VII. Theorie der Abendröthe und verwandter Erscheinungen; von Dr. E. Lommel,

Docent an der Universität und d. Polytechnikums in Zürich.

In den folgenden Zeilen ist eine auf das Princip der Beugung des Lichtes gegründete Theorie der Abendröthe und verwandter Erscheinungen in elementarer Darstellung entwickelt, deren Grundgedanke von mir schon früher¹⁾ ausgesprochen und analytisch behandelt worden ist. Ich erlaube mir, diese Theorie hier in einer neuen und wie mir scheint, vervollkommenen Gestalt zu reproduciren und dabei einen Einwand zu besprechen, welcher gegen dieselbe erhoben worden ist.

1. Wenn von einem sehr weit entfernten leuchtenden Punkte ein Bündel paralleler Lichtstrahlen auf einen mit einer kleinen Oeffnung versehenen dunkeln Schirm trifft, so kann man sich die Elementarstrahlen, welche jeder Punkt der Oeffnung nach allen möglichen Richtungen in den Raum hinter den Schirm sendet, in unendlich viele Bündel paralleler Strahlen gruppiert denken. Dasjenige derselben, welches die einfallenden Strahlen fortsetzt, heisst *direct*, die andern *gebeugt*; der Winkel, welchen die Richtung eines gebeugten Bündels mit der Richtung der directen Strahlen bildet, heisst der *Beugungswinkel*. Befindet sich hinter der Oeffnung eine Linse (das Objectiv eines Fernrohrs oder die Krystalllinse des Auges), so wird diese die Strahlen eines jeden Bündels in *einem* Punkte vereinigen, den man erhält, indem man durch den optischen Mittelpunkt *O* mit der Richtung des Bündels eine Parallele zieht und auf dieser von *O* aus gegen den Beobachter die Brennweite der Linse abträgt. Die Vereinigungspunkte befinden sich demnach auf einer mit der Brennweite der Linse als Radius von deren optischem Mittelpunkt aus beschriebenen Halbkugel, bei einem

1) »Beiträge zur Theorie der Beugung des Lichts«; Grunert's Archiv Thl. XXXVI, 1861.

für unendliche Entfernung accommodirten Auge also auf der Netzhaut. In diesen Vereinigungspunkten interferiren die Strahlen eines jeden Bündels vermöge der Gangunterschiede, welche sie durch ihre Neigung zu den directen Strahlen erlangt haben: (die Wirkung der Linse alterirt bekanntlich diese Gangunterschiede nicht merklich). Je nach der Größe dieser Neigung werden sich die gebeugten Strahlen bald vollständig vernichten, bald mehr oder weniger unterstützen, und so auf der Halbkugel die bekannten zierlichen Beugungsbilder entwerfen. Behufs bequemerer Untersuchung kann man sich jeden Punkt des halbkugeligen Bildes auf die ebene Grundfläche der Halbkugel projecirt denken und ihm dort die nämliche Lichtstärke beilegen, welche er im ursprünglichen Bilde besaß. Sind die einfallenden Strahlen senkrecht zur Schürmebene, so projecirt sich ihr Vereinigungspunkt gerade in die Mitte jener Grundfläche. Nach bekannten Gesetzen, welche abzuleiten hier nicht der Ort ist, sind nun die Entfernungen der gleichvielfen Maxima und Minima der Lichtstärke von der Bildmitte, wenn man ähnlich gestaltete Oeffnungen mit einander vergleicht, der Wellenlänge des angewendeten Lichts direct, und entsprechenden Dimensionen der Oeffnungen umgekehrt proportional.

Läßt man daher eine beugende Oeffnung immer kleiner und kleiner werden, so wird das erste Minimum einer jeden Farbe immer weiter von der Mitte des Bildes sich entfernen. Da nun die den kürzeren Wellenlängen entsprechenden Minima der Bildmitte stets näher liegen, als die den längeren Wellen zugehörigen, so kann man sich die Oeffnung endlich so klein denken, daß für irgend eine Farbe das erste Minimum erst am Rande der Bildfläche, d. h. für einen Beugungswinkel von 90° eintreten müßte; für alle minder brechbaren Farben könnte alsdann gar kein Minimum mehr zu Stande kommen, wohl aber noch für die brechbareren. Sey z. B. die Breite eines geradlinigen Spaltas $= 0^{\text{m}},0005888$, d. h. gleich der Wellenlänge des gelben Natriumlichtes (Linie D im Sonnenspectrum), so würde für diese Farbe das Minimum an den äußersten Rand der Bildfläche zu liegen kommen; für

