

III.

Versuche und Berechnungen zur physikalischen Optik,

VON

THOMAS YOUNG, M. D., F. R. S.

Uebersetzt vom Prof. Lüdicke in Meissen *).

Mit einigen Erläuterungen und Bemerkungen.

1. Allgemeines, aus Versuchen bewiesenes Gesetz der Vermischung des Lichts.

Bei einigen Versuchen, welche ich über die Farbenstreifen, mit denen Schatten versehen sind, angestellt habe, bin ich auf einen Beweis eines allgemeinen Gesetzes der Vermischung zweyer Lichtbündel gekommen, der eben so einfach als überzeugend ist. Ich habe mich bemüht, ihn fest zu begründen, und halte ihn jetzt für geeignet, ihn der königlichen Societät vorzulegen in einer kurzen Uebersicht der Beobachtungen, welche mir entscheidend zu seyn scheinen. Der Satz, den ich darthun will, ist: *„dass die Farbenstreifen durch Vermischung zweyer Lichtbündel hervorgebracht*

*) Aus den *Philosophical Transactions of the Roy. Soc. of London* for 1804. G.

werden“ *). Dieses wird, hoffe ich, selbst von denen nicht abgeläugnet werden, welche am meisten dagegen eingenommen sind; denn ich denke die Wahrheit dieses Satzes durch Versuche zu beweisen, die sehr leicht und ohne allen andern Apparat, als den jeder bei der Hand hat, sobald nur die Sonne scheint, wiederholt werden können.

Versuch 1. Ich machte eine kleine Oeffnung in einen Fensterladen und bedeckte sie mit einem Stücke starken Papiers, das mit einer feinen Nadel durchbohrt war. Zu mehrerer Bequemlichkeit bei dem Beobachten brachte ich einen kleinen Spiegel ausserhalb am Fensterladen in einer solchen Lage an, daß er das Sonnenlicht beinahe horizontal auf die entgegengesetzte Wand warf, und einen Kegel divergirenden Lichtes über eine Tafel führte, auf welcher sich verschiedene kleine Schirme von Kartenspappe befanden. In den Sonnenstrahl brachte ich einen Kartenstreifen, der $\frac{1}{8}$ Zoll breit war, und beobachtete den Schatten desselben entweder an der Wand, oder an andern in verschiedenen Entfernungen gehaltenen Karten. Es erschienen nicht blos Farbenräume an jeder Seite des Schattens, sondern auch der Schatten selbst wurde durch ähnliche parallele Streifen von geringerer Breite getheilt, deren Menge von der Entfernung abhing, in wel-

S 2

*) Lichtportionen nach den Worten des Verfassers, dessen Satz so lautet: *that fringes of colours are produced by the interference of two portions of light.* L.

cher der Schatten beobachtet wurde; doch blieb die Mitte des Schattens allezeit weils. Diese Streifen sind die gemeinschaftlichen Effecte der Lichtbündel, welche auf jeder Seite des Kartenstreifen in den Schatten inflectirt oder vielmehr diffrangirt werden. Denn, wenn man einen kleinen Schirm wenige Zoll von dem Kartenstreifen so stellt, daß er eine der Gränzen des Schattens an seinem Rande auffängt (*so as to receive either edge of the shadow on its margin*), so verschwinden sogleich alle Streifen, welche man vorher in dem Schatten an der Wand bemerkte, obgleich das auf der andern Seite gebeugte Licht in seinem Fortgange nicht aufgehalten wird, und obgleich dieses Licht jede Veränderung leiden muß, welche die Nähe des andern Randes des Kartenstreifen zu veranlassen vermögend war. Rückt man den dazwischen gestellten Schirm von dem schmalen Kartenstreifen weiter ab, so muß er natürlich tiefer in den Schatten eindringen, um die Parallelstreifen auszulöschen; denn an diesen Stellen ist das Licht, welches von dem Rande des Objects diffrangirt wird, weiter in den Schatten nach den Säumen zu eingedrungen. Dieses geschieht also nicht sowohl aus Mangel an einer hinreichenden Dichtigkeit des Lichts, als, weil einer der beiden Lichtbündel unvermögend ist, diese Streifen allein hervorzubringen: denn, wenn die beiden Lichtbündel nicht unterbrochen werden, so erscheinen die farbigen Linien, selbst wenn die

Dichtigkeit des Lichtes auf den zehnten oder zwanzigsten Theil vermindert worden ist.

Versuch 2. Die büschel- (oder franzen-) förmigen Streifen, welche der scharfsinnige und genau beobachtende Grimaldi beschrieben hat, geben zu einer schönen Abänderung des vorhergehenden Versuchs Veranlassung, und zu einem trefflichen Beispiel einer sich darauf gründenden Rechnung. Wird der Schatten von einem rechtwinklich gebogenen Gegenstande gebildet, so zeigen sich, außer den gewöhnlichen äußern Streifen, zwei oder drei Säume abwechselnder Farben, welche von der Linie, die den Winkel halbirt, ihren Anfang nehmen und sich auf jeder Seite derselben in krummen Linien ausbreiten, die die convexe Seite gegen diese Theilungslinie kehren, und deren Neigung gegen dieselbe desto größer wird, je weiter sie sich von dem Scheitel des ausgehenden Winkels entfernen. Diese Säume sind ebenfalls der gemeinschaftliche Effect des Lichts, welches von jedem der beiden Ränder des Objects in den Schatten gebeugt wird; denn, wenn ein Schirm nur wenige Zoll von dem Objecte so gestellt wird, daß er bloß den Schatten des einen Randes auffängt, so verschwinden alle Streifen. Wenn hingegen die rechtwinklichte Ecke des Schirms in die Spitze des Schattens so gestellt wird, daß sie bloß das Aeußerste vom Winkel des Schattens auffängt, so bleiben die Streifen ungestört.

