II.

ERKLÄRUNG

der Höfe, oder der farbigen Kreise, welche dicht um die Sonne, den Mond und andere leuchtende Gegenstände erscheinen;

VON

GIBBES WALKER JORDAN, Esq. *)

Wie langsam wir im Ganzen in der Naturkunde fortchreiten, zeigt sich nirgends auffallender, als in der Lehre von den farbigen Kreisen, (*Irides*), welche Sonne und Mond in den Wolken und in den Dünsten der Atmosphäre erzeugen.

Von solchen farbigen Kreisen, (*Irides*), die häufig erscheinen, giebt es vier verschiedene Arten: 1. verschiedenfarbige concentrische Kreise, welche mit der Sonnenscheibe oder der Mondscheibe ringsum in Berührung zu seyn scheinen, oder die eigentlichen Höfe (*coronae*;) 2. die farbigen Kreise von 45° Durchmesser, welche Sonne oder Mond in einem Abstände von 22 $\frac{1}{4}$ ° umgeben; **) 3. und 4. die der

*) Vergl. oben S. 1.

d. H.

**) Ringe um Sonne und Mond. Herr Dr. Brandes sah ein Mal auch einen Bogen eines solchen Farbenringes von 90 bis 96° Durchmesser, dergleichen unsern Verfasser nicht vorgekommen zu seyn scheint. (*Annalen*, XI, 415.)

d. H.

Sonne oder dem Monde gegen über erscheinenden farbigen Kreise von 84° und von ungefähr 100° Durchmesser, welche allgemein unter dem Namen der *Regenbogen* (*Rainboos*) als Hauptbogen und als Nebenbogen bekannt sind. — Hierbei ist von den leuchtenden oder farbigen Horizontalkreisen, (*Almucantarats*), in denen *Nebensonnen* (*Mock-Suns*) stehn, nicht die Rede. Sie scheinen eine außerordentliche Ausdehnung und eine ungewöhnliche Bildung der Dünste zu erfordern, und zeigen sich daher nur sehr selten. Während 15 Jahre, daß ich mich eifrig mit Beobachtung der Erscheinungen in der Atmosphäre beschäftigte, habe ich mich bei jeder Gelegenheit, welche ihnen günstig zu seyn schien, nach ihnen umgesehen, dieses Phänomen aber auch nicht Ein Mal, auch nur theilweise zu sehen bekommen. *) Vielleicht, daß daran die Lage meines Wohnortes Schuld ist, auf einer kleinen Insel, die vom Ufer sich allrählig bis zu einer beträchtlichen Höhe erhebt. Ueber etwas, das ich nicht selbst gesehn habe, wage ich in der Physik keine Vermuthung. Von den übrigen oben erwähnten Arten farbiger Kreise habe ich, mit seltener Ausnahme, täglich einen, oder mehrere, manchemal selbst alle, gesehn.

Die Gründe, aus welchen die Erklärung der *ersten* Art derselben, der *Höfe*, zu schöpfen ist, sind erst in den letztern Jahren entdeckt, und in gegenwärti-

*) Einige Beobachtungen dieser Art in Auff. V und VI.

gem Jahre bekannt gemacht worden, [f. S. 1.] *) — Die farbigen Kreise von 45° Durchmesser haben Descartes, Huyghens, Newton und andere, aus den unvollkommen verstandenen Grundsätzen der Bildung des Haupt- und Nebenregenbogens, einige erklärt, andere bestritten, und man hat dabei die Maschinerie von Eiskrystallen zu Hülfe gerufen, so wenig dergleichen auch in den Regionen der Luft einheimisch seyn können, und so wenig sie bei der Verschiedenheit und Unbestimmtheit ihrer Form zur Erklärung eines so regelmässigen und sich gleich bleibenden Phänomenes taugen. *) Bloß bei der dritten Art jener farbigen Kreise, welche der Sonne oder dem Monde gegen über, mit einem Durchmesser von 84° erscheint, dem *Hauptregenbogen* der Physiker, hat man der Erklärung des Phänomens sich mit einigem Glücke genähert. Doch sind unsre Erklärungen unvollkommen und unvollständig, und die Grundsätze, die in Gebrauch sind, werden selbst jetzt nicht gut und vollkommen verstanden. Man hat das Phänomen nur immer theilweise gesehn und betrachtet, und es ist noch nie, weder genau, noch vollständig, in den gewöhnlichsten, geschweige denn in den seltenern Abänderungen, in denen es sich zeigt, aufgefaßt worden,

*) Einen scharfsinnigen Versuch, die Theorie dieser *Ringe um Sonne und Mond* aus den Grundsätzen des Regenbogens zu erklären, das Beste, was wir über dieses farbige Meteor besitzen, hat uns Herr Dr. Brandes in Eckwarden geliefert, (*Annalen*, XI, 414 f.) d. H.

während man sich bemüht hat, die Berechnungen so einzurichten, daß sie für manches passen sollen, was gar nicht existirt. Es ließe sich wohl eine vollständige Darstellung aller Erscheinungen geben, und die Erklärungsgründe mancher einzelnen Umstände ließen sich genauer darlegen; ehe man jedoch nicht die wahre Natur des Lichts vollständig wird eingesehen haben, wird es unmöglich seyn, eine vollkommene Erklärung aller Theile dieses Phänomens aufzustellen. — Dieselben Bemerkungen gelten von der *vierten Art* farbiger Kreise, der von 100° Durchmesser, oder dem bekannten *Nebenregenbogen*.

1. *Beschreibung der Hüfe.*

Meine Absicht ist, mich hier lediglich auf die farbigen Kreise der ersten Art, welche man gewöhnlich Hüfe (*Coronae*) nennt, einzulassen. Sie zeigen sich als verschiedene concentrische Folgen und Kreise von Farben, (*Orders and Circles of Colours*,) dicht um die Sonne und den Mond, und manchmal selbst um die am besten leuchtenden Planeten und Fixsterne.

