

Krystallwinkelmessungen dient, aber auch mit einer Collimatorspalte und einem beweglichen Fernrohr versehen ist. In letzteres wurde zufällig vor einiger Zeit eine achromatische Objectivlinse gesetzt. Beobachtete man nun mit diesem Fernrohr das Spectrum und verschob das Prisma mit dem Schlittenapparate des Instrumentes senkrecht zur Richtung des Fernrohres nach seiner dickeren Seite, so konnte man sehr schön sehen, wie die normale Dispersion in die anormale überging, sobald die abgelenkten Strahlen nicht mehr die Mitte der Objectivlinse trafen.

XI. *Zur Erklärung der abnormen Farbenfolge
im Spectrum einiger Substanzen;
von Sellmeier in Neu-Britz bei Rixdorf
unweit Berlin.*

Von der von Christiansen und Kundt beobachteten aufsergewöhnlichen Reihenfolge der Farben im Spectrum einiger Körper hat wohl Niemand mit größerem Interesse Kenntniß genommen, als ich, der Verfasser dieser Zeilen. Es machte diese neu entdeckte Erscheinung auf mich nicht den Eindruck von Etwas Unerwartetem und Unerklärlichem; ich hatte sie vielmehr schon vor Jahren aus theoretischen Gründen vermuthet, ja sie war schon 1866, und zwar ebenfalls an einer Fuchsin-Lösung, von mir selbst gesucht worden, obgleich ohne Erfolg. Es möge mir daher erlaubt seyn, die Gründe auseinander zu setzen, welche mich eine so ungewöhnliche Erscheinung vorhersehen ließen.

Die Dispersion, deren befriedigende Erklärung seither eine noch ungelöste Aufgabe war, ist schon seit Langem dann und wann ein bevorzugter Gegenstand meines Nachdenkens gewesen. Ausgehend von der Ansicht, daß die

Verschiedenheit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes in den ponderabeln Mitteln eine directe Wirkung der durch die Aetherschwingungen in Mitschwingen versetzten Körpertheilchen sey, gelang es mir, eine Erklärung aufzufinden, welche allen Ansprüchen auf Klarheit und Folgerichtigkeit zu genügen schien. Eine besondere Eigenthümlichkeit dieser Erklärung war, dafs sie eine Beziehung enthielt zwischen der Dispersion und der Absorption des Lichts, welche sich folgendermassen aussprechen läfst: Wenn ein Körper Theilchen enthält, welche das Licht von einer bestimmten Schwungsdauer absorbiren, so verändern diese Theilchen bei dem Lichte von anderer Schwungsdauer den Brechungsexponenten; sie vergrößern denselben, wenn die Schwungsdauer gröfser, sie verkleinern ihn, wenn sie kleiner ist, als die des absorbirten Lichtes; und zwar nimmt diese Wirkung nicht nur zu, wenn sich die Schwungsdauer des gebrochenen Lichtes der des absorbirten nähert, sondern es ist auch diese Zunahme selbst eine wachsende. Diese Beziehung erschien mir als von grofser Wichtigkeit; denn sie war nicht nur im Stande, den die vollständige Achromatisirung der Linsen so erschwerenden unproportionalen Gang der Dispersion bei den verschiedenen Körpern zu erklären, sondern sie machte es auch möglich, meine Theorie an der Hand der Erfahrung zu prüfen.

Diese Prüfung geschah in folgender Weise.

Stellen in einem Coordinatensystem die Abscissen die reciproken Werthe der Quadrate der Schwungsdauern, die Ordinaten die Brechungsexponenten vor, so liegen die Endpunkte der letzteren in einer Curve, welche ich die Dispersionscurve nennen will. Sind die Brechungsexponenten für die Fraunhofer'schen Linien $B, C, \dots H$ bekannt, so kennt man sieben Punkte dieser Curve; verbindet man dieselben durch gerade Linien, so sind dies Sehnen, deren Neigungen zur Abscissenaxe sich leicht bestimmen lassen, indem man, um die Tangenten dieser Neigungswinkel zu erhalten, nur die Differenzen der Ordinaten durch die der Abscissen zu dividiren braucht. Sind also τ_1 und τ_2 zwei

Schwingungsdauern des Lichtes, n_1 und n_2 die denselben entsprechenden Brechungsexponenten des Körpers, und ist α die Neigung der die oberen Endpunkte von n_1 und n_2 verbindenden Sehne zur Abscissenaxe, so ist

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{n_2 - n_1}{\frac{1}{v_2^2} + \frac{1}{v_1^2}} = \frac{An}{A \frac{1}{v^2}}.$$

Aus den Aenderungen, welche diese Neigungstangente, wie ich den Werth von $\frac{An}{A \frac{1}{v^2}}$ nennen will, von einer Sehne

zur anderen erfährt, läßt sich nun, wie man leicht einsieht, auf die Beschaffenheit der Dispersionscurve schließen.

Wären in einem Körper diejenigen Theilchen, welche auf die Aetherwellen eine absorbirende Wirkung ausüben, gar nicht vorhanden, so würde, wie die erwähnte Theorie ergibt, die Neigungstangente vom Roth zum Violet kaum merklich steigen: die Dispersionscurve würde also kaum merklich von einer geraden Linie abweichen. In Folge der Wirkung der absorbirenden Theilchen auf die Brechung wird aber, wenn das oben ausgedrückte Gesetz richtig ist, diese Geradlinigkeit der Dispersionscurve gestört, und zwar wird die letztere in einer Weise gekrümmt, die sich leicht voraussehen läßt, wenn man weiß, welche Theile des Spectrums absorbirt werden.

Des bequemern Ausdrucks halber will ich in dem Folgenden den in Bezug auf die Tonscale herrschenden Sprachgebrauch auch auf das Licht anwenden, nämlich Das unten nennen, was sich auf die langsamere, und Das oben, was sich auf die schnellere Schwingungen bezieht.

Ich richtete nun meine Betrachtungen zuerst auf die durchsichtigen Körper, und unterschied bei denselben drei Hauptfälle, jenachdem bloß die unterrothen Strahlen, oder bloß die übervioletten, oder beide zugleich und in gleichem Grade der Absorption unterliegen.

Der Theorie zufolge sind dann durch die Wirkung der absorbirenden Körpertheilchen die Brechungsexponenten im

ersten Falle *verkleinert*, am meisten am untern Ende des sichtbaren Spectrums, im zweiten sind dieselben *vergrößert*, vorzugsweise am obern Ende, und im dritten sind sie im untern Theile des Spectrums *verkleinert*, im oberen *vergrößert*.

Wenn man beachtet, daß diese verkleinernde oder vergrößernde Wirkung nach dem betreffenden Ende des Spectrums hin in *wachsendem Grade* zunimmt, so sieht man, daß die Dispersionscurve im ersten Falle nach unten hin abwärts, im zweiten nach oben hin aufwärts, und im dritten an ihrem untern Ende abwärts und zugleich am oberen aufwärts gekrümmt ist.

Hieraus läßt sich in Bezug auf die Aenderungen der Neigungstangente bei wachsender Abscisse, d. h. wenn man vom untern Ende des sichtbaren Spectrums nach dem oberen fortschreitet, Folgendes schließen: Im ersten Falle nimmt die Neigungstangente ab, und zwar zuerst am schnellsten, dann immer langsamer; im zweiten nimmt sie zu, und zwar in fortwährend wachsendem Maasse, und im dritten nimmt sie in der ersten Hälfte des Spectrums ab, in der zweiten wieder zu, so daß in diesem dritten Falle das Minimum der Neigungstangente in der Mitte des Spectrums liegt.

In Bezug auf die Ausdehnung der Farben im Spectrum kann man noch Folgendes bemerken: Im ersten Falle erscheinen die Farben im untern Theile des Spectrums auseinandergezogen, im obern zusammengedrängt, im zweiten findet das Umgekehrte Statt, und im dritten erscheinen sie an beiden Enden des Spectrums auseinandergedehnt und in der Mitte desselben zusammengedrängt, wie denn überhaupt die Farben da am meisten einander genähert sind, wo die Neigungstangente am kleinsten ist.

Da die meisten transparenten Körper keinen dieser drei Hauptfälle entsprechen werden, so muß man noch die Zwischenfälle in Betracht ziehen. Denkt man sich zuerst die unterrothen und die übevioletten Strahlen in gleichem Grade absorbirt, und läßt man dann die Absorption der erstern

allmählig abnehmen, so stellt dies den Uebergang vom dritten Hauptfalle zum zweiten dar, wobei das Minimum der Neigungstangente, wie man leicht einsieht, von der Mitte des Spectrums nach dem untern Ende und darüber hinaus sich allmählig verschieben muß; läßt man dagegen die Absorption der übervioletten Strahlen abnehmen, so muß bei diesem Uebergange vom dritten zum ersten Falle das Minimum der Neigungstangente von der Mitte des Spectrums nach dem obern Ende hin wandern.