2. *Verhältnisse der bei verschiedenen Versuchen gefundenen Maasse.*

Um die Maasse der Streifen unter verschiedenen Umständen zu untersuchen, müssen wir die Differenzen der Längen der von denjenigen Lichtbündeln beschriebenen Bahnen berechnen, welche, wie erwiesen worden, an Hervorbringung der Streifen Theil haben *). Hierbei findet sich nun, daß das Licht allezeit weiß bleibt, wenn die Längen beider Bahnen gleich sind; daß aber, wenn entweder das hellste Licht oder das Licht irgend einer gegebenen Farbe ein- zwei- dreimal verschwindet und wiedererscheint, die Differenzen der Längen der Bahnen der beiden Lichtbündel sich in einer arithmetischen Progression befinden, so nahe als das von Versuchen dieser Art sich erwarten läßt. In dieser Rücksicht will ich die aus einigen Ver-

*) *The differences of the lengths of the paths described by the portions of light, which have thus been proved to be concerned in producing those fringes.* Herr Young schreibt so dunkel, daß häufig ein anhaltendes Studium erfordert wird, um seinen Sinn richtig aufzufassen. Der Leser hat sich wahrscheinlich schon in dem vorigen Stücke der Annalen, wo der Verf. Fälle von einer noch nicht beschriebenen Entleerung von Farben, und ein allgemeines Gesetz für dieselben angiebt (S. 206 f.), in einiger Verlegenheit befunden, was er daselbst S. 208 f. (einer Stelle, die dem Folgenden zur Erläuterung dient) unter *the lengths of the paths* verstehen, und wie er sich Hrn. Young's allgemeines Gesetz auslegen soll. Unter den Bemerkungen am Ende dieses Aufsatzes steht eine Erläuterung von Hrn. Prof. Mollweide, welche den Schlüssel zu diesem dunkeln Ausdrucke, und zum Verständnisse der folgenden Rechnungen enthält. *Gilbert,*

suchen Newton's hergeleiteten *Maasse* mit denen aus meinen Versuchen vergleichen.

Newton beschreibt im dritten Buche seiner Optik in der 8ten und 9ten Beobachtung einige Versuche, welche, verbunden mit der 3ten Beobachtung, die nöthigen Angaben für die Rechnung hergeben. Zwei Messerklingen, deren Schneiden mit einander einen sehr spitzen Winkel machten, wurden in einen Sonnenstrahl gebracht, der durch eine sehr kleine Oeffnung einfiel, und der Vereinigungspunct der zwei ersten dunkeln Linien, welche die Schatten dieser Klingen umgaben, bei verschiedenen Entfernungen beobachtet. Die Erfolge von sechs Beobachtungen befinden sich in den ersten drei Linien der *ersten Tafel*. Aus ihnen ließ sich unter der Voraussetzung, daß die dunkle Linie durch die erste Vermischung des von den *Messerschneiden* reflectirten Lichts mit dem zwischen denselben hindurchgegangenen geradlinigten Lichte entstanden sey, durch Berechnung der Differenz der beiden Bahnen, der Zwischenraum für die erste Verschwindung des hellsten Lichtes finden, und dieser steht in der vierten Linie der ersten *Tafel*. Die *zweite Tafel* enthält die Erfolge einer ähnlichen Rechnung aus Newton's Beobachtungen an dem Schatten eines *Haars*, und die *dritte Tafel* aus meinen eigenen Versuchen von derselben Art, indem vorausgesetzt wird, daß die zweite helle Linie einem doppelten Zwischenraume, die zweite dunkle Linie einem dreifachen Raume und die folgenden

Linien der fortgesetzten Progression angehören.
Die Einheit bei allen Tafeln ist ein Zoll.

Erste Tafel. (Newton's Observ. 9.)

Entfernung der Schneiden von der Oeffnung	-	-	101"
Entfernung des Papiers von den Schneiden	$1\frac{1}{2}$; $3\frac{1}{4}$; $8\frac{3}{4}$; 32 ; 96 ; 131		
Weite der Schneiden dem Vereinigungspuncte ge- genüber	0,012 ; 0,020 ; 0,034 ; 0,057 ; 0,081 ; 0,087		
Verschwindungs- raum	0,0000122 ; 0,0000155 ; 0,0000182 ; 0,0000167 0,0000166 ; 0,0000166		

Zweite Tafel (Newton's Observ. 3.)

Breite des Haars	-	-	$2\frac{1}{8}$ "
Entfernung des Haars von der Oeffnung	-	-	144
Entfernung der Scale von der Oeffnung	-	150 ; 252	
Breite des Schattens	-	$\frac{1}{4}$; $\frac{1}{5}$	
Breite zwischen dem zweiten Paare heller Linien	-	$2\frac{1}{7}$; $1\frac{1}{7}$	
Verschwindungsraum oder die halbe Differenz der Bahnen	0,0000151 ; 0,0000173		
Breite zwischen dem dritten Paare heller Linien	-	$\frac{1}{3}$; $\frac{1}{5}$	
Verschwindungsraum oder $\frac{1}{2}$ der Differenz	-	0,0000130 ; 0,0000143	

Dritte Tafel. Versuch 3.

Breite des Objects	-	-	0,434
Entfernung des Objects von der Oeffnung	-	-	125
Entfernung der Wand von der Oeffnung	-	-	250
Entfernung des zweiten Paares dunkler Linien von einander	-	-	1,167
Verschwindungsraum, ein Drittel der Differenz	-	-	0,0000149

Versuch 4.

Dicke des Drahtes	-	-	0,083"
Entfernung des Drahts von der Oeffnung			32
Entfernung der Wand von der Oeffnung	-		250
Breite des Schattens bei			
drei Messungen	0,815; 0,826; 0,827.	Mittel	0,823
Entfernung des 1. Paares der			
dunkeln Linien	1,165; 1,170; 1,160.	Mittel	1,165
Verschwindungsraum	-		0,0000194
Entfernung des 2. Paares der			
dunkeln Linien	1,402; 1,395; 1,400.	Mittel	1,399
Verschwindungsraum	-	-	0,0000137
Entfernung des 3. Paares der			
dunkeln Linien	1,594; 1,580; 1,585.	Mittel	1,586
Verschwindungsraum	-	-	0,0000128

Aus fünf Beobachtungen von den sechs der ersten Tafel, (wo die Entfernung des Schattens sich von 3 Zoll bis auf 11 Fuß veränderte, und die Breite der Streifen nach dem Verhältnisse wie 7 zu 1 vergrößert wurde,) erhellet, daß der Unterschied der Bahnen, welcher den Verschwindungsraum giebt, (*the difference of the routes constituting the interval of disappearance,*) nur höchstens um $\frac{1}{11}$ genommen hatte *), und daß er bei drei Beobachtungen unter diesen fünf mit dem Mittel entweder genau oder bis auf $\frac{1}{11}$ übereinkömmt. Dieses veranlaßt mich, zu schliessen, daß der Zwischenraum, welcher dem Verschwinden des hellsten Lichtes zukommt, entweder völlig oder sehr nahe beständig sey.

