Der chemische Fokus bei den photographischen Objektiven

Autor(en): **Scheffler, Hugo**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Revue suisse de photographie**

Band (Jahr): **14 (1902)**

PDF erstellt am: **27.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-523927

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Der chemische Fokus

bei den

photographischen Objektiven

von Gymnasialoberlehrer Hugo Scheffler,

in Schöneberg-Berlin.

Wenn Lichtstrahlen aus einem Stoffe in einen anderen hinübertreten, so werden sie nicht nur von ihrem Wege abgelenkt, sondern auch noch in ihre farbigen Bestandteile zerlegt. Diese Erscheinung, welche durch ein Glasprisma, von dem das weisse Tageslicht in ein farbiges Band (Spektrum) auseinandergezogen wird, sehr schön gezeigt werden kann, das auch die Ursache der Entstehung des Regenbogens ist, muss naturgemäss auch im photographischen Objectiv, welches aus einer Anzahl verschieden stark brechender Linsen zusammengesetzt ist, eine Rolle spielen.

Wird das durch das Prisma von einem schmalen Spalte, der von der Sonne beleuchtet ist, entworfene Spektrum mittels eines Fernrohrs betrachtet, so sieht man eine Anzahl dunkler Linien in dem farbigen Bande. Nach den Untersuchungen von Kirchhoff und Bunsen verdanken sie ihre

Entstehung den glühenden Gasen, die den Sonnenkörper bilden, indem jedes Gas diejenigen Farbennuancen aus dem so vielfach zusammengesetzten Sonnenlichte auszulöschen vermag, die es selbst aussendet. Natriumdampf z. B. löscht an zwei dicht neben einander gelegenen Stellen im Gelb des Spektrums zwei Linien aus. An genau denselben Stellen würden zwei helle, gelbe Linien erscheinen, wenn der Spalt in einem sonst dunklen Raume von dem Lichte einer Natriumflamme beleuchtet wird, also in primitivster Einrichtung etwa von einer Spiritusflamme, welche durch hineingeschüttetes Kochsalz (Chlornatrium) hellgelb gefärbt worden ist.

Durch diese Linien, welche nach ihrem Entdecker, dem hervorragenden Optiker Fraunhofer den Namen haben, ist das Spektrum nicht nur in die bekannten sieben Regenbogenfarben : Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violett geteilt, welche in einander übergehen und daher keine feste Abgrenzung besitzen, sondern es wird möglich, jede Farbennuance in ihm genau festzulegen. Für unsere Zwecke interessieren diejenigen Linien, welche mit den Buchstaben A, C. D, F, H bezeichnet worden sind. Die A-linie ist die Linie von glühendem Kaliumdampf, C, F, H verdanken ihre Entstehung dem Wasserstoffe, die D-linie den glühenden Natriumdämpfen. Um nun den Grad des Farbenzerstreuungsvermögens oder die Dispersion irgend eines Stoffes z. B. einer in den Objektiven verwandten Glasart zu bestimmen, ist es für die Anforderungen der Praxis vollständig ausreichend, wenn man die Wegablenkung oder Brechung eines Lichtstrahles, der von glühendem Kaliumdampfe, von glühendem Wasserstoffgase und von glühendem Natriumdampfe ausgeht, bestimmt. Diese in den glastechnischen Werkstätten, welche optische Gläser herstellen, ausgeführten Messungen führen zu den Werten, welche mit n_A, n_C, n_D, n_F, n_H bezeichnet werden, das

soll heissen, den Brechungsquotienten für die A-linie, die C-linie u. s. f. In den Fabrikationsverzeichnissen dieser Werkstätten pflegt eine andere Anordnung getroffen zu sein, die aber mit Leichtigkeit die Werte n_A u. s. w. zu errechnen erlaubt. Es sind nämlich angegeben der Wert n_D, ausserdem noch die Teildispersionen C-F, A-D, D-F, F-H. Für die A-linie tritt dabei häufig die nahegelegene A′-linie ein, für die H-linie die G′-linie. Diese Anordnung hat den Vorteil, dass man die Grösse der Dispersionen einzelner Glasarten besser mit einander vergleichen kann. Ich lasse als Beispiel die Werte für eine bekannte Glasart, Hardcrown, nach dem Verzeichnis des Laboratoriums von Schott und Genossen in Jena, folgen

n_D	C-F	A′-D	D-F	F-G′
1,51790	0,00860	0,00553	0,00605	0,00487

Aus den angegebenen Werten lässt sich $n_{A'}$, n_C, n_F, $n_{G'}$ mit Leichtigkeit durch Addition oder Substraktion berechnen. Es ist beispielsweise

$$n_{A'} = n_D - (A' - D) = 1{,}51790 - 0{,}00553 = 1{,}51237.$$

Es geht daraus ferner hervor, dass die Brechung der Lichtstrahlen vom roten Teile des Spektrums nach dem violetten hin ständig zunimmt, dass also die violetten Strahlen stärker von ihrem Wege abgelenkt werden als die roten, was man z. B. aus der Lage des violetten Endes des durch das Prisma erzeugten Spektrums und des roten gegen die brechende Kante

Phot. E. Bornand, Lausanne.

des Prismas sehr deutlich wahrnehmen kann. Wenden wir uns nach diesen Voraussetzungen zu den einschlägigen Erscheinungen an den die Objektive zusammensetzenden Linsen. Eine jede Linse ergiebt wie ein Prisma farbige Bilder der Gegenstände, welche vom Sonnenlichte beleuchtet werden. Man bemerkt sie am besten bei grossen Linsen und bei Benutzung starker Vergrösserung. Die genauere Untersuchung aber lässt hier Unterschiede hervortreten, welche dann zur Aufhebung der Farbenzerstreuung im korrigierten Objektiv benutzt werden.

Es darf als bekannt vorausgesetzt werden, dass jede Linse eine Achse besitzt, nämlich die Verbindungslinie der Mittelpunkte der beiden Kugelflächen, welche durch ihren Durchschnitt den Linsenkörper, der in den praktischen Fällen aus Glas hergestellt wird, begrenzen. Je nach der Lage der beiden Grenzflächen gegen einander giebt es zweiseitig erhabene (bikonvexe), bezw. zweiseitige hohle Linsen (bikonkave). In beiden Fällen sind die Grenzflächen gegen einander gekrümmt, wie dies Fig. 1 *a* (bikonvex) und 1 *b* (bikonkav) zeigen. Im Falle nach derselben Seite gerichteter Krümmungen entstehen die Möndchen (Menisken) 1 *c* und 1 *d*.

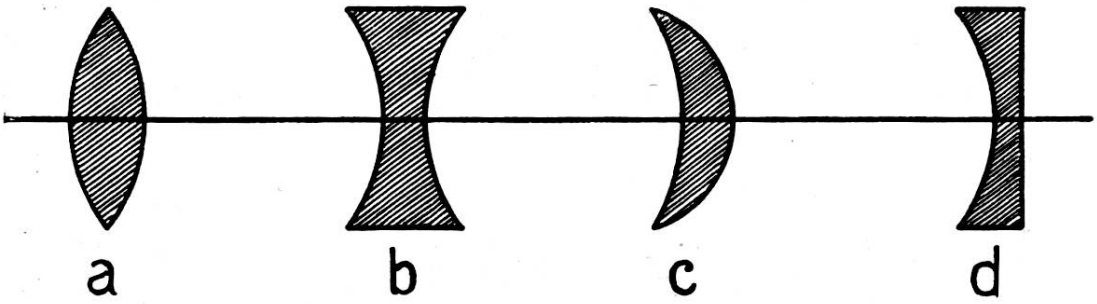

Fig. 1.

