

## II.

### *V e r s u c h e*

*zur Erklärung der von Newton entdeckten  
concentrischen farbigen Ringe, welche zwischen  
zwei auf einander gelegten Objectivgläsern  
beim Zusammendrücken entstehn,*

von

WILLIAM HERSCHEL.

(Vorgel. in der kön. Societ. zu London d. 5. Febr. 1807.)

---

Ich hoffe bei denjenigen meiner Leser, welche die wichtigen Entdeckungen über die Natur des Lichtes interessiren, zu denen der von Hrn. Malus betretene Weg uns führt, so wie bei denen, welche sich mit Versuchen einer wissenschaftlichen Farbenlehre mit Vorliebe beschäftigt haben, einigen Dank zu finden, wenn ich auf die geistreiche Darstellung in wenigen Zügen, welche der vorstehende Aufsatz enthält, die große 15jährige, in Deutschland noch unbenutzte Arbeit folgen lasse, die der berühmte Beobachter Herschel mit unverdrossner Beharrlichkeit über eine Farben-Erscheinung bekannt gemacht hat, welche mit jenen Entdeckungen in genauem Zusammenhange steht. Habe immerhin diese Arbeit in ihrer Behandlung des Gegenstandes manches Aehnliche mit den durch die Betrachtung aller einzelnen Fälle oft lästig umständlichen Methoden der Geometrie, und erhebe sie sich

auch in der Erklärung nicht bis zu so hohen Regionen als der vorhergehende Aufsatz, so scheint sie mir doch dieser Stelle in den Annalen sehr werth zu seyn, besonders da die Darstellung selbst so kurz und bündig ist, als das viele Detail es nur erlaubte.

Um dem Leser die Mühe des Nachschlagens zu ersparen, setze ich hierher einige Stellen aus Priestley's Geschichte der Optik, nach der Klügel'schen Uebersetzung, welche ihm von diesem Gegenstande so viel in das Gedächtniß zurückrufen werden, als nöthig ist, um die folgende Abhandlung richtig zu verstehn. „Newton hatte zwei Prismen, deren Seitenflächen zufällig ein wenig convex waren, an einander gedrückt. Als er durch sie so schief hindurch sah, daß die Strahlen, anstatt aus dem Glase in die dünne Luftschicht zwischen beiden Prismen auszutreten, alle zurückgeworfen wurden, gingen an der Berührungsstelle die Lichtstrahlen ungehindert hindurch, so daß diese Stelle, beim Darauffehn, wie ein dunkler Fleck, und wenn man hindurch sah, ganz hell und klar, wie ein Loch durch die Luftschicht erschien, und die Gegenstände jenseits des Prisma deutlich zeigte. Beim Zusammendrücken der Prismen wurde diese helle Stelle größer, so daß die Glastheilchen dem Drucke nachzugeben schienen. Wurden die Prismen beide in unveränderter Lage um ihre gemeinschaftliche Berührungslinie gedreht, so daß einige Strahlen aus dem Glase in die Luft auszutreten anfangen, so erschienen farbige Bogen, bei weiterem Umdrehen immer mehr und stärker gekrümmte, und endlich völlige Ringe um den durchsichtigen Fleck, bis sie sich allmählig wieder zusammenzogen.“ Diese Beobachtung veranlaßte Newton zu seinen Versuchen mit zwei aneinander gedrückten Objectivgläsern, wobei die farbigen Ringe deutlicher und regelmäßiger erscheinen, in mehrfachen Wiederholun-

gen aus der prismatischen Folge. „Die Farben zunächst den Centalflecken, welche den dünnsten Theilen der Luftscheibe zwischen den beiden Gläsern entsprechen, sind die einfachsten, die andern sind mit mancherlei andern Farben vermischt, und verlieren sich zuletzt ins Weiße.“ Aus Newton's Messungen der Durchmesser der Ringe und des Abstands der beiden Objectivgläser an den ihnen entsprechenden Stellen, ist die Tafel hervorgegangen, von der Hr. Biot in dem vorstehenden Aufsatze geredet hat; und Newton glaubte, „es erhelle aus ihnen ganz deutlich, was die Ursache dieser Ringe sey, dieses nämlich, daß die zwischen den Gläsern befindliche Luft, nach Maßgabe der Dicke der Luftschicht, das Licht einer jeden Farbe an einigen Stellen zurücksende, an andern durchgehn lasse, und daß sie an derselben Stelle, wo sie Licht von einer gewissen Farbe durchläßt, Licht von einer andern zurücksende.“ Um zu erklären, woher die Abwechselung der farbigen Ringe, so wie überhaupt die Zurückwerfung und die Brechung rühren, nimmt Newton an, „daß jeder Lichtstrahl, gleich nach dem ersten Ausgange aus dem leuchtenden Körper, eine gewisse *veränderliche Beschaffenheit* erhalte, die bei seinem Fortgange in gleichen Zwischenräumen wieder komme, und verurliche, daß er bei jeder *Anwandlung* dieser Beschaffenheit durch die zunächst vorliegende brechende Fläche leichter hindurch, als von ihr zurück gehe, indess er in den Zwischenzeiten, wenn diese Beschaffenheit ihm nicht angewandelt ist, von eben dieser Fläche leichter zurückgeworfen als durchgelassen werde. Von mehreren Strahlen, welche zugleich auf eine ähnliche Fläche fallen, würden diejenigen zurückgeworfen, welche in dem Zustande des leichtern Zurückgehns sind, diejenigen aber durchgelassen, welche die Anwandlung des leichtern Durchgehns haben; und es werde daher von jeder Ober-

fläche, auf welche Licht fällt, ein Theil desselben zurückgeworfen, und der andre Theil durchgelassen.“ Dafs diese Hypothese die farbigen Ringe, welche zwischen den beiden Gläsern zum Vorschein kommen, nicht genügend erkläre, und dafs sie überhaupt nicht in der Natur sey, sucht Herschel in dem *ersten* Theile, (in den Schriften der kön. Ges. der Wiss. zu London auf d. J. 1807 Th. 2,) und wie die Erscheinungen durch Beugung des Lichtes zu erklären seyn möchten, in dem *zweiten* Theile seiner Abhandlung (ebendaf. J. 1809 Th. 2.) zu zeigen. Der erste Theil der freien Uebersetzung rührt von Hrn. Prof. Wrede in Königsberg und von *mir* in Gemeinschaft her.

Gilbert.

---

### *E r s t e r   T h e i l .*

Die farbigen Bogen und Ringe, welche zuerst Newton wahrgenommen hat, als er zwei gläserne Prismen, oder zwei Objectivgläser von beträchtlichen Brennweiten, aufeinander legte und etwas zusammendrückte, gehören zu den interessantesten Erscheinungen, welche er uns in seiner Optik aufbewahrt hat (Aufl. 2. S. 184, Aufl. 4. S. 169 f.). Mit Recht bemerkt er, dafs sie zwar schwierig zu untersuchen sind, dafs sie uns aber doch hoffen lassen, noch zu *andern Entdeckungen zu führen*, welche die Theorie des Lichts vervollkommen, und besonders *die Beschaffenheit der Körpertheilchen* aufklären dürften, *von welcher die Farbe und Durchsichtigkeit der Körper* in der Natur abhängt.

Was die Erklärung betrifft, welche Newton von diesen farbigen Ringen giebt, so muß ich gestehn, daß sie mir nie genügt hat. Um sie zu erklären, schreibt er den Lichtstrahlen Anwandlungen (*fits* \*) zu, leichter durchzugehen, und leichter zurückgeworfen zu werden, welche in jedem Strahl in bestimmten Zwischenräumen abwechseln sollen. Aber dieses scheint, auch abgesehen von allen andern Einwürfen, mit der außerordentlichen Kleinheit und Geschwindigkeit der Lichttheilchen unverträglich zu seyn, aus welchen nach Newton's Theorie die Lichtstrahlen bestehen.

Die ausnehmende Schönheit dieser farbigen Ringe, die anmuthigen Erscheinungen, welche entstehen, wenn man die beiden Gläser schwächer oder stärker aneinander drückt, vorzüglich aber die Wichtigkeit des Gegenstandes, hatten in mir schon längst den Wunsch erregt, die Ursache dieser interessanten Erscheinungen tiefer zu ergründen. Zu dem Ende habe ich im Jahre 1792 die beiden großen, von Huyghenss verfertigten Objectivgläser geliehen, welche die königl. Societät besitzt, das eine von 122, das andere von 170 Fuß Brennweite, und habe mit ihnen eine Reihe von Versuchen angefangen, welche zwar oft durch astronomische Beobachtungen unterbrochen worden ist, auf die ich aber doch immer wieder zurückgekommen bin.

\*) Ein Wort, bei welchem in den Wörterbüchern die Erklärung steht *ein Paroxysmus, ein plötzlicher Einfall, Lust und Eifer zu etwas.* G.

Noch vor Kurzem habe ich sie sehr erweitert, und wenn gleich die Resultate derselben nicht alle Erscheinungen dieser Art genügend erklären, so scheinen sie mir doch bewährt genug zu seyn, um uns mehrere Modificationen des Lichtes kennen zu lehren, welche theils gänzlich übersehen, theils nicht gehörig untersucht worden sind.

Ich werde in diesem Aufsatze zuerst die verschiedenen Modificationen des Lichtes \*), welche sich in diesen Erscheinungen zeigen, deutlich und genau auseinander setzen und classificiren, und dann meine Meinung über die Ursache des Entstehens dieser concentrischen Ringe sagen.

I.

I. *Verschiedne Arten, die farbigen concentrischen Ringe durch Zurückwerfung sichtbar zu machen.*

Ich fing mit Newton's Verfahren an, legte die beiden Objectiv-Gläser aufeinander, und erblickte sehr bald die farbigen concentrischen Ringe. Es ist kaum nöthig zu bemerken, daß ich alle Beobachtungen Newton's über diese Ringe vollkommen bestätigt gefunden habe. Sie schienen mir

\*) Da ich mich häufig dieses Ausdrucks bedienen werde, so erkläre ich hier ein für allemal, daß ich unter *Modificationen des Lichtes* alle Veränderungen verstehe, welche in den Farben, in der Richtung oder in der Bewegung des Lichtes vor sich gehn; so z. B. wird das Licht durch die *Modification der Reflexion* zurückgeworfen, durch die *Modification der Refraction* von seiner Bahn in eine andere geradlinige, vorwärts, gebengt, durch die *Modification der Zerstreuung* in seine Farben gespalten u. s. f.  
Herschel.

aber nicht mannigfaltig genug zu seyn, um zu allgemeinen Folgerungen zu berechtigen; ich bin daher bemüht gewesen, sie zu vervielfältigen. Um mein Verfahren deutlich zu machen, werde ich zu jedem erst ein leichtes Beispiel, und dann eine allgemeinere Anweisung geben:

1. *Verfahrungsart.* Ich lege auf einen Tisch, der vor einem Fenster steht, ein Stück Glas mit vollkommen ebenen, parallelen und gut polirten Flächen, und auf dieses eine biconvexe Glaslinse von 26 Zoll Brennweite; diese Einrichtung ist hinreichend einen Kranz (*a set*) sehr schöner concentrischer Ringe zu zeigen. Ich betrachte diese stets durch ein  $2\frac{1}{2}$  zolliges biconvexes Ocularglas, das von einem passenden Fusse getragen wird; ein solches Vergrößerungsglas zeigt alles in den Ringen mit gehöriger Deutlichkeit. Sie lassen sich am besten und bequemsten sehn, wenn die Lichtstrahlen von dem Fenster unter einem Winkel von 30 Graden (mit dem Einfallslothe) auf die Glaslinse fallen, und wenn das Auge an der entgegengesetzten Seite die zurückgeworfenen Strahlen unter demselben Höhenwinkel erhält.