*) S. die Erläuterung des Herrn Prof. Mollweide's am Ende dieses Aufsatzes. G.

Jedoch kann man aus der Vergleichung mit allen andern Beobachtungen den Schluß ziehen, daß, wenn die Schiefe der Reflexion sehr groß ist, einige Umstände Statt finden, welche machen, daß der Raum, den wir so berechnet haben, etwas größer wird; so kömmt er in der siebenten Zeile der vierten Tafel um $\frac{1}{8}$ größer heraus, als das Mittel der fünf vorhergehenden betrug. Dagegen ist das Mittel von zwei Newton'schen und einem meiner Versuche um $\frac{1}{4}$ kleiner, als die vorhergehenden. In Ansehung dieses Umstandes kann ich für jetzt nichts Bestimmtes sagen, jedoch vermuthe ich, daß er einer Ablenkung des Lichts von der geradlinigten Richtung zuzuschreiben sey, welche entweder aus der gewöhnlichen Diffraction, wodurch der Schatten ebenfalls erweitert wird, oder von einer andern unbekannten Ursache entsteht. Wenn wir uns vorstellten, der Schatten des Drahtes und die nächsten Streifen wären so zusammengezogen worden, daß die Bewegung des an den Schatten grenzenden Lichts geradlinigt sey, so würde man hieraus einen hinreichenden Grund dieser Ablenkung entlehnen können: allein es ist schwer, genau diejenige Richtung des Lichts anzugeben, welche das Bedürfnis einer Correction veranlaßt.

Das Mittel der drei Versuche, welche von dieser unbekannten Ablenkung am wenigsten zu leiden schienen, giebt 0,0000127 für den Raum, welcher der Verschwindung des hellsten Lichtes zugehört; und man kann hieraus schließen, daß, wenn

sie hier gar keinen Einfluss gehabt hätte, die Maasse noch etwas kleiner gewesen wären. Nun ist derselbe Zwischenraum, welcher aus den Newton'schen Versuchen mit dünnen Scheiben folgt, $= 0,0000112$, also nur um $\frac{1}{3}$ kleiner als der vorige; eine Uebereinstimmung, welche hinlänglich zu beweisen scheint, daß man diesen beiden Arten der Erscheinungen einerlei Ursache zuzuschreiben habe. Bei den Farben der dünnen Scheiben läßt es sich sehr leicht zeigen, daß eine jede Art des Lichts verschwindet und wiedererscheint, wenn die Differenzen der Bahnen der beiden Lichtbündel sich in einer arithmetischen Progression befinden, und wir haben gesehen, daß dieses Gesetz auf die Erscheinungen des gebeugten Lichtes, auch ohne analogisch zu schliessen, allgemein angewendet werden könne.

Die Vertheilung der Farben ist auch in beiden Fällen einander so ähnlich, daß man unmittelbar hieraus auf die Aehnlichkeit der Fälle schliessen kann. Newton bemerkt in seiner Optik, 13te Beobachtung des zweiten Theils des ersten Buchs, daß der Zwischenraum der Gläser da, wo die Ringe in rothem Lichte erscheinen, sich zu dem Zwischenraum für violettes Licht verhalten habe wie $14 : 9$, und in der 11ten Beobachtung des dritten Buchs sagt er, die Entfernungen der Streifen von einander wären unter diesen Umständen der 22ste oder 27ste Theil eines Zolls. Wenn man hiervon die Breite des Haares abzieht und die Reste quadriert,

um das Verhältniß der Differenzen der Bahnen zu finden, so erhält man das Verhältniß 14 zu 9½, welches wenig von dem bei den Farben dünner Gläser beobachteten Verhältnisse abweicht.

Aus diesem allgemeinen Gesetze läßt sich die Gestalt der schon beschriebenen büschelförmigen Streifen des Grimaldi leicht bestimmen; denn es erhellt, daß unter den Umständen des erzählten Versuchs die Oerter, wo die Differenzen der Längen der von zwei Lichtbündeln beschriebenen Bahnen einer beständigen Größe gleich sind, und wo daher einerlei Art des Lichts erscheint oder verschwindet, sich allezeit in einer gleichseitigen Hyperbel befinden, deren Axen in die Grenzlinien des Schattens und deren Asymptoten beinahe in die Diagonale fallen. Es müssen daher die Streifen eine solche Richtung haben, wie sie bei der Beobachtung gefunden wird. Jedoch ist zu bemerken, daß die den äußern Grenzen des Schattens näher liegenden Theile so schwach abfhattirt sind, daß man hier weniger, als näher bei der Axe bestimmen kann, zu welchem Geschlechte die krumme Linie gehört. Diese Streifen scheinen zwar ein wenig mit den von Newton beobachteten hyperbolischen Streifen übereinzukommen; diese Aehnlichkeit ist jedoch nur sehr entfernt.

3. Anwendung auf die Neben-Regenbogen.

Die Wiederholungen der Farben, die zuweilen in den gemeinen Regenbogen bemerkt werden, und

welche D. Langwith und Herr Daval in den *Philosophical Transactions* beschrieben haben, lassen sich ebenfalls leicht und vollständig aus denselben Grundätzen erklären. D. Pemberton hat sich bemüht, eine Aehnlichkeit zwischen diesen Farben und den Farben dünner Scheiben zu zeigen: aber die unregelmäßige Reflexion von der hintern Fläche des Tropfens, welcher er die Erscheinung ganz allein zuschreibt, muß sehr viel zu schwach seyn, um sichtbare Effecte hervorbringen. Um diese Erscheinungen zu begreifen, dürfen wir blos auf die beiden Lichtbündel sehen, welche in den bekannten erklärenden Vorstellungen des Regenbogens angegeben werden, und welche von der hintern Fläche des Tropfens regelmäßig reflectirt sich einander in verschiedenen Richtungen durchschneiden, bis sie unter dem Winkel der größten Ablenkung mit einander zusammenfallen, wo sie, vermöge der größern Dichtigkeit des verdoppelten Lichts, den gewöhnlichen Regenbogen für 41 Grade hervorbringen. Andere Theile dieser beiden Bündel verlassen den Tropfen nach Richtungen, die einander parallel sind, und diese verursachen eine fortgesetzte Verbreitung eines schwächeren Lichts auf 25° innerhalb der hellen Grenze, welche den Regenbogen bildet, wiewohl nach dem allgemeinen Gesetze der Vermischung, welche, wie in andern ähnlichen Fällen, das Licht in concentrische Ringe vertheilt. Die Größe dieser Ringe hängt von der Größe der Tropfen ab, nach Maas-

