schielenden und einäugigen Personen, auch solche, bei welchen ein Auge eine erhebliche Einbusse der Sehschärfe erlitten hat und diejenigen, bei welchen bei gerader Kopfhaltung das eine Auge erheblich höher steht als das andere.«

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Da die Instrumente für einen Augenabstand von 58—72 mm gebaut sind, »so sind vom Beobachten auch solche Personen auszuschliessen, deren Augenabstand kleiner als 58 mm oder grösser als 72 mm ist.« »Nicht sofort geeignet sind solche Personen, bei welchen das eine der beiden Augen durch fortgesetzte Uebung oder Gewohnheit, z. B. durch anhaltendes Mikroskopieren, durch das Zielen mit dem Gewehr, durch das Monocletragen und dergl. eine einseitige Ausbildung erfahren hat. Derartige Personen pflegen, wenn sie einen Gegenstand recht scharf in's Auge fassen wollen, sowohl im freien Sehen als auch beim Sehen durch ein Doppelfernrohr, das bei der Beobachtung für gewöhnlich nicht beteiligte Auge entweder zu schliessen oder den Eindruck, den dieses Auge erhält, systematisch zu unterdrücken.«

»Gut und sofort verwendbar sind solche (meist jüngere) Personen, welche Augen von normaler Sehschärfe besitzen und diese bei täglicher Beschäftigung in gleichmässiger Uebung haben erhalten können.« Oft genügt bei diesen schon eine Viertelstunde zur vorläufigen Ausbildung. »Selbstverständlich wird auch bei diesen Personen die höchste Leistungsfähigkeit in Bezug auf die Genauigkeit der Tiefenunterscheidung und Schnelligkeit des Erfassens der verschiedenen Entfernungen erst durch fortgesetzte (mehrtägige) Uebung erreicht.

4. Wie wird mit dem Instrument beobachtet?

Die Instruktion hiezu wird jedem Apparat von der Firma Zeiss beigegeben. Hier mag kurz folgendes genügen.

Die Okulare lassen sich innerhalb bestimmter Grenzen dem Augenabstand jeder Person anpassen und auch für jedes Auge gesondert einstellen.

Das Instrument wird unter fortgesetzter Aufmerksamkeit auf die in die Tiefe sich erstreckende Skala zunächst nach dem hellen Himmel gerichtet. Beim Abwärtsdrehen um die Längsachse desselben scheint die Messskala frei im Raume über dem Objekte zu stehen. Eine Bedeckung

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

des Objektes durch eine Marke ist tunlichst zu vermeiden. Sowohl die (deckende) Marke für die richtige Entfernung des Objektes, als auch die entfernter liegenden (deckenden) Marken täuschen und für eine Reihe entfernter liegenden (deckenden) Marken geht der stereoskopische Effekt derselben verloren.

Man hat seinen Standpunkt nach Möglichkeit so zu wählen, dass die Gegenstände sich vom Hintergrunde abheben.

Die Beobachtung im Sonnenlicht wird durch Anwendung von Blendgläsern ermöglicht. Auch bei flimmernder Luft kann man beobachten. Hiebei ist die Ablenkung der vom Objekte kommenden Lichtstrahlen für beide Objektive (bei der immerhin grossen Entfernung derselben vom Objekte) zwar eine ziemlich gleiche, doch reicht eine geringe Verschiedenheit und die periodische Richtungsänderung der Strahlen hin, die Ortslage des Bildes Schwankungen zu unterwerfen. Man wird sich also in diesem Falle mit Mittelwerten begnügen müssen.

Auch des Nachts lassen sich Lichtpunkte messen, nur muss man sich dabei vorher davon überzeugen, ob der Lichtpunkt in jedem der beiden Fernrohre getrennt zu sehen ist, die Skala ist alsdann geeignet zu beleuchten. Die Beobachtungen nachts haben den Vorteil, dass man vorurteilsfrei arbeitet und von einer Störung durch den Hintergrund selbstverständlich nichts empfindet.

5. Wann sind die Angaben des Entfernungsmessers richtig?

Stimmt nur eine der Marken mit der direkt gemessenen Entfernung überein, so ist der Apparat als richtig anzusehen.

Bei unvorsichtigem Transport kann eine seitliche Verschiebung der Skalen vorkommen und auch eine solche von oben nach unten. Feine Mikrometer gestatten die Korrektur, welche besonders für die seitliche Verschiebung mit grösster Vorsicht auszuführen ist.

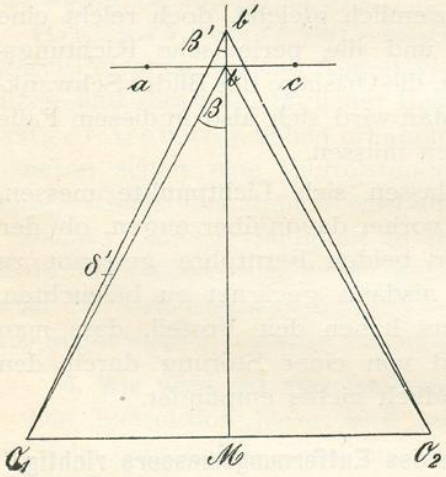
Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

6. Welche Grenzen der Genauigkeit kann der Entfernungsmesser besitzen?

Diese Grenzen hängen von der Fähigkeit der Augen ab, Tiefendimensionen warzunehmen. Um hierüber ein Urteil zu gewinnen, versuchte Helmholtz (Handbuch der physiologischen Optik 1867 p 644) bei drei gleichen, auf einer Geraden, in je 12 mm Abstand von einander angeordneten Nadeln, a, b, c, die mittlere nach vorherigem Vor- oder Rückwärtsschieben wieder an die alte Stelle zu bringen.

Die Verbindungslinie seiner Augen war der erwähnten Geraden parallel und befand sich in 340 mm Abstand von derselben. Die Augen-Distanz betrug 68 mm und die Augen O_1 und O_2 befanden sich symetrisch zum Lote b M. (Fig. 5) Helmholtz fand nun, dass ein Tiefenunterschied immer wahrgenommen werden konnte, wenn b um $^1/_2$ mm aus der Geraden a c herausrückte, entweder O_1 O_2 zu, oder von ihm weg. Nehmen wir an, bei einer solchen Stellung b′ sei b b′ = $^1/_2$ mm, so berechnet sich aus den angegebenen Dimensionen $\beta' = 5^0\ 43'\ 8''$ und $\beta = 5^0\ 42'\ 38''$ und hieraus $\delta' = 30''$. Konvergieren die Augenachsen nach b so verschiebt sich jedes der Netzhautbildchen beim Fixieren von b′ um δ', also beide um den relativen Abstand $\delta = 2\delta' = 1'$ (Bogenminute). Beträgt also der Richtungsunterschied der Konvergenz für die beiden Netzhautbildchen 1′, so ist eine Tiefenwahrnehmung nach Helmholtz noch möglich.

Fig. 5



Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Helmholtz schliesst daraus, »dass die Vergleichung der Netzhautbilder beider Augen zum Zweck des stereoskopischen Sehens mit derselben Genauigkeit geschieht, mit welcher die kleinsten Abstände von einem und demselben Auge gesehen werden können.«

Hier besteht jedoch ein Unterschied. Während bei dem einäugigen Sehen der kleinste Gesichtswinkel, unter welchem noch eine Unterscheidung der Netzhautbilder möglich ist, wesentlich von der Beleuchtung des Objektes und von seinem Hintergrund abhängt, treten diese Momente bei dem stereoskopischen Sehen wesentlich zurück. Das lehrt die Wiederholung der Helmholtz'schen Versuche von Dr. O. Hecker (Zeitschrift für Vermessungswesen 1901 Heft 3) welcher sich hierbei je eines Hintergrundes weissen, mattschwarzen und dunklen Papiers bediente und ebensowohl blanke, als mit schwarzem Mattlack überzogene Nadeln anwandte.

Die Versuche von Helmholtz, welche eine Bogenminute als die Grenze der Sehschärfe angeben, sind für den stereoskopischen Entfernungsmesser insofern verhängnisvoll geworden, als Helmholtz auf Grund derselben die Ausführbarkeit eines stereoskopischen Entfernungsmessers entschieden verneinen musste. (Physikalische Zeitschrift 1899 No. 9 vom 25. Nov.). Glücklicherweise ist die Empfindlichkeit der Augen für einen parallaktischen Richtungsunterschied meist viel grösser, wie die in Jena ausgeführten diesbezüglichen Fundamentalversuche, über die Dr. Pulfrich in der Zeitschrift für Instrumentenkunde »Ueber eine Prüfungstafel für stereoskopisches Sehen 1901 p. 249« berichtet hat, zur Evidenz ergeben haben. Auch Herr Dr. O. Hecker fand, dass eine Verschiebung der Nadel um 0,2 mm noch deutlich räumliche Vorstellung erweckt, was für δ (bei einer Augendistanz von 63 mm) nur 22″ beträgt.

Dass für das einäugige Sehen die Grenzen oftmals tiefer liegen, haben auch die Versuche des Herrn Prof. Cohn in Breslau, mit Schulkindern, und des Herrn

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Oberstabsarzt Dr. Seitz in Erlangen (Münchener med. Wochenschrift 1897 p. 1042) mit Soldaten ergeben. Professor F. Becker bemerkt in der Schweizerischen Zeitschrift für Artillerie und Genie 1900 Nr. 10. »Ein gutes Auge kann einen egalen Strich von 0,1 mm Stärke auf günstigem Hintergrunde ganz gut teilen d. h., durch einen weissen Teilstrich in zwei schwarze und einen weissen von je zirka $^1/_{30}$ mm Stärke. Wir haben (kurzsichtig) mit unbewaffnetem Auge schon versucht, in einen $^1/_{10}$ mm breiten Strich zwei solche Teilstriche einzuziehen, also Striche von $^1/_{50}$ mm Stärke; das entspräche einem Winkel von 12″ auf 30 cm Sehweite. Ein ähnliches Urteil über unsere Sehschärfe gibt folgende Erwägung: Man ziehe einen gleichmässig abnehmenden Strich von 10 cm Länge, der oben $^2/_{10}$ mm und unten $^1/_{10}$ mm dick ist, dann teile man den Strich in 10 Teile, so dass jedem dieser Teile eine Abnahme von $^1/_{100}$ mm entspricht. Schneidet man diese Teile auseinander, so wird ein geübtes Auge noch das dickere und das dünnere Ende eines Teilstriches unterscheiden können.«

Unsere weitere Betrachtung knüpft an die Formel 1) pag 36. an: $a = \frac{BF}{E}$ (in welcher E die Entfernung eines Objektes, B die Objektivdistanz, F die Objektivbrennweite, a die Entfernung der Marke $\mathfrak{M}''$ vom Achsenpunkt $\mathfrak{M}'$ des rechten Fernrohres, und die zugehörige Marke $\mathfrak{M}$ des linken Fernrohres der Achsenpunkt selbst ist). Für eine andere Entfernung E′ erhalten wir bei demselben Instrument:

$$a' = \frac{BF}{E'}$$

und durch Subtraktion beider Gleichungen

$$a - a' = BF \left(\frac{1}{E} - \frac{1}{E'}\right) \quad \ldots\ldots\ldots \quad 2)$$

Die binoculare Unterscheidbarkeit von a — a′ und damit die Grenze der Tiefenwahrnehmung hängt nun von dem parallaktischen Winkel δ ab, welchen, wie erwähnt,

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Helmholtz zu 60″, andere jedoch wesentlich niedriger angeben. Wählen wir nach Dr. C. Pulfrich $\delta = 30''$, so ist aus Fig. 2 leicht zu erkennen, dass a—a′ (in der Figur $\mathfrak{M}_1'$ $\mathfrak{M}_1''$) gleich $\delta . F$ sein muss. Ist aber V die Vergrösserung des Fernrohres, so wird eine Tiefenwahrnehmung noch konstatiert, wenn δ in demselben Verhältniss kleiner ist. Wir können also dann a—a′ berechnen zu

$$a - a' = \frac{\delta . F}{V}$$

In obige Gleichung eingesetzt:

$$\frac{\delta . F}{V} = BF \left(\frac{1}{E} - \frac{1}{E'}\right)$$

$$\frac{\delta}{V . B} = \left(\frac{1}{E} - \frac{1}{E'}\right) \ldots\ldots\ldots 3)$$

Bei dem Entfernungsmesser mit 8facher Vergrösserung und 51 cm Objektivabstand ergibt der Ausdruck $\frac{VB}{\delta}$ den Zahlenwert 28 km, daher

$$\frac{1}{28 \text{ km}} = \left(\frac{1}{E} - \frac{1}{E'}\right) \ldots\ldots\ldots 4)$$

Die physikalische Bedeutung der berechneten Konstanten erhellt folgende Betrachtung:

Schreibt man die linke Seite der Gleichung 3) unter Einführung der Augendistanz A in der Form $\frac{1}{\frac{A}{\delta} \cdot \frac{BV}{A}}$ so bedeutet $\frac{A}{\delta}$ den Radius r desjenigen Kreises, innerhalb dessen mit unbewaffneten Augen noch Tiefenwahrnehmungen möglich sind. Bei einer Augendistanz von A = 65 mm berechnet sich r = 447 m. Der Ausdruck $\frac{BV}{A}$ ist das Verhältnis der vergrösserten Raumtiefe durch das Instrument zu derjenigen beim blossen Sehen. Dieser Ausdruck wird totale Plastik genannt und beträgt für das angewandte Instrument die Zahl 63. Nach diesen Eräuterungen bedeutet daher die unter Gleichung 4) ange-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

gebene Konstante den Radius R des durch die gesteigerte Plastik erweiterten stereoskopischen Feldes. Bringt man unter Einführung von R = 28 km die Gleichung 4) auf die Form:

$\frac{E.E'}{R} = E'—E$ und setzt für EE′ die geometrisch mittlere Entfernung E der beiden Objekte, deren Tiefenunterschied nach Beschaffenheit von Auge und Instrument noch beobachtet werden kann, so lehrt die Gleichung 5)

$$\frac{E^2}{R} = E'—E \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 5)$$

dass diese Distanz (E′—E) mit dem Quadrat der mittleren Entfernung zunehmen muss. Die Unsicherheit der Beobachtung wächst also mit dem Quadrat der Entfernung des Objektes und kann nach Gleichung 5) für verschiedene Entfernungen berechnet werden.

Sie beträgt für das Modell I. (8fach 51 cm Basis).

Entfernung	Grenze der Tiefenunterscheidung.	Entfernung	Grenze der Tiefenunterscheidung
90 m	28 cm	600 m	13 m
100 „	35 cm	700 „	17 m
200 „	1,4 m	800 „	23 m
300 „	3 m	900 „	29 m
400 „	6 m	1000 „	35 m
500 „	9 m	2000 „	140 m
		3000 „	320 m

Ausgeführte Beobachtungen.

Den Entfernungsmessern werden Anweisungen zum Beobachten beigegeben. Hier nur einige wenige Bemerkungen.

Ungeübte können nur mit Hilfe eines Statives arbeiten. Man richtet den Blick nach dem freien Himmel und dreht an der Okularmuschel für das rechte und linke Auge jedesmal so lange, bis die Skala ganz scharf erscheint. Hierbei ist es vorteilhaft auch das nicht beschäftigte Auge offen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

zu halten, denn durch das Zusammendrücken desselben entsteht leicht eine vorübergehende Kurzsichtigkeit, unter deren Einfluss die zweite Skala dann eingestellt wird. Um den Eindruck der Plastik der Skala zu erleichtern, wird man nach Einstellung der dem stereokopischen Sehen günstigsten Augendistanz, mit unbewaffnetem Auge zunächst in unbestimmte Weite sehen (stieren ist wohl der beste Ausdruck dafür). Ein Blick bei unveränderter Augenstellung in den Apparat zeigt die Skala weit räumlich entwickelt und ein Ausruf des Erstaunens gibt Kunde von der erfolgten Akkomodation. Nunmehr dreht man das Fernrohr um die Horizontalachse, bis die Verbindungslinie der Marken die Spitze des Objektes berührt. Ein kleines rechts und links drehen um die Vertikalachse des Statives gestattet einen scharfen Schnitt durch die Skala. Jedes Stativ sollte die angedeuteten Bewegungen thunlichst leicht ermöglichen, vielleicht unter Anwendung von Mikrometern.

Es ist erstaunlich, wie leicht gerade solche Personen sich zurechtfinden, die nie Beobachten lernten, z. B. Damen und auch ganz jugendliche Schüler. Von den nachfolgenden Beobachtern war ausser dem Referenten keiner auf den Apparat geschult. Diesem selber fiel die Einübung, infolge fortgesetzter Fernrohrbeobachtungen nicht leicht und Herr Steuerrat Rattinger, welchem ich durch sein Interresse an dem Gegenstand sehr verbunden bin, brachte es infolge dieses Umstandes und wegen einer etwas starken Augendistanz zu keinem plastischen Sehen. Er war so liebenswürdig, die Aufzeichnung der Einzelbeobachtungen zu übernehmen, welche jeder Beobachter ihm auf einen Zettel geschrieben, geheimnisvoll einhändigte. So entstand nachfolgendes Protokoll.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Standort: Speyer Altpörtel (unter der Thurmspitze).

Beobachter	Signale und beobachtete Entfernungen in m.					
	Dudenhofen Thurm	Seminarkirche	Wasserthurm.	Michaux-Thurm	Protestationskirche Dachreither	Bemerkungen.
	günstige Verh.	günstig	ungünstig	sehr ungünstig	einigermassen günstig,	
Frau Prof. Rödel	—	—	723,6 **	1200	340	Beobachtete zum 1. Mal.
Herr Prof. Rödel	2,4* km	278,6 **	743,6	1200	330	* Skala geht nur bis 3 km
Herr Kreisgeometer Hauck	2,8	283,6	773,6	1220	330	
Herr Baurat Dietl	—	—	748,6			Beobachtete zum 1. Mal.
Herr Prof. Dr. Wieleitner	2,6	273,6	783,6	—	—	
Herr Realschüler Hummel	2,6	283,6	733,6	1200 1350	340 350	** Die Mitte des Thurmes war bei diesen beiden Beobachtungsreihen um 3,6 m weiter, als der Beobachtungsstandort vom anvisierten Objekt entfernt. Die direkten Beobachtungswerte sind also um diesen Betrag geringer.
Referent.	über 3,0	283,6	763,6	1375	330	
Mittel aus den Beob.	2,68	280,6	752,9	1257,5	336,7	
Wahre Entfernung	3,10	290,4	754,8	1189,0	336,0	
Differenz in m.	+ 0,42 km	+ 9,8	+ 1,9	— 68,5	— 0,7	
Differenz in % der wahren Entfernung.	13,6	3,4	0,25	5,8	0,2	

UB Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg Frankfurt am Main

Es verdient noch bemerkt zu werden, dass Anfänger sich leicht übermüden und dann die Fähigkeit des stereoskopischen Sehens vorübergehend einbüssen. Bei dem grossen Vergnügen, welches das Beobachten mit dem Entfernungsmesser bereitet und welches mehr und mehr zu Messungen reizt, tritt diese Ausschaltung ziemlich plötzlich und zwar vor der körperlichen Ermüdung ein.

Die nachfolgenden mit Herrn Offizieren des 2. Pionierbataillons Speyer ausgeführten Messungen geschahen in kleineren Distanzen bei ungünstigem Hintergrund; diesen bildete Gebüsch. Die Distanzen waren nur dem Protokollführer bekannt und wurden von jedem Beobachter selbständig ausgeführt. Die Signale bildeten Messstangen. Sämtliche Herren hatten zum ersten Mal beobachtet.

Beobachter	Beobachtete Entfernungen					
1. Oberstl. Medicus	110	150	200	—	—	450
2. Hauptm. Nees	130	180	220	280	—	—
3. Hauptm. Köhler	125	177	217	278	350	—
4. O.-Lieutn. Hudler	120	190	240	350	390	—
5. O.-Lieutn. Adj. Ernst	120	185	225	280	360	430
6. Lieutn. Luber	132	175	220	280	360	440
7. Lieutn. Gümbel	133	175	225	275	375	425
Mittel aus d. Beob.	124,3	176,0	221,0	290,5	367,0	436,3
Wahre Entfern. in m	120,0	180,0	220,0	290,0	360,0	440,0
Differenz in m	— 4,3	+ 4,0	— 1,0	— 0,5	— 7,0	+ 3,7
Differenz in % der wahren Entfernung	3,6	2,2	0,45	0,16	1,9	0,84

Beobachtungen an Strassenlaternen, welche ich nachts ausführte, ohne die wahren Entfernungen zunächst zu kennen, ergaben:

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Beobachtet	Wahre Entfernung	Differenz in % der wahren Entfernung
135 m	136 m	0,73
155	155	0,00
205	210	2,29
310	310	0,00

Zur Beleuchtung der Marken diente ein einfacher Windleuchter.

Wer mit dem stereoskopischen Entfernungsmesser vertraut ist, dem muss der Wunsch rege werden, dass es gelingen möchte, auch die Sterne stereoskopisch, also in ihrer Tiefendistanz zu sehen. Dieser schon früher hervorgetretene Wunsch ist für einzelne Sterne durch die neueren Arbeiten von Dr. C. Pulfrich in Jena in Erfüllung gegangen. Freilich würde keine Basis auf der Erde gross genug sein, von ihren Endpunkten aus Unterschiede in der Konfiguration der Sterngruppen wahrnehmen zu lassen. Wohl aber bewegt sich die Erde mit einer enormen Geschwindigkeit von 30,000 m pro Sekunde im Weltraum vorwärts. Millionen von Kilometern (2,6 Mill.) bezeichnet unsere Fahrt von gestern auf heute, der Erscheinungen Flucht aber bannt die photographische Platte.

Stellt man daher das astronomische Fernrohr an zwei aufeinander folgenden Tagen auf denselben Stern (Fixstern) ein und verfertigt ein Photogramm, so müssen, falls die Basis gross genug, Tiefenunterschiede wahrnehmen zu lassen, die beidenBilder Unterschiede zeigen, welche durch das Stereoskop aufgelöst werden. Für Planeten, welche uns näher liegen als die Fixsterne, reicht ein Tag Raum und Zeitunterschied für diese Basis aus. Inwieweit die Eigenbewegungen der Planeten Einfluss auf das stereoskopische Gesamtbild haben, hängt von der Richtung dieser Bewegungen zu derjenigen der Erde ab. Beim Saturn, welcher beispielsweise im Mittel 1427 Mill. km von uns entfernt ist, und eine Eigenbewegung von 9,57 km pro Sekunde besitzt, kann der

*) Siehe Dr. C. Pulfrich Zeitschrift für Instrumentenkunde 1901 Heft 9 p. 291 und 1902 Heft 3 p. 65.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

hiedurch bedingte parallaktische Unterschied im ungünstigsten Falle 4 Bogenminuten betragen.

Das beiliegende Stereoskopbild stellt Aufnahmen des Saturn und seiner Monde, sowie umgebender Fixsterne dar, von Herrn Professor Dr. Wolf in Heidelberg, an zwei aufeinander folgenden Tagen 9. und 10. Juni 1899 ausgeführt. Der Saturn hebt sich mit seinen Monden aus dem Firmament heraus und einer der Monde tritt im Raume etwas zurück. Eine verkleinerte Kopie dieses Originals befindet sich unter Nro. 2 auf der gleichfalls angefügten Prüfungstafel für das stereoskopische Sehen, entworfen von Dr. C. Pulfrich und in der Zeitschrift für Instrumentenkunde 1901. Heft 9 p. 249—260 beschrieben.

Noch manche überraschende Thatsache und wissenschaftliche Freude haben wir zu erwarten, wenn das stereoskopische Verfahren sich erst einmal auf den verschiedenen Observatorien eingebürgert hat. Wer den interessanten Demonstrationen des Herrn Dr. C. Pulfrich auf der diesjährigen Naturforscherversammlung in Hamburg anwohnte, den erfüllt eine Ahnung der grossen Zukunft dieses neuesten Ausbaues der optischen Wissenschaft. Und wer weiss, wie dieser Fortschritt berufen ist, dem Astromomen Jahre, selbst Jahrzehnte der Rechnung zu ersparen, der begrüsst ihn dankbar. So hat sich aus dem zunächst praktischen Bedürfnis einer Neukonstruktion der Fernrohrtypen ein neues Erkennen von unberechenbarer Tragweite ergeben.

Hochverehrte Anwesende! Es war deutschen Gelehrten vorbehalten, uns »die Sterne näher zu bringen«. Deutsche Männer der Wissenschaft haben uns gelehrt, dass auch die unendlich weiten Welten von gleichem Stoff erfüllt sind, wie unsere Erde. Und es war deutschen Forschern vorbehalten, das noch Fehlende zu ergänzen und die Räume aufzulösen, den Tiefen nachzuspüren, welchen bis jetzt nur unser geistiges Auge folgen konnte. Wenn uns bei diesen Betrachtungen berechtigter Stolz erfüllt, so möge er frei von Ueberhebung sein, denn nur so rinnt der Quell der Wissenschaft rein und klar und spendet Kraft zu neuer That.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der Pollichia, eines Naturwissenschaftlichen Vereins der Rheinpfalz: Jahresbericht

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: 59_17

Autor(en)/Author(s): Bender Carl

Artikel/Article: Vortrag über Zeiss'sche Relieffernrohre und stereoskopische Entfernungsmesser 20-51