Es müßten jetzt aus den Brechungsexponenten der Körper die Neigungstangenten berechnet werden, um zu sehen ob deren Aenderungsweise mit der aus der Theorie hergeleiteten übereinstimme. Indem ich die der Linie *F* entsprechende Wellenlänge zur Einheit nahm, bezeichneten die so erhaltenen Wellenlängen-Zahlen zugleich auch die Schwingungsdauern, wenn die der Linie *F* entsprechende Schwingungsdauer ebenfalls zur Einheit genommen wird. Indem ich nun aus den von Ångström, Bernard, Ditscheiner und Mascart gemessenen Wellenlängen das Mittel nahm, erhielt ich folgende Werthe von $\frac{1}{v^2}$ und $\Delta \frac{1}{v^2}$:

	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>
$\frac{1}{v^2} =$	0,5007	0,5488	0,6807	0,8510	1,0000	1,2731	1,5005
$\Delta \frac{1}{v^2} =$	0,0481	0,1319	0,1703	0,1490	0,2731	0,2274.	

Ich will, um hier einige Beispiele mitzutheilen, drei Körper auswählen, welche als Repräsentanten der drei Hauptfälle dienen können, nämlich das Wasser, den Schwefelkohlenstoff und das Fraunhofer'sche Kronglas No. 9. Die Brechungsexponenten des ersten und dritten Körpers sind von Fraunhofer, die des zweiten von Verdet.

	1. Hauptfall. Wasser.		2. Hauptfall. Schwefelkohlenstoff.		
	Brechungs- exponent n	Neigungs- tangente $\frac{An}{A \frac{1}{r^2}}$	n	$\frac{An}{A \frac{1}{r^2}}$	
<i>B</i>	1,330977	}	1,6114	}	
<i>D</i>	31709		0,0152		0,069
<i>D</i>	33577		142		71
<i>E</i>	35849		134		75
<i>F</i>	37788		130		80
<i>G</i>	41261		127		88
<i>G</i>	41261		127		88
<i>H</i>	44162		127		103

3. Hauptfall. Kronglas No. 9.			
n	$\frac{An}{A \frac{1}{r^2}}$		
<i>B</i>	1,525832		
<i>C</i>	26849	}	
<i>C</i>	29587		0,0211
<i>E</i>	33055		207
<i>F</i>	36052		204
<i>G</i>	41657		202
<i>G</i>	41657		202
<i>H</i>	46566		206
<i>H</i>	46566		216

Man sieht, wie ausgezeichnet bei diesen drei Körpern die wirkliche Aenderungsweise der Neigungstangente mit der theoretisch vorhergesehenen übereinstimmt.

Alle transparenten Körper, bei denen ich eine solche Vergleichung ausführen konnte, d. h. von denen mir sowohl hinreichend genaue Brechungsexponenten vorlagen, als auch die absorbirenden Eigenschaften bekannt waren, sprachen für die Theorie, keiner dagegen. Die Zahl dieser Körper war aber nicht groß, und auch aus andern Gründen schien mir deren Beweiskraft nicht genügend zu seyn.

Indem ich mich jetzt einer zweiten Klasse von Körpern zuwandte, nämlich den undurchsichtigen, erinnerte ich mich, daß man bei den Metallen aus der Abnahme des Haupteinfallswinkels vom Roth zum Violett schon längst auf eine Abnahme des Brechungsexponenten in derselben Richtung geschlossen hat. Diese vollständige Umkehrung der sonstigen Regel findet nur im obigen Gesetz eine sehr leichte Erklärung; durchschreitet man nämlich das Spectrum vom Roth zum Violett, so wird bei jedem Schritt die Menge derjenigen absorbirenden Theilchen, welche den Brechungsexponenten vergrößern, vermindert, und die Zahl derer, welche ihn verkleinern, vermehrt. Ich hielt jedoch jenen Schluß von der Abnahme des Haupteinfallswinkels auf die des Brechungsexponenten nicht für sicher genug, und ich konnte daher in den Metallen wohl eine Stütze für meine Theorie sehen, aber keinen Beweis.

Eine, wie mir scheint, vollständig genügende Entscheidung konnte ich nur von einer dritten Klasse von Körpern erwarten, nämlich solchen, welche nur den mittleren Theil des Spectrums absorbiren, den unteren und oberen aber durchlassen. Bei diesen Körpern sind, wenn die Theorie richtig ist, durch die Wirkung der absorbirenden Theilchen die Brechungsexponenten im untern Theile des Spectrums vergrößert, im obern verkleinert, und Beides um so mehr, je mehr man sich den Grenzen des absorbirten Theiles nähert. Wenn daher die Absorption einen gewissen Stärkegrad besitzt, so muß das obere Ende des untern sichtbaren Theiles im Spectrum stärker gebrochen werden, als das untere Ende des obern. Ein aus einer solchen Substanz bestehendes Prisma wird also ein Spectrum erzeugen, in welchem unter

Verdrängung des Absorptionsstreifens die Farben des untern Theiles und die des obern mehr oder weniger über einander hinweg verschoben sind. Ist die Absorption weniger intensiv, so wird Vorstehendes zwar nicht der Fall seyn; wenn man dann aber im Stande ist, in jedem der beiden unabsorbirten Theile des Spectrums die Brechungsexponenten von drei oder wenigstens zwei Fraunhofer'schen Linien genau genug zu messen, so hat man ein anderes Mittel, die Wirkung der absorbirenden Theilchen auf die Brechung darzuthun. Von den beiden Zweigen nämlich, in welche die Dispersionscurve durch die Absorption getheilt wird, ist durch die Wirkung der absorbirenden Theilchen der untere an seinem obern Ende aufwärts, der obere an seinem untern Ende abwärts gebogen; die Neigung zur Abscissenaxe ist also in beiden Zweigen vergrößert, am meisten an den Grenzen der absorbirten Stelle des Spectrums. Verbindet man aber einen obern Punkt des untern Zweiges mit einem untern Punkt des obern durch eine Sehne, so muß deren Neigung zu Abscissenaxe sehr merklich kleiner seyn, d. h. es muß hier der Werth von $\frac{An}{A \cdot \frac{1}{v^2}}$ auffallend kleiner ausfallen, als vorher und nachher.

Eine Uebereinanderschiebung der Farben am Spectrum eines Körpers dieser Klasse war noch nicht beobachtet worden; eben so wenig aber war es mir möglich, auf einen solchen die Methode der Neigungstangenten anzuwenden, weil es mir nicht gelang, unter den bereits gemessenen Brechungsexponenten für die Fraunhofer'schen Linien solche aufzufinden, welche sich auf einen dieser Körper beziehen.

Unter diesen Umständen beschloß ich selbst einen Versuch anzustellen, und wählte dazu das Fuchsin, weil ich diesen Körper sowohl wegen seiner energischen Lichtabsorption, als auch wegen der günstigen Lage der durch ihn absorbirten Stelle im Spectrum für den geeignetsten hielt. Ich verschaffte mir durch das Handlungshaus Luhme

in Berlin (April 1866) ein Hohlprisma, welches der Quere nach in zwei Hälften getheilt war. Die eine Hälfte füllte ich mit einer verdünnten Fuchsinlösung (*A*), die andere bloß mit dem Lösungsmittel (*B*), um Beider Spectren leicht mit einander vergleichen zu können. Der Versuch entsprach aber leider nicht meinen Erwartungen. Von den Fraunhofer'schen Linien waren kaum Spuren wahrzunehmen, mochte ich mit bloßem Auge oder mittelst eines Taschenfernrohrs beobachten; meine Hoffnung, die ungleiche Verschiebung dieser Linien im Spectrum *A* gegen die im Spectrum *B* wahrnehmen zu können, wurde also nicht erfüllt. Eine Verschiebung der Farben im Spectrum *A* gegen die in *B* war ebenfalls nicht sicher festzustellen. Endlich war der Absorptionsstreifen in *A*, von dem ich gehofft hatte, daß er durch die Wirkung der absorbirenden Theilchen auf die Brechung verdrängt seyn möchte, nicht nur vorhanden, sondern er verbreiterte sich auch bei zunehmender Concentration. Ich schloß daraus, daß die Vergrößerung des Brechungsexponenten des Fuchsin im Roth und seine Verkleinerung im Blau nicht hinreichend sey, um das Wachsen desselben im Lösungsmittel vom Roth bis zum Blau aufzuheben. Auf den glücklichen Gedanken Soret's, die brechende Kraft des Lösungsmittels unwirksam zu machen, kam ich nicht; eine stärkere Concentration war wegen des großen brechenden Winkels von 60° nicht anwendbar, und ich gab, vielleicht etwas voreilig, den Versuch auf. In meiner Entmuthigung hielt ich es jetzt sogar für wahrscheinlich, daß die Wirkung der absorbirenden Theilchen im Fuchsin zu klein sey, um bei ihm, selbst im ungelösten Zustande, eine Uebereinanderverschiebung der Farben hervorbringen zu können, und fand diese Ansicht unterstützt durch die Kleinheit der Aenderung der Neigungstangente beim Wasser und Schwefelkohlenstoff trotz der großen absorbirenden Kraft dieser Körper für die unterrothen oder übervioletten Strahlen. Es blieb mir daher nur noch die Hoffnung, den Einfluß der absorbirenden Theilchen auf die Brechung auch bei dieser Klasse von Kör-

pern durch die Aenderungen der Neigungstangente darthun zu können, wozu mir aber bis jetzt noch die Brechungsexponenten fehlten, welche selbst zu messen ich nicht eingerichtet war.

So stand die Sache, als ich in den Nummern 19 und 20 des »Naturforscher« die Mittheilungen über die Beobachtungen von Christiansen und Kundt las, und man kann sich nun die Freude vorstellen, welche ich dabei empfand. Die vollständige Uebereinstimmung dieser Beobachtungen mit der Theorie liegt so sehr auf der Hand, daß sie kaum eines näheren Nachweises bedarf. Nach Christiansen sind die Brechungsexponenten der concentrirten Fuchsinlösung folgende:

<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>
1,450	1,502	1,561	1,312	1,285	1,312

Die Linien *B*, *C* und *D* liegen unterhalb der absorbirten Stelle im Spectrum; deren Brechungsexponenten sollen daher nach der Theorie durch die Wirkung der absorbirenden Theilchen vergrößert seyn, und zwar von *B* bis *D* in wachsendem Grade. Demzufolge muß der Brechungsexponent von *B* bis *D* ungewöhnlich stark zunehmen. In der That beträgt diese Zunahme mehr als acht mal so viel, als beim Schwefelkohlenstoff zwischen denselben Linien, und doch gehört der letztere zu den Körpern mit sehr starker Dispersion. Die Linien *F*, *G* und *H* liegen oberhalb der absorbirten Stelle; ihre Brechungsexponenten sollen daher durch die absorbirenden Theilchen verkleinert seyn. In der That sinkt von *D* bis *F* der Brechungsexponent fast um drei mal so viel, als er beim Schwefelkohlenstoff auf der ganzen Strecke von *B* bis *H* steigt! Daß er in der Fuchsinlösung oberhalb der Linie *F* nicht sofort wieder zunimmt, rührt einfach davon her, daß die Absorption nicht auf den Raum zwischen *D* und *F* beschränkt ist, sondern, wenn auch immer schwächer werdend, noch über *F*, ja über *G* hinaus sich erstreckt. — Die Brechungsexponenten des als Lösungsmittel gebrauchten Alkohols sind nach Baden-Powell folgende:

<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>
1,3628	1,3633	1,3654	1,3675	1,3696	1,3733	1,3761

Bestände also das Fuchsin blofs aus den absorbirenden Theilchen, so würde die Wirkung der letztern auf den Brechungsexponenten durch folgende Zahlen sich ausdrücken lassen:

<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>G</i>
+0,087;	+0,139;	+0,196;	-0,058;	-0,088;	-0,064.

Wegen der nicht absorbirenden Theilchen des Fuchsin müssen jedoch die positiven Zahlen dieser Reihe etwas verkleinert, die negativen etwas vergrößert werden.

Nach Kundt findet eine abnorme Reihenfolge der Farben im Dispersionsspectrum bei fast allen Körpern statt, welche im festen Zustande eine deutliche Oberflächenfarbe besitzen. Es erklärt sich dieses einfach dadurch, dafs diese Oberflächenfarbe, den Metallfarben namentlich auch darin ähnlich, dafs sie, wie beim Golde, der Farbe des durchgelassenen Lichtes angenähert complementar ist, stets eine sehr energische Lichtabsorption anzeigt.

Ich halte jetzt die von mir aufgefundene Erklärung der Dispersion, wenigstens was die Abhängigkeit der letztern von der Absorption anbetrifft, für hinlänglich gesichert, und hoffe nunmehr die Betrachtungen, welche mich zu dieser Entdeckung geführt haben, bald veröffentlichen zu können.

XII. *Ueber eine neue vortheilhafte Erregungsweise der Influenz-Maschinen;* von *W. Musaeus*,

Lehrer an der höheren Bürgerschule zu Charlottenburg.

Die gewöhnliche Weise, Influenz-Maschinen zu erregen, besteht darin, dafs man eine Platte aus Kammmasse, welche auf einem schlecht leitenden Körper liegt, mit Fuchsschwanz,