Die Uebergangsfälle, bei welchen an der Stelle einer begrenzenden Kugelfläche einer Ebene auftritt, kommen wohl in der Praxis vor, führen aber zu keinen grundlegenden Unterschieden in der Wirkungsweise.

Die Linsen 1 *a* und 1 *c*, welche in der Mitte dicker sind wie am Rande, sind sammelnd, d. h. sie bringen parallel eintretende Strahlen nach dem Austritte zum Durchschnitte mit der Achse; 1 *b* und 1 *d*, welche am Rand dicker sind wie in der Mitte, zerstreuen, d. h. die parallel eingetretenen Strahlen werden durch diese Linsen so von ihrem Wege abgelenkt (gebrochen), dass sie nach dem Austritte von der Achse sich noch weiter entfernen, divergieren und erst bei einer in der Wirklichkeit nicht vorkommenden Rückwärtsverfolgung die Achse schneiden.

Dieser Unterschied in der Wirkungsweise der sammelnden (positiven) und zerstreuenden (negativen) Linsen ist auch mit einem gegensätzlichen Verhalten in Bezug auf die Strahlen verschiedener Brechbarkeit, also die verschiedenen Farbentöne des weissen Sonnenlichtes verbunden, wie dies die Figuren 2 und 3 erkennen lassen.

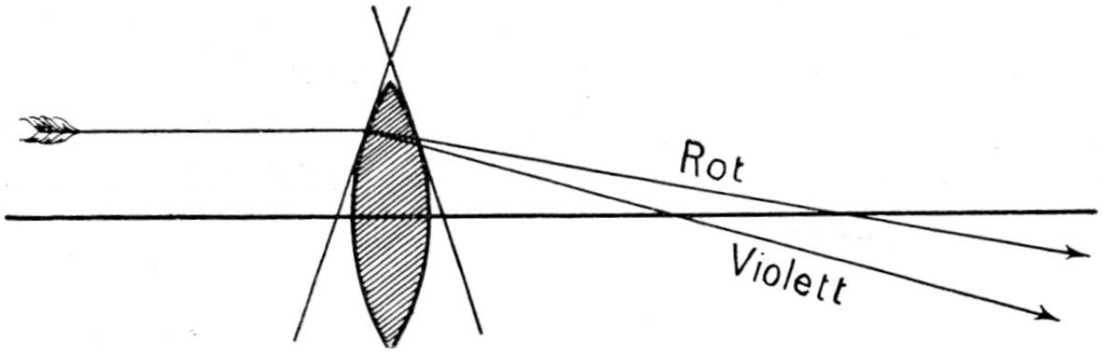

Fig. 2.

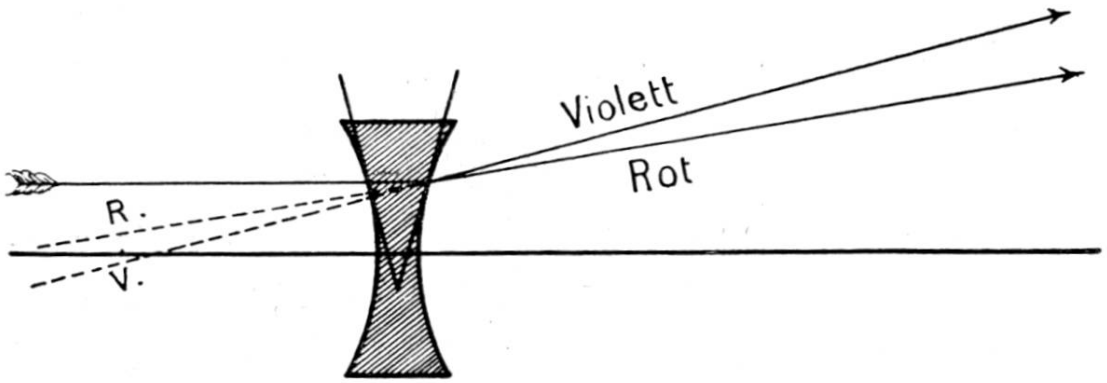

Fig. 3.

Wenn wir in Fig. 2 an den Eintrittsstellen und Austrittsstellen des Lichtstrahles die gekrümmte Fläche durch ihre Berührungsebene (Tangentialebene) ersetzt denken, so haben wir die Verhältnisse eines Prismas mit der brechenden Kante nach oben. Wenn wir in Fig. 3 dasselbe thun, so liegt die brechende Kante nach unten. Benutzen wir das schon früher Gesagte, dass die violetten Lichtstrahlen stärker von ihrem Wege abgelenkt werden als die roten, so folgt sofort die Lage des violetten Spektrenendes gegen das rote wie dies in den beiden Figuren 2 und 3 gezeichnet worden ist. Setzen wir jetzt eine bestimmte Richtung als die massgebende fest, nach der Figur die Richtung der Pfeile, so sieht man, dass in Figur 2 die (reellen) Durchnittspunkte der Strahlen mit der Achse in der Folge Violett-Rot nach einander auftreten, in Fig. 3, dagegen die nur geometrisch durch Rückwärtsverlängerung zu erhaltenden Durchschnittspunkte in der Folge Rot-Violett. Alle positiven Linsen verhalten sich, wie dies die bikonvexe Linse in Fig. 2 thut, sie korrigieren in Bezug auf die Farben (chromatisch) unter, alle negativen Linsen korrigieren chromatisch über, wie die technische Ausdrucksweise lautet, die wohl ohne weitere Erläuterung nach dem Vorigen verständlich ist. Wenn wir daher zwei Linsen, eine positive und eine negative mit demselben Grade chromatischer Unter- und Ueberkorrektion zusammenstellen, so ist einzusehen, dass man in der Lage sein wird, für einen Strahl zunächst, die Farbenzerstreuung der einen durch die Farbenzertreuung der anderen aufzuheben, zu achromatisieren. Natürlich wird für die weitaus meisten praktischen Fälle die Möglichkeit der Aufhebung des Farbenfehlers nur dann einen Nutzen haben, wenn sie in ausgedehnterem Masse als nur für einen Strahl zu erreichen sein wird und wenn nicht etwa gleichzeitig mit der chromatischen Korrektion auch die nach der Achse hinzielende Wegablenkung, welche die positive Linse hervor-

ruft, durch die gegen die Achse divergierende der negativen in derselben Weise aufgehoben wird, der parallel zur Achse eintretende Lichtstrahl das Linsensystem also wieder parallel zur Achse verlässt.

Der berühmte Physiker Newton hatte die Möglichkeit der chromatischen Korrektion ohne die letzte Einschränkung geleugnet und so den Fortschritt in der Herstellung achromatischer Apparate (es kamen wesentlich Fernrohre in Betracht) Jahrzehnte lang aufgehalten.

Ehe wir uns mit der Lösbarkeit der Aufgabe, ein farbenfreies Bild mit Hilfe der photographischen Objektive zu erzeugen, noch weiter beschäftigen, möge eine Betrachtung über den Nutzen, ja wir können sagen, über die absolute Notwendigkeit, die Bilder aller Farbentöne des weissen Lichtes an derselben Stelle zu erhalten, ihren Platz haben. Wie jeder einsieht, ist nur in diesem Falle die Eindeutigkeit der Abbildung wirklich vorhanden, wenn einem Punkte des Gegenstandes wierderum nur *ein* Bildpunkt, nicht aber, wie dies im Falle eines unachromatischen Objektivs der Fall sein würde, sehr viele Bildpunkte entsprechen. Praktisch gesprochen verlangt also die Schärfe der Abbildung, dass das Bild farbenfrei ist. Noch ein anderer sehr wichtiger Umstand kommt gerade für die Photographie hinzu. Wir haben das Bild einzustellen, und ersetzen alsdann die Mattscheibe durch die lichtempfindliche Platte. Nun sind aber die Farbentöne, mittels deren wir das Bild scharf einstellen, ganz andere wie die Farbentöne, welche auf die lichtempfindlichen Platte einwirken.

Ein jeder Photographierende weiss ja, dass man Laternen mit rotem Glase verwendet, um beim Entwickeln, Fixieren, etc. keine unbeabsichtigte Lichteinwirkung auf der empfindlichen Platte zu erhalten. Um Platten für rotes Licht empfindlich zu machen, also um rot gefärbte Gegenstände auf die Photogramme zu bringen, müssen den em-

pfindlichen Silbersalzen erst ganz besondere Farbstoffe zugesetzt werden. Die chemisch wirksamen, also das Photogramm hervorbringenden Strahlen liegen mehr nach dem violetten Ende zu und darüber hinaus (ultraviolette Strahlen). Ganz anders im sichtbaren, also eingestellten Bilde. Wir stellen naturgemäss ein mit Hilfe der hellsten Farbentöne und diese gruppieren sich um das Gelb im Spektrum.

Wenn demnach eine Abweichung in der Lage des Bildes des gelben Spektrenteils und des violetten vorhanden ist, so wird sich diese dadurch bemerkbar machen, dass das eingestellte Bild mit dem photographischen nicht zusammen fällt, dass also trotz möglichst scharfer Einstellung dass Photogramm Unschärfe zeigt.

Dieser Uebelstand ist so gross, dass er schon ausgereicht hat, sonst ganz vortreffliche Objektive, die diesen Fehler zeigten, unmöglich zu machen. Man nennt die Abweichung in der Lage des sichtbaren und des photographischen Bildes den chemischen Fokus. Da die gesamte Farbenkorrektion im Grunde darauf hinaus kommt, diesen Misstand zu beseitigen, so haben wir den Gegenstand dieses Aufsatzes danach benannt.

Wenn wir zwei Linsen mit genau denselben Krümmungen der beiden Grenzflächen und derselben Dicke herstellen, so wird bei parallel zur Achse in derselben Höhe eintretenden Lichtstrahlen der Grad der Dispersion doch noch von einem Umstand wesentlich abhängen, von dem der angewandten Glasart. Je nach den Bestandteilen des Glases zeigen sich relativ bedeutende Unterschiede im Farbenzerstreuungsvermögen, wie sich aus den folgenden Zahlenwerten von 4 Glassorten, die dem Fabrikationsverzeichnisse der schon oben erwähnten Glasschmelzerei von Schott und Genossen in Jena entnommen sind, sofort ergiebt:

	n_D	C-F	A'-D	D-F	F-G'
a	1,51790	0,00860	0,00553	0,00605	0,00487
b	1,51490	0,00943	0,00595	0,00666	0,00543
c	1,57380	0,01385	0,00853	0,00987	0,00831
d	1,57260	0,00995	0,00630	0,00702	0,00568

Die Gläser *a* und *d* besitzen im Hinblick auf ihre Brechungsindices eine geringe Dispersion, die Gläser *b* und *c* eine hohe. Man sieht dies am einfachsten ein, wenn man das Verhältnis zwischen einer der Teildispersionen und der Grösse n_D oder einer unmittelbar aus ihr folgenden herstellt. Mit Berücksichtigung der mathematischen Wichtigkeit berechnet man den Ausdruck $\frac{n-1}{(C-F)}$ und bezeichnet ihn mit dem griechischen Buchstaben ν.

Für die oben angeführten Glasarten ergiebt sich

a $\nu = 60$ *b* $\nu = 54{,}6$ *c* $\nu = 41{,}4$ *d* $\nu = 57{,}5$

Je grösser ν ist, desto geringer ist die Dispersion. Die Gläser mit geringer Dispersion heissen Crowngläser, die Gläser mit hoher Dispersion Flintgläser; *a*, *d* und *b* sind Crowngläser, *c* ist ein ausgesprochenes Flintglas.

Wenn wir nun die Thatsache dazu nehmen, dass die Wegablenkung oder die Brechung der Lichtstrahlen von der Grösse des Brechungsquotienten n_D in weit geringerem Masse abhängt als die Farbenzerstreuung von der Grösse des ν, so wird man einsehen, dass es möglich sein muss, durch Kombination einer stark sammelnden Linse aus einer Glasart mit hohem ν mit einer schwächer zerstreuenden Linsen mit geringerem ν den Farbenfehler aufzuheben und trotzdem im Ganzen noch eine Sammelwirkung übrig zu behalten, die für die photographischen Zwecke notwendig ist. Es gelingt dies sowohl mit zwei Linsen, von denen die positive etwa aus der Glasart *a* mit niedrigem n_D, die ne-

gative aus der Glasart *c* mit hohem n_D hergestellt ist, wie auch durch die Zusammenstellung von Linsen aus *b* und *d* wobei der positive Teil den hohen, der negative den niedrigen Brechungsquotienten besitzt. Linsen von der zuletzt genannten Eigenschaft bilden ein anormales Paar. Wir kennen Glasarten, welche bei hohem Brechungsquotienten geringe Dispersion und umgekehrt besitzen, erst durch die Arbeiten von Prof. Abbe in Jena, die nach 1870 begonnen wurden. Die vor dieser Zeit bekannten Glasarten, von denn *a* und *c* typische Beispiele sind, zeigten stets geringes Brechungsvermögen neben schwacher Dispersion und hohes Brechungsvermögen mit starker Farbenzerstreuung verbunden. Es sei bemerkt, dass erst die Zusammenstellung anormaler Glaspaare die Konstruktion der modernen Anastigmate möglich gemacht hat.

Die weitere Spezialisierung unserer Aufgabe ist nicht mehr schwierig, nachdem die Möglichkeit ihrer Lösbarkeit erkannt worden ist. Nach dem Auseinandergesetzten wird es für die Photographie wesentlich darauf ankommen, die Stellen des gelben und des violetten Bildes zum Zusammenfallen zu bringen oder, um genauer zu sprechen, die Bilder, welche vom Schwerpunktsstrahle des gelbes Spektrenteils, dem D-strahle und dem Schwerpunktsstrahle des violetten Spektrenteils, dem G′-strahle erzeugt worden sind. Da es nun aber Glaspaare mit proportionalen Teildispersionen giebt, so ist damit auch das Zusammenfallen der Bilder gesichert, welche von den Strahlen zwischen D und G′ erzeugt worden sind. Die Photographie in drei Farben stellt allerdings neue Bedigungen; sie verlangt, dass auch das rote Bild (etwa um A′ herum) an dieselbe Stelle fällt; sie hat zur Konstruktion der apochromatischen Objektive im Gegensatze zu den einfachen Achromaten die Veranlassung gegeben. Es ist wohl kaum nötig zu erwähnen, dass die Herbeiführung der Achromasie auch mit mehr als zwei Linsen möglich ist.

Haben wir es zunächst nur mit der Achromatisierung eines einzigen Strahles zu thun gehabt, so pflegt diese imZusammenhang mit anderen Korrektionen, welche die Konstruktion photographischer Objective nötig macht, für die Achromasie des gesamten Bildes wenn auch nicht auszureichen, so doch die Hauptsache zu bilden. Eine wesentliche Rolle spielt auch hierbei eine gewisse Grenze in der Leistungsfähigkeit unseres Auges, Bildpunkte als von einander getrennt wahrzunehmen. Das nähere ist Sache der rechnenden praktischen Optik und gehört nicht in den Rahmen dieses Aufsatzes.

Phot. Ch. Messaz, Lausanne.