Hart an dem leuchtenden Körper und mit demselben in Berührung erscheint ein Kreis von ins Graue spielendem Schwarz, oder gräulichem Blau, oder von schwachem, verwaschenen Weiß; diese Farben verwandeln sich in geringer Entfernung vom leuchtenden Körper in ein Weiß von beträchtlicher Breite und Intensität, und endigen mit schmalen Krei-

fen von Gelb und Roth. Darauf folgen Ringe von Violett, Blau, Grün, Gelb, Roth; ferner Grün, verwaschenes Gelb, Roth; endlich verwaschenes Grün, verwaschenes Roth. — Oft wird durch Vermischung der Farben der ersten und der zweiten Reihe das Roth der ersten mehr carmoisinroth, und die Farben der zweiten Reihe scheinen bloß zu seyn Grün, Gelb und Roth. Nicht selten bestehen die Farben der dritten Reihe bloß aus verwaschenem Grün und Roth. Von der dritten und vierten Reihe zeigt sich manchemal lediglich das äußerste Roth, einzeln stehend und außer Zusammenhang mit den innern Farbenkreisen, indem die andern Farben dieser Reihen dann ganz verwaschen und verschwunden sind.

Von diesen Kreisen und Farbenreihen sieht man mehrentheils nur die beiden ersten Farbenreihen, seltner die dritte, und höchst selten die vierte. Sie zeigen sich Nachts, so oft über dem Monde, wenn er etwas mehr als halb voll ist, ein dünnes, weißes, wolliges Gewölk hinzieht; auch lassen sie sich am Tage, wenn ähnliches Gewölk vor der Sonne vorbeizieht, wahrnehmen, wenn man nur das Sonnenbild durch ein enges Loch in ein verdunkeltes Zimmer fallen läßt und auf weißem Papiere auffängt. Zum mindesten stellt jede Wolke, die vor Sonne oder Mond vorbeizieht, und durch welche diese Himmelskörper noch sichtbar bleiben, die erste Reihe von Farben dar, mit ihrem schwachgelben und rothen Rande. Auch um die glänzendsten

Sterne zeigt sich durch dünnes Gewölk oder bei nebligem Wetter nicht selten die erste dieser Reihen, die sich zuweilen nach außen mit Gelb und Roth endigt, jedoch öfter, ohne diese äußersten zu stark verwaschenen Farben, als ein breiter kreisförmiger Rahmen von dünnem verwaschenen weissen Lichte gesehen wird.

Die Breite dieser Hüfe ist sehr verschieden. Ich habe den Mond, als kein Dunst nahe um ihn bemerkbar war, mit einer einzigen Farbenreihe umgeben gesehen, die nicht über 15' breit war, und zu andern Zeiten zwei Farbenreihen, die zusammen nicht breiter als 30' waren, wahrgenommen. — Am 3ten October 1797, als 2 Farbenreihen den Mond umgaben, mafs ich mit einem sehr guten Sextanten ihre Durchmesser vom äußersten Roth zum äußersten Roth. Drei Messungen gaben folgendes:

Durchmesser d. innern Farbenreihe $1^{\circ}50'$; $2^{\circ}3'$; $2^{\circ}10'$.

Durchmesser d. äufsern Farbenreihe $3^{\circ}20'$; $3^{\circ}20'$.

Eine ähnliche Messung stellte ich unter ganz gleichen Umständen am 25ten October 1797 an, und fand nun den

Durchmesser der innern Farbenreihe $5^{\circ}36'$.

Durchmesser der äufsern Farbenreihe $9^{\circ}28'$; $10^{\circ}16'$.

Größere Genauigkeit läfst sich von Messungen dieser Art nicht erwarten.

Ich habe diese beiden Messungen ausgehoben, weil die Erscheinung am 3ten October vorzüglich deutlich und bestimmt war, und weil die letztere

sich

sich durch die große Breite beider Farbenreihen auszeichnet. Wahrscheinlich fällt innerhalb der Gränzen zwischen ihnen jedes Mal die Breite der ersten und zweiten Farbenreihe, so oft beide recht deutlich und sichtbar um den Mond wahrzunehmen sind. Die erste findet in der Regel in dünnem Gewölke, die letztere in Wolken von beträchtlicher Dicke und Dichtigkeit Statt. Die mächtigern Sonnenstrahlen vermögen unstreitig noch durch dichtere Wolken als die Strahlen des Mondes hindurch zu dringen, und dann noch breitere Farbenreihen darzustellen.

Das allgemeine Resultat aus meinen Beobachtungen und Messungen ist, daß die Breite der *ersten* Farbenreihe in den meisten Fällen etwas über $45'$, oder $1\frac{1}{2}$ Mondsdurchmesser beträgt, daß die *zweite* Farbenreihe nicht so breit, die *dritte* noch schmälere, und die *vierte* am allerschmälsten ist.

2. *Widerlegung der Newton'schen Erklärung der Höfe durch Brechung des Lichts.*

Was die Erklärungen dieses Phänomens betrifft, so sind sogleich alle die zu verwerfen, welche das Licht durch willkürlich gestaltete *Eis-* oder *Hageltheilchen* gehen lassen. Eiskrystalle können eine große Varietät von Formen annehmen, und doch will man durch sie regelmässige, sich immer gleich bleibende Erscheinungen erklären. Ueber dies ist es nicht leicht einzusehen, wie solche Krystalle aus

Wassertropfen entstehen sollten, der einzigen regelmäßigen Form von Concretion, welche bei den Dämpfen der Atmosphäre Statt findet.

Newton erklärt die Hufe aus der abwechselnden Disposition oder Anwandlung zum Durchgange und zur Reflexion, die er den Lichtstrahlen zuschreibt. *) Aber eine solche Disposition oder Anwandlung existirt nicht; die Phänomene, aus welchen Newton sie folgerte, sind besondere Fälle der Beugung. Indem die Lichtstrahlen durch Kügelchen von Wasser, oder von Hagel, oder von Eis gehen, sollen, nach ihm, vermöge dieser ihrer abwechselnden Disposition, die farbigen Hufe gebildet werden; doch Eis- und Hagelkügelchen sind hier billig auszuschließen. Die Grundsätze, nach denen man in den Lehrbüchern den Haupt- und Nebeneugenbogen aus parallelen wirklichen Strahlen erklärt, ließen sich hier auf die parallelen Strahlen, welche durch die Wasserkügelchen längs der Achse und ihr zunächst durchgehen, übertragen. Allein schwerlich kann durch diese Strahlen ein sichtbares Bild hervor gebracht werden, wie denn, genau genommen, überhaupt durch paral-

*) *Fits of easy Transmission and Reflection.* Anwandlungen des leichten Zurückgehens oder des leichteren Durchgehens, dergleichen sich Newton, in jedem Lichtstrahle gleich vom Ausgange aus dem beleuchtenden Körper an dachte, und welche der Strahl vermöge einer periodenweise veränderlichen Beschaffenheit, haben sollte. d. H.

lele Strahlen kein Sehen bewirkt wird, und auch das Erscheinen des Haupt- und Nebenregenbogens nicht so wohl dem Parallelismus der Strahlen, durch die wir ihn sehn, als vielmehr andern Umständen zuzuschreiben sind, die unter den Winkeln, unter welchen wir diese Phänomene sehn, eintreten. Wären indeß auch diese Strahlen stark genug, um nach ihrem Durchgange durch das Wasserkügelchen Sehen zu bewirken, und liesse sich selbst annehmen, daß sie, ungeachtet ihrer geringen Entfernung von der Achse, doch in dem sehr kleinen Kügelchen etwas gebrochen würden; so vermöchten sie immer nicht, die Kreise und Reihen von Farben darzustellen, welche wir in den Höfen sehn. Vermöge der regelmässigen Mischung aller der gebrochenen Strahlen würden wir immer weiter nichts als einen weissen Kreis von Licht rund um den Körper und an demselben sehen, der weiter ab schwächer und schwächer würde, und sich endlich verlöre.— Keine einzige Beobachtung beweist uns aber die Wirklichkeit und Möglichkeit einer Erscheinung dieser Art.

Newton sah sehr wohl ein, daß eine gewöhnliche Bréchung directen Lichtes in den Wasserkügelchen auf keine Art die zu erklärenden Erscheinungen bewirken könne, und daß, um farbige Ringe zum Vorschein zu bringen, es nicht genug sey, wenn weisses Licht in die verschiedenen Farben gefondert wird, sondern daß auch jede dieser Farben in verschiedenen Punkten des Durchganges und unter verschiedenen Abweichungswinkeln in

Portionen gefärbten Lichts vertheilt werden müsse, so daß beträchtliche Intervalle zwischen diesen verschiedenen Portionen von Roth, oder von jeder andern Farbe, bleiben. Solche verschiedene Portionen bilden, (sie mögen sich, je nachdem die Umstände sind, vermischen oder nicht,) farbige Theile der Ringe, (*particoloured Rings and Orders*,) mit dunkeln Zwischenräumen oder ohne dergleichen, ganz auf ähnliche Art, wie in andern Fällen ähnliche Farbenkreise und Reihen entstehen.

Um für diese wesentlich nothwendige Beschaffenheit der Strahlen einen Erklärungsgrund zu finden, vergleicht Newton die Brechung der Lichtstrahlen bei ihrem Durchgange durch ein Wasserkügelchen, mit der Zurückwerfung eines Strahls von dem hintern Theile einer belegten Linse oder eines Glaskügelchens. „So wie das Licht, welches von einer an der hintern Seite belegten Linse zurück geworfen wird, farbige Ringe macht, gerade so,“ sagt er, (*Optics*, p. 288, *Observ.* 13,) „kann es, wenn es durch einen Wassertropfen hindurch geht, Farbenringe bewirken. Bei der ersten Zurückwerfung der Strahlen innerhalb des Tropfens werden einige Farben hindurch gelassen, gerade wie bei der Linse einige nach dem Auge zurück geworfen werden. Gefetzt nun z. B., ein solches Wasserkügelchen habe $\frac{1}{20}$ Zoll im Durchmesser, so wird ein hindurch gelassener rothmachender Strahl, der in der Achse dieses Kügelchens hindurch geht, innerhalb des Kügelchens 250 Dispositionen zu

leichtern Durchgänge haben. Die roth machenden Strahlen zunächst um ihn werden nun 249, die etwas weiter äbftchenden 248, die noch weiter entfernten 247 folche Dispositionen während ihres Durchganges durch das Kügelchen auf einem kürzern Wege haben, u. f. f. Fallen diese concentrischen Kreise von Strahlen nach ihrem Durchgänge durch das Tröpfchen auf ein weißes Papier, so müssen sie daher auf demselben concentrische rothe Ringe darstellen, voraus gesetzt, daß die durch ein einziges Tröpfchen hindurch gehenden Strahlen hinreichen, sichtbar zu werden. Auf dieselbe Art machen die andern farbigen Strahlen Ringe anderer Farben. Man denke sich nun, daß die Sonne an einem schönen Tage durch eine dünne Wolke scheine, die aus lauter *solchen* Wasserkügelchen oder Hagelkügelchen besteht, so wird die Sonne mit ähnlichen concentrischen Farbenringen umgeben erscheinen müssen, und der Durchmesser des ersten rothen Ringes wird $7\frac{1}{4}^{\circ}$, des zweiten $10\frac{1}{4}^{\circ}$, des dritten $12^{\circ} 55'$ betragen. Je nachdem die Kügelchen größer oder kleiner als die angenommenen sind, werden diese Ringe schmaler oder breiter seyn.“

Die Farbenringe, welche sich bei Zurückwerfung des Lichtes von der hintern Seite einer Linse oder Kugel zeigen, entstehen nicht durch das ursprüngliche Licht oder den ursprünglichen Strahl, der dort reflectirt wird, sondern *durch ein schwaches Licht*, das, nach Newton, von dort rings umher zerstreut wird; oder, wie ich vielmehr an-

