

## Einleitung.

---

Der Wunsch nach Belehrung auf dem Gebiete der geometrischen Optik, soweit dieselbe Bezug auf die Construction und Anwendung optischer Instrumente hat, ist ein sehr verbreiteter, und dennoch ist bis jetzt nichts Zufriedenstellendes in dieser Hinsicht geschehen, selbst nicht einmal in den einzelnen Zweigen derselben. Alles, was bis jetzt erschienen, ist theils unvollständig, theils schwer verständlich für Jedermann, da es eingehende Kenntniss der höheren Mathematik voraussetzt, ja gar nicht selten sogar fehlerhaft, so dass dieser so natürliche Wunsch leider unbefriedigt bleibt. Auf dem Special-Gebiete der Photographie, mit der wir es hier zu thun haben, sieht es auch nicht besser aus, und der Fachphotograph sowohl wie der Amateur, und sehr häufig auch der Fachoptiker sehen sich vergeblich nach einem geeigneten Handbuch, welches diese Lücke ausfüllt und nur elementare Kenntniss der Mathematik voraussetzt, um.

Es existiren freilich eine ganze Anzahl Werke und einzelne Abhandlungen über geometrische Optik, welche mehr oder weniger nahe mit dem vorliegenden Gegenstand in Beziehung stehen und aus welchem der Lernbegierige Vieles erfahren kann; jedoch ist dieser — der einzige — Weg, der zur Disposition steht, weitläufig und mühsam. Immerhin mag es aber doch von Nutzen für den Leser sein, wenn ihm in Nachstehendem eine kurze Uebersicht des Empfehlenswerthesten geboten wird; um ihm die Auswahl zu erleichtern, sind, wo es erforderlich schien, einige Anmerkungen hinzugefügt. Dass ein solches Verzeichniss (das keineswegs den Anspruch auf Vollständigkeit macht) zweckmässig ist, kann man schon aus dem Umstand ersehen, dass manchem Verfasser der hier aufgeführten Abhandlungen die Arbeiten seiner Vorgänger auf diesem Gebiete unbekannt geblieben sind, und er seine Arbeitskraft einem bereits Vorhandenen zugewendet, statt vorwärts zu schreiten und die Wissenschaft durch Neues zu erweitern.

Ein anderer Umstand muss noch erwähnt werden, der im Allgemeinen ungünstig gewirkt hat, besonders auf den Theil, welcher auf die photographische Optik Bezug hat, nämlich die schwierige Entwicklung der Vorgänge und Aberrationen der Strahlenkegel im Raum unter Berücksichtigung endlicher Oeffnungen, welche das körperliche Bild eines körperlichen Gegenstandes im Raum darstellen. Ohne diese Vorgänge zu kennen, bleibt nicht allein das ganze Wissen Stückwerk, ja es verleitet ein solch unvollständiges Wissen häufig zu falschen Ansichten und Schlüssen. Die bei weitem grösste Anzahl der auf diesem Gebiet vorhandenen Arbeiten beschäftigen sich nur mit den Bildern planer Objekte für unendlich kleine Linsenöffnungen (Aperturen) und für unendlich wenig zur Axe geneigte Strahlen. So nützlich und nothwendig diese Theorie nun auch an und für sich ist, so ist dieselbe doch weit entfernt von den wirklichen Vorgängen, welche zur Erzeugung solcher Bilder dienen, wie die Photographie dieselben verlangt, eine richtige und klare Vorstellung zu geben. Die sphärische und chromatische Aberration der Linsen und Linsensysteme wird in den meisten Abhandlungen auch nur unter ähnlichen Beschränkungen behandelt und geht selten über die Grenze der Betrachtung des Bildes eines leuchtenden Punktes auf der Hauptaxe für endliche, aber kleine Oeffnungen und geringe Glasdicken der Linsen hinaus! Man darf sich daher gar nicht wundern, wenn mancher praktische Optiker die Theorie mit Misstrauen betrachtet, da die in jenen Abhandlungen gemachten Voraussetzungen sich nicht mit der Wirklichkeit decken, in einigen Ausnahmefällen, wie z. B. beim Fernrohr, nur annähernd. Die Ursache dieses Missstandes ist leicht zu errathen, die mathematischen Ausdrücke, welche man bei erschöpfender Behandlung dieser Probleme erhält, sind ganz dazu geeignet, auch den unternehmendsten Analytiker und Arithmetiker zurückzuschrecken. Es giebt jedoch einen Weg, dessen C. Kellner (der Erfinder des orthoskopischen Oculars) bereits erwähnt hat, der leichter zum Ziele führt, der Theoretiker soll sich mit einem Praktiker vereinigen und seine Forschungen an der Hand des praktischen Experimentes machen! Der Forscher findet dann leicht die wunden Stellen seines Gegners (der Probleme), an welchen er ins Innere dringen und die tiefsten Geheimnisse ans Licht ziehen kann. Besonders dankbar ist dieses, wenn er zuweilen einfache optische Gesetze trifft, deren richtige Anwendung nun dazu dient, mit verhältnissmässiger Leichtigkeit diesen gordischen Knoten zu entwirren. Ausserdem hat es den hoch zu schätzenden Vortheil, dass die praktische Ausführung eine fortwährende Controlle über die Richtigkeit seiner Voraussetzungen übt, daher er vor der bitteren Erfahrung manches reinen Theoretikers bewahrt bleibt, dass ihm vielleicht sein ganzes,