rothes Licht wäre ein Minimum gar nicht mehr vorhanden, für violettes aber (Linie *H*) würde ein solches schon für den Beugungswinkel von $42^{\circ} 18'$ eintreten. Indem also die brechbareren Strahlen ihren respectiven Minimis viel rascher zueilen, als die minder brechbaren, werden diese letzteren im gebeugten Lichte um so mehr vorherrschen, je weiter man sich von der Bildmitte, d. h. von der Stelle, wo das Bild der Lichtquelle entsteht, entfernt. In dem oben gewählten Beispiel würde das Verhältniß der Intensitäten des violetten Lichts (Fraunhofer'sche Linie *H*, Wellenlänge = $0^{\text{m}},0003963$) und des rothen (Linie *R*, Wellenlänge = $0^{\text{m}},0006897$) für die Beugungswinkel $30'$, 1° , 5° , 10° ausgedrückt seyn durch die Zahlen 0,9997, 0,9987, 0,9635, 0,6597¹⁾. Die Wirkung ist, wie diese Zahlen zeigen, besonders für die den directen zunächst liegenden gebeugten Strahlen freilich eine sehr schwache; wir werden aber in der Folge Umstände kennen lernen, durch welche sie gesteigert wird. Jedenfalls können wir behaupten, *dafs ein weifser Lichtpunkt, durch eine sehr enge Oeffnung betrachtet, zwar selbst weifs, aber von einer Aureole gebeugten Lichtes umgeben erscheint, das eine, wenn auch nur schwache, ja vielleicht unmerkliche, röthliche Nüance zeigt.*

2. Sind in einem dunkelen Schirme beliebig viele, unter sich gleiche Oeffnungen in unregelmässiger Anordnung angebracht, so wird jede derselben in jeder Beugungsrichtung einen resultirenden Strahl liefern; alle Resultanten derselben Richtung sind, was Intensität und Farbenmischung betrifft, unter sich gleich; die Interferenzerscheinung, welche sie auf der Bildfläche hervorbringen, wird daher blofs von den Gangunterschieden bedingt seyn, welche ihnen ihre Neigung zu den directen Strahlen verleiht. Wegen der Unregelmässigkeit der Anordnung der Oeffnungen werden sich aber jene Resultanten in keiner Beugungsrichtung gegenseitig wär-

1) Diese Zahlen sind berechnet aus dem bekannten Ausdruck

$$\left(\frac{\sin \pi b \sin \psi \lambda^{-1}}{\pi b \sin \psi \lambda^{-1}} \right)^2,$$

worin *b* die Breite des Spaltes bedeutet

nichten können, und ebenso wenig wird es eine Richtung geben, in welcher sie einander vollkommen unterstützen. Ueberhaupt ist kein Grund vorhanden, anzunehmen, daß in irgend einer Richtung der Grad ihrer Concordanz ein größerer oder geringerer sey, als in einer andern. *Die Beugungserscheinung, welche der vielfach durchlöchernte Schirm erzeugt, ist also wesentlich dieselbe wie die, welche eine einzige seiner Oeffnungen hervorbringen würde, nur tritt dieselbe mit proportional dem Quadrate der Oeffnungszahl erhöhter Intensität auf¹⁾.*

Sind die einzelnen Oeffnungen so klein, wie oben angenommen wurde, so ist ihre Gleichheit nicht einmal erforderlich. Bei größeren ungleichen Oeffnungen wird das aus einer Lichtquelle herstammende gebeugte Licht selbst wieder weiß erscheinen, weil die Maxima der verschiedenen Farben nahezu zusammenfallen und so durch ihre Mischung wieder Weiß geben. Bei so kleinen Oeffnungen aber werden sich nur röthliche Nüancen mit röthlichen mischen können, und die Wirkung wird qualitativ dieselbe bleiben, wie bei einer einzigen Oeffnung. *Betrachtet man also einen entfernten weißen Lichtpunkt durch einen Schirm, welcher von sehr kleinen willkürlich vertheilten Oeffnungen durchbohrt ist, so sieht man denselben selbst zwar weiß, aber von röthlichem gebeugtem Lichte umgeben; es ist dabei gleichgültig, ob die Oeffnungen unter sich gleich oder ungleich sind, wenn nur ihre Dimensionen eine gewisse Gränze nicht überschreiten.*

3. Kehren wir jetzt zur Betrachtung der Wirkung einer einzigen Oeffnung zurück, und vergleichen wir dieselbe mit der Wirkung eines gleichgestalteten dunkeln Schirmchens, welches dem parallelen Bündel der directen Strahlen oder der einfallenden Wellenebe in den Weg tritt.