gabe der Differenz der Zeit, welche die beiden Lichtbündel in ihrem Fortgange verwenden, die folchergeſtalt nach parallelen Richtungen in das Auge des Beobachters gelangen, nachdem ſie in dem Tropfen verſchiedentlich gebrochen und reflectirt worden ſind. Dieſe Differenz verändert ſich anfänglich beinahe wie das Quadrat der Entfernung in Graden von dem Hauptregenbogen; wenn aber das erſte Nebenroth ſich nur 2 Grad von dem Roth des Regenbogens entfernt befindet, daß es ſich etwas mit dem Violet des erſten Regenbogens vermiſcht, ſo wird die vierte Nebenröthe in einer beinahe um 2 Grad größern Entfernung erſcheinen, und die mittlern Farben werden einen dem erſten Regenbogen beinahe gleichen Raum einnehmen. Um dieſen Effect hervorzubringen, müſſen die Tropfen $\frac{1}{16}$ eines Zolls oder 0,013 im Durchmesser halten; ſie dürfen auch nur zwiſchen $\frac{1}{16}$ bis $\frac{1}{8}$ Zoll betragen. Die Urfache, warum dergleichen Nebenregenbogen nicht öfterer geſehen werden, muß in der Seltenheit des Ereigniſſes liegen, daß Tropfen von beinahe gleicher Größe ſich neben einander befinden; daß ſich aber dieſes zuweilen ereignen kann, dieſes iſt an ſich gar nicht unwahrſcheinlich. Wir meſſen ja auch die Medicin ab, indem wir ſie aus einem Glaſe tropfen laſſen, und man kann ſich leicht vorſtellen, daß die von der Natur gebildeten Tropfen zuweilen eben ſo gleichförmig ſeyn können, als die durch Kunſt hervorgebrachten. Wie genau dieſe Theorie mit den Beobachtungen

übereintrifft, kann man am besten aus D. Langwith's eigenen Worten sehen.

„Den 21. August 1722 Abends halb 6 Uhr, bei gemäßigter Witterung und nordöstlichem Winde, war die Erscheinung folgende: Die Farben des ersten Regenbogens waren wie gewöhnlich, nur das Purpur näherte sich mehr dem Rothen und war gut begrenzt; unter diesem stand ein Bogen von Grün, dessen oberer Theil in ein helles Gelb und der untere in ein dunkleres Grün überging; unter diesem waren abwechselnd zwei Bogen von rüthlich Purpur und zwei von Grün; und unter allen ein schwacher Schein eines andern purpurnen Bogens, welcher verschwand und verschiedene Mahl so geschwind wieder erschien, daß wir fast nicht so geschwind sehen konnten. Solchemnach war die Ordnung der Farben 1) Roth, Orange, Gelb, Grün, hell Blau, dunkel Blau, Purpur; 2) lichte Grün, dunkel Grün, Purpur; 3) Grün, Purpur; 4) Grün, schwach verschwindender Purpur. Wir sehen hiet vier Farbenreihen und vielleicht auch den Anfang einer fünften; denn ich bin überzeugt, daß die Farbe, welche ich Purpur nenne, eine Mischung aus dem Purpur der obern und aus dem Roth der nächsten untern Reihe, und daß das Grün eine Mischung der mittlern Farben gewesen sey. Bei dieser Beschreibung verlasse ich mich nicht ganz allein auf das Zeugniß meiner Augen; denn es befanden sich ein Geistlicher und vier andere Herren in meiner Gesellschaft, die ich bat, auf die Farben

genau aufmerksam zu seyn, und die alle übereinstimmen, daß die Erscheinung so gewesen sey, wie ich sie jetzt beschrieben habe. Es giebt hier zwei Umstände, welche wohl verdienen bemerkt zu werden, da sie uns vielleicht einigermaßen auf die Auflösung dieser merkwürdigen Erscheinung führen können. Der erste ist: daß die Breite der ersten Reihe eine jede der übrigen so sehr übertrifft, daß, so viel man beurtheilen konnte, sie allen den übrigen zusammengenommen gleich war. Die zweite ist: daß ich niemals dieselbe innere Farbenordnung in den untern Theilen des Regenbogens gesehen habe, ob sie gleich oft viel lebhafter waren, als die obern Theile, wo sich die Farben zeigten. Ich habe dieselben so oft beobachtet, daß ich sie schwerlich als zufällig betrachten kann; sollten sie sich aber allgemein als wahr zeigen, so würden sie die Untersuchung sehr verkürzen: denn sie würden zeigen, daß diese Effecte von einer Eigenschaft abhängen, welche die Tropfen beibehalten, so lange sie sich in der obern Luftregion befinden, die sie aber verlieren, wenn sie sich heruntersenken und mehr mit andern vermischt sind *).

Aus der Betrachtung der Natur eines Nebenregenbogens von 54° kann man schließen, daß, wenn einige solcher überzähligen Farben bei diesem Regenbogen gesehen werden, sie sich außerhalb desselben, statt innerhalb, zeigen werden. Die

*) *Philosoph. Transact. of the Soc. of London.* Vol. 32.
p. 245. Y.

Ringe, welche zuweilen den Schatten des Beobachters in einem Nebel umgeben, sind vielleicht mit mehrerm Rechte mit den gewöhnlichen Farben dünner Scheiben, als mit den durch Reflexion gesehenen zu vergleichen.

4. Schlußfolge in Aufsehung der Natur des Lichts.

Der Versuch des Grimaldi mit den büschelförmigen Streifen innerhalb des Schattens ist, nebst verschiedenen andern gleich wichtigen Beobachtungen desselben, von Newton unbemerkt übergangen worden. Diejenigen, welche der Newton'schen Theorie des Lichts, oder den Hypothesen neuerer Optiker, die eine noch engere Ansicht haben, zugethan sind, werden daher wohlthun zu versuchen, ob sie irgend etwas entdecken können, das einer Erklärung dieser Versuche ähnlich siehet und das aus ihrer eignen Lehre entlehnt ist. Wenn ihnen aber dieses fehlschlägt, so mögen sie sich wenigstens des leeren Wortgepräuges gegen ein System enthalten, welches von der genauen Anwendung auf alle diese Fälle und auf tausend andere von ähnlicher Art entlehnt ist.