*Verallgemeinerung.* Anstatt eines ebenen Glases kann man die ebene Fläche einer planconvexen oder planconcaven Linse von beliebiger Brennweite nehmen, und ist nur die Fläche, mit der die andere Linse auf sie gelegt wird, convex, so mag die zweite Fläche dieser letztern plan, concav oder convex und die Linse von jeder willkührlichen Brennweite seyn, immer erhält man einen Kranz farbiger Ringe. Ich habe diese

Erscheinungen mit allerley Linfen von 170 Fufs bis zu  $\frac{1}{4}$  Zoll Brennweite hervorgebracht. Selbst ein gemeines Uhrglas giebt sie, wenn man es auf irgend eine ebene Glasfläche legt. Um des Erfolgs gewifs zu seyn, muß man die Gläser vollkommen vom Schmutz und Staube gereinigt haben, besonders an der Stelle der gemeinschaftlichen Berührung, und sie beim Aufeinanderlegen ein wenig aneinander drücken, auch wohl etwas übereinander hin und her bewegen, sie dann aber in Ruhe lassen.

2. *Verfahrungsart.* Dasselbe biconvexe Objectivglas von 26 Fufs Brennweite auf einen sehr gut polirten, metallenen Planspiegel gelegt, zeigt wiederum einen vollständigen Kranz von concentrischen Ringen. In diesem Falle sind indess die Ringe matter, als wenn dieselbe Linse auf einem ebenen Glase liegt, obgleich dieses weit weniger Licht als die glänzende Metallfläche zurückwirft; welches ich dem lebhaften Glanze des metallischen Grundes zuschreibe, auf dem man die Ringe erblickt, und der ihre Farben durch den Contrast schwächt.

Uebrigens kann die obere Fläche der Glaslinse, welche man auf die Metallfläche legt, jede beliebige Gestalt haben, wenn nur die untere Fläche convex ist. Es ist anzurathen, daß man kleine Linfen nicht eher nehme, als bis man sich mit den Kunstgriffen, die Ringe zu sehen, an größeren recht vertraut gemacht hat. Ist dieses geschehen, so kann man Linfen von 2 Zoll Brenn-

weite und allmählig noch kleinere brauchen, um die concentrischen Ringe hervor zu bringen,

3. und 4. *Verfahrungsart.* Ich legte nun auf die convexe Fläche einer *planconvexen Linse* von 15 Zoll Brennweite, oder eines *convexen Metallsiegels* von dieser Brennweite, das 26 zollige doppelt convexe Objectivglas, und es erschien in beiden Fällen ein vollständiger Kranz von Ringen. In diesen Fällen können beide Oberflächen der darauf gelegten Glaslinse eben, concav oder convex seyn, wenn nur, im Fall eine hohle Fläche auf die erhabene Fläche der Linse oder des Spiegels liegt, der Krümmungs - Halbmesser jener größer, als der Krümmungs - Halbmesser dieser ist. Unter dieser Bedingung ist auch die Brennweite der unten liegenden Glaslinse und die Gestalt ihrer untern Fläche gleichgültig.

5. und 6. *Verfahrungsart.* Eine biconvexe Linse von 7 Zoll Brennweite in die Höhlung einer biconcaven Glaslinse von 8 Zoll Zerstreuungsweite gelegt, gab mir einen sehr schönen Kranz von Ringen. Eben so eine biconvexe Linse, von 26 Zoll Brennweite, die ich auf einen metallenen Hohlspiegel von 7 Fuß Brennweite legte. Auch in diesen beiden Fällen hängt der Erfolg davon ab, daß der Halbmesser der Krümmung der hohlen Fläche größer ist, als der der convexen Fläche, welche auf ihr liegt; die unterste und die oberste Fläche mögen eine Gestalt haben, welche man will.

## II. *Farbige concentrische Ringe von durchgehenden Lichtstrahlen gebildet.*

Bei den bisherigen Abänderungen der Versuche wurden die farbigen Ringe bloß durch reflectirtes Licht sichtbar, welches daraus klar ist, daß sie sich alle auch mit dem Lichte einer Kerze hervorbringen lassen, wenn man sie so stellt, daß der Einfallswinkel der Strahlen auf den Berührungspunkt beider Gläser, und der Winkel, unter dem sie von dort in das Auge zurückgehn, gleich ist. Aber auch durchgehende Lichtstrahlen sind im Stande, diese Ringe hervorzubringen; eine Erfahrung, welche Newton schon gemacht hat.

1ste Art. Ich lege die biconvexe Glaslinse von 26 Zoll Brennweite auf ein ebenes, an beiden Oberflächen recht gut polirtes Glas, und halte beide in diesem Zustande der Berührung gegen ein Fenster. Die Ringe, mittelst durchfallenden Lichtes, lassen sich auf diese Art sehr leicht wahrnehmen. Um sie etwas zu vergrößern und dadurch deutlicher zu sehen, bediene man sich einer Brille mit Gläsern von 5 bis 7 Zoll Brennweite; zwar ließe sich das Gestell des vorigen Ocularglases leicht für diesen Fall abändern, die andern Methoden sind aber bequemer.

2te Art. Ich lege die beiden Gläser, welche die Ringe hervorbringen sollen, auf einen Ring eines Gestelles, und setze unter denselben, in einem gewissen Abstände, ein brennendes Licht, so, daß die Lichtstrahlen wieder unter 30 Grad auf die Glä-

fer einfallen. Bringt dann der Beobachter das Auge oberhalb des Apparats in dieselbe Lage, als wenn die Ringe durch Zurückstrahlung sichtbar würden, so sieht er sie mittelst der durchgehenden Strahlen des Kerzenlichtes.

3te Art. Noch besser ist es bei diesem Apparate sich des Tageslichts mittelst eines kleinen Metallspiegels, wie bei den zusammengesetzten Mikroskopen, zu bedienen.

Bei diesen drei Einrichtungen kann man jede Verbindung von Gläsern, deren unter I. 1, 3 und 5 gedacht worden ist, anwenden, um die Versuche zu vervielfältigen, wenn es bloß darauf angesehen ist, *einfache* Kränze der concentrischen Ringe zum Vorschein zu bringen.

III. *Von den Schattenbildern (shadows\*)*, mittelst der man zwei oder mehr Kränze von farbigen concentrischen Ringen zugleich sehen kann.

Zwei oder mehrere Kränze von farbigen Ringen zugleich, lassen sich nur mittelst des Schattens eines dünnen undurchsichtigen Körpers, z. B. der Klinge eines spitzen Federmessers hervorbringen, daher wir hier zuerst von diesen Schatten reden wollen. Man halte die Spitze des Federmessers auf die obere Fläche einer ebenen Glasplatte oder einer convexen Glaslinse, so wirft diese Spitze zwei Schatten, von denen man den einen auf der vordern

\*) Dieß sind eigentlich keine Schatten, sondern Spiegelbilder.

und den andern auf der hintern Fläche der Glasplatte oder der Linse sieht. Zwei dicht aufeinander gelegte Stücke Glas geben auf diese Art drei Schattenbilder; man würde vier erblicken, wenn die *convexe* Linse eine sehr kleine Brennweite hätte, oder die ebene Glasplatte ein wenig von der Linse abstände, von diesen Fällen aber sehe ich ab. Von den drei Schatten, welche sich in zwei dicht aufeinander liegenden Gläsern zeigen, so wie sie hier überhaupt gebraucht werden müssen, ist der *zweite* (von oben) dunkler, als der *erste*, der *dritte* aber schwach. Dagegen ist dieser letzte der dunkelste, wenn man statt des untern Glases ein Stück eines Glasspiegels nimmt. Drei ebene Stücke Glas, oder zwei dergleichen und eine Linse, oder auch ein Spiegel, ein Planglas und eine Linse aufeinander gelegt, geben vier Schattenbilder, eins von jeder obern Oberfläche, und eins von der untern Oberfläche, des untersten dieser durchsichtigen Körper. Ein Metallspiegel, der unter eine solche Schichtung von Gläsern gebracht wird, vermehrt die Anzahl der Schattenbilder nicht, macht sie aber intensiver und deutlicher.

Um diese Schatten von einander zu unterscheiden, dient die Bemerkung, daß die Spitze des Federmessers, wenn sie auf das oberste Glas gesetzt ist, die Spitze des *ersten* *Schattens* berührt; das zunächst tiefer liegende Schattenbild nenne ich immer das *zweite* u. s. w. Die weiterhin folgenden

Schattenbilder vermengen sich und werden dadurch schwärzer; an den Spitzen der Schatten läßt sich aber immer erkennen, welche, und wie viel ihrer zusammenfallen. Durch eine schickliche Bewegung des Federmessers kann man es leicht dahin bringen, daß die abgeforderten Schattenbilder einander decken, wodurch man ein einziges sehr dunkles Bild erhält. Soll dieses auf einen verlangten Punct hinfallen, so hält man das Federmesser etwa einen halben Zoll über den Gläsern, und geht mit seiner vorwärts (nach dem einfallenden Lichte zu) gekehrten Schneide langsam gegen das einfallende Licht. Dabei muß das Federmesser ein wenig nach vorn geneigt gehalten werden, um das Licht von der untern Fläche der Klinge des Federmessers abzuhalten. Das Schattenbild, welches man brauchen will, muß an seinem schmalen Theile genommen werden.

#### IV. *Zwei Kränze farbiger Ringe.*

Mit Hülfe der obigen Schattenbilder wird es nicht schwer fallen, zwei und mehrere Kränze von Ringen auf einmal zu sehen; und da der hinzukommende Kranz die Ringe in einer Lage zeigt, in der man sie noch nie gesehen hatte, so wird dieses dazu dienen können, der Ursache dieser Erscheinung mehr auf die Spur zu kommen.

*1ste Art.* Man lege eine biconvexe Linse von 20 Zoll Brennweite auf ein Stück eines guten und wohl polirten Glasspiegels, und richte das Ocular-

glas wie gewöhnlich ein, um einen Kranz von Ringen zu sehn. Die Stelle, wo man diesen zu suchen hat, findet man leichter, wenn man den Schatten eines Federmessers auf die angegebne Art über die Linse umherführt. Dieser zuerst sich zeigende Kranz von Ringen ist gewöhnlich der *Hauptkranz*. Hat man ihn, so bringe man den dritten Schatten des Federmessers über denselben; dieses ist die vortheilhafteste Lage, um die übrigen Kränze farbiger Ringe erscheinen zu sehn. — Erblickt man den *zweiten* oder *Nebenkranz* noch nicht, so wird man ihn unfehlbar gewahr, wenn man auch das zweite Schattenbild des Federmessers über den *Hauptkranz* bringt, und um ihn dann recht vollkommen zu sehn, bringe man die Vereinigung aller dreier Schatten auf diesen *Nebenkranz*, und zwar an einem Punkte, wo er diesen zweiten Kranz ganz bedeckt, wobei der dritte Schatten den *Hauptkranz* nicht berühren darf. Beide Kränze sind einander so nahe, daß oft einige ihrer Ringe einander schneiden. Hat man den *Nebenkranz* einmal erhalten, so läßt er sich sehr leicht abwechselnd mit dem *Hauptkranz* betrachten; man braucht zu dem Ende nur das Federmesser ein wenig zu bewegen, so daß der dritte Schatten hin und her geht.

Auch ohne Hülfe der Schatten lassen sich die beiden Kränze hervorbringen, wenn sie schwer zu erhalten sind. Man fasse die beiden aufeinander liegenden Glaslinsen mit beiden Händen, drücke sie abwechselnd mit der einen und mit der andern

stärker an einander, und lasse dabei das Licht schief, z. B. unter Winkel von 40, 50 bis 60 Graden einfallen und zurückfallen. Dadurch wird der Abstand der Mittelpunkte beider Kränze und zugleich die Menge des zurückgeworfenen Lichtes vermehrt; auch nimmt man bekanntlich einen schwachen Gegenstand eher wahr, wenn er in Bewegung ist, als wenn er ruht.

Es kommt bei diesen Versuchen nicht darauf an, daß der untergelegte Spiegel ein Planspiegel sey; denn auch convexe und concave gläserne Spiegel thun hier dieselben Dienste. Und was die obere Oberfläche der aufgelegten Linse betrifft, so ist diese vollends ganz gleichgültig. Nur hat man in jedem Falle darauf zu sehn, daß die in Berührung zu bringenden Flächen sich in irgend einem centralen Punkte berühren, ihre Brennweite und übrige Figur mag seyn, welche sie will.

*2te Art.* Man lege auf einen metallenen Planspiegel entweder ein Planglas mit parallelen Flächen, oder die ebene Fläche einer planconvexen oder planconcaven Glaslinse, und lege auf das obere Glas die convexe Fläche einer biconvexen oder planconvexen Glaslinse von ungefähr 17 Zoll Brennweite, so werden sich ebenfalls zwei Kränze von Ringen zeigen.

*3te Art.* Auf zwei kleine recht gut polirte Plangläser, die übereinander gelegt werden, decke man eine biconvexe Linse von etwa 39 Zoll Brennweite, und verfare, wie oben, so sieht man zwei

Kränze; einen wirft die Oberfläche des ersten, den andern die Oberfläche des zweiten Planglases zurück.

*4te Art.* Etwas schwieriger ist es zwei Kränze concentrischer Ringe zu sehen, wenn ein Planglas, mit der auf dieses gedeckten Linse, auf ein Stück schwarzes Papier gelegt wird. Bei einiger Aufmerksamkeit wird man dann nicht bloß den, von der Vorderfläche des Planglases zurückgeworfenen Kranz gewahr, sondern auch eine schwache Spur des Nebenkranzes, den die Hinterfläche zurückwirft. Leichter lassen sich zwei durch Zurückwerfung von der Vorder- und der Hinterfläche eines Glases gebildete Kränze sehn, wenn man in die Höhlung einer biconcaven Linse von 8 Zoll Zerstreuungsweite ein biconvexes Glas von  $7\frac{1}{2}$  Zoll Brennweite legt.

*5te Art.* Legt man auf ein biconvexes Glas von ungefähr 50 Zoll Brennweite ein Planglas, und darauf eine biconvexe Glaslinse von 26 Zoll Brennweite, so zeigen sich zwei Kränze von ungleicher Größe; der größere gehört der 50 zolligen, der kleinere der 26 zolligen Linse an; man nimmt sie leicht wahr, da beide Hauptkränze sind. Schaukelt man die oben aufliegende Linse oder das Planglas etwas hin und her, so kann man machen, daß diese beiden Kränze sich nach jeder beliebigen Richtung durchschneiden; der kleinere Kranz läßt sich auf den größeren legen, und beide lassen sich von einander entfernen und einzeln an eine bestimmte Stelle des Glases bringen; ein Beweis, daß der eine von dem

andern unabhängig, und nicht dessen Nebenkranz ist. Neben ihnen läßt sich mit Hülfe des Federmessers der Nebenkranz der 26 zolligen Linse erhalten; dieser verläßt, wenn man die Gläser bewegt, nie seinen Hauptkranz, indess der Kranz der 50 zolligen Linse quer durch diese beiden hinlaufen kann.

#### V. *Drei Kränze farbiger Ringe.*

Es hat seine Schwierigkeit drei Kränze zugleich zu sehen. Mit Hülfe der schaukelnden Bewegung der Gläser und der Schattenbilder eines Federmessers, lassen sie sich indess deutlich erlangen, wenn sonst das Tageslicht hell genug ist.

*1ste Art.* Man lege übereinander drei Plaugläser, (die, damit die Kränze weit genug auseinander fallen, wenigstens 0,2 Zoll dick seyn müssen) und auf ihnen eine 26 zollige biconvexe Linse. Zeigen sich die drei Ringe nicht vermittelt eines kleinen Drucks, den man den Gläsern giebt, so muß man suchen sie mit Hülfe des fünffachen Schattens von einem Federmesser auf die oben erwähnte Art ansichtig zu werden.

*2te Art.* Auf einen guten gläsernen Spiegel lege man ein Plauglas, und auf dieses eine 34 zollige Linse, so werden sich drei Kränze zugleich zeigen. Den ersten und dritten, die ziemlich glänzend sind, giebt ein kleiner Druck, und dann läßt sich der zweite mit Hülfe der vier Schattenbilder des Federmessers sichtbar machen; liegt der dritte Schatten

auf dem ersten Kranz, so fällt zugleich der vierte Schatten auf den zweiten Kranz und macht ihn sichtlich.

*3te Art.* Auf einen ebenen Metallspiegel lege man zwei Plangläser, und oben auf eine 26 zollige Linse, so wird sich der dritte Kranz mittelst einer kleinen schaukelnden Bewegung gemeiniglich als ein kleiner weißer Kreis zeigen, der sich mit dem ersten Kranze bewegt. Bringt man den dritten Schatten des Federmessers über den ersten Kranz, so wird der vierte Schatten über den zweiten Kranz kommen, und diesen letztern sichtbar machen.

*4te Art.* Auf einen ebenen Metallspiegel lege man ein kleines Planglas etwas geneigt, mit dem einen Ende auf ein  $\frac{1}{10}$  Zoll dickes Hölzchen, und auf dasselbe eine 26 zollige Linse. Man sieht dann leicht zwei Kränze, und wenn man den Schatten des Federmessers zwischen sie hält, auch den dritten. Man sieht in diesem Falle nur den dritten Schatten, die beiden andern verlieren sich im Glanze des Spiegels.

*5te Art.* Man lege eine  $6\frac{3}{4}$  zollige biconvexe auf eine 8 zollige biconcave Linse, und auf beide ein Planglas, so werden sich entweder mit Hülfe der Schatten oder mittelst einer schaukelnden Bewegung drei Kränze zugleich zeigen. Der Mittelpunkt des ersten Kranzes ist schwarz, der beiden andern weiß.

VI. *Vier Kränze farbiger Ringe.*

Die Schwierigkeit mehrere Kränze von Ringen zugleich zu sehn, nimmt mit der Anzahl derselben zu; doch lassen sich viere wahrnehmen, wenn man wie bei V. 4 verfährt. Der erste, dritte und vierte Kranz zeigen sich leichter; um den zweiten zu sehn, muß man von den drei Schattenbildern des Federmessers den zweiten und dritten zwischen den ersten und vierten Kranz von Ringen bringen. — Vier Kränze lassen sich auch sehn, wenn auf einem metallenen Spiegel drei Stücken Glas übereinander, und auf sie eine planconvexe Linse von 17 Zoll Brennweite gelegt sind, doch nur wenn der Tag sehr heiter ist, die Gläser recht rein und vollkommen polirt sind, und man mit den erforderlichen Kunstgriffen, mehrere Kränze zugleich zu sehn, schon sehr bekannt ist. Auf diese letztere Art ist man zuweilen im Stande nicht nur vier, sondern auch *fünf* oder *sechs* Kränze concentrischer Ringe zu sehn, die überhaupt durch eine wiederholte Reflexion in und zwischen den aufeinander gelegten Gläsern entstehen.

VII. *Größe der Ringe.*

Der Durchmesser der concentrischen Ringe hängt von den Krümmungs-Halbmessern der Oberflächen ab, zwischen denen sie gebildet werden. Krümmungen von einem kürzern Halbmesser geben, wenn alles übrige gleich ist, kleinere Ringe. Da

Newton hiervon schon weitläufig gehandelt hat, so ist es unnöthig, daß ich mich dabei verweile. Doch muß hier bemerkt werden, daß die Gröſſe der Ringe von der Geſtalt beider Flächen, die mit einander in Berührung ſind, abhängt, und daß daher z. B. eine biconvexe Glaslinſe von  $2\frac{1}{2}$  Zoll Brennweite, wenn ſie auf eine biconvexe gelegt wird, deren Brennweite nur ein wenig größer iſt, Ringe giebt, die weit größer ſind, als die Ringe einer Linſe von 26 Zoll Brennweite, welche auf einem ebenen Glaſe liegt.

#### VIII. *Von der Berührung.*

Auf die Gröſſe der Ringe hat der Druck einen beträchtlichen Einfluß. Sie werden breiter, wenn man die beiden ſie bildenden Oberflächen ſtark aneinander drückt, und ſchmäler, wenn dieſer Druck allmählig nachläßt. Der kleinſte Ring eines Kranzes kann durch dieſes Mittel bis zum zweifachen und dreifachen Durchmesser vergrößert werden. Der natürliche Druck über einander liegender Gläſer und ihre dadurch beſtimmte Berührung, iſt von ſelbſt kaum merklichen Veränderungen unterworfen. Um das hervor zu bringen, was man Berührung nennt, iſt es indeß immer nöthig, das oberſte Glas ein wenig hin und her zu bewegen und zugleich anzudrücken, und es dann erſt ſeinem eigenen Gewichte zu überlaſſen.

IX. *Vom Messen der Ringe.*

Aus dem eben gesagtten erhellt sattsam, daß jede Messung der absoluten GröÙe der Ringe sehr wenig Genauigkeit geben kann, welches sich mir vollkommen bewies, als ich im Jahre 1792 bestimmen wollte, ob eine Linse auf einer Metallebene Ringe von demselben Durchmesser als auf einer Glasebene gebe. Die Maafse wichen so sehr von einander ab, daß ich anfangs dadurch getäuscht wurde. Allein bei genauer Ueberlegung sah ich wohl ein, daß das Huygen'sche Objectivglas von 122 Fuß Brennweite, womit ich diesen Versuch gemacht hatte, sich nicht zu einerlei Berührung mit dem Metall und dem Glase hatte bringen lassen, und daß es unmöglich sey sich je hinlänglich zu vergewissern, daß in beiden Fällen ein gleicher Abstand der beiden sich berührenden Oberflächen statt gefunden habe. Die Farbe des centralen Flecks verändert sich zwar, wie wir gleich sehn werden, mit dem Druck, läßt sich aber nicht leicht in beiden Fällen gleich machen. Bei einer Glaslinse von größerer Brennweite läßt sich indeß aus vielen Messungen der Durchmesser jedes bestimmten Ringes in einem Kranze bis auf etwa  $\frac{1}{2\frac{1}{3}}$  oder  $\frac{1}{3\frac{1}{5}}$  genau erhalten. Die relativen Maafse der Ringe eines Kranzes sind genauer, da beim Messen derselben die Berührung unverändert dieselbe bleibt.

X. *Anzahl der Ringe.*

Bei gehöriger Erleuchtung zeigen sich in jedem Kranze mehrere concentrische Ringe. In dem

Hauptkranze sieht man gewöhnlich 8 bis 10 sehr leicht, und wenn ich das Auge in der vortheilhaftesten Lage hielt, habe ich bis auf 20 gezählt, obgleich sie zuletzt so schmal und dicht aneinander gereiht sind, daß sie sich nicht mehr zählen lassen. In dem ersten Nebenkranze erblickt man zuweilen so viele als in dem Hauptkranze; auch sind sie eben so vollständig und von lebhaften Farben. Lebhafter noch und dem Hauptkranze an Glanz fast gleich, ist der zweite Nebenkranz, wenn zwei Gläser auf einem Metallspiegel liegen; ich habe in ihm ohne Mühe 7 bis 9 Ringe gezählt.

#### XI. *Wirkung des Drucks auf die Farbe der Ringe.*

Liegt eine biconvexe Linse von 14 oder 15 Fuß Brennweite auf ein Planglas, so sind die ersten Farben, mit denen der Kranz ganz matt zu erscheinen anfängt, roth umgeben von grün. Das geringste Drücken verwandelt das Centrum in grün, umgeben von roth. Eine fernere Vermehrung des Drucks giebt aufs neue ein ganz rothes Centrum, und so geht die Abwechselung der Farbe 6 bis 7 mal fort; so vielmal erscheint das Roth in der Mitte wieder, dann aber bringt der stärkste Druck im Centrum bloß einen großen schwarzen Fleck mit weiß umgeben hervor.

Die Ringe, welche mittelst durchfallenden Lichtes gebildet werden, zeigen ähnliche Abwechselungen der Farben bei stufenweis verstärktem

Drucke, und wenn sie bis zur grössten Ausdehnung gebracht sind, so ist das Centrum der Ringe ein grosser weisser Fleck, umgeben von Schwarz.

Ausserordentlich schön ist in beiden Fällen das allmähliche Erscheinen der andern prismatischen Farben nach der ersten oder zweiten dieser Abwechselungen; da indess jeder diese Versuche leicht anstellen kann, so würde eine Beschreibung dieser Erscheinungen etwas Ueberflüssiges seyn.

Linse von einem kleinen Krümmungs-Halbmesser geben zwar, bei der vollständigsten Berührung mit einem Planglase, abwechselnd schwarze und weisse Centrankreise. Lässt aber der Druck nach, so ändert sich auch schon unter einem biconvexen Glase von 0,2 Zoll Brennweite die Farbe in der Mitte des Kranzes, nach Gefallen, in Weiss, Roth, Grün, Gelb und Schwarz um. ♦

XII. *Von dem Auflösen oder Absondern (diluting) und Concentriren der Farben.*

Es ist nicht so sicher, durch das Lüften oder Schaukeln einer Linse bestimmte Farbenwechsel hervorzubringen, als dadurch, dass man die Farben löset und wieder ineinander fliessen lässt \*). Da sehr kleine Glaslinsen, bei der vollen Berührung mit Plangläsern, nur schwarze und weisse Central-

\*) Nach dem Zusammenhange zu urtheilen, versteht Hr. D. Herschel hier unter *dilution* das Auflösen gemischter Farben in die einfacheren Hauptfarben, welches gewöhnlich mit einer Erweiterung der Ringe verbunden ist. Der Ausdruck *concentration* muss also gerade das Gegentheil bedeuten.

kreise geben, um welche man mit bloßem Auge keine farbigen Ringe sieht, so ist es nöthig, nach einander verschiedene Gläser von immer größern Focallängen zu gebrauchen. Mit einer biconvexen Linse von 4 Zoll Brennweite fangen die Außenringe an, eine blafsrothe Farbe zu bekommen. Mit 5 bis 7 Zoll Brennweite erhöht sich diese Farbe, und mit 16- bis 20-zölligen Linsen kommen allmählig auch grüne Ringe zum Vorschein. Bei 26 Zoll werden schwarze, weisse, rothe und grüne Ringe sichtbar, auch fängt der centrale schwarze Fleck schon an, sich aufzulösen, und ins Violette, Indigofarbene oder Blau zu spielen. Noch mehr löset er sich bei 34 Zoll Brennweite, und geht in eine Art von gelblichem Grau über. Bei einer Linse von 42 bis 48 Zoll Brennweite lassen sich gelbliche, von 55 bis 59 Zoll blaue, und von 9 bis 11 Fuß Brennweite einige orangefarbene Ringe von den gelben, ingleichen indigofarbene von den blauen unterscheiden. Eine Brennweite von 14 Fuß zeigt schon violette Ringe, und unter einer 122füßigen Linse, wie der Huyghen'schen, die auf einem Planglase dicht aufgedrückt wird, ist die Farbe des centralen Kreises völlig aufgelöset; der unter kleinen Linsen schwarz erscheinende centrale Kreis zeigt sic unter ihr in Violet, Indigo und Blau mit etwas untermengtem Grün, und der weisse Ring, welcher ihn einschließt, grün, umgeben von gelb, orange und roth. Eine Erscheinung, welche zu der Vermuthung berechtigt, daß der unter kleinen

Linse schwarz und weiß erscheinende Centralkreis hier förmlich zerlegt worden sey \*).

Bei dieser Gelegenheit gab ein (wahrscheinlich etwas hohles) Plänglas, welches mit der 122fussigen Linse durch Verschieben und Zusammendrücken in eine so genaue Berührung gebracht war, daß es stark genug mit ihr adhärirte, um beim Aufheben an ihr hängen zu bleiben, in dieser Berührung nicht nur breitere Kreise als gewöhnlich, sondern auch um das schwarze Centrum eine sonst niemals in dem prismatischen Spectrum wahrgenommene Farbe. Es war eine Art von *Hellbraun*, der Farbe des spanischen Schnupftabaks ähnlich. Das 170fussige Objectivglas zeigte dieselbe Farbe noch deutlicher.

### XIII. Folge der Farben.

Die am meisten brechbaren Strahlen liegen jederzeit dem Centrum eines Kranzes zugekehrt, man mag die Ringe mit Hülfe der Zurückwerfung oder des Durchganges des Lichts wahrnehmen, oder man mag ihre Farben auseinander und wieder ineinander treten lassen, in welchem letztern Fall einige derselben immer etwas früher verschwinden, als andere, die übrig bleibenden aber ihre Folge nicht verändern. Demnach folgen Violett, Indigo, Blau, Grün, Gelb, Orange und Roth aufeinander, wovon man sich am besten durch die

\*) Zwischen einem Paar abgerundeten Plängläsern von etwa 2 Zoll Durchmesser zeigt sich, anstatt des centralen schwarzen Flecks, nur Grün, Roth, Gelb oder Violett. *W.*

vorher beschriebene Methode, die Farben auseinander treten zu lassen (*dilution*) überzeugen kann. Dieselbe Ordnung gilt auch für die Nebenkränze; immer bilden die brechbarsten Strahlen die kleinsten Ringe.

XIV. *Abhängigkeit der Farben und Grösse der Ringe in den Nebenkränzen von denen in den Hauptkränzen.*

Sieht man zwei Kränze von Ringen zugleich, und ist die *Farbe* der Mitte des Hauptkranzes schwarz, so erscheint diese Stelle des Nebenkranzes weiß, und umgekehrt; oder wenn die Mitte des ersteren roth oder orangefarbig seyn sollte, so ist die des letztern grün, und wieder umgekehrt. Die *Grösse* der Ringe steht in einer ähnlichen Beziehung, indem immer die weissen Ringe in dem einen Kranze einerlei Durchmesser mit den schwarzen Ringen in dem andern Kranze, und eben so die orangefarbig in jenem mit den grünen Ringen in diesen haben. Sind mehrere Nebenkränze sichtbar, so stimmen diese insgesammt, in Hinsicht der Farbe und Grösse, miteinander überein; wechseln aber, in Absicht auf Farbe und Durchmesser der einzelnen Ringe, mit dem Hauptkranze.

XV. *Plötzliche Gröszen- und Farben-Änderungen der Ringe in den verschiedenen Kränzen.*

In zwei von einander abhängigen Kränzen von Ringen erleiden nicht nur die Centalkreise, sondern auch alle übrigen Ringe, eine plötzliche Veränderung der Farbe, wenn man ihnen die Schat-

tenſpitze eines Federmessers, oder eines andern dünnen Körpers nahe bringt. Um diese Erscheinung gehörig zu sehn, lege man eine 16zollige bi-convexe Glaslinse auf ein Stück eines ebenen Glas- spiegels, und bringe beide zu einer solchen Berührung, daß der Hauptkranz ein schwarzes, mithin der Nebenkranz ein weißes Centrum habe. Um die Linse in diesem Grade der Berührung zu erhalten, legt man auf sie eine verhältnißmäßig schwere Bleiplatte \*) mit einer konischen Oeffnung, deren unterer und kleinster Durchmesser beinahe so groß ist, als der Durchmesser der Linse. Bringt man darauf den dritten Schatten des Federmessers auf den Hauptkranz, der nach dem Lichte zu liegt, wodurch die Farben desselben und des ersten Nebenkranzes sehr deutlich werden, und führt dann jenen Schatten auf diesen ersten Nebenkranz, so wird, wenn er ihn bedeckt, der zweite Schatten auf den ersten Nebenkranz fallen, und zugleich werden sich die Farben der Mittelflecke und aller Ringe beider Kränze plötzlich von schwarz in weiß, und von weiß in schwarz verwandeln, und die Ringe diesem gemäß auch ihre Größe vertauschen.

Nimmt man das Bleigewicht von der Linse ab, so verändert sich die Farbe des Centrum aus schwarz in irgend eine andere; bei einem Versuche erschien das Centrum des Hauptkranzes orange-farben, des Nebenkranzes grün, und als ich mit

\*) Es ist bequemer, sich des in meinen Zusätzen beschriebenen Werkzeugs zu bedienen. W.

dem Schatten des Federmessers wie hier verfuhr, vertauschten beide Centra plötzlich ihre Farben. Durch einen andern Druck erhielt ich einen Hauptkranz mit Blau und einen Nebenkranz mit Gelb in der Mitte; auch diese vertauschten ihre Farben bei ähnlichem Verfahren, und alle Ringe der beiden Kränze hatten an jener Farben- und Gröſsen-Veränderung der Ringe Antheil. Auf diese Weise verändert sich auch die Farbe dreier von einander abhängiger Kränze; ist das Centrum des Hauptkranzes schwarz, folglich das der beiden Nebenkranze weiß, und führt man den untersten Schatten des Federmessers über den zweiten Nebenkranz, so verwandeln sich im Augenblick, wenn er ihn bedeckt, der erste in Weiß und die beiden letztern in Schwarz. Eine vollständige Erklärung dieser Erscheinung, welche bei dem ersten Anblick etwas Magisches hat, findet man in den folgenden Artikeln.

*XVI. Gang der Lichtstrahlen, durch welche man verschiedene Kränze zugleich sieht.*

Man sieht in Fig. 1 und 2 die Durchschnitte einer planconvexen Linse, dreier Plangläser und eines untergelegten Metallspiegels. Stellt in Fig. 1 die Linie 1, 2, 3 Lichtstrahlen vor, welche durch die obere und die untere Fläche der planconvexen Linse hindurchgehn, und auf den Punct 3 fallen, wo die convexe Fläche das oberste Planglas berührt, so sind sie es, welche hier farbige Ringe bilden.

Diese bekömmet man nicht nur durch zurückgeworfnes, sondern auch durch durchgelassenes Licht und daher mehrmals zu sehn. Die obere Fläche des ersten Planglases wirft nämlich einen Theil der Strahlen, welche die Ringe bilden, in der Richtung von 3 nach 4 in das Auge zurück, einen andern Theil aber läßt sie durch sich hindurch von 3 nach 5, und dieser wird in 5 wieder zum Theil zurückgeworfen von 5 nach 6, zum Theil durchgelassen von 6 nach 7. Er zeigt daher in 6 den zweiten Kranz farbiger Ringe; der durchgelassene Theil desselben aber stellt durch ähnliche fernere Modificationen des durchgelassnen Lichtes den dritten und den vierten Kranz in 8 und 10 dar.

Man sieht, daß sich hierbei die Ausdrücke: *Kränze durch zurückgeworfnes und durch durchgelassenes Licht* bloß auf den Lauf der Strahlen unmittelbar nach der Bildung der Ringe in dem Berührungspuncte beziehen.

Wie bei der oben unter II beschriebenen vortheilhaftesten Art, die farbigen Ringe mittelst hindurchgelassnen Lichtes zu sehn, (wenn nämlich das Licht von einem Spiegel aufwärts geworfen wird,) der Gang der Strahlen ist, zeigt Fig. 2. Es sey 6, 7 ein Lichtstrahl, der durch alle Plangläser hindurchgelassen, auf den Punct 7 falle, wo die obere Fläche des obersten Planglases die convexe Fläche der Linse berühre, und wo daher die farbigen Ringe entstehn. In diesem Falle zeigt das durchgelassene Licht 7, 8 den Hauptkranz in 8, dagegen das in

der Richtung von 7 nach 9 zurückgeworfene und in 9, 11, 13 zum Theil wieder aufwärts nach dem Auge zu reflectirte Licht den ersten, zweiten und dritten Nebenkranz in 10, 12, 14.

Es wird nun nöthig seyn, in der Erfahrung nachzuweisen, daß dieses wirklich der Weg sey, welchen die Lichtstrahlen nehmen, und daß alle Kränze von Ringen auf die angegebne Art, vermittelst des zurückgeworfenen und des durchstrahlenden Lichts, wahrgenommen werden. Dabei ist aber diese Erfahrung als *allgemeiner Erklärungsgrund* anzusehen, „daß, wenn bei irgend einem Druck „in der Mitte eines Kranzes farbiger concentrischer „Ringe ein Kreis hervorgebracht wird, welcher vermittelst des *reflectirten* Lichts *schwarz* erscheint, „derselbe Kreis bei unverändertem Druck, vermittelst des *durchstrahlenden* Lichts, *weiß* gesehen „wird;“ wie dieses durch die Versuche dargethan ist. Uebrigens gilt das, was hier von der schwarzen und weißen Farbe der Ringe gesagt worden ist, auch von andern Farben der Ringe und Centra, die gegen einander wechseln.

XVII. *Warum zwei von einander abhängige Kränze von Ringen entgegengesetzte Farben haben.*

Daß zwei Kränze von Ringen, die man zugleich sieht, bei der Annäherung eines Federmessers ihre Farben wechseln (XIV und XV), ist ein natürlicher Erfolg von dem eben angegebenen Gange der Lichtstrahlen. Denn war in dem Fall, als eine

16zöllige biconvexe Linse, auf einem ebenen Glas-  
 Spiegel liegend, zwei Kränze von Ringen mit  
 verschiedenfarbigen Mittelflecken zeigte (XVI),  
 der Gang der Strahlen, wie in Fig. 3, so mußte  
 der Hauptkranz durch zurückgestrahltes Licht 2, 3  
 und der Nebenkranz durch hindurchgelassnes Licht  
 2, 4 (welches von 4 in das Auge nach 4, 5 zurück-  
 gestrahlt wird), der Mittelfleck jenes also *schwarz*,  
 dieses *weiß* (nach XVI) gelehrt werden. War da-  
 gegen der Gang der Strahlen wie in Fig. 4, so stellte  
 den Hauptkranz hindurchgelassnes Licht 2, 3, 4  
 (das vor der Durchlassung in 3 in 2 zurückgeworfen  
 wurde), den Nebenkranz aber zurückgeworfenes  
 Licht 2, 3, 5, 6 dar, mußte also der Mittelfleck je-  
 nes *weiß*, dieses *schwarz* erscheinen. Und hier-  
 durch ist also die entgegengesetzte Farbe des Haupt-  
 kranzes und der Nebenkranze erklärt. Man muß  
 auf diesen zweifachen Gang der Lichtstrahlen wohl  
 aufmerken, wenn man sich bei der Beurtheilung der  
 Farben der Centra zweier Kränze vor Irrthümern  
 verwahren will, da man bei gewissen Lagen des ein-  
 fallenden Lichtes oder des Auges, durch Strahlen,  
 die den einen und die den andern Gang nehmen,  
 Kränze gewahr werden kann \*).

\*) Bei dieser Erklärung fehlt der *entferntere* Grund der Er-  
 scheinung, warum nämlich das Centrum des Hauptkranzes  
 dem Auge in Fig. 3 *schwarz*, in Fig. 4 aber *weiß* erschei-  
 nen *müsse*. Nimmt man (mit Newton) an, die Berüh-  
 rung der Gläser in den Punkten 2 Fig. 3 und 3 Fig. 4  
 könne so innig werden, daß kein Zwischenraum, also kein  
 dünneres Zwischenmittel übrig bleibt, so wird in ihnen

XVIII. *Ursache der plötzlichen Veränderung der Farben.*

Aus dem Vorhergehenden läßt sich leicht begreifen, wie die Farben der Centrankreise durch die Dazwischenkunft eines Federmessers plötzlich verändert werden können. Denn wenn der zweite Schatten desselben auf den Hauptkranz fällt, so fängt das Federmesser die Strahlen, deren Gang Fig. 3 darstellt, auf, und man sieht nun die farbigen Ringe vermittelt der Strahlen 1, 2, 3, 4 und 1, 2, 3, 5, 6

ein Continuum der Körper Statt finden, und hier so wenig, als an einer andern Stelle der ununterbrochenen Glasmasse, *Zurückstrahlung* möglich seyn. Daher kann in Fig. 3 von der Mitte des Hauptkranzes kein Licht nach 2, 3 *zurückgeworfen* werden, und diese Mitte muß dem Auge als *nicht erleuchtet*, d. i. *schattig* oder *schwarz* im Vergleich mit den sie zunächst umgebenden Stellen, vorkommen. Könnte sich der Beobachter unter diesen Umständen in den Punct 4 versetzen, so müßte ihm der volle oder *unzerlegte* Lichtstrahl ins Auge fallen, und er würde an derselben Stelle 2 einen *weißen* Kreis gewahr werden. Gerade so muß ihn eine *zurückwerfende Spiegel-Fläche* auffangen, und sie muß folglich von 4 nach 5 ein *weißes* Bild schicken. Geht aber der Lichtstrahl, wie in Fig. 4, von 1 nach 2 und wird in 2 nach 2, 3 *zurückgeworfen*, so geht so viel von demselben, als das Continuum der beiden Gläser in 3 trifft, *ohne* Reflexion nach 4 hindurch, und es kann jetzt *erstens* kein anderes als *weißes* Licht in 4 ankommen, also nur ein *weißer* Centrankreis erscheinen; und *zweitens* eben darum von 3 kein Licht nach 5 *zurückgeworfen* werden, weil *alle* Strahlenbündel nach 4 durchgehen, und muß also die Stelle 5, oder das Centrum des Spiegelbildes oder Nebenkranzes, nun in 6 als nicht erleuchtet, d. i. *schwarz* erscheinen. Ohne Zweifel wird es jedem Sachkundigen leicht seyn, sich nach der Analogie auch die Entgegensetzung anderer farbigen Ringe, die von einander abhängig sind, genügend zu erklären. *W.*

in Fig. 4. Fällt dagegen der dritte Schatten auf den Hauptkranz, so fängt das Federmesser die in Fig. 4 vorgestellten Strahlen auf, und man sieht die beiden Kränze durch die Strahlen 1, 2, 3 und 1, 2, 4, 5 in Fig. 3. Nimmt man das Federmesser ganz fort, so fallen auf den Berührungspunct sowohl Strahlen, die den einen, als solche, die den andern Gang haben; das directe Licht, welches Fig. 3 darstellt, ist aber das stärkere und bleibt vorherrschend.

Hieraus erklären sich alle oben (XV) beobachtete Erscheinungen vollständig. Die Strahlen in Fig. 3 geben schwarze und weisse, und die in Fig. 4 weisse und schwarze Mittelflecke des Haupt- und des Nebenkranzes; beide zugleich zeigen den Hauptkranz nicht so deutlich, als wenn, beim Decken desselben mit dem dritten Schatten des Federmessers, die Strahlen Fig. 4 aufgefangen werden; und der Nebenkranz wird kaum eher sichtbar, als bis der zweite Schatten des Federmessers entweder die Strahlen der Fig. 3 oder der Fig. 4 bedeckt.

Bei einiger Uebung und gehöriger Kenntniß des Gangs der Strahlen kann man die Farben der Kränze so allmählig verändern, daß die Mittelflecke halb weiss und halb schwarz, oder halb grün und halb orange, oder halb blau und halb gelb erscheinen. Auch die Ringe der beiden Kränze verändern sich dann eben so allmählig. Alfo bestätigt auch alles dieses das, was in XVI vom Gange der Strahlen gesagt worden ist.

XIX. *Optische Stellen der verschiedenen Kränze.*

Dem angegebenen Gange der Strahlen zufolge, muß die optische Stelle des Hauptkranzes, wenn man eine convexe Glaslinse und einen Glaspiegel braucht, da seyn, wo beide Glasflächen einander berühren, des Nebenkranzes Stelle aber auf der Metallbelegung der Hinterfläche des Spiegels. Um sich zu überzeugen, daß diesem wirklich so sey, darf man nur ein Planglas, worauf eine biconvexe Glaslinse liegt, auf einen Metallspiegel wie in V, 4 so legen, daß es an dem nach dem Lichte zu liegenden Ende auf einem kleinen Hölzchen ruht, wie in Fig. 5, wo zugleich beide Arten des Ganges der Strahlen angegeben sind. Schiebt man einen mit schwarzer Tufche überzogenen Streif eines Kartenblatts zwischen dem Glase und dem Spiegel auf die Stelle 7, so bleiben der schwarze Kreis in der Mitte und der Hauptkranz nicht nur sichtbar, sondern werden noch deutlicher, auch noch dunkler \*). Und wenn man den Kartenstreif so weit hineinschiebt, daß er zugleich die Stellen 4 und 7 bedeckt, so verschwindet der Nebenkranz gänzlich; welches hinlänglich beweiset, daß er durch Zurückstrahlung auf der Spiegelfläche in 7 und 4 gebildet wird \*\*).

\*) Weil das weiße Licht des Strahles 6, 7, 2 sich dann nicht bei 2 einmischen kann. *W.*

\*\*) Will man 3 oder 4 Kränze deutlich sehn, so gelingt das nicht anders, als wenn man das Ocular verschieden adjustirt; ein Beweis, daß diese Kränze nicht bloß scheinen einer tiefer als der andere zu liegen. *H.*

XX. *Grund der Abhängigkeit der verschiedenen Kränze von einander.*

Es ist nun leicht zu erklären, wie verschiedene Kränze farbiger Ringe von einander abhängen, und warum ich sie *Hauptkränze* und *Nebenkränze* genannt habe. Der *Hauptkranz* wird stets um den Berührungspunct einer convexen Glasfläche mit einer ebenen oder anders gekrümmten polirten Fläche gebildet. Von den Strahlen, die ihn hervorgebracht haben, werden weiterhin einige durchgelassen, andere zurückgeworfen, und dadurch so modificirt, daß sie Bilder des Hauptkranzes mit entgegengesetzten Farben zeigen, wenn sie in das Auge kommen; und dieses sind die *Nebenkränze*.

Unter mehreren Beweisen hierfür, führe ich nur einige an. Stellt eine auf einem Glaspiegel liegende convexe Linse zwei Kränze dar, so bleibt der Mittelpunkt des Nebenkranzes immer in der Ebene, welche durch den einfallenden und den zurückgeworfenen Strahl und den Mittelpunkt des Hauptkranzes geht. Verändert man durch Hin- und Herwiegen den Berührungspunct, so folgen die Nebenkränze dem Hauptkranze, und laufen um ihn umher, wenn man die Glaslinse, ohne den Berührungspunct zu verändern, in die Runde dreht. Ist der Hauptkranz unvollständig \*), so ist derselbe Mangel in allen Nebenkränzen sichtbar, und wenn die Strahlen, die den Hauptkranz bilden, aufgefan-

\*) Fehlt ihm z. B. an einer Stelle ein Bogenstück, eine Kreisrundung, die Lebhaftigkeit der Farben u. dgl. W.

gen werden, so verschwinden auf einmal alle Nebenkränze. Nicht minder verändern sich die Farben aller Nebenkränze zugleich, sobald die Farben des Hauptkranzes eine Veränderung erleiden, und nehmen immer die entgegengesetzten Farben mit demselben an. Endlich verändert sich auch die Lage der Nebenkränze, wenn der Einfallswinkel des Lichts anders wird; die Kränze entfernen sich immer mehr von einander, je schiefer der Strahl einfällt; und man kann sie alle von dem Hauptkranze fast bedecken lassen, wenn das Auge beinahe in die Axe desselben gebracht wird, und also die Strahlen fast senkrecht auf die Glasebene fallen.

XXI. *Wie entstehen mehrere Nebenkränze mit einerlei Farbe des Centrums?*

Es ereignet sich manchmal, daß die Farbe der Mittelringe nicht diejenige ist, welche sie seyn sollte; denn oft haben zwei, drei und vier gleichzeitig sichtbare Kränze ein weißes Centrum. Dieses läßt sich nunmehr leicht erklären. Bedient man sich z. B. der Vorrichtung in Fig. 5, bei einem nicht sonderlich starken und nicht sehr schräge einfallenden Tageslichte, so übertrifft die Zurückstrahlung von dem Spiegel die von der Glasplatte, und es wird daher der Hauptkranz vermittelt, der Lichtstrahlen 6, 7, 2, 3 gesehen, die bei 7 auf den Spiegel fallen und in der Stelle der Berührung 2 hindurch gehn; weshalb das Centrum weiß erscheinen muß. (Vergl. XVII.) Inzwischen gehn auch die

Strahlen 1, 2, 4 durch den Berührungspunct, und bilden in 4 ein weißes Centrum, welches durch die zurückgeworfenen Strahlen 4, 5 sichtbar wird. Folglich wird der Beobachter zwei weiße Centralkreise zugleich in 7 und in 4 gewahr, die aber von einander ganz unabhängig sind, und wo der in 4 erscheinende Nebenkranz von einem jetzt unsichtbaren Hauptkranze in 2 herrührt. Um sich hiervon zu überzeugen, schiebe man den oben erwähnten schwarzen Kartenstreif über den Punct 7; das stärkere Licht wird dann nicht mehr in der Richtung 7, 5 zurückgeworfen, und überstrahlt nicht länger das schwächere in der Richtung 1, 2, 3 zurückgeworfne Licht, daher dann sogleich der wahre, zum Nebenkranze mit weißem Centro in 4 gehörige, und bisher unbemerkte Hauptkranz mit schwarzem Centro in 2, erscheint. Zieht man den Kartenstreif zurück, so tritt in dem Mittelpuncte des Hauptkreises die entgegengesetzte Farbe wieder hervor; aber der Nebenkranz, welcher von dem Strahle 6, 7 nicht abhängig ist, wechselt seine Farbe nicht. Durch dieses Mittel kann man sich eben so überzeugen, daß, wenn zwei Kränze mit orangefarbenen Mittelflecken erscheinen, der zu dem einen gehörende wahre Hauptkranz ein grünes Centrum hat. — Eine andere Art, die Täuschung zu zerstreuen, ist, daß man den Apparat in ein glänzendes Licht stellt, und dieses schief auffallen läßt; es wird dann hinlänglich viel Licht

von der Vorderseite des Glases zurückgeworfen, daß der Mittelpunkt des Hauptkranzes schwarz erscheint.

XXII. *Wirkende Oberflächen bei den Kränzen durch Zurückstrahlung.*

Es kommt nun darauf an, die Natur der Modificationen zu entdecken, welche die Lichtstrahlen entweder an einigen der Oberflächen, durch die sie hindurchgehn, oder von denen sie zurückgeworfen werden, erleiden, wenn sie die Erscheinung der Hauptkränze und Nebenkränze geben. Ich will mit dem Einfachsten anfangen, und zuerst durch Versuche die Lage der bei den Kränzen durch Zurückstrahlung wirkenden Oberflächen nachweisen.

Ich legte auf ein Stück Glas, dessen untere Oberfläche matt geschliffen war, ein Objectivglas von 21 Fuß Brennweite, und sah eben sowohl einen vollkommenen Kranz von Ringen, als wenn ich das letztere Glas auf einen ebenen Metallspiegel legte. Hieraus folgt, daß die untere Oberfläche des Glases nicht erforderlich ist, um die Ringe zu reflectiren. Ist das Planglas, auf welches das Objectivglas liegt, auf beiden Seiten matt geschliffen, oder liegt das Objectiv auf ein unpolirtes Metall, so sieht man keine Ringe. Folglich ist es weder die obere noch die untere Oberfläche des aufliegenden Objectivglases, von welcher die Ringe reflectirt werden; denn könnten sie ohne die modificirende Reflexion der obern Oberfläche des untergelegten Glases oder Metalls zum Vorschein

kommen: so würden sie auch gesehen werden müssen, wenn man das Objectivglas auf eine rauhe Oberfläche legte \*). Darum ist nun die reflectirend wirkende Oberfläche, vermittelt welcher die Ringe des Hauptkranzes sichtbar werden, die unmittelbar *unter* dem Berührungspuncte der Linse und des Planglases liegende. Was aber die Nebenkranze durch Reflexion betrifft, so hängen diese von der Modification ab, welche der Lichtstrahl 1, 2, 3, 5, 6 in Fig. 4, im Berührungspuncte 3 erleidet, und es ist die untere Oberfläche der aufliegenden *Linse*, welche sie reflectirt. Es ist sonach erwiesen, daß in jedem Fall, wo man concentrische Ringe durch Zurückwerfung sieht, die eine der beiden sich berührenden Oberflächen, durch eine gewisse Modification der Zurückwerfung um den Berührungspunct, zu der Erscheinung beiträgt.

XXIII. *Wirkende Oberflächen bei den Kränzen durch durchfallendes Licht.*

Man sollte glauben, daß bei einem Kranze, den man mittelst durchgehender Lichtstrahlen sieht, die Lichtstrahlen durch alle vier Oberflächen der aufeinander gelegten Gläser gehen müßten; es läßt

\*) Hier finden einige Ausnahmen Statt. Legt man z. B. ein gleichseitiges gläsernes Prisma auf die eben geschliffene, aber matte Grundfläche eines Cylinders von weißem cararischen Marmor, so zeigen sich ziemlich große concentrische, jedoch nicht kreisrunde, sondern überall gleichmäßig ausgeschweifte Ringe, mit deutlichen, obwohl wenig lebhaften Regenbogen-Farben. *W.*

sich aber zeigen, daß es nicht nothwendig ist. Geht z. B. das Licht durch die obere Fläche des Planglases hindurch, und wird von der untern so zurückgeworfen, daß es durch den Berührungspunct hindurchgeht und so zum Auge gelangt, so sieht man die Ringe, obgleich diese Strahlen nur durch 3 Flächen hindurchgegangen sind. Um dieses zu zeigen, lege ich auf eine kleine inwendig geschwärzte Schachtel eine schwarze Pappe, in welche ich ein Loch von  $\frac{1}{2}$  Zoll Durchmesser geschnitten habe, und über diese Oeffnung ein Planglas und eine Glaslinse von 56 Zoll Brennweite. Sehe ich in diesen Apparat bei sehr schief auffallendem Lichte, so erblicke ich einen Hauptkranz, und halte ich dann von dem Berührungspuncte alles unmittelbar auffallende Licht ab, so erscheint der Kranz mit veränderter Farbe des Mittelflecks, wird also in diesem Fall durch Licht gebildet, welches die untere Fläche des Planglases nach dem Berührungspuncte zurückwirft.

XXIV. *Verrichtung der ersten Oberfläche (der biconvexen Linse).*

Wir haben oben gesehen, daß eine convexe Glaslinse, welche auf einem Planglase liegt, zwei verschiedene Kränze concentrischer Farbenringe zugleich darstellen kann. Welchen Antheil haben in diesem Fall die vier Oberflächen der Gläser an der Bildung? Um diese Frage in Hinsicht der ersten Oberfläche, von oben gerechnet, zu beantworten, habe ich folgende Versuche gemacht.

1. Eine biconvexe Linse, mit einer durch Schmirgel gemachten starken Schramme auf ihrer Oberfläche, wurde auf einen Metallspiegel gelegt. Die Ringe erhielten dadurch einen quer durchgehenden schwarzen Streif, der noch auffallender wurde, wenn die Ebene der Schramme mit der Einfallsebene der Strahlen zusammenfiel, weil nun die von oben her einfallenden Lichtstrahlen durch die matt geschliffene Stelle zurückgehalten wurden. Doch erschienen die Ringe in keiner Lage verzerrt.

2. Eine Linse, die auf einer Seite eine sehr gute Politur hatte, auf der andern aber etwas matt gemacht war, wurde mit jener Oberfläche auf den Metallspiegel gelegt, so daß die rauhe Oberfläche aufwärts gekehrt war; die Ringe erschienen ohne Entstellung.

3. Ein Planglas wurde an dem einen Rande so abgesplittert, daß es mit einer wellenförmigen und streifigen Bruchfläche in eine sehr scharfe Kante ausging, und mit diesem Ende, die Bruchfläche nach oben gekehrt, auf einen convexen Metallspiegel von 2 Zoll Brennweite gelegt, wie in Fig. 6. Die Gestalt der um 2 sichtbaren Ringe war so wenig verändert, daß die Unebenheiten der Bruchfläche bloß feine dunkle Striche in denselben hervorbrachten. Nur dann wurden die Ringe verzerrt, wenn die Bruchfläche in eine solche Lage kam, daß der aufsteigende Strahl 2, 3 durch sie gehen mußte. Hieraus geht hervor, daß für den

herabgehenden Strahl keine regelmässige Brechung in der obern Oberfläche nöthig sey.

4. Eine planconvexe Linse, von 2,8 Zoll Brennweite und 1,5 Zoll im Durchmesser, auf einen Planspiegel gelegt, gab einen Kranz von Ringen, der durch das vor- und rückwärts gehende Wiegen der Linse in seiner Gestalt gar nicht verändert wurde; welches doch nothwendig gewesen seyn würde, wenn der Einfallswinkel, und die mit diesem veränderliche Brechung oder Zerstreung der Strahlen, auf die Bildung der Ringe einen bedeutenden Einfluß gehabt hätte.

5. Drei biconvexe 54zollige Linsen neben einander, die erste mit einem aufliegenden Planglase, die zweite mit der ebenen Fläche einer  $\frac{5}{8}$  zolligen planconvexen, die dritte mit der ebenen Fläche einer planconcaven Linse, gleichfalls von  $\frac{5}{8}$  Z. Brennweite, bedeckt, gaben, der verschiedenen Strahlenbrechung ungeachtet, so vollkommen an Farbe und GröÙe übereinstimmende Kränze, daß gar kein Unterschied wahrzunehmen war. Beweise, daß die erste Oberfläche lediglich dient, die einfallenden Strahlen durchzulassen, und daß die Kränze von allen Modificationen durch dieselbe unabhängig sind.

6. Ein Planglas, dessen eine Fläche matt geschliffen, die andere hingegen polirt war, wurde mit dieser letztern auf ein zifussiges Objectivglas gelegt, und gab Ringe, welche durch die matte Fläche zwar etwas blind erschienen, aber doch

übrigens in Absicht auf Farbe und Figur vollständig waren.

7. Die Hälfte einer in ihrer Axe durchgeschnittenen biconvexen Linse von 16 Zoll Brennweite wurde, mit der Schnittfläche gegen das Licht gekehrt, auf ein Stück eines Glaspiegels, wie in Fig. 7, gelegt, und mit einem Wachskügelchen am Rande dergestalt unterstützt, daß der Berührungspunct nach der Schnittfläche hin zu liegen kam. Durch das unter XIX angeführte Verfahren, die Reflexion in 4 durch einen zwischen geschobenen Kartenstreif zu verhindern, und zugleich durch ein Federmesser den Lichtstrahl 1, 2, 3 abzuhalten, blieb nur der Lichtstrahl 6, 7, 3 thätig. Er bildete in 2 einen Kranz, und setzte dadurch die Entbehrlichkeit der obern krummen Fläche der Linse zur Hervorbringung der Ringe außer allen Zweifel. Bringt man unter diesen Umständen das Auge nach 6, indem nun 3, 2, 7 der einfallende Lichtstrahl wird, so zeigt sich, daß jene Oberfläche auch nicht zwischen dem Auge und den Ringkränzen vorhanden zu seyn braucht. Denn man sieht diese sowohl vermittelt der Strahlen 3, 7, 6, als der Strahlen 5, 4, 1.

XXV. *Verrichtung der zweiten Oberfläche (der untern der Linse).*

Einige der vorhergehenden Versuche, durch welche die Verrichtung der ersten Oberfläche ausgemittelt worden ist, werden auch dazu dienen können, die Verrichtung der zweiten oder untern Oberfläche der aufliegenden Linse näher zu bestimmen.

1. Kehrete man die mit der Schramme versehene Linse (XXIV, 1) um, damit die verletzte Oberfläche auf den Spiegel zu liegen kam, so waren die Ringe nicht weiter verändert, als daß ein schwarzer Strich sie durchschnitt.

2. Die auf einer Seite rauh gemachte Linse wurde nun gleichfalls mit dieser verdorbenen Oberfläche auf den Spiegel gelegt. Dies verursachte eine große Unregelmäßigkeit in den Ringen, welche überall, wo Risse waren, gezahnt und unterbrochen erschienen; auch wurden die Ringe selbst sehr entstellt und verändert, wenn ich sie durch Drücken zu innigerer Berührung brachte.

3) Wiefern die Risse auf der rauh gemachten Oberfläche der Linse die farbigen Ringe zerstören, wird sich noch deutlicher durch folgenden Versuch einsehen lassen. Ueber die Mitte einer 22zolligen biconvexen Linse wurde vermittelt eines Demants eine starke Furche gezogen, und diese Furche nachher polirt, um eine unregelmäßige Strahlenbrechung zu verursachen. Ich legte die Linse, mit der polirten Furche nach unten gekehrt, auf ein Planglas, das auf einem Metallspiegel lag, und sah nun zwar zwei Kränze von Ringen, den Hauptkranz aber sehr entstellt, indem die Ringe desselben von einander entfernt, oder aufgeschwellt, und an einer Seite viel breiter als an der andern zu seyn schienen. Genau dieselben Mängel zeigten die Ringe des Nebenkranzes. Der Mittelfleck des Hauptkranzes war schwarz, des Nebenkranzes weiß, und alle

Mängel hatten in diesem Kranze entgegengesetzte Farben als in jenem. So verhielt sich's auch bei dem künstlichen Farbenwechsel, vermittelt der Schatten eines Federmessers.

Nun aber haben wir gesehn, daß man den Nebenkranz, wenn er einen weissen Mittelfleck hat, vermittelt der hindurchgehenden Strahlen 1, 2, 4, 5 in Fig. 8, und wenn er mit schwarzem Mittelfleck erscheint, mittelst der zurückgeworfenen Strahlen 6, 7, 2, 4, 5 wahrnimmt. In beiden Fällen gelangen die Strahlen nicht ins Auge, wenn sie durch den fehlerhaften Theil der Linse hindurchgehn. Ein Versuch, der mehr beweist, als sich voraussehn ließ; daß nämlich die zweite Oberfläche in gehöriger Verbindung mit der dritten ein modificirendes Vermögen besitzt, das nicht blos die Regelmäßigkeit der Ringe unterbrechen, sondern auch zur Bildung derselben beitragen kann. Denn wenn sie den Ringen eine unregelmäßige Gestalt geben kann, indem sie die Strahlen unregelmäßig modificirt hindurch läßt, so folgt, daß, auch wenn die Strahlen regelmäßig modificirt sind, sie die Ursache der regelmäßigen Gestalt der Ringe seyn müsse. Und wenn sie die Strahlen beim Hindurchlassen modificirt, so thut sie das nicht weniger beim Zurückwerfen, wie daraus erhellt, daß, da die Strahlen 6, 7, 2, 4, 5 nicht durch den fehlerhaften Theil der Glaslinse hindurchgehen, sie mittelst ihrer blos durch Zurückstrahlung modificirt werden können. Eine Ansicht, von der ich bei der Erklä-

rung dieser schwierigen Erscheinungen Gebrauch machen werde.

XXVI. *Verrichtung der dritten Oberfläche (der obern des Planglases).*

Wird eine biconvexe Linse auf einen ebenen Metallspiegel gelegt, der eine Schramme auf seiner Oberfläche hat, so sieht man diese Schramme als einen schwarzen Strich durch die Ringe gehen, die sich auf der Spiegelfläche zeigen. Hieraus folgt, daß ein Fehler, wie die mangelhafte Politur, bei dem das Licht nicht auf eine unregelmäßige Art zurückgeworfen wird, die farbigen Ringe nicht entstellt.

Legt man ein zifussiges Objectiv auf ein Planglas mit beschädigter Oberfläche, so erscheinen die Ringe an allen den Stellen entstellt, welche diesem Mangel der aufliegenden Linse entsprechen. Dieses beweiset, daß die Reflexion von einer schadhafte[n] dritten Oberfläche die Ringe unförmlich macht, und daß folglich jede nicht beschädigte dritte Oberfläche im Stande seyn muß, unentstellte Ringe zu bilden, wenn sie nur mit einer schicklichen zweiten Oberfläche verbunden ist.

Wird das fehlerhafte Planglas, mit der Linse darüber, auf einen Metallspiegel gelegt, so erscheint ein Nebenkranz, der genau dieselben Unförmlichkeiten als der Hauptkranz hat. Ein Beweis, daß Mangel an Politur der dritten Oberfläche einen

wesentlichen Einfluß auf die farbigen Ringe hat, sie mögen vermittelt durchstrahlenden oder zurückgeworfenen Lichtes entstehen.

XXVII. *Die Farbe der Oberflächen, welche das Licht zurückwerfen oder durchlassen, ist hierbei ohne Einfluß.*

Sieben biconvexe Linsen, von 54 Zoll Brennweite, wurden auf eben so viele Plangläser gelegt, von denen jedes eine der sieben prismatischen Farben, violett, indigo, blau, grün, gelb, orange und roth hatte. Die reflectirten Ringe waren auf allen diesen Gläsern völlig gleich; wenigstens in sofern, als nach Maßgabe des angewandten Drucks ein schwarzer, weißer, rother, orangefarbener, gelber, grüner oder blauer Centralkreis in jedem besondern Kranze hervorgebracht werden konnte. Bei der ausnehmenden Klarheit der Linsen mußten sich die Farben der durch sie gesehenen Plangläser mit denen der Ringe vermischen; das hatte aber auf die Ursache, welche die Ringe hervorbringt, nicht den mindesten Einfluß. Dagegen erschienen die Kränze vermittelt unmittelbar durchstrahlenden Lichts, welche sich an allen diesen farbigen Gläsern wahrnehmen ließen, (das einzige dunkelrothe ausgenommen, das zu wenig Licht durchließ,) in ihren Centralkreisen mit der eigenthümlichen Farbe der Gläser stark gemischt, und statt rein weiß, bläulich-weiß, grünlich-weiß u. s. w.; die Gestalt der Ringe war vollkommen.

XXVIII. *Verrichtung der vierten Oberfläche* (der untern des Pianglases).

Zwar können mehrere Kränze von Ringen, wie wir gesehen haben, ohne Zuthun der vierten Oberfläche, durch Zurückwerfung von der dritten vollständig gebildet werden; wenn aber der Nebenkranz, oder wenn beide Kränze vermittelt durchstrahlenden Lichtes wahrgenommen werden sollen, ist die Beihülfe dieser Oberfläche nöthig. Bei der directen Durchstrahlung, wo das Licht von unten kömmt, hat die vierte Oberfläche dieselbe Verrichtung, als wenn die Ringe vermittelt der Zurückstrahlung eines Metallspiegels gesehen werden; die erste Oberfläche leistet also keinen andern Dienst, als den Lichtstrahlen den Eingang in das Glas zu gewähren. Ist aber das Licht durch die erste, zweite und dritte Oberfläche herabgekommen, so vertritt die vierte die Stelle eines Reflectors, und schickt es nach dem Berührungspuncte der beiden Gläser zurück; ein Fall, der auf den vorigen hinauskömmt. Wenn aber zwei Kränze von Ringen durch Lichtstrahlen gebildet werden, die entweder geradezu durch den Berührungspunct der Gläser nach der vierten Oberfläche gehen, oder von dort her durch Reflexion an diejenige Stelle gelangen, wo die Ringe des Nebenkranzes gesehen werden: so läßt sich fragen, ob nicht in diesem Fall die vierte Oberfläche Antheil an der Bildung der Kränze habe, oder ob sie die schon vollständig gebildeten bloß nach dem Auge zurückwirft. Die folgenden Versuche werden hierüber Aufschluß geben.

Als ich auf eine mangelhaft polirte Stelle eines Stück Kutschenglases eine 26zollige Linse legte, zeigten sich sehr unförmliche Ringe. Als ich aber die Linse auf ein Planglas mit guter Politur, und dieses auf die schlecht polirte Stelle des Kutschenglases legte, waren die durch Zurückwerfung gesehenen Ringe des Nebenkranzes eben so vollkommen, als die Ringe des Hauptkranzes. Diese Ringe konnten indess von der untern Oberfläche des gut polirten Planglases reflectirt werden; ich legte daher die Linse unmittelbar auf das Kutschenglas, so daß die schlecht polirte Stelle desselben nach unten gekehrt war. Es erschien ein vollkommener Kranz von Ringen; und als zugleich von der fehlerhaften Stelle der untern Glasfläche ein Nebenkranz reflectirt wurde, zeigte sich dieser eben so vollkommen und unverzerrt, als der Hauptkranz.

Eine planconvexe und eine planconcave Linse, jede von 2,9 Zoll Brennweite, wurden so, daß die ebenen Flächen nach oben gekehrt waren, auf einen metallenen Spiegel neben einander gelegt, und jede mit einer biconvexen Linse von 21 Zoll Focallänge bedeckt. Beide Verbindungen gaben gleich große, und ihren Hauptkränzen ganz gleiche Nebenkranze; welches beweiset, daß die Refraction der vierten Oberfläche entweder gar nicht in Betracht kömmt, oder doch nur einen so geringen Einfluß auf die Ringe hat, daß er nicht bemerkbar ist.

Das *Resultat* aus den vorhergehenden Versuchen über die Verrichtung der verschiedenen Oberflächen zweier aufeinander liegenden Gläser ist folgendes:

1) Bloss zwei derselben tragen zur Bildung der concentrischen Ringe wesentlich bei.

2) Diese beiden Oberflächen müssen eine gewisse Regelmässigkeit haben, welche eine centrale Berührung derselben gestattet.

3) Die Lichtstrahlen müssen von der einen oder andern Seite, entweder durch den Berührungspunct selbst, oder durch die ihm nahe liegenden Theile der einen Oberfläche hindurchgehn, um von der andern Oberfläche zurückgeworfen zu werden.

4) In allen diesen Fällen entsteht ein Kranz von Ringen, deren gemeinschaftlicher Mittelpunkt an der Stelle ist, wo die beiden Oberflächen einander berühren.

## 2.

### XXIX. *Vorläufige Bemerkung über die Ursache der Entstehung concentrischer Ringe.*

Die Erscheinung der concentrischen Ringe muß ihren zureichenden Grund offenbar entweder in der eigenthümlichen Beschaffenheit und Bewegung der Lichtstrahlen, oder in der Modification haben, welche die Lichtstrahlen von den beiden wesentlich nöthigen Oberflächen in dem Augenblick erhalten, wenn die Ringe sichtbar werden. Nur auf diesen Gegensatz haben wir unser Augen-

merk zu richten, um die wahre Ursache dieses Phänomens zu bestimmen. Und wenn sich zeigen läßt, daß sich diese Erscheinungen aus der Eigenschaft der Lichtstrahlen, abwechselnd leichter zurückgeworfen und leichter durchgelassen zu werden, nicht erklären läßt, wovon ich sogleich den Beweis führen will; so werden wir versuchen müssen, sie aus den Modificationen zu erklären, welche die Lichtstrahlen, nach Newton's eignen Principien, von den beiden Oberflächen erleiden. Denn wenn die sehr wahrscheinliche Hypothese der abwechselnden Anwandlungen der Lichtstrahlen, welche mit einer Menge von Thatfachen so schön übereinstimmt, die Ringe nicht erklären kann, so möchte es überflüssig seyn zu versuchen, aus irgend einer andern Eigenschaft der Lichtstrahlen die Entstehung der Ringe abzuleiten; und wir werden dann die Ursache derselben bloß unter den modificirenden Einwirkungen zu suchen haben, welche die beiden wesentlichen Oberflächen der Gläser auf das Licht äußern.

XXX. *Die concentrischen Ringe können nicht dadurch gebildet werden, daß das Licht abwechselnd an einigen Stellen der Gläser zurückgeworfen und an andern durchgelassen wird.*

Die einfachste Art, concentrische Ringe zu erhalten, ist die, daß man eine convexe Linse auf einen metallenen Planspiegel legt. Aber hier kann ein Durchstrahlen des Lichts unmöglich Statt finden. Folglich kann auch kein abwechselndes Durchstrahlen und Zurückstrahlen der Lichtstrahlen

die concentrischen Ringe bewirken. Man könnte diesem Einwurf dadurch ausweichen, daß man anstatt des Durchstrahlens ein Abforbiren des Lichtes annähme; dieses müßte dann aber auch in der Hypothese als ein Theil derselben mit aufgenommen werden.

XXXI. *Die abwechselnden Anwandlungen leichtern Zurückgehens und leichtern Durchgehens, sind (finden sie überhaupt Statt) von der ungleichen Dicke dünner Luftschichten ganz unabhängig.*

Um zu untersuchen, ob es mit den von Newton (im zweiten Buch seiner Optik, Th. 1. Beob. 6 bis 15 etc.) gegebenen Erklärungen seine Richtigkeit habe, (daß nämlich die zwischen den Gläsern liegende dünne Luftschicht an nach Maßgabe ihrer Dicke das farbige Licht der einen Art zurückwerfe, indess sie die übrigen farbigen Strahlen durchgehen lasse :) wurde ein gut polirtes Planglas 5,6 Zoll lang und 2,3 Zoll dick, auf einem eben so großen Metallspiegel gelegt. Um beide in einer geringen Entfernung von einander zu erhalten, legte ich zwischen ihnen an dem einen Ende einen schmalen Streif von solchem Papier, als man zwischen den Kupferstichen zu legen pflegt. Das, dessen ich mich bediente, war nur  $\frac{1}{840}$  Zoll dick, denn 128 Blätter auf einander gelegt betrugen kaum  $\frac{1}{3}$  Zoll. Auf das Planglas wurde eine biconvexe Linse von 39 Zoll Brennweite gelegt, und diese Verbindung der Gläser einem gehörigen Lichte ausgesetzt, worauf sich zwei vollständige Kränze von Rin-

gen zeigten. Bei dieser Vorrichtung mußten diejenigen Strahlen, welche den Nebenkranz dem Auge zuführten, durch eine dünne keilförmige Luftschicht gehen; und wenn in diesen Strahlen die Anwandlerungen leichtern Zurückstrahlens und Durchstrahlens oder Abforbirens unausgesetzt abgewechselt hätten, so hätte, nach Newton, dieser Wechsel bei jeder Zunahme der Dicke der Luftschicht um  $\frac{1}{88\frac{1}{2}32}$  Zoll sich äußern müssen. „Dieses ist, nach Newton, „die Dicke der Luftschicht bei dem ersten dunkeln „Ringe, der von senkrecht auffallenden Strahlen gebildet wird, da wo dieser Ring am dunkelsten ist.“ Da nun die Länge der dünnen Luftschicht von der Berührungslinie der Gläser bis an den innern Rand des Papierstreifens 5,2 Zoll, und hier der Abstand der beiden Gläser  $\frac{1}{48}$  Zoll betrug, so muß die Luftschicht zwischen beiden jene Dicke in der Entfernung von  $\frac{1}{27}$  Zoll von der Berührungslinie der Gläser gehabt haben; und da der Durchmesser des Nebenkranzes 0,14 Zoll hielt, so hätten seine Ringe auf der ganzen Länge der keilförmigen Luftschicht mehr als 7 Unterbrechungen der Figur und Wechsel der Farben erleiden müssen. Es zeigte sich aber, wenn die biconvexe Linse von dem einen Ende des Planglases bis zum andern langsam fortgeschoben wurde, auch nicht die mindeste Veränderung, weder in der Figur noch in der Farbe der Ringe dieses Kranzes, von denen besonders der 3., 4. und 5. ausgezeichnet deutlich waren. — Derselbe Versuch wurde mit einem

Planglase anstatt des Metallspiegels wiederholt, damit sich der Wechsel der Anwandlungen leichter Durchstrahlung möge zeigen können, wenn dieser ja Statt finden sollte. Das Resultat blieb aber dasselbe. Die Beständigkeit theils der schönen Farben, theils der Gestalt der Ringe des Nebenkranzes bewies vollkommen, daß die Lichtstrahlen durch die Dicke der Luftschicht, durch welche sie gingen, keineswegs afficirt wurden.

XXXII. *Eben so wenig sind abwechselnde Anwandlungen leichtern Zurückgehns und leichtern Durchgehns farbigen Lichtes bei verschiedenen Dicken dünner Glasplatten wahrzunehmen.*

Ein Kutschenglas mit sehr guter Politur, 17 Zoll lang, 9 Zoll breit, und in seiner Dicke von einem Ende zum andern von  $\frac{3}{20}$  bis  $\frac{1}{20}$  Zoll sehr gleichförmig abnehmend, (das folglich an dem einen Rande um 0,01 Zoll dicker als am entgegengesetzten war), trug eine biconvexe 55 zollige Linse, und war über einen kleinen Metallspiegel gelegt. So wurde es dem Lichte gehörig ausgesetzt, und es zeigten sich die gewöhnlichen beiden Kränze von Ringen. In dem Nebenkranze, auf den ich die Aufmerksamkeit besonders richtete, zählte ich 12 Ringe, und der centrale Raum zwischen ihnen war, nach einer beiläufigen Schätzung, ungefähr  $1\frac{1}{3}$  mal so breit als der Raum, welchen die Ringe auf jeder Seite einnahmen. Wurde der ganze Kranz zu 40 mittlern Ringbreiten geschätzt, so betrug die mitt-

lere Breite jedes Ringes (bekanntlich werden sie vom Centalfleck an immer schmaler) ungefähr  $\frac{1}{308}$  Zoll. Nach Newton's Berechnung hätte sich hier ein Wechsel von Zurückwerfung und Durchstrahlung des heterogenen Lichtes zeigen müssen, so oft die Dicke des Glases sich um  $\frac{1}{137343}$  Zoll änderte, (vergl. Newton's Optik, 4. Aufl. S. 277.;) und eine solche Veränderung der Dicke des Kutschenglases fand mit jedem  $\frac{1}{80}$  Zoll der Länge desselben Statt. Folglich waren auf den ganzen Durchmesser des Kranzes, der ungefähr 0,13 Zoll betrug, mehr als 10 solcher Unterbrechungen oder Brüche zu erwarten. Allein es zeigte sich bei dem langsamen Fortschieben der Glasplatte über den kleinen Spiegel keine Spur von einer Veränderung der Figur und Farbe der Ringe. Vertrat ein Planglas die Stelle des Spiegels, so war das Resultat nicht im mindesten anders, nur daß alsdann wegen der schwächern Zurückwerfung nicht mehr als 6 farbige Ringe im Nebenkranze wahrzunehmen waren.

XXXIII. *Weder dünne oder dicke Luftschichten, noch Glasblättchen, sind zum Hervorbringen farbiger Ringe unumgänglich nöthig.*

Newton erhielt einmal in einem dunkeln Zimmer, als er den einfallenden Sonnenstrahl mit einem gläsernen Hohlspiegel auffing, und auf ein um die doppelte Brennweite entferntes Kartenblatt zurückwarf, 4 oder 5 concentrische regenbogenfarbige Ringe (Optik S. 265.) Auch sie erklärt er aus dem

leichtern Zurückgehn und Hindurchgehn, welches die Lichtstrahlen auf dem Gange quer durch das Glas des Hohlspiegels abwechselnd anwandelt. Schon der Graf von Chaulnes und Brougham haben diesen Versuch wiederholt, ohne doch etwas bestimmteres über den Grund der Erscheinung auszumitteln, als daß beide glauben, die Farbeuringe würden auf der ersten Spiegelfläche gebildet, und von der hintern spiegelnden Fläche auf dies Kartenblatt zurück geworfen.

Folgenden mir eigenen Versuch setze ich hierher, obgleich er erst in den zweiten Theil dieses Auffatzes gehört, da er sich auf Biegung des Lichtes bezieht. Ich stellte in meinem verdunkelten Zimmer einen 7 füßigen ganz vortrefflich polirten Hohlspiegel von Metall, der also nur Eine wirkende Fläche hatte, 14 Fuß hinter einen weißen Schirm, in dessen Mitte ein Loch 0,1 Zoll im Durchmesser angebracht war, und richtete ihn so, daß er den durch dieses Loch fallenden Sonnenstrahl in dasselbe wieder zurückwarf, und also der Schirm völlig frei von Licht blieb. Darauf ließ ich, während ich den Schirm im Auge behielt, von einem Gehülfen mit einer Qualte etwas Haarpuder in den Sonnenstrahl streuen, und sogleich erschien auf dem Schirme der schönste Kranz concentrischer Kreise, in welchem sich alle glänzende Farben des Regenbogens zeigten. Die Größe der Ringe ließ sich sehr verändern, je nachdem die Staubwolke näher oder ferner von dem Spiegel er-

zeugt wurde; je weiter sie von dem Spiegel abstand, desto kleiner wurden die Ringe.

Dieser Versuch ist so einfach, und zeigt die allgemeine Ursache des Entstehens der farbigen Ringe so überzeugend, daß wir mit Vertrauen behaupten dürfen, diese Erscheinung sey ein Erfolg der *Beugung*, welche die Lichtstrahlen von den in der Luft schwebenden Pudertheilchen leiden, nachher modificirt durch die Krümmung der zurückwerfenden Spiegelfläche. Hierbei ist kein Glasblättchen und keine Luftschicht im Spiele, die zwischen zwei andern Oberflächen läge, und von welcher die verschiedenen farbigen Lichtstrahlen ungleichförmig zurückgeworfen oder durchgelassen werden könnten. Auch läßt sich der Luftraum zwischen dem Spiegel und den Pudertheilchen für keine solche wirkende Luftschicht nehmen. Denn die Staubwolke, die sich durch den Sonnenstrahl herabsenkt, verbreitet sich durch einen so großen Raum, daß die einzelnen schwimmenden Staubtheilchen unmöglich eine gleiche Entfernung von der Spiegelfläche haben können.

Ich lasse mich hier auf keine umständlichere Analyse dieses Versuchs ein, denn ich habe ihn allein in der Absicht hergesetzt, um zu zeigen, daß man die Erklärung durch dünne oder dicke Luftschichten oder Glasblättchen, in denen sich die Anwandlungen leichtern Zurückgehns und leichtern Durchgehns der Lichtstrahlen abwechselnd äußern sollen, aufgeben müsse, und daß diese Anwandlungen selbst keine Wirklichkeit haben können.

XXXIV. *Schlussfolgerungen.*

Es ist kaum nöthig zu bemerken, daß die ganze Theorie, welche Sir J. Newton auf die Anwandlungen leichtern Durchgehns und leichtern Zurückgehns, die sich in den Lichtstrahlen nach Verschiedenheit der Dicke der dünnen Blättchen äußern sollen, aus denen er die Theile der Körper in der Natur zusammengesetzt zu seyn glaubt, über die Gröfse dieser Theile und ihrer Zwischenräume gegründet hat, ganz ohne Halt ist. Denn wenn jene Anwandlungen in der Natur nicht existiren, so stürzt der ganze Grund dieser Theorie zusammen, und wir müssen uns nach einer solideren Grundlage zu derselben umsehn. Daß es eine solche giebt, daran ist kein Zweifel, und dem zu Folge, was ich in dieser Abhandlung dargethan habe, müssen wir sie in der modificirenden Kraft suchen, welche die beiden zur Entstehung der Ringe wesentlich nothwendigen Oberflächen auf die Lichtstrahlen ausüben. In dem zweiten Theile \*) dieser Abhandlung sollen daher die verschiedenen Modificationen untersucht werden, welche das Licht von den Körpern oder deren Oberflächen verschiedentlich erleidet, je nachdem der sich ihnen nähernde Lichtstrahl in sie hinein oder dicht bei ihnen vorbeigeht, um, wo möglich, zu entziffern, welche dieser Modificationen die unmittelbare Ursache der farbigen Ringe ist, die sich zwischen Gläsern bilden.

\*) Diesen zweiten Theil in einem der folgenden Hefte.

---