Wir lassen dabei die beugende Wirkung der Objectivöffnung oder der Pupille außer Acht gegenüber derjenigen, welche eine kleine Oeffnung oder ein kleines Schirmchen hervorbringt; es kommt dies darauf hinaus, daß wir uns

1) Auf dieses Raisonement gründet sich bekanntlich die Theorie der Sonnen- und Mondhöfe.

gestatten, dieß Objectiv und mit ihm die einfallende Welle als allseitig unbegrenzt zu betrachten.

Sey nun A (Figur 1) ein beliebiger Punkt am Rande einer kleinen Oeffnung

Figur 1.

und AS ein von ihm ausgehender gebeugter Strahl, und schneide eine durch AS gelegte Ebene die Oeffnung längs der Geraden AB . Wollen wir

nun die Resultante aller vom Streifen AB ausgehenden mit AS parallel gebeugten Strahlen bestimmen, so tragen wir auf AB , von A angefangen nach B hin, gleiche Stücke Aa , ab , bc ... auf, deren Länge so beschaffen ist, daß der Gangunterschied Al der Randstrahlen AS und as für jedes einer solchen Abtheilung entsprechende Strahlenbündel gerade eine ganze Wellenlänge beträgt. Alsdann verschwindet die Wirkung der vollständigen Bündel Aa , ab , bc , ... ganz, weil in jedem sich zu einem beliebigen Strahle ein anderer angeben läßt, der gegen ihn, um eine halbe Wellenlänge verschoben ist, und nur die Wirkung des unvollständigen Bündels cB (dessen Breite in der Figur kleiner als $\frac{1}{2}cd$ angenommen ist) bleibt übrig. Tritt jetzt, ohne daß im Uebrigen etwas geändert wird, an die Stelle der kleinen Oeffnung ein mit ihr congruenter kleiner Schirm, und macht man die nämliche Construction wie vorher, so stellt AB den Schnitt des Schirmchens, die bis in's Unendliche verlängert gedachten Geraden AW und BW' dagegen stellen den Schnitt der unbegrenzten Lichtwelle dar. Theilt man nun die Gerade WW' von dem Punkt A aus nach rechts und links, wie oben angegeben, in die gleichen Theile Aa , ab , bc , cd , ..., Aa' , ..., so bringen die Strahlen, welche von den Wellenstücken AW und dW' ausgehen, keine Wirkung hervor, und die zwischen A und B auf das dunkle Schirmchen fallenden werden ganz abgehalten. Es kann also bloß noch der Theil Bd der Welle zur Wirkung kommen. Ist aber m der Mittelpunkt von cd , und macht man $dn = Bm$, so

vernichten sich die Bündel Bm und dn gegenseitig, weil sie in ihrem Gange um eine halbe Wellenlänge differiren; wirksam bleibt also nur noch das Bündel mn , welches sich von dem bei der kleinen Oeffnung übrig gebliebenen cB nur dadurch unterscheidet, daß es um $\frac{1}{2}\lambda$ gegen dasselbe verschoben ist. Das Bündel mn wird also dieselbe Amplitude, nur mit entgegengesetztem Vorzeichen, und genau dieselbe Intensität liefern wie das Bündel cB . Nur wenn der Strahl AS senkrecht steht zur Wellenebene, also für die directen Strahlen, läßt sich die angegebene Construction nicht durchführen. Aber in diesem Falle werden alle wirklich auf das Objectiv treffenden directen Strahlen in dessen Brennpunkt vereinigt.

An dieser Schlussfolgerung wird nichts geändert, wenn wir in der Figur $oB > \frac{1}{2}cd$, oder $Aa > AB$ annehmen. Ebenso bleibt sie auch noch anwendbar, wenn man es nicht mit einer Oeffnung und mit einem Schirmchen, sondern mit einer beliebigen Gruppe von Oeffnungen oder Schirmchen zu thun hat. Wir können daher jetzt folgenden Satz aussprechen.

Die Beugungserscheinung, welche durch ein dunkles Schirmchen oder durch eine Gruppe dunkler Schirmchen hervorgebracht wird, ist vollkommen identisch mit derjenigen, welche von einer gleichgestalteten Oeffnung oder Gruppe von Oeffnungen herrührt, mit alleiniger Ausnahme desjenigen Punktes, in welchem die directen Strahlen sich vereinigen. In diesem nämlich sammelt sich stets alles Licht, welches von den Schirmchen nicht aufgehalten wird.

Die Wirkung eines durchbohrten Schirmes unterscheidet sich daher von derjenigen einer Schirmchengruppe, welche gleichsam das Negativ von jenem ist, dadurch, daß im ersten Falle sowohl das directe als das gebeugte Licht von den lichtdurchlassenden Stellen des Schirmes abhängt, im zweiten Falle dagegen das directe Licht von den hellen, das gebeugte von den dunkeln Stellen. In jenem Falle schließt sich das gebeugte Licht seiner Intensität nach stetig an das directe an, in diesem aber findet ein solcher Anschluß nicht Statt.

Ver mehrt man die Öffnungen eines dunklen Schirmes, etwa bis ihre Gesamtfläche dem Inhalt des dunkel gebliebenen Theiles gleich kommt, so wird dadurch sowohl das direct als das gebeugte Licht an Intensität gewinnen: *ver mehrt man aber ebenso die Schirmchen einer Schirmchengruppe, so wird dadurch das gebeugte Licht vermehrt, das direct aber geschwächt.*

4. Trifft also ein von einem unendlich entfernten weissen Lichtpunkt herkommendes Bündel paralleler Strahlen (eine ebene Welle) senkrecht auf eine (ebene) Gruppe sehr kleiner dunkler Schirmchen, so wird ein hinter der Gruppe befindliches Auge die directen Strahlen zu einem weissen Bilde des Lichtpunktes vereinigen, welches ringsum von gebeugtem und, vielleicht nur unmerklich, röthlich gefärbtem Lichte umgeben erscheint. Die Wirkung der Schirmchengruppe ist also die, daß sie neben der geschwächten directen weissen Lichtwelle noch röthlich gefärbte schief einfallende in's Daseyn ruft. Treffen diese, bevor sie zum Auge gelangen; nenerdings auf eine ähnliche Schirmchengruppe, so werden alle, die directe sowohl wie die gebeugten, von Neuem die beugende Wirkung derselben erfahren. Was die directen Strahlen betrifft, so werden sie, indem sie die zweite Gruppe direct passiren, zwar an Lichtstärke, nicht aber an Weisse verlieren: ausserdem werden sie von Neuem zur Entstehung gebeugten röthlichen Lichtes Anlaß geben. Die gebeugten Strahlen werden durch die zweite Gruppe nochmals gebeugt: von jedem gebeugten Strahlenbündel wird nämlich ein Theil in die Richtung der directen Strahlen zurückgebeugt: daselbe hatte schon durch die erste Biegung an brechbaren Strahlen Einbuße erlitten, bei der zweiten Biegung werden in ihm nochmals die brechbareren Strahlen stärker geschwächt, als die weniger brechbaren; seine Tendenz zur röthlichen Färbung wird daher zunehmen. Zu dem directen gegen vornhin schwächeren weissen Lichte wird sich also jetzt in dieselbe Richtung gebeugtes röthliches Licht gesellen, und so dessen Nuanze röthlich erschließen lassen, wenn auch vielleicht nur unmerklich. Es ist leicht zu übersehen, daß

Aehnliches auch von den gebeugten Strahlenbündeln gilt, welche durch die zweite Gruppe direct hindurchgehen. Zu ihrem ohnedieß von der ersten Beugung her schon rothen Licht wird sich noch das durch die zweite Beugung mit ihm parallel gewordene und noch tiefer geröthete Licht hinzufügen.