nehmen möchte, sich von dort gleichmäfsig in grösserer oder geringerer Menge verbreitet, je nachdem es weiter vom Mittelpunkte oder von der Achse desselben ab liegt. Es ist daher zu bezweifeln, ob unter den Umständen unsers Phänomens solchen Lichtes genug da sey, um die Erscheinung zu bewirken. Ferner entstehen die Farbenringe durch Zurückwerfung lediglich, wenn der Strahl sehr dünn ist; dieselbe Bedingung sollte also auch für die Farbenringe durch Brechung gelten. Die Wasserkügelchen sind aber einem Lichtstrahle ausgesetzt, der ausgedehnter als ihre Oberfläche, und mithin viel zu groß ist, um solche Ringe darzustellen, und, wenn er zugleich mit ihnen durch das Tröpfchen ginge, sie überstrahlen und dadurch unsichtbar machen würde. Nun aber ist es gewiss, dass das directe Licht, welches durch die Kügelchen gegangen ist, zu schwach ist, um Sehen zu bewirken; noch viel weniger kann also dieses beigeordnete Licht sichtbar werden. Bewirkte das directe Licht, welches durch die Wassertröpfchen hindurch geht, Sehen, so würde der leuchtende Körper, der vermittelt desselben gesehen wird, erweitert, und in eine beträchtlich große Scheibe weissen Lichtes vergrößert erscheinen, das allmählig schwächer würde, und lediglich dadurch, dass die äußersten Strahlen nicht mehr stark genug sind, um sichtbar zu seyn, begrenzt seyn würde. Aber so etwas ist, wie ich schon angeführt habe, noch nie wahrgenommen worden.

Newton's Raisonnement kann also bloß auf das schwache beigeordnete Licht bezogen werden, das, wie er sich vorstellt, von dem gebrochenen Strahle, der durch das Kügelchen gegangen ist, auf ähnliche Art als bei der Zurückwerfung das Licht, welches die Farbenringe bildet, abgefondert wird. In dem directen Strahle könnte durch abwechselnde Anwandlungen zu leichterem Durchgange und leichter Reflexion weiter nichts bewirkt werden, als daß er sich in einen zurück geworfenen und einen gebrochenen Strahl theilte, aber keine Sonderung verschiedenfarbiger Strahlen, der rothen, gelben, blauen, in concentrische Ringe von gleicher Farbe mit dunkeln Zwischenräumen, oder des weißen Strahls in Ringe und Folgen von verschiedenen Farben. Um mich hiervon durch einen Versuch völlig zu vergewissern, brachte ich kleine, mit Wasser gefüllte Glaskügelchen, so wohl in das directe Sonnenlicht, als in die farbigen Sonnenstrahlen hinter einem Prisma; es zeigte sich keine Spur solcher Ringe. Und doch müßten sie durch die einzelnen Kügelchen bewirkt werden, wenn die vereinte Wirkung aller das Phänomen hervor bringen sollte. — Wozu aber eine Anwendung von Newton's Lehre von den abwechselnden Anwandlungen des Lichtes auf jenes schwache Licht, da dieses doch nie sichtbar werden kann? und es über dies gewiß ist, daß solche Anwandlungen, wie sie Newton annimmt, nicht existiren.

Doch gesetzt auch, es wäre möglich, daß die concentrischen Farbenringe entweder durch das directe Licht, welches durch das Kügelchen durchgeht, oder durch das beigeordnete Licht, welches, wie man annimmt, aus dem directen Lichte zerstreut wird, hervor gebracht werden könnten; so müßten doch immer die auf diese Art um die leuchtenden Körper bewirkten concentrischen Ringe und Folgen von Farben gerade die *entgegen gesetzte Ordnung* haben, wie wir sie in dem Phänomene finden. Von allen aus dem Wassertropfchen ausgehenden Strahlen und den durch sie gebildeten Farbenkreisen müßten die purpurfarbenen und blauen am stärksten, die rothen am wenigsten nach der Achse zu abgelenkt werden, und daher das Blaue in den Ringen, wie das Kügelchen sie bildet, den innern, das Roth den äußern Platz einnehmen. Eine solche Anordnung der Farben müßte aber um die leuchtenden Körper selbst Höfe bilden, in welchen das Roth zu innerst, und das Blau und Violett zu äußerst erschiene. Denn sind *A, B, C*, (Fig. 1, Taf. I,) drei Wassertropfchen, — *SE* die Lage des directen Lichtes, — *Aa, Ac, Ar* die verschiedenfarbigen Strahlen, blau, gelb, roth, wie sie aus dem Wassertropfchen *A* ausfahren, — *Bd, By, Be*, und *Cb, Cf, Cg* ähnlich farbige Strahlen, die durch die Tropfchen *B, C* gegangen sind; so wird das Auge, wenn es sich in *E* befindet, sie vom directen Lichte abwärts in der Folge *r, y, b*, das Roth zu innerst

und das Blau zu äufferst wahrnehmen, dem entgegen gesetzt, was die Beobachtung giebt.

Diese Umkehrung der Farbenfolge findet, wie bekannt, auch bei der Bildung des Regenbogens Statt, und nicht blofs im Hauptbogen, der durch einfache Reflexion des Farbenspectrums der Sonne entsteht, ist die Folge der Farben, wie sie sich im Bogen zeigt, die entgegen gesetzte von der, welche jeder Tropfen *einzel*n darstellt, sondern dasselbe findet auch in allen andern Folgen und Kreisen von Farben Statt, welche manchemal, doch nicht immer, den Hauptbogen begleiten, und von dem sehr schwachen Lichte herrühren, das die Vorderseite der Tropfen zurück wirft, und gerade dieselbe Art von concentrischen Ringen sind, von denen Newton hier spricht. Wie die *einzelnen* Tropfen sie bilden, ist ihr Blau dem reflectirten Spectrum am nächsten, das Roth davon am fernsten, und das Blau der Ringe dem Centro des reflectirten Strahls näher, das Roth ferner davon. Wie wir sie sehn, ist dagegen das Roth dem Hauptbogen zunächst, das Blau und Violett am weitesten von demselben. Dieses Princip der Inversion der durch die einzelnen Tropfen bewirkten Folge von Farben im Regenbogen, welches ausgemacht und allgemein ist, macht es unmöglich, dass Kreise und Folgen von Farben, wie sie die Beobachtungen uns geben, durch irgend eine Brechung im Tropfen dargestellt werden könnten.