mühsam aus Symbolen aufgebautes Gebäude über den Haufen fällt, weil einer oder mehrere seiner Grundsteine (Prämissen) fehlerhaft waren. Ist nun noch der Forscher auf diesem Gebiete selbst Techniker und praktischer Arbeiter, so vereinigt er alle Vortheile des Gelingens in sich, vorausgesetzt, dass ihm der „Kampf ums Dasein“ nicht hindernd in den Weg tritt! Für Amateure wäre dies ein sehr lohnendes Feld, wenn sich dieselben nur vor dem Fehler hüten, dem so mancher Amateur zum Opfer fiel; dass solche Amateure „Galoppiren“ wollen, bevor sie „Kriechen“ können, d. h. wenn sie sich ohne gründliche Vorkenntnisse an viel zu schwierige Probleme gleich anfangs wagen! Hat man sich nun auch wirklich auf diesem mühsamen, aber höchst interessanten Wege einen allgemeinen Ueberblick über diese vielen so complicirt in einander greifenden Verhältnisse verschafft und wünscht, dass das sich dafür interessirende Publikum daran theil nehmen möge, so stösst man auf neue Schwierigkeiten. Zuerst ist das gedruckte Wort kein lebendiges; ist der Holzschnitt kein Ersatz für ein gut geleitetes Experiment, vor allen Dingen nicht, wenn Vorgänge im Raum dargestellt werden sollen und stereoskopische Darstellungen ausgeschlossen sind!

Zu diesem Allen kommt nun noch, dass die mathematischen Darstellungen elementar bleiben müssen, auch nicht durch einen Wald der wunderlichsten Symbole den nicht daran Gewöhnten, zurückschrecken sollen!

In wie weit nun der Versuch des Verfassers, dieses Ziel zu erreichen, gelungen ist, kann nur durch die Erfahrung beurtheilt werden. Schliesslich mag eine kurze Uebersicht der Motive, welche zu den verschiedenen Zeiten zur Ausbildung der geometrischen Optik mitgewirkt haben, hier am Platze sein. Natürlich ausser dem rein wissenschaftlichen Interesse an der Sache, das in der Regel in erster Linie wenig Notiz auf die Bedürfnisse des praktischen Lebens nimmt, hat zuerst zu Newton's und Huyghens' Zeit bis Euler und noch darüber hinaus vorzugsweise das Bestreben, möglichst vollkommene Teleskope für die Astronomie herzustellen, vorgewaltet. Hierbei fanden im Allgemeinen, wie schon erwähnt, wesentlich nur die leuchtenden Punkte auf der Axe Berücksichtigung. Bei der Entwicklung der Theorie der Oculare kam man zuerst in Berührung mit den Problemen, welche mit den gegen die Axe geneigten Strahlenbündeln zusammenhingen. Man beschränkte sich indess fast nur auf Strahlenbündel, welche im Hauptschnitt liegen, und nahm dieselben zur Erleichterung der Rechnung, als unendlich dünn an. Die Resultate dieser Untersuchungen konnten von den praktischen Optikern (wegen der zu grossen Vernachlässigungen) fast gar nicht gebraucht werden, und blieben daher die Praktiker auf ein durch

Erfahrung geleitetes Tatonnement angewiesen, das sich indess innerhalb des meist mit Geheimniss umgebenen Geschäftskreises der praktischen Optiker in ziemlich hohem Grade ausbildete, so dass es schon einer sehr weit entwickelten Theorie bedurfte, um nicht hinter den Ergebnissen des Tatonnements zurückzubleiben! Es mag hier als Beispiel angeführt werden, dass M. Biot den 6. December 1841 der Akademie des sciences ein „Mémoire sur les Lunettes Achromatique à Oculaires Multiples“ vorlegte, das auf 309 Quartseiten die Theorie der terrestrischen Oculare, welche nur aus vier einfachen Planconvexlinsen bestehen, behandelt hat und welches gerade ausreicht, dass der Praktiker mit Sicherheit (nachdem er die vorhandenen Druckfehler berichtigt hat) ein vorzügliches Ocular, das allen billigen Ansprüchen genügt, darnach berechnen kann, wozu noch die grosse, am Schluss dieser vorzüglichen Arbeit angefügte Tabelle eine grosse Erleichterung gewährt! Was soll man nun von solchen populären Schriften sagen, welche prätendiren, den Praktiker Anleitung in fast allen ihm vorkommenden Fällen zu geben und in Summa für sämtliche Apparate nur einen Bruchtheil des Umfangs der Biot'schen Oculararbeit in Anspruch nehmen? Solches Machwerk ist eben absolut unbrauchbar! Da ist der alte und beliebte Prechtel in seiner praktischen Dioptrik doch ehrlicher; er sagt einfach: „die Berechnung des terrestrischen Oculars sei viel zu complicirt, um solche vorzutragen“ und begnügt sich damit, die Abmessung von ein paar vorzüglichen (nur für Specialfälle gerechneten) Fraunhofer Ocularen zu geben! Für die complicirteren von C. Kellner erfundenen orthoskopisch-terrestrischen Ocularen existirt nicht einmal etwas Unbrauchbares, sondern einfach „gar nichts“. Es ist da jeder auf seine eignen Fähigkeiten angewiesen, die Theorie selbst zu entwickeln oder nach der „Daumenregel“ zu arbeiten, wie man sich hier ausdrückt. Ein solcher „Glücksfall“ wie die Biot'sche Arbeit ist dem Praktiker leider nicht zum zweiten Mal geboten! Nehmen wir nur noch einen ganz einfachen Fall, das altbekannte astronomische Fernrohr Ocular (aus zwei Planconvexlinsen bestehend), welches unberechtigter Weise Huyghens' Namen trägt! Die Regel für den Praktiker lautet: „man nehme die Brennweiten der Bestandlinsen 1:3 und deren Distance = 2, so ist das Aequivalent desselben  $1\frac{1}{2}$  und das Ocular achromatisch. Dass diese Verhältnisse in Bezug auf die Erfüllung eines perspectivisch richtigen Bildes nur für ein Objectivglas von unendlicher Brennweite richtig sind, fällt keinem Theoretiker ein, nachzuweisen, auch nicht welche Verhältnisse nun die richtigen sind, wenn die Objectivbrennweite und die verlangte Vergrösserung gegeben sind! Verfasser war daher wie in so vielen Fällen auch hier genöthigt, diese ziemlich einfache

Theorie zu entwickeln und zum bequemen Gebrauch derselben Tabellen zu berechnen, aus denen man nun mit aller Bequemlichkeit die verlangten Daten entnimmt! Und dies ist ein Ocular, das seit Campani's Zeit jährlich in unbekannt grosser Zahl gefertigt wird! Die tatonnirende Optik fand (ohne den wirklichen Grund zu kennen), dass auch für dieses Ocular planconvexe Ocularlinsen wie auch im Allgemeinen, die Besten sind. Manche Gelehrte waren denn auch sofort mit einer Erklärung bei der Hand, dass nämlich die Planconvexlinse die geringste sphärische Abweichung besässe, daher sich so vorzüglich für Oculare eigne! Das Wahre an der Sache ist folgendes: eine Planconvexlinse, mit der Convexseite gegen parallel einfallende Strahlen gekehrt, hat die kleinste sphärische Aberration, wenn ihr Brechungsindex entweder  $= 1,686$  oder  $= -1,186$  ist. Ein Fall, der für Oculare gar nicht zutrifft. Man verwendet dazu meist Glas vom Index 1,52 ungefähr, und liegt der Strahlengang im Ocular immer derart, dass der oben erwähnte Fall gar nicht vorkommt, sondern häufig stehen, sogar die Planconvexlinsen in ihrer für die sphärische Aberration möglichst ungünstigen Lage, wie z. B. die Augenlinse des obigen Campani'schen Oculars! \*

Es sei hier noch gleich eines sehr allgemein verbreiteten Irrthums erwähnt, auf den ich weiter unten ausführlicher zurückkommen werde. Man findet in vielen optischen Schriften und auch in Büchern über Physik angegeben, dass der Grund, dass man mit sphärischer Aberration zu kämpfen habe, in dem Unvermögen der Optiker liege, andere Flächen als Kugelsegmente herzustellen! Dies ist einfach nicht richtig, man kann und macht andere Flächen als Kugelsegmente, vor allen Kegelschnittsformen, aber ist auch nicht auf diese beschränkt! Ferner ist es nicht richtig, dass es die Natur der Kreislinie ist, welche die Schuld an Allem trägt, was zum Theil irriger Weise sphärische Aberration benannt wird; dass die Kugel, wie wir ebenfalls später sehen werden, eben so gut ihre aplanatischen Punkte besitzt, wie manche andere Curven, und dass die Aberrationen ausser der Axe, wie wir ebenfalls sehen werden, zum Theil andern Ursprungs sind und event. jeder nur möglichen Curve anhaften und nur durch rationelle Compensation zu entfernen sind. Ich meinestheils stehe nicht an, die Kreislinie wegen ihrer Stetigkeit auch theoretisch im Allgemeinen als eine der brauchbarsten Curven zu erklären, die überhaupt möglich sind!

Kehren wir also wieder zu unserem Gegenstande zurück, so haben die Arbeiten über Oculartheorie den ersten Grund für die Theorie der schiefen Strahlenbündel gelegt. Ein weiterer Anstoss, dies zu verfolgen, ist erst in neuerer Zeit durch die Anwendung der geometrischen

*1 planconvexe u. s. (in eng) s'be Linse besten Linsen u. d. e. g.  
29/6/1861*

Optik auf die Theorie der Augen für die Physiologie gegeben, doch ist die ganze Sache in ziemlich engen Grenzen geblieben. Einen wirklich kräftigen Impuls zur Weiterentwicklung ist erst durch die Erfindung der Photographie gegeben, und war Prof. Petzval in Wien der erste, der diese Sache mit grosser Energie angriff, hierin unterstützt von der österreichischen Regierung! Hoffen und erwarten wir, dass die Photographie auch fernerhin die höchste Ausbildung dieser Theorie veranlassen wird und dadurch die gesammten Instrumente, welche in ihrer Theorie der geometrischen Optik bedürfen, mit veredeln wird und dass es nicht daran fehlen möge, die so gewonnenen Resultate durch Popularisirung zum Allgemeingut werden zu lassen!

Zum Schluss möchte ich noch eine Bitte zur Förderung der photographischen Optik aussprechen. Es erscheinen jährlich in Deutschland eine grosse Anzahl Abhandlungen von den Lehrern der Physik in den Schulprogrammen, so wie auch jährlich eine beträchtliche Anzahl Inaugural-Dissertationen gedruckt werden. Möchten doch alle diese Arbeiten, die bisher planlos ihre Kräfte zersplittern, nach einem gemeinschaftlichen Plan handeln, z. B. Petzvals schönen Plan in erweiterter Form zu Grunde legend; Jeder sein Scherflein dazu beitragend durch seine Arbeit, den Ausbau dieses schönen Theils der angewandten Mathematik zu vollenden und durch Berechnung geeigneter Tabellenwerke etc. nebst einer für jeden Praktiker leicht verständlichen Anweisung zum Gebrauch derselben, auf die Veredelung der jetzigen Erzeugnisse optischer Kunst hinwirkend und dadurch wieder die Wissenschaft mit den vorzüglichsten Werkzeugen auszurüsten!

---