Vermöge der vorausgeschickten Versuche und Rechnungen wird es mir verattet seyn, zu schließen, daß gleichartiges Licht bei gewissen gleichen Entfernungen in der Richtung seiner Bewegung mit entgegengesetzten Eigenschaften begabt ist, welche fähig sind, sich wechselseitig zu neutralisiren oder aufzuheben und das Licht da auszulöschen, wo ihre

Vereinigung geschieht, und daß diese Eigenschaften bei conoentrifch gebeugten Flächen abwechselnd auf einander in Zwischenräumen ertoigen, welche für einerlei Licht, das durch einerlei Mittel gehet, beständig find. Aus der Uebereinstimmung der Maasse und aus der Aehnlichkeit der Erscheinungen kann man schliessen, daß diese Zwischenräume dieselben wie bei Entstehung der Farben an dünnen Platten find. Es erhellet aber aus den Newton'schen Versuchen, daß diese desto schwächer find, je dichter das Mittel ist; und weil man annehmen kann, daß ihre Anzahl bei einer gegebenen Lichtmenge nothwendig unverändert bleiben muß, so folgt, daß sich das Licht langsamer in einem dichtern als in einem dünnern Mittel bewege. Räumt man dieses ein, so muß man zugeben, daß die Brechung nicht die Wirkung einer anziehenden, gegen ein dichteres Mittel gerichteten Kraft sey. Die Vertheidiger der Wurftheorie des Lichts müssen erwägen, welches Glied in dieser Schlußkette sie für das schwächste halten; denn ich habe bis jetzt in diesem Aufsatze keiner von den allgemeinen Hypothesen den Vorzug gegeben. Allein, seitdem man weiß, daß sich der Schall in conoentrifchen Flächen verbreitet, und daß die musikalischen Töne aus entgegengesetzten Eigenschaften bestehn, welche einander zu neutralisiren und in gewissen gleichen Zwischenräumen, (die nach der Verschiedenheit der Note verschieden find,) auf einander zu folgen vermögen; so kann man mit

völliger Sicherheit schliessen, daß eine große Aehnlichkeit der Natur des Lichts mit der des Schalles Statt finden müsse.

Bei dieser Untersuchung habe ich mich nicht genöthigt gefunden, die Gegenwart eines solchen beugenden Mittels in der Nähe der dichtern Körper anzunehmen, als ich ehemals ihnen beizulegen geneigt war [oben S. 167.]; und bedenke ich die Erscheinungen der Abirrung des Lichts der Fixsterne, so bin ich geneigt zu glauben, daß der lichtbringende Aether die Substanz aller Körper mit wenig oder keinem Widerstande, vielleicht so frei durchdringt, als der Wind durch einen Wald fährt.

Die Bemerkungen über die Wirkungen der Diffraction und Vermischung können uns zuweilen in der Ausübung nützlich seyn, indem sie uns bei unsern Schlüssen über das Aussehen kleiner mit dem Mikroskop betrachteter Körper vorsichtig machen. Der Schatten einer Faser, wiewohl er dunkel ist, wird in einem Lichtpinfel, der durch eine kleine Oeffnung gefallen ist, allezeit etwas weniger dunkel in der Mitte seiner Breite, als an den Seiten seyn. Eine ähnliche Wirkung findet auch einigermaßen in Ansehung des Bildes auf der Netzhaut Statt, und erregt eine Empfindung und eine Vorstellung von einer Durchsichtigkeit, welche nicht vorhanden ist. Wenn hingegen wirklich etwas Licht durch den Körper gehet, so wird dasselbe vermöge dessen Vermischung mit dem gebeugten Lichte sich verlieren und den Anschein einer par-

tiellen Dunkelheit, anstatt einer gleichförmigen Halbdurchsichtigkeit, hervorbringen.~ So kann ein dunkler Central-Fleck oder ein heller von einem dunkeln Kreise umgebener Fleck in den Bildern eines halbdurchsichtigen oder dunkeln Körperchen entstehen, und uns die Idee einer verwickelten Structur geben, welche nicht existirt. Um diese Täuschung zu entdecken, brauchen wir nur zwei oder drei Fasern quer über einander zu legen, oder eine Anzahl Kügelchen, die einander berühren, zu betrachten; noch ein wirksameres Hülfsmittel ist Veränderung der Vergrößerung; bleibt bei ihr das Aussehn desselben in Art und Grad, so können wir versichert seyn, daß es die Beschaffenheit der zu untersuchenden Materie wahr darstellt. Die Frage ist hiernach sehr natürlich: ob die Zeichnungen der *Blutkügelchen*, wie sie von Hrn. Hewson in den *Philosoph. Transact. for 1773. Vol. 63.* vorgestellt sind, einer Täuschung dieser Art unterworfen gewesen sind, oder nicht? So viel als ich bisher im Stande gewesen, diese Kügelchen zu untersuchen, habe ich sie mit einer Linse von $\frac{1}{10}$ Zoll Brennweite sehr nahe so gefunden, als sie Hr. Hewson beschrieben hat.

5. *Bemerkungen über die Farben der Körper.*

Versuch 5. Ich habe schon bei Erklärung der Newtonschen Vergleichung der natürlichen Farben der Körper mit den Farben dünner Platten, des D. Wollaston Beobachtungen über das blaue Licht des untern Theils der Lichtflamme angeführt, wel-

che durch ein Prisma befehen in fünf Theile getheilt erscheint *). Kürzlich habe ich einen ähnlichen noch deutlicheren Fall beobachtet, an Licht, das durch blaues Glas, wie es von den Optikern verkauft wird, gegangen war. Dieses Licht wurde von dem Prisma in sieben verschiedene Theile getheilt, welche beinahe gleich groß, aber gegen das violette Ende zu etwas breiter und weniger scharf begrenzt sind. Die ersten beiden Theile waren roth, der dritte gelblich grün, der vierte grün, der fünfte blau, der sechste blaulich violet, und der siebente violet. Diese Eintheilung kömmt sehr nahe mit der überein, wo das Licht von einer Luftplatte, die $\frac{1}{1840}$ eines Zolles Dicke hat, zurückgeworfen wird, welche der 11ten Reihe für Roth und der 18ten für Violet zugehört. Eine ähnliche Scheibe oxydirten Metalls würde vielleicht $\frac{1}{15000}$ eines Zolles Dicke haben. Doch muß man gestehn, daß wir große Urfach haben, im Allgemeinen die färbenden Theilchen der Körper noch für unvergleichbar kleiner zu halten, und wahrscheinlich ist die von Newton angegebene Analogie minder genau passend, als er glaubte. Das von einem Luftplättchen reflectirte Licht bey einer dem 11ten Roth beinahe zukommenden Dicke erscheint dem Auge sehr nahe Weiß; jedoch ist das 11te Roth nebst den nachbarlichen Farben unter günstigen Umständen noch zu unterscheiden. Das Licht einiger Arten gefärbter Gläser ist rein roth; das von