Durch Hinzukommen von weiteren mit den ersten parallelen Schirmchengruppen wird so das ursprünglich weiße directe Licht mehr und mehr geschwächt, während immer mehr und durch die wiederholten Beugungen immer tiefer geröthetes Licht sich ihm beimischt. Die auf einander folgenden Schirngruppen wirken gleichsam wie Siebe, welche das durchgehende Licht immer vollständiger von seinen brechbareren Strahlen befreien. *Der weiße Lichtpunkt wird also, durch eine genügende Anzahl solcher Schirmchengruppen betrachtet, nicht nur selbst röthlich gefärbt erscheinen, sondern auch noch von einer stärker roth gefärbten Aureole gebeugten Lichtes umgeben seyn.*

Werden die Strahlen, statt durch eine Linse vereinigt, auf einem weißen Schirme aufgefangen, so wird auch dieser, wie man leicht einsieht, röthlich erleuchtet seyn müssen.

Zur Entstehung von Beugungserscheinungen ist es nicht nothwendig, daß die Schirme vollkommen undurchsichtig seyen; es genügt, daß dieselben weniger Licht durchlassen, als neben ihnen vorbeigeht. So wird z. B. die schon erwähnte Erscheinung der Höfe durch die beugende Wirkung der an sich durchsichtigen Nebelbläschen hervorgebracht.

5. Aus dem Bisherigen erklärt sich nun die rothe Farbe der Sonne bei ihrem Auf- und Untergange von selbst. In den untern Schichten der Atmosphäre schwebt eine Menge feiner Körperchen; für uns ist es zunächst gleichgültig, ob dieselben fest (wie z. B. organische und unorganische Stäubchen, die feinen Kohlentheilchen des Rauches etc.) oder flüssig (Wassertröpfchen oder Wasserbläschen von äußerster Kleinheit, wie sie wahrscheinlich bei beginnender Verdichtung des Wasserdampfes entstehen) seyen. Steht die Sonne hoch über dem Horizont, so sind die Schirmchen-

gruppen, welche man senkrecht zu ihren Strahlen bilden kann, nicht zahlreich genug, um eine merkliche Wirkung hervorzubringen. Steht aber die Sonne dem Horizont nahe, so haben ihre Strahlen in den untern Schichten der Atmosphäre, welche gerade solche kleine Körperchen in Menge enthalten, einen hinlänglich weiten Weg zu durchlaufen, um die beugende Wirkung der Schirmchengruppen, welche man aus jenen Partikelchen bilden kann, in merklichem Grade zu erfahren. Jeder Punkt der Sonne muß dadurch selbst röthlich und noch von stärker geröthetem gebeugtem Lichte umgeben erscheinen; indem sich nun die rothen Aureolen benachbarter Punkte übereinanderlagern, wird sich dem directen Lichte jedes Sonnenpunktes noch das gebeugte der Nachbarpunkte beigesellen und dadurch dessen Röthe nochmals vertiefen. Darum muß bei *einer Lichtfläche die rothe Färbung noch auffallender hervortreten als bei einem isolirten Lichtpunkt*. Während die Lichtscheiben der Sonne und des Mondes am Horizont in prächtigem Orangeroth erglänzen, bemerkt man die röthliche Färbung auf- oder untergehender Fixsterne kaum. — Entfernte weisse Flächen, wie die Gletscher und Firnfelder der Alpen, dem Horizont nahe Wolken, zeigen, von der untergehenden Sonne beleuchtet, oft ein in's Purpurne ziehendes Roth, während eine in der Nähe befindliche weisse Mauer nur orangeroth gefärbt erscheint. Das von jenen reflectirte Licht hat nämlich bis zu unserm Auge noch eine hinlänglich dicke Luftschicht zu durchlaufen, um die beugende Wirkung der darin suspendirten Körperchen nochmals zu erfahren. Bisher haben wir es unentschieden gelassen, ob feste Körperchen oder feine Wassertheilchen die beugende Wirkung ausüben. Ohne Zweifel haben auch die festen Stäubchen einen grossen Antheil daran; nehmen wir aber mit Forbes an, daß hauptsächlich der Wasserdampf im Beginne seiner Verdichtung, d. h. wenn er, vorher noch vollkommen gasförmig, flüssiges Wasser in Gestalt von äusserst feinen Bläschen oder Tröpfchen auszuscheiden anfängt, dabei wirksam sey, so unterscheidet sich unsere Theorie von der seinigen bloß

dadurch, daß die Eigenschaft des sich verdichtenden Wasserdampfes, die rothen Strahlen reichlicher durchzulassen, aus der Natur des Lichtes erklärt, und nicht bloß dem Wasserdampf, sondern ebenso gut jedem andern von feinen Partikelchen getrübten Mittel zugeschrieben wird. Die gegenwärtige Theorie ist somit auch der nämlichen Folgerungen fähig, wie die Forbes'sche, z. B. hinsichtlich der meteorologischen Bedeutung des Morgen- und Abendroths.

Uebrigens scheint mir, daß die Morgen- und Abendröthe nur dann, wenn sie ganz besonders brillant auftritt und der ganze Morgen- oder Abendhimmel feurig erglüht, vorwiegend der Wirkung des Wasserdampfes im Uebergangszustande zugeschrieben werden darf. Wenn dagegen die auf- oder untergehende Sonne bloß als röthliche Scheibe, ähnlich dem Monde am Horizont, erscheint, so glaube ich, daß die in der Atmosphäre schwebenden trockenen Stäubchen genügen, diese Färbung zu erklären. Ein ganz ähnliches Aussehen, wie in letzterem Falle, zeigt die Sonne auch bei Gegenwart von *Höhenrauch*, auch wenn sie noch hoch am Himmel steht. Hierher gehört ferner noch die rothe Farbe, welche die Sonne nach dem Berichte der Reisenden zeigt, wenn der Samum den Wüstenstaub aufgewirbelt hat.

Das Spectrum der untergehenden Sonne ist in neuerer Zeit von Janssen genauer untersucht worden. Dasselbe erscheint gegen das violette Ende hin continuirlich geschwächt; in minder brechbarem Theile dagegen treten, bei sonst ungeschwächter Lichtstärke, zu den schon vorhandenen und nur deutlicher gewordenen Fraunhofer'schen Linien noch neue dunkle Linien hinzu. Diese letztere Erscheinung ist, meiner Ansicht nach, dem Absorptionsvermögen des gasförmigen Wasserdampfes zuzuschreiben, während die allgemeine Schwächung der brechbareren Strahlen von der beugenden Wirkung der feineren Wassertheilchen und Stäubchen herrührt.

Nach denselben Principien erklärt sich überhaupt die Thatsache, daß unvollkommen durchsichtige, d. h. durch Beimischung sehr feiner Partikelchen getrübte Mittel die

minder brechbaren Strahlen leichter durchlassen als die brechbareren. Solche Mittel sind z. B. Flüssigkeiten, welche durch feinertheilte Niederschläge getrübt sind, der Rauchquarz, das Milchglas, vielleicht auch das schwarze undurchsichtige Glas, welches die dunklen Wärmestrahlen reichlich durchläßt; ferner der Rauch, eine mit Ruß geschwärzte Glasplatte.

Endlich rechne ich noch hierher die von Hankel zuerst gemachte Beobachtung, daß das Licht, welches unter sehr schiefer Incidenz von einer matten Glasplatte zurückgeworfen wird, röthlich gefärbt erscheint. Fällt nämlich weißes Licht unter einem kleineren Einfallswinkel auf die Platte, so wirken die zwischen den Erhabenheiten befindlichen kleinen Vertiefungen etwa wie kleine verschiedenartig orientirte Hohlspiegel, und zerstreuen daher die Lichtstrahlen nach verschiedenen Richtungen. Ein Spiegelbild der Lichtquelle kann daher nicht zu Stande kommen, und das diffuse zurückgeworfene Licht wird, trotz vielfacher aber unregelmäßiger Interferenzen, weiß erscheinen. Sind aber die einfallenden Strahlen stark zur Platte geneigt, so gelangt bloß solches Licht ins Auge, welches auf den durch den Schliff in eine Ebene gebrachten Gipfeln der Erhabenheiten reflectirt wird, wie man dieß aus dem bloßen Anblick der Figur 2 erkennt.

Figur 2

Es wird daher ein Bild der Lichtquelle, und zwar in röthlicher Nüance, gesehen werden: denn die schmalen Lichtbündel, welche von den Gipfeln der Hervorragungen zurückgeworfen werden, verhalten sich gerade so, als ob sie durch sehr kleine Oeffnungen hindurchgegangen wären.

6. In den *»Fortschritten der Physik im Jahre 1861«* ist bei Besprechung meiner eingangs erwähnten Abhandlung gegen den darin ausgesprochenen Gedanken, daß das rothe Licht der untergehenden Sonne durch die beugende Wirkung kleiner Partikelchen verursacht werde, der Einwand erhoben worden, daß man dabei nicht einsehe, wohin das complementäre blaue Licht komme. Wenn nämlich bei an-

dern Interferenzerscheinungen Farben aus weißem Licht erzeugt werden, so geschehe es immer so, daß Alles (Durchgegangenes und Reflectirtes) zusammengenommen wieder Weiß giebt. In diesem Falle sey das von den Schirmchen aufgehaltene (reflectirte, absorbirte) Licht offenbar weiß, und somit sollte dies für die Gesamtheit des durchgegangenen Lichtes auch gelten.

Hierauf läßt sich Folgendes entgegenen. Die ganze, im Vorigen entwickelte Theorie ist auf die Hypothese gegründet, daß die Gesetze der Beugung ganz unabhängig von der Größe der Oeffnungen gelten, auch wenn diese noch so groß oder klein sind. Ich glaube nicht, daß diese Annahme mit Erfolg bestritten werden kann; wenigstens ist dieselbe bisher stillschweigend immer anerkannt worden, und mir ist keine Thatsache bekannt, welche derselben widerspricht. Giebt man aber zu, daß die Beugungsgesetze auch noch für so kleine Oeffnungen gelten, so ist der Satz, daß durch sie die violetten Strahlen in höherem Grade geschwächt werden als die rothen, als nothwendige Consequenz der Undulationstheorie zu betrachten.

Bei andern Interferenzerscheinungen, z. B. den Farben dünner Plättchen, giebt das durchgelassene Licht mit dem reflectirten allerdings wieder Weiß. Für die Bëugungserscheinungen aber gilt dieser Satz überhaupt nicht, mögen nun die beugenden Oeffnungen groß oder klein seyn. Hier ist nämlich das von den undurchsichtigen Theilen aufgehaltene Licht weiß, wie das einfallende. Demnach müßte, wie richtig bemerkt worden, auch das gebeugte Licht zusammengefaßt wieder Weiß geben. Hierzu wäre nöthig, daß z. B. für eine spaltförmige Oeffnung das Integral

$$2 \int_0^{\frac{1}{2}\pi} \left(\frac{\sin(\pi b \lambda^{-1} \sin \psi)}{\pi b \lambda^{-1} \sin \psi} \right)^2 d\psi,$$

welches für jede Farbe die Gesamtintensität des gebeugten Lichtes ausdrückt, von λ unabhängig wäre, was aber offenbar nicht der Fall ist. Gegen die Beugungserscheinungen

läßt sich also überhaupt der obige Einwand nicht geltend machen.

Die im vorigen Paragraphen aufgezählten und als Beugungsphänomene aufgefaßten Thatsachen haben Babinet veranlaßt, als *Postulat* den Satz aufzustellen, daß die Strahlen kurzer Wellenlänge durch Hindernisse, welche nicht specifischer Natur sind (das heißt wohl durch feine Körperchen, gleichviel aus welcher Materie sie bestehen) eher vernichtet werden, als die längeren Wellen. Dieser Satz ist z. B. in *Billet, Traité d'optique physique, Tome I p. 166*, als »Babinet's Princip« aufgeführt. Die gegenwärtige Arbeit, ebenso wie die frühere oben citirte, können daher als Versuche betrachtet werden, dieses bisher nicht bewiesene Princip von Babinet mit den Grundlehren der Undulationstheorie zu verknüpfen.

VI. *Bestimmung der Brechungsexponenten und specifischen Gewichte einiger flüssigen Haloidverbindungen; von Dr. A. Haagen.*

Die nachfolgenden Bestimmungen, welche ich im Laboratorium des Hrn Prof. Landolt ausgeführt habe, sind zu dem Zwecke unternommen worden, die Refractionsäquivalente einer Anzahl von Elementen abzuleiten.

Zur Ermittlung der Brechungsindices dienten zwei Meyerstein'sche Spectrometer. Das größere mit Nonien-Ablesung von 10 Secunden gestattete die Exponenten sicher auf vier Decimalen, schwankend in der fünften um vier Einheiten zu bestimmen. Das kleinere Instrument, welches zur Untersuchung der rauchenden Chlorverbindungen benutzt wurde, ließ die Winkel auf eine Minute ablesen; die mit demselben ermittelten Indices sind auf drei Decimalen genau, die vierte schwankt um drei bis vier Einheiten. Die angewandte Methode war stets die der Minimalablenkung.