Newton fügt zu dem oben angeführten noch Folgendes hinzu: „Dieses ist meine Theorie; ihr entspricht die Erfahrung. Denn im Julius 1672 erblickte ich mit Hülfe eines Wasserregels um die Sonne wirklich drei Hüfe, Kronen, oder Farbenringe, drei kleinen mit ihr concentrischen kugelförmig ähnlich. Die Farben des innersten waren zunächst bei der Sonne blau, zu äusserst roth und zwischen beiden weifs; die Farben des zweiten innerlich purpur und blau, äusserlich schwach roth, in der Mitte grün; die Farben des dritten schwach blau nach innen, schwach roth nach aussen. Diese Hüfe schlossen sich einer unmittelbar um den andern an, so dafs ihre Farben von der Sonne ab nach aussen in folgender stetigen Folge waren: Blau, Weifs, Roth; Purpur, Blau, Grün, schwach Gelb, Roth; schwach Blau, schwach Roth. Der Durchmesser des zweiten Farbenkreises von der Mitte des Gelb und Roth bis eben dahin an der entgegen gesetzten Seite der Sonne gemessen, betrug ungefähr $9\frac{1}{2}^{\circ}$. Den Durchmesser des ersten schätzte ich auf 5 bis 6° , des dritten auf etwa 12° ; tie zu messen, fehlte mir die Zeit. — Aehnliche Hüfe zeigen sich manchmal um den Mond. Im Jahre 1664 sah ich am 19ten Febr. zu Anfang der Nacht den Mond mit 2 Farbenkreisen umgeben, wovon der innere ungefähr 5° , der zweite $5\frac{1}{2}^{\circ}$ im Durchmesser hatte. Zunächst am Monde war ein Kreis weissen Lichtes; daran gränzte unmittelbar der innere Hof, welcher zunächst beim Weifs blaulich-grün,

und nach außen gelb und roth war; und an ihn der zweite Hof, mit Blau und Grün nach innen und Roth nach außen. Zu gleicher Zeit erschien ein farbiger Ring, der den Mond in einem Abstände von $22^{\circ} 35'$ von dessen Mittelpunkte rings umgab. Er war elliptisch, und die große Achse desselben stand auf dem Horizonte senkrecht, etwas vom Monde ab geneigt. Ich habe mir erzählen lassen, daß der Mond manchmal drei oder mehrere solcher concentrischen Farbenkreise dicht um sich her hat. Je vollkommener die Wasser- oder Eiskugeln einander gleich sind, desto mehr farbige Kreise, und von desto lebhaftern Farben werden erscheinen.“

Die Beschreibung des Hofes, den Newton um die Sonne sah, ist genau. Den Hof um den Mond hat er aber nicht mit aller Genauigkeit beobachtet. Der weiße Kreis war nichts anderes als die erste Folge von Farben oder Ringen, welche sich immer um den Mond zeigt, wenn er durch Dünste oder Wolken blickt, und sich mit Gelb und Roth endigt. Erscheint keine andere Farbenfolge, so zeigt sich wenigstens immer diese; und erscheinen noch andere, so ist sie jederzeit die erste. Um die Sterne zeigt sich wohl manchmal bloß ein weißer Kreis; das ist aber nur da der Fall, wo das Licht zu schwach ist, um das schwächere äußere Gelb und Roth darzustellen. Newton hat diese in dem von ihm beobachteten Hofe um den Mond gewiß nur übersehn, wie das leicht möglich war, da ihn die Erscheinung, die er für sehr selten ausgiebt,

neu feyn mochte. Dafs dem fo war, dafür fprechen meine feit Jahren angeftellten Beobachtungen, bei denen ich oft in einer Nacht diefes Phänomen ausnehmend oft, in jeder Wolke, die vor dem Monde vorbei zog, und in allen Varietäten, deren es fähig ift, gefehn habe.

3. *Neue Erklärung der Höfe durch Beugung des Lichts.*

Da es, wie wir gefehn haben, unmöglich ift, dafs diefe Phänomene durch eine Brechung in den Waffertröpfchen entftehn, fo bleibt von den *bisherigen* optifchen Wahrnehmungen keine übrig, in der wir den Erklärungsgrund der Höfe zu finden hoffen dürften, als die Erfahrung, dafs Lichtstrahlen, welche durch ein fehr kleines Loch in ein verfinftertes Zimmer fallen, indem fie vor der Schärfe oder Kante eines Körpers vorbei gehn, *gebeugt*, und in *Folgen von farbigen Säumen* vertheilt werden, die grofse Aehnlichkeit mit den Farbenkreifen der Höfe haben.

Dafs ein Waffertröpfchen, welches in einen folchen Lichtftrahl gebracht wird, diefe Farbensäume fo gut als jeder andere Körper hervor bringen werde, kann keinem Zweifel unterworfen feyn. Allein die Umftände in diefem Veruche, und die, in welchen ein Waffertröpfchen fich in einer Wolke befindet, find nicht diefelben.

Aus den neuen Bemerkungen, welche ich vor kurzem über die Beugung des Lichts bekannt ge-

macht habe, erhellt, daß diese farbigen Säume nur dann erscheinen, wenn der Lichtstrahl, durch die Anziehung, den die Schneiden des sehr kleinen Lochs auf ihn äußern, divergent gemacht ist, und daß die farbigen Säume *nicht in parallelen Strahlen* entstehen können, welche an den Gränzen der Körper lediglich einen breiten Rand von *weißem* inflectirten Lichte bewirken. Ein einzelnes Wassertropfchen vermag daher in den parallelen Strahlen der Sonne keine solchen farbigen Säume hervor zu bringen. Wäre indess dieses auch der Fall, so bliebe es doch wegen der vorhin erläuterten Inversion der Farbenfolge unmöglich, daß durch das Tröpfchen, auf diese Art, farbige Kreise in der Ordnung der Farben, wie wir sie in den Höfen sehn, dargestellt werden könnten. Violett und Blau sind die innern, Gelb und Roth die äußern Farben solcher Farbensäume; folglich müßten umgekehrt die Hölse zu!innerst roth, zu äußerst blau und violett erscheinen, welches gegen die Erfahrung ist.

Der einzig richtige Erklärungsgrund dieser Phänomene findet sich unter meinen *neuen* Bemerkungen über die Beugung des Lichts, und zwar S. 64, [oben S. 13,] in der Bemerkung s über die Bildung farbiger Säume in parallelem Lichte.

Fällt in ein verfinstertes Zimmer Licht durch ein Loch, das so weit ist, daß die Strahlen parallel bleiben, und nähert man in demselben in paralleler Lage und in einerlei Ebene einander die Schneiden zweier Körper, [*A, B, Fig. 2,*] so theilt sich

endlich das zwischen diesen hindurch gehende Licht und bildet an jeder der beiden Schneiden eine vollständige Folge farbiger Lichtsäume, welche in der Linie in der Mitte zwischen beiden Schneiden [*C*] anfangen, und deren Farben *von dieser Linie* ab, nach den Schneiden, [von *C* nach *A*, und von *C* nach *B*,] zu, gerade in derselben Ordnung sind, wie in den farbigen Säumen, die an einer Schneide entstehen, wenn man von der Schneide ausgeht. Rechnet man dagegen auch hier von den Schneiden aus, [von *A* nach *C* und von *B* nach *C*,] so haben die Farben in diesen Säumen gerade die entgegengesetzte Ordnung, als in den Farbensäumen, welche die Schneide eines einzigen Körpers in dem Lichte eines durch ein sehr kleines Loch einfallenden Strahls hervor bringt.

Die Folge der Farben in diesen Lichtsäumen, von der Mitte des Lichts zwischen beiden Schneiden, [von *C* nach *A* und von *C* nach *B*,] zu, gerechnet, ist folgende: Bläulich-Grün, Weiß, Gelb, Roth; Purpur, Blau, Blafsgrün, Gelb, Roth; Grün, Blafsgeib, Roth; Blafsgrün, Roth; Weiß, Blafsroth; Weiß. Diese Farbenreihen lassen sich zu jeder Zeit im Sonnenlichte zwischen den parallelen Schneiden zweier Körper hervor bringen, wenn diese in die dazu günstigen Umstände versetzt werden, und man das Tageslicht und den Rest der Sonnenstrahlen abhält, welche jenes schwache farbige Licht unsichtbar machen.

Das Licht wird hierbei von dem Körper, bei welchem es zunächst vorbei geht, gebeugt, und der entferntere Körper bewirkt darin die Farben. Da nun das Licht desto stärker gebeugt wird, je näher es bei dem beugenden Körper vorbei geht, so muß das Blau, das der Linie in der Mitte zwischen beiden Schneiden $[C]$ zunächst liegt, weniger nach dem beugenden Körper zu abgelenkt werden, als das Roth, das weiter von der Mitte C ab liegt und näher vor der Schneide vorbei geht. Kommt nun hierzu noch die vorhin erläuterte Inversion der Farbenordnung in dem Farbenbogen, (*Iris*) vermöge der die Farben, welche von der Mitte zwischen zwei Tropfen nach den Tropfen zu gehen, in der Erscheinung umgekehrt werden, als folgten sie sich so von innen nach außen; so haben wir alle Gründe, um die Höfe, wie sie sich in der Natur zeigen, mit dem Blau nach innen und dem Roth nach außen, genugthuend zu erklären.

Es mögen $A, B, C, D, E, F, G, H, I$ (Fig. 3,) kleine Tropfen oder Wasserkügelchen seyn, die einander so nahe sind, daß sie das Licht, welches zwischen ihnen hindurch geht, beugen, und zu beiden Seiten, von der Mitte ihres Zwischenraums ab, in Farbenfäume von der eben erwähnten Folge vertheilen. Die Farbenreihe von der Mitte des Zwischenraums zwischen B und C ab, nach B zu, bestehe aus den Strahlen $vb, vi, vh; vg, vf, ve; vd, vc, va$. Von diesen wird der erste Strahl, der dem directen Strahle, (welcher das Sonnenbild

selbst zeigt,) zunächst liegt, ins Auge des Beobachters bei *E* kommen. Dieser erste Strahl ist der am wenigsten gebeugte, und muß daher der blaue oder purpurfarbene *vb*, zunächst bei der Mitte des Zwischenraums der beiden Tropfen seyn, welcher Zwischenraum sich, da er sehr klein ist und weit vom Auge ab liegt, als ein Punkt betrachten läßt. Von allen übrigen Strahlen *vi*, *vh*, - - oder *vg*, *vf* - - aus der zweiten, oder *vd*, *vc*, *va* aus der dritten Folge von Farben kömmt keiner mehr in das Auge bei *E*, und eben so wenig einer der Strahlen, welche an der andern Seite des Punkts in der Mitte, nach *C* zu, liegen. Gerade so wird von den Strahlen, welche zwischen den beiden Tropfen *C* und *D* die farbigen Säume bilden, wieder nur eine einzige Art Strahlen *zy* ins Auge bei *E* gelangen, und zwar die, welche zunächst stärker gebeugt ist, das ist, die gelbe. Eben so werden von den Strahlen zwischen *D* und *F* nur die rothen ins Auge bei *E* kommen. Diese Strahlen zusammen genommen werden eine Reihe leuchtender Punkte von verschiedenen Farben, Blau, Gelb, Roth, darstellen, und dergleichen müssen aus denselben Gründen rings umher um den leuchtenden Körper erscheinen; und so entsteht also der erste farbige Ring der Höfe, zunächst um Sonne und Mond. — Die andern farbigen Ringe werden völlig auf dieselbe Art durch die stärker gebeugten Strahlen, welche näher bei den Tropfen vorbei gehn, vermittelt weiter ab liegender Tropfen bewirkt, und so tragen

gen alle Tropfen rund umher, so weit es die Gränzen des Lichts und andere bedingende Umstände erlauben, zur Bildung des Phänomens mit bei.

Die Menge von Licht, welche auf diese Art zur Bildung der farbigen Höfe mitwirkt, ist beträchtlich viel größer, als sie es beim Durchgange der Strahlen durch die Kügelchen, welcher immer mit zwei Reflexionen und Brechungen verbunden ist, zu seyn vermöchte, und ist in der That nicht viel geringer, als die Menge directen Lichts dicht um Sonne und Mond. Da aber das, welches zunächst bei den Tröpfchen vorbei geht, durch sie beträchtlich gebeugt, zerstreut und dadurch geschwächt wird, so werden die weiter ab liegenden Farbenreihen immer schwächer; und zuletzt unsichtbar.

Die Breite der Farbenringe hängt *erstens* von der Nähe der Kügelchen bei einander ab, wie das aus der Beobachtung *e* folgt, bei der, als die beiden Schneiden einander immer näher kamen, auch die farbigen Säume immer mehr an Breite zunahmen. *Zweitens* haben die Dicke und Ausdehnung des Dunstes oder der Wolke, durch welche das Licht hindurch geht, darauf Einfluss; denn in dem Versuche, der in der Bemerkung *n* beschrieben ist, wurden durch die Schneiden zweier Körper, die sich nicht in derselben, sondern in *verschiedenen* Ebenen, hinter einander befanden, nach der Seite der vordern Schneide zu, (die dem Punkte, von welchem das Licht herkam, näher lag,) in Strahlen parallelen Lichts dieselben Folgen von Farben, als

im ersten Falle hervor gebracht. In Wolken von beträchtlicher Dicke können daher die Strahlen, nachdem sie zwischen Einer Reihe von Wassertröpfchen hindurch gegangen sind, noch durch andere Tröpfchen, dicht neben denen sie vorbei gehn, verändert werden. Indem diese das mehr directe Licht auffangen, zuvor schon gefärbtes Licht noch stärker beugen, und zuvor gebeugtes in farbige Strahlen sondern, vergrößern sie die Breite der Farbenfolgen, vermindern aber zugleich die Helligkeit und Deutlichkeit derselben. Und auch dieses stimmt mit der Erfahrung überein.

Dieser Ursache ist es zuzuschreiben, warum, wenn Sonne oder Mond niedrig steht, und daher ihre Strahlen horizontal schwebende Wolken sehr schief treffen, sich um sie her nur eine einzige Farbenfolge zeigt, nämlich ein *Kreis von verwaschenem Weiß*, der die oben angegebenen Breiten bei weitem übertrifft, und sich mit einem so schwachen und entfernten Gelb und Roth endigt, daß man diese äußersten Farben nur mit Mühe, und nicht immer, in ansehnlicher Entfernung von dem leuchtenden Körper in den dunkeln Massen, welche Wolken in dieser Lage bilden, auffinden und erkennen kann. — Sieht man Sonne oder Mond durch große Wolken von Nebel oder durch neblige Luft, so erscheint dieser Kreis oft von unbedeutender Breite und von so unregelmäßiger Form, daß er an einigen Stellen kaum $\frac{1}{2}^{\circ}$ breit ist, an andern dagegen sich nach verschiedenen Richtungen weit hin verbrei-

tet. Dieses erklärt sich aus dem langen Durchgange der Strahlen zwischen Tröpfchen. Man sehe durch eine sehr dünne Flocke von Wolle oder Baumwolle nach Sonne oder Mond, so wird man um diese Himmelskörper die erste Farbenfolge wahrnehmen, die aus Weiß besteht, das sich mit Gelb und Roth endigt. Legt man zwei oder drei solcher Flocken über einander, so zeigt sich dagegen diese Farbenfolge genau so unregelmäßig und verkleinert, wie in dem eben angeführten Falle.

Ist der Nebel (*Fog, Mist or Haze*) von so grosser Ausdehnung, daß sich gar kein farbiger Rand oder Lichtrand um Sonne und Mond zeigt, so fangen diese Himmelskörper selbst an, beträchtlich an Glanz abzunehmen, und erscheinen in verschiedenen Nüancen von Gelb und dann von Roth, bis sie ganz verdunkelt werden.

Die Atmosphäre ist in der That nie ganz von entbundenen Theilchen frei, welche die Lichtstrahlen zu beugen, und auf dem weiten Wege des Strahls durch sie hindurch erst die am meisten beugbaren, und dann auch die minder beugbaren Farben abzufondern vermögen, zuerst die blauen, und dann die gelben und die rothen. Daher entsteht die *blaue Farbe des Himmels*, indem die blauen Strahlen aus dem durchfallenden Lichte völlig ausgesontert werden; daher das *Gelb und Roth* und der *vergrüserte Durchmesser der Sonne und des Mondes am Horizonte*, die man bisher nicht zu erklären wußte; und daher die Veränderungen in der Stelle der Himmels-

körper, welche man der *Strahlenbrechung* zugeschrieben hat, obschon ein Körper, wie unsere Atmosphäre, so etwas, wie eine Strahlenbrechung, zu bewirken, unfähig ist, (wäre sie es, so müßte sie selbst für die Mittagssonne undurchsichtig seyn,) und obschon auch bei irdischen Körpern, von welchen der Lichtstrahl in Schichten von gleicher Dichtigkeit (?) zu uns kömmt, Strahlenbrechung Statt findet.

Den Höfen ganz ähnlich, und völlig auf dieselbe Art gebildet, sind die *farbigen Ringe*, welche die Sonne, den Mond oder eine Lichtflamme zu umgeben scheinen, die man durch *Dunst*, z. B. bei Versuchen mit luftleeren Recipienten, *) oder durch

*) In Thenn's Uebersetzung von Musschenbroek's *Beschreibung der Luftpumpe*, Augsburg 1765, wird S. 86 dieser Versuch, als ein Beweis, „daß in der Luft sich viele fremde Materien befinden,“ folgender Maßen beschrieben: „Nehmet eine reine, recht trockene gläserne Glocke von mittelmäßiger Größe, und pumpt ein wenig die Luft aus, und setzt ein brennendes Licht hinter die Glocke, dem Auge gegen über; so werdet ihr in der Glocke einen gefärbten Ring oder Kreis gewahr werden, welcher sich nur alsdann zeigt, wenn man anfängt zu pumpen. Hat man eine größere Menge Luft ausgepumpt, so verschwinden alle Farben, zeigen sich aber sogleich wieder, wenn man die Luft wieder hinein läßt. Man mag diesen Versuch noch so oft wiederholen, so wird sich diese Erscheinung allezeit zeigen.“ Und nun folgt kein Wort weiter zur Erklärung. Jordan deutet zwar auf den wahren Erklärungsgrund

dünne Flocken Wolle oder Baumwolle, oder durch die Zwischenräume zwischen den Fäden dünner Gewebe von Baumwolle, Flachs, Seide oder Wolle

im Allgemeinen hin, giebt aber nicht an, warum die Höfe sich nur zu Anfang zeigen und nachher nicht. Mir scheint dieses folgender Maßen erklärbar zu seyn. Im Anfange des Auspumpens wird die Luft bei jedem Zuge verhältnißmässig weit stärker dilatirt, als weiterhin. Beim Dilatiren der Luft entsteht eine augenblickliche sehr bedeutende Erkältung, (*Annalen*, XIII, 101.) Nun enthält die Luft im Recipienten, besonders wenn dieser auf nassem Leder steht, das Maximum von Wasserdampf für die jedesmalige Temperatur der Atmosphäre. Bei der plötzlichen Erkältung durch Dilatation muß daher ein großer Theil des Dampfes zersetzt werden und als ein feiner Nebel in dem Recipienten umher schweben. Ihn sieht man in der That während der ersten Züge einer schnell wirkenden Luftpumpe in Menge entstehen. Sehr bald stellt sich aber das Gleichgewicht der Temperatur wieder her, und bei der verhältnißmässig geringen Dilatation bei fortgesetztem Pumpen ist die Verminderung der Temperatur zu geringe, um einen merklichen Nebel zu bilden; wie das sich bei jedem Auspumpen zeigt. Daher scheint das Licht, durch den Recipienten gesehen, nur zu Anfang der Dilatation von farbigen Ringen umgeben. — Läßt man die Luft wieder auf die gewöhnliche Art in den Recipienten hinein, so wird die Temperatur, nach Dalton's Versuchen, binnen $3\frac{1}{2}$ Secunde um 50° F. erhöht, (*Annalen*, XIII, 105;) folglich entsteht während dieser Zeit viel mehr Wasserdampf, als bei der Temperatur der Atmosphä-

sieht; Fälle, in denen unbedeutende Veränderungen in der Gestalt der Höfe sich aus der Anordnung der Theile des Mediums, durch das man sieht, leicht erklären lassen.

Auf ähnliche Art scheinen denen, die in einer Kutsche sitzen, wenn die Kutschenster sich mit Wassertröpfchen, aus dem Hauche condensirt, überzogen haben, die *Flammen der Straßenlampen* mit farbigen Höfen umgeben zu seyn. Unmittelbar um die Flamme zeigt sich ein dunkler Kreis: zunächst bei diesem ein schmaler, kaum sichtbarer Rand von Blau, und dann ein breites Weiss, das nach aussen zu an Intensität zunimmt, sich in ein schwaches Gelb verwandelt, und mit einem rothen Kreise endigt. Diese Erscheinung ist am vollkommensten, wenn von den zuerst condensirten kleinen Tröpfchen genug am Glase vorhanden sind, wird dann bei zunehmender Grösse der Tropfen unvollkommen und verwirrter, und hört ganz auf, wenn die Tropfen so zusammen fliessen, daß sie einen zusammen hängenden Ueberzug bilden.

Solche farbige Kreise zeigen sich ferner manchmal um Sonne oder Mond, wenn man sie durch die *Eisincrustationen* sieht, womit sich im Winter die

bestehen kann Dieser zersetzt sich zu sichtbaren Nebeln, während die Temperatur im Innern sich mit der der äussern Luft das in Gleichgewicht setzt, und so lange erscheinen wieder um das Licht farbige Ringe.

d. H.

Fensterſcheiben zu überziehen pflegen, wie das Muſſchenbroek bemerkt hat. Auch möchten ſie wohl durch dünne Lagen treibenden Schnees bewirkt werden können. *) Sie ſetzen nämlich nur den Durchgang des Lichts zwischen kleinen Körperchen voraus, gleich viel, welcher Art dieſe ſind, ob Waſſertröpfchen oder Eiſtheilchen, die dabei nicht in beſtimmte Geſtalt kryſtalliſirt zu ſeyn brauchen, ſondern mannigfache Formen haben können.

Aehnlichen Urfachen ſind endlich auch die Farbenkreiſe zuzuſchreiben, welche leuchtende Gegenſtände zu umgeben ſcheinen, wenn die äußere Fläche des Auges mit halb durchſichtigen Säten überzogen iſt, z. B. bei einem Schaden, den das Auge gelitten hat, bei langem Wachen, Unmäßigkeit, Krankheit, Alter, während des Schlafens, oder aus andern Urfachen. Die Lichter ſcheinen dann blau zu brennen, wie ich das häufig an mir ſelbſt bemerkt habe, wenn ich während des Schlafes geweckt wurde, und in ein Zimmer trat, worin Lichter brannten. Manchmahl ſieht man einen einzelnen Kreis von dunkelm bläulichen Grün, der durch ein ſchwaches Gelb und Roth begränzt wird, andere Mahl noch einen zweiten Kreis von Dunkelgrün und Dunkelroth. Schon Descartes hatte

*) Hierher gehört auch die Feuerfarbe der Sandfäulen in den afrikanischen Sandwüſten, indem die Sonne durch ſie hindurch ſcheint, u. d. m. d. H.

bemerkt, daß beim Drücken eines Auges solche Farbenkreise zu sehen sind. Newton versuchte, sie in seinen *Lectionibus opticis* aus einer Veränderung der Form des Auges zu erklären. Könnte indeß auch irgend eine Formänderung desselben so etwas bewirken, so ist das Auge doch kein Körper, der eine veränderte Form beibehielte.

In dem Fensterladen eines Zimmers, in welchem ich häufig schlief, war, zu optischen Versuchen, ein Loch von $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser angebracht. Oft, wenn ich nach einer schwülen Nacht und einem ängstlichen unterbrochenen Schläfe, des Morgens zuerst die Augen öffnete, schien dieses Loch mit einem oder mit zwei ziemlich breiten Kreisen von lebhaften Farben, denselben, die sich um die Lichter zeigen, umgeben zu seyn; sie verschwanden aber sogleich bei der geringsten Bewegung des Augenlides.

So hätte ich denn alle Umstände bei dieser Art von Phänomenen vollständig betrachtet und erklärt, und es kann kein Zweifel über ihr Wesen und ihre Ursache übrig bleiben. Ich nenne daher diese Farbenbogen *Farbenbogen durch Inflexion*, (*Irides by Inflexion*.) Dieses wenigstens sind sie, das wissen wir nunmehr gewiß. Von den andern Arten von Farbenbogen (*Irides*) werde ich künftighin handeln.

London den 1sten Nov. 1799.