anderß, roth mit etwas grün; andere halten alles Licht auf bis auf das äußerste rothe und das blaue. In dem blauen Lichte einer Lichtflamme, das durch ein Prisma ausgedehnt wird, erscheinen die Theile einer jeden Farbe kleiner und die dunkeln Räume zwischen ihnen mehr erweitert, als in dem ähnlichen Farbenbilde, das von dem von einer dünnen Scheibe reflectirten Lichte herrührt. — Das Licht des brennenden Alkohols scheint blos grün und violet zu seyn. Die Farbenbrühe, welche in den Läden verkauft und aus Safflor bereitet wird, giebt ein gutes Beispiel von einem gelbgrünen regelmäßig reflectirten Lichte und von einem Carmoisin, das wahrscheinlich mittelst des Durchlassens entsteht.

6. *Versuch über die unsichtbaren Lichtstrahlen Ritters.*

Versuch 6. Das Daseyn von Sonnenstrahlen, welche das Licht begleiten und brechbarer als die violetten Strahlen sind, und sich uns durch ihre chemischen Wirkungen geben, ist zuerst von Hrn. Ritter dargethan worden; doch hat D. Wollaston kurz nachher dieselben Versuche gemacht, ohne zu wissen, daß sie schon auf dem festen Lande angestellt worden waren *). Diese Strahlen scheinen sich außerhalb der violetten Strahlen des prismatischen Farbenbildes in einen Raum auszubreiten, der beinahe dem mit Violet angefüllten Raume gleich ist. Um die Eigenschaften derselben mit

*) S. die dritte der diesem Aufsatze beigefügten Bemerkungen. G.

mit denen des sichtbaren Lichts besser vergleichen zu können, war ich begierig, die Wirkungen ihrer Reflexion von dünnen Luftplättchen, welche die wohlbekannten Farbenringe hervorzubringen pflegen, zu untersuchen. Zu dieser Absicht brachte ich mittelst eines Sonnenmikroskops *), ein Bild von Farbenringen hervor, und ließ dasselbe auf ein Papier fallen, das ich in eine Auflösung von salpetersaurem (?) Silber getaucht hatte, und das von dem Mikroskope etwa neun Zoll entfernt war. Während einer Stunde wurden Theile von drei dunkeln Ringen sehr deutlich sichtbar; sie waren schmaler als die hellsten Ringe des Farbenbildes und kamen in ihrer Breite sehr nahe mit den Ringen violetten Lichts überein, das durch Reihülfe eines violetten Glases erschien. Mir schienen die dunkeln Ringe ein wenig schmaler, als die violetten Ringe zu seyn; jedoch war der Unterschied nicht groß genug, um darüber gewiß zu werden, höchstens $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{15}$ des Durchmessers. Man darf sich nicht verwundern, daß der Unterschied so klein ist, da die Breiten der Farbenringe an dem violetten Ende des Bildes sich niemals so schnell verändern, als an dem rothen Ende. Um diesen Versuch mit einer größern Genauigkeit anzustellen, würde ein Heliostat nöthig seyn, weil die Bewegung der Sonne eine kleine Veränderung des Ortes des Bildes verursacht, und Leder, das mit salzsaurem Silber ge-

*) Und das, in dem vorhergehenden Aufsatze beschriebenen Apparat. G.

Ichwängert worden, würde den Erfolg mit mehr Genauigkeit angeben. Doch auch in diesem Zustande ist der Versuch hinreichend, die Aehnlichkeit der unsichtbaren mit den sichtbaren Sonnenstrahlen zu bestätigen, und zu zeigen, daß sie eben denselben allgemeinen Gesetze, welches der Hauptgegenstand dieser Abhandlung gewesen ist, unterworfen sind. Hätten wir hinlänglich feine Thermometer, so würden wir wahrscheinlich auf ähnliche Art in Ansehung der von D. Herschel entdeckten Wärme der unsichtbaren Strahlen noch mehr nutzbare Belehrungen erhalten; allein gegenwärtig hat man gegründete Ursache, an der Ausführung eines solchen Versuchs zu zweifeln.

Zusätze und Bemerkungen zu diesem Aufsätze

von

den HH. LÜDICKER, MOLLWEIDE und GILBERT.

I. Zusatz des Uebersetzers.

Diese mit vielem Scharfsinn geschriebene Abhandlung des Herrn Young habe ich mit Vergnügen übersetzt, ob sich gleich bei der Bestimmtheit und Kürze, in der sie geschrieben ist, einige Schwierigkeiten darboten, die ich überwunden zu haben hoffe. Der erste bewiesene Satz: daß die Farbstreifen durch Vermischung zweier Lichtbündel hervorgebracht werden, stimmt mit dem von mir bewiesenen *) sehr nahe überein: daß nämlich die Farbstreifen und das

*) Siehe *Annalen der Phys.* Jahrg. 1810. St. 2. od. 34. B. S. 235.

ganze prismatische Farbenbild von zwei Lichtstrahlen hervorgebracht werden, welche eine Beugung erlitten haben, und verschafft diesem Satze noch mehr Allgemeinheit. Der allgemeinere Satz wäre daher: Alle Farbenstreifen, sie mögen nach der ersten oder zweiten Beugung entstanden seyn, sind von zwei Lichtbündeln hervorgebracht worden.

Bei dieser Gelegenheit kann ich jedoch nicht unterlassen, zu bemerken: daß die Sätze des Verfassers von der Vermischung zweier Lichtbündel und von den Differenzen der Längen der Bahnen in einer Allgemeinheit erscheinen, welche sie nicht haben können. Die Versuche, worauf sich diese Sätze gründen, sind durchgängig mit solchem Lichte angestellt worden, das durch kleine Oeffnungen gegangen, das also schon gebeugt worden war, und diese Lichtbündel, von den Rändern der Oeffnung an gerechnet, sind es, welche der Verfasser im Sinne haben kann. Daß aber dieses an den Rändern der Oeffnung vorbeigegangene Licht von dem freien oder von dem innerhalb einer weiten Oeffnung hindurchgegangenen Lichte sehr verschieden sey, beweisen die Wirkungen mit Hülfe des Prisma, mit welchem jenes Farben, dieses aber einen weißen Raum darstellt*). Diese Bemerkung ist auch auf alle Versuche anzuwenden, welche von Newton an mit dergleichen Lichtstrahlen angestellt worden sind; und es ergibt sich aus ihr, daß die aus ihnen gezogenen Folgerungen nicht von dem Lichte überhaupt, sondern nur von dem gebeugten Lichte gelten können. L.

II. *Ein Paar Erläuterungen und Bemerkungen vom Prof.
Mollweide in Leipzig.*

Die büschelartigen Streifen, deren Hr. Young im 2ten Versuche erwähnt, sind ohne Zweifel keine andern, als die, welche Grimaldi in seinem Werke über das Licht, die Farben und den Regenbogen Lib. I. Prop. I. no. 16., und nach ihm Priestley in der Gesch. der Optik S. 137. beschreibt. Die Leser wer-

*) Siehe diese *Annalen* 36. B. S. 145. L.

den wohlthun, die 36ste Fig. auf der Vten Platte beim Priestley zur Hand zu nehmen, um zu sehen, was Young mit seiner Darstellung eigentlich will.

Was die Berechnung des Unterschiedes der Wege der Lichtportionen, durch deren Zusammenkommen die den Schauen umgebenden Streifen gebildet werden sollen, betrifft, so sieht Young dabei die Oeffnung, durch welche das Licht eindringt, als die Spitze des eindringenden Lichtkegels an, welches freilich nicht in aller Schärfe richtig ist, allein hier keinen beträchtlichen Fehler veranlassen kann. Er berechnet alsdann die Entfernung zwischen der Oeffnung und der Mitte eines hellen oder dunkeln Streifens, ferner die Entfernungen von der Oeffnung bis zu dem Rande des Gegenstandes, und von da bis zur Mitte des vorhin in Betracht gezogenen Streifens: der Ueberschuß der Summe dieser Entfernungen über jene, oder die Hälfte, das Drittel u. s. f., giebt ihm das, was er Interval des Verschwindens nennt. Die Berechnung eines solchen stehe hier zur Erläuterung und zum Belege des Gesagten. Ich wähle dazu einen in der zweiten Tafel aufgeführten Versuch Newton's.

Es stellt der um C als Mittelpunct beschriebene Kreis ABAD (in Fig. 1. Taf. IV.) den Durchschnitt des Haars vor, welches ich hier für einen geraden Cylinder nehme, dessen Axe die Axe LE des durch die Oeffnung L eindringenden Lichtkegels unter rechten Winkeln schneidet, mit einer durch die Oeffnung L gelegten und auf die Axe des Haars senkrechten Ebene. HEH ist der Durchschnitt der auf LE senkrechten Ebene, womit der Schatten des Haars und die ihn begleitenden Farbenstreifen aufgefangen werden. FF würde die Projection des Schattens seyn, wenn das Licht an den Rändern AA nicht abgelenkt würde. HH sey die Breite zwischen den Mittellinien des zweiten Paares der hellen Streifen. Es ist nun in dem von Newton und Young gebrauchten Maasse eines englischen Zolls $LC = 144$, $AA = \frac{1}{88}$, also $AC = \frac{1}{88}$, $LE = 252$, also $CE = 108$, $HH = \frac{1}{7}$, mithin $EH = \frac{1}{7}$. Daraus ergiebt sich zuvörderst

$$\begin{aligned} LH &= \sqrt{(LE^2 + EH^2)} = \sqrt{(252^2 + (77)^2)} \\ &= 252,00002746196. \end{aligned}$$

Ferner

$$\begin{aligned} LA &= \sqrt{(LC^2 + CA^2)} = \sqrt{(144^2 + (77)^2)} \\ &= 144,0000001107. \end{aligned}$$

Durch A sey AG der LE parallel, so ist AG = CE und EG = AC, mithin HG = $\frac{7}{77} - \frac{7}{77} = \frac{1}{77}$ und hieraus

$$\begin{aligned} AH &= \sqrt{(AG^2 + GH^2)} = \sqrt{(108^2 + (\frac{1}{77})^2)} \\ &= 108,00006214744. \end{aligned}$$

Demnach $LA + AH - LH = 0,00003469655$, wovon die Hälfte = $0,00001734827$, wie Young bis zur 7ten Decimalstelle hat.

Auf dieselbe Weise werden alle übrigen Angaben Young's gefunden. Freilich hätten hierbei die Fälle ausgeschlossen bleiben sollen, wo der Schatten nicht senkrecht auf die Projectionsebene fiel, wie in dem Versuche der zweiten Tafel, wo die Projectionsebene 150 Zoll von der Oeffnung abstand.

Was übrigens von Young's aufgefundenem Gesetze zu halten sey, wird dem unbefangenen Leser von selbst klar werden, wenn er bemerkt, daß, um jenes auf einer ziemlich willkührlichen Hypothese beruhende Gesetz zu reuen, wiederum eine neue Hypothese herbeigezogen werden muß. M.

III. Einige Notizen, die Farben dünner Platten und die nicht-sichtbaren Sonnenstrahlen betreffend, von Gilbert.

Der Untersuchungen, welche Hr. Gibbs Walker Jordan vor einigen Jahren über die Beugung des Lichts und über die Farben dünner Platten angestellt hat, durch die er Newton's Theorie der Farben umgestoßen zu haben glaubt, habe ich schon oben S. 255. gedacht. Seitdem hat sich der große Astronom Herschel der Untersuchung der Farben dünner Platten unterzogen. *Versuche, die Ursachen der farbigen Ringe, welche zwischen aneinander gedrückten Gläsern entstehen, und ähnlicher Erscheinungen zu erforschen, von Herschel*, stehn in den *Philos.*

Transact. for 1809 und 1810; und folgendes sagt von ihnen der Berichterstatter in den *Gött. gel. Anz.* Jahrg. 1812. St. 3.: „Herschel findet, daß, so verschieden auch Phänomene dieser Art seyn mögen, sie sich doch sammtlich aus den gewöhnlichen Gesetzen der Brechung ableiten lassen, und zwar aus der Brechung, welche die Lichtstrahlen erleiden, wenn sie aus einem Glase ausfahren, wobei manche Gattungen des farbigen Lichts, nach Beschaffenheit des Einfallswinkels und des Brechungsverhältnisses, zurückgeworfen werden, indess die andern noch durchgehen. Herschel nennt, dieses *eine kritische Trennung der verschiedentlich gefärbten Strahlen des Lichts*, und wählt diese Erklärungsart statt der von Newton so genannten *Anwandlungen*, *leichter zurückgeworfen oder leichter durchgelassen zu werden* (*suits of easy reflection and easy transmission*).“

Von dem Dr. Wollaston sind Versuche, durch welche er nicht-sichtbare Sonnenstrahlen außerhalb des Violets des prismatischen Farbenbildes, durch chemische Wirkungen aufgefunden zu haben glaubt, zuerst erwähnt worden in seiner Beschreibung einer neuen Methode, die brechenden und zerstreuenden Kräfte der Körper mittelst prismatischer Reflexion zu erforschen, welche in den *Philos. Transact. for 1802*, und kritisch bearbeitet von Hrn. Prof. Mollweide in diesen *Annalen* J. 1809. St. 3 u. 4, oder *N. F. B.* 1. S. 235 u. 398. erschienen sind; und zwar in einer Schluss-Anmerkung (*Ann. am ang. Orte*, S. 416.). Einige belehrende Bemerkungen über denselben Gegenstand, die er kurz darauf bekannt gemacht hat, sind in Deutschland unbekannt geblieben, und ich benutze diese Gelegenheit um so lieber, sie noch jetzt in den *Annalen* nachzutragen, da ich zugleich werde darthun können, daß die Einwirkung, die man diesen Sonnenstrahlen auf das salzsaure Silber zuschreibt, eine *oxygenirende*, und keineswegs eine *desoxydirende* ist, wofür Hr. Ritter und andre sie genommen hatten.

Auch wird hier die folgende Notiz von *nicht-gelungenen Wiederholung der Herschelschen Ver-*

Suche über nicht-sichtbare wärmende Sonnenstrahlen, an der Seite des Roths des prismatischen Farbenbildes, durch einen der geschicktesten und eifrigsten Experimentatoren unter den deutschen Physikern, Hrn. Hofrath Böckmann in Karlsruhe, nicht an dem un-rechten Orte stehn. Ich entlehne sie aus der am 11ten März 1811 geschriebenen Vorrede, welche Hr. Böckmann seiner von der königl. Societät der Wissenschaften zu Göttingen gekrönten Preisschrift, über die Erwärmung der Körper durch die Sonnenstrahlen, Karlsruhe 1811, 424 S. 8., vorangesetzt hat.

„Ich will hier noch einiges über Herschel's sichtbare und nicht-sichtbare Strahlen im Sonnenlichte vorläufig mittheilen, wenn ich auch gleich durch Ritter's sehr inhumane Aeußerungen gegen den Prof. Wünsch *) ziemlich schüchtern geworden bin. Im verfloßnen Sommer hatte ich angefangen, die Herschel'schen Versuche zu wiederholen, da sie aber meinen Erwartungen nicht zu entsprechen schienen, so beschäftigte ich mich in der Folge mehr mit der Erwärmung der Körper durch das Sonnenlicht.“

„Die zu den Herschel'schen Versuchen bestimmten Apparate waren von vorzüglicher Güte. Sie bestanden aus 16 chemischen Thermometern, aus 4 Leslie'schen und 1 Schmidt'schen Photometer, aus einigen Luftthermometern, 8 bis 10 Prismen, darunter eines von Bergkrystall, und aus den übrigen von Herschel angegebenen Apparaten. Ich benutzte dazu ein großes Zimmer des physikalischen Kabinets, das gerade gegen Süden liegt, und sich ganz verfinstern läßt.“

„In den vielen vorläufigen, mannigfaltig abgeänderten Versuchen ist es mir bisher nicht möglich gewesen, auch nur eine Spur von Herschel's nicht-sichtbaren Wärmestrahlen aufzufinden. Die verschiedenen prismatischen Farben wirkten auf jene Thermometer und Photometer nicht besonders stark; im Gelb,

*) In seinen Bemerkungen zu des Prof. Wünsch Abhandl. über die vermeinte Sonderung des Lichts der Sonnenstrahlen von der Wärme derselben, im Gehlen'schen Journal für Chemie etc. B. 6. S. 633. *B.*

Orange und Roth standen sie ungefähr nur um $1\frac{1}{2}$ Grad Reaumur höher, als außerhalb des Farbenbildes im Dunkeln.“

„Ich habe mich aber auch überzeugt, daß Versuche dieser Art äußerst schwierig sind, wenn man zu ganz genügenden Resultaten gelangen will. Unter andern verändert die Sonne jeden Augenblick ihren Stand, sowohl in Hinsicht ihrer Höhe als ihres Abstands vom Meridiane, und dieses hat Einfluß auf das Farbenbild. Ferner ist es immer etwas unsicher bei starker Intensität der Farben, (wenn also die Farbstreifen schmal sind,) die Thermometerkugel in die verlangte Farbe vollkommen zu bringen. Vielleicht könnte die verschiedene Wärme in den einzelnen prismatischen Farben auch daher rühren, daß solche erst aus den Körpern, auf welche jene Strahlen fallen, entwickelt wird.“

„Bei einem meiner vorläufigen Versuche brachte ich eine reine, sehr durchsichtige Glastafel zwischen das Prisma und das Farbenbild, um durch sie die Wärmestrahlen zurückzuhalten, welche nach Herschel durch das Prisma aus dem Sonnenlichte abgesondert werden, da Glas die Wärme nur langsam durch sich hindurch läßt. Allein ich fand hierbei keinen besondern Unterschied in der Erwärmung der Thermometer in dem Farbenbilde.“

„Ich bin indess weit davon entfernt, aus diesen vorläufigen Versuchen schon den Schluß zu ziehen, Herschel, ein Mann, auf den jeder Deutsche stolz ist, habe sich in seinen Versuchen getäuscht. Denn vielleicht könnte die Gestalt und die chemische Beschaffenheit der Prismen, deren er sich bedient hat, oder auch das Eigenthümliche des englischen Himmels kleine abweichende Resultate veranlaßