bekanntlich die Flintglaslinse des Objectivs sich ungefähr in der Mitte des Fernrohrs zwischen Objectiv und Ocular befindet, von 58 mm Oeffnung und 62 cm Brennweite des Hrn. Prof. Quincke;

F gibt die Curve für den Reinfelder und Hertel'schen 8 Zoller von nur 259 cm Brennweite des Hrn. Ed. v. Lade von der Privatsternwarte Monrepos bei Geisenheim; trotz der kurzen Brennweite sind die Farben vortrefflich corrigirt;

G ist die Curve für das G. und S. Merz'sche Objectiv von 83,5 mm Oeffnung und 130 cm Brennweite des Hrn. Dr. Schifferdecker dahier.

Charakteristisch ist die Lage der Scheitel der Curven bezüglich der Farbe. Sie ist für Objective derselben Firma nahezu identisch.

Den Herren, die mir ihre Objective zur Verfügung stellten, in Sonderheit aber Hrn. Prof. Quincke für seine Unterstützung bei dieser Arbeit, spreche ich meinen herzlichsten Dank aus.

Heidelberg, Phys. Inst. August 1887.

**XVI. Ein einfacher Apparat zur Vorführung
aller Lagen zweier Punkte, welche eine gegebene
Strecke harmonisch theilen, sowie aller Lagen
eines durch einen sphärischen Spiegel oder eine
sphärische Linse erzeugten Bildes;
von K. L. Bauer in Karlsruhe.**

(Hierzu Taf. II Fig. 15–16.)

In einem beliebigen Kreise (Fig. 15) seien die Strecken *AB* und *NN'* zwei zu einander normale Durchmesser; zieht man jetzt aus einem willkürlichen Punkt *O* der Peripherie die durch *N* und *N'* gehenden Secanten, welche die Gerade *AB* in *C* und *D* schneiden, so bilden die Punkte *A*, *B* und *C*, *D* nach einem bekannten Lehrsatz ein harmonisches

Doppelpaar. Lässt man den Punkt O den halben Kreisumfang $AN'B$ durchwandern und denkt sich für jede Stelle die Secanten ON, ON' gezogen, so erhält man eine Vorstellung aller Lagen, welche die harmonischen Theilpunkte C, D bezüglich der constanten Strecke AB einnehmen können.

Hr. Hofmechaniker K. Scheurer dahier (Firma C. Sickler) hat nun nach meinen Angaben einen einfachen Apparat verfertigt, welcher die erwähnte Drehung des Punktes O mechanisch auszuführen gestattet, wobei zwei zu einander normale Metallschienen ON, ON' ihre Lage gegen AB stetig ändern und in dieser Geraden alle möglichen Punktpaare C, D bestimmen; vergleiche die im Maassstabe 1:8 gezeichnete Fig. 16, wo Punkt O in N' eingestellt ist.

Vermittelst dieses äusserst bequem zu handhabenden Apparates kann man die Aufgabe: zu der constanten Strecke AB und einem der harmonischen Theilpunkte C, D den anderen zu bestimmen, — auf rein mechanische Weise, durch eine ganz einfache Bewegung, lösen. Bedeutet ferner F den Mittelpunkt des Kreises, so kann man sich fortwährend von der Richtigkeit der bekannten Beziehung $FC \cdot FD = FB^2$ überzeugen; zur grösseren Bequemlichkeit wurde $FB = 6$ angenommen, damit $FB^2 = 36$ verhältnissmässig viele Theiler erhielt. Ueberdies ist die Scala des Apparates längs der Geraden AB verschiebbar und wird zur Prüfung der erwähnten Formel so gestellt, dass der Nullpunkt in das Centrum F fällt, wie es in Fig. 16 thatsächlich der Fall ist.

Bringt man ferner am Apparat das Modell eines sphärischen Spiegels oder einer sphärischen Linse an, sodass die Mitte des Modells in A oder B zu liegen kommt, wohin man vorher auch den Nullpunkt der Scala schiebt, und bedeutet F den Brennpunkt, AF oder BF die Brennweite, AB oder BA die doppelte Brennweite, so lässt sich, wiederum durch eine einfache Bewegung, die Aufgabe lösen: Zu einem in der Hauptaxe AB befindlichen optischen Centrum, d. h. zu einem in dieser Geraden liegenden reellen Divergenzpunkt oder virtuellen Convergenzpunkt einfallender Strahlen, die Lage des Bildes zu bestimmen. Den Schlüssel zur Lösung liefern nämlich die zwei Fundamentalsätze:

1) Bei jedem sphärischen Spiegel wird die doppelte Brennweite (der Krümmungsradius) durch ein in der Hauptaxe liegendes optisches Centrum und dessen Bild harmonisch getheilt.

2) Bei jeder sphärischen Linse wird die doppelte Brennweite durch den Gegenpunkt eines in der Hauptaxe liegenden optischen Centrums und durch das Bild dieses Centrums harmonisch getheilt. Zum Verständniss des zweiten Satzes dient die Bemerkung: Der Gegenpunkt des gegebenen optischen Centrums hat mit dem letzteren gleichen Abstand von der Linse, liegt aber auf der entgegengesetzten Seite derselben.

Bei den betreffenden Versuchen werde ein für allemal angenommen, dass die Strahlen von rechts her einfallen; dann sind der Concavspiegel und die Concavlinse in *A*, der Convexspiegel und die Convexlinse in *B* anzubringen; die Buchstaben *S* und *L* in Fig. 16 bezeichnen die Löcher, wo die zum Apparat gehörigen Spiegel- und Linsenmodelle aufgesteckt werden, und zwar bezieht sich *S*₊ auf den Concavspiegel, *S*₋ auf den Convexspiegel, *L*₊ auf die Convexlinse, *L*₋ auf die Concavlinse. Das gegebene optische Centrum wird durch einen glänzenden Messingknopf, hingegen der nur bei den Linsen zur Anwendung kommende Gegenpunkt durch einen schwarzen Knopf bezeichnet; das vermittelst des Apparates gefundene Bild kann man durch einen zweiten glänzenden Messingknopf hervorheben.

Um alle Fälle zu erschöpfen, hat man das optische Centrum, zu welchem das Bild gesucht werden soll, die unendliche Hauptaxe vollständig durchlaufen zu lassen; also nicht nur, wie es noch oft geschieht, bloß den vor dem Spiegel oder der Linse befindlichen Theil, wobei das optische Centrum ein reeller Divergenzpunkt ist, sondern auch den hinter dem Spiegel oder der Linse liegenden Theil, wobei es einen virtuellen Convergenzpunkt bedeutet.

Will man beispielsweise den Fall der Lupe erläutern, so schiebt man den Nullpunkt der Scala nach *B* und steckt das Modell der Convexlinse in die zwei Löcher *L*₊, wobei die Mitte des Modells genau über *B* fällt. Das optische

Centrum C wird etwa im Abstände 4 vor der Linse, nach der obigen Festsetzung rechts von derselben, markirt; hier kann C nur einen reellen Divergenzpunkt einfallender Strahlen bedeuten, die Gegenstandsweite ist folglich positiv, $BC=4$; die gleichfalls positive Brennweite ist grösser, $FB=6$. Der Gegenpunkt C' fällt dann auf 4 hinter der Linse, links von derselben; zu diesem bezeichnet der Apparat nach richtiger Einstellung sofort den zugeordneten harmonischen Punkt D im Abstände 12 vor der Linse. D ist das gewünschte Bild des Punktes C ; es kann, als vor der Linse liegend, nur virtuell sein, und die Bildweite ist als negativ zu betrachten, $DB = -12$. Das Resultat steht im Einklange mit der algebraisch exacten Linsenformel:

$$\frac{1}{BC} + \frac{1}{DB} = \frac{1}{FB},$$

worin genau auf die Richtung der Strecken zu achten ist, indem:

$$\frac{1}{4} + \frac{1}{-12} = \frac{1}{6}.$$

Die Spiegelformel für den in B anzubringenden Convexspiegel lautet etwas anders, nämlich:

$$\frac{1}{BC} + \frac{1}{BD} = \frac{1}{BF}.$$

Man hat demnach wohl zu beachten, dass in der Formel $1/a + 1/b = 1/f$ nur die Gegenstandsweite a für Spiegel und Linse übereinstimmend definirt ist, $a = BC$. Anders verhält es sich mit der Bildweite b und folglich auch mit der Brennweite f , welche ja gleichfalls eine Bildweite ist, nämlich die der Gegenstandsweite ∞ entsprechende; denn beim Spiegel muss $b = BD$, $f = BF$, aber bei der Linse $b = DB$, $f = FB$ genommen werden.

Der durch das Ocular des Galilei'schen Fernrohres gegebene Fall lässt sich folgendermassen vorführen. Man schiebt den Nullpunkt der Scala nach A und setzt das Modell der Concavlinse in die zwei Löcher L_- , wobei die Mitte des Modells über A zu stehen kommt; die vor der Linse abgetragene (virtuelle) Brennweite ist negativ, $FA = -6$. Man bezeichnet ein optisches Centrum C hinter der Linse, etwa

im Abstände 9; dieser Punkt ist als der virtuelle Convergencepunkt der durch das Objectiv gegangenen und auf das Ocular fallenden Strahlen zu betrachten; die betreffende Gegenstandsweite ist folglich negativ, $AC = -9$. Der Gegenpunkt C' fällt auf 9 vor der Linse; zu diesem liefert der Apparat sofort den conjugirten harmonischen Punkt D , im Abstände 18 vor der Linse. D ist der virtuelle Divergenzpunkt der aus der Hohllinse ausfahrenden Strahlen, das virtuelle Bild des ebenfalls virtuellen Objectes C ; die vor der Linse liegende (virtuelle) Bildweite ist als negativ zu betrachten, $DA = -18$. Das Resultat harmonirt mit der algebraisch genauen Linsenformel:

$$\frac{1}{AC} + \frac{1}{DA} = \frac{1}{FA},$$

worin man wieder sorgfältig die Richtung der Strecken zu beachten hat; denn es ist:

$$\frac{1}{-9} + \frac{1}{-18} = \frac{1}{-6}.$$

Die entsprechende Spiegelformel für den in A anzubringenden Concavspiegel würde hingegen lauten:

$$\frac{1}{AC} + \frac{1}{AD} = \frac{1}{AF}.$$

Ueber den vorliegenden Gegenstand sprach der Verfasser bereits im Jahre 1879 in Baden-Baden auf der 52. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte; auch wurde der Vortrag bald darauf im 16. Bande von Carl's Repertorium ausführlich veröffentlicht. Damals war jedoch der auf die Linsen bezügliche Fundamentalsatz minder passend formulirt; und der oben besprochene Apparat, welchen die Firma C. Sickler dahier zu liefern bereit ist, wurde erst vor kurzem hergestellt. Mit besonderer Freude gedenke ich hierbei der eifrigen Mitwirkung meiner Schüler Vincenz Lachner und Otto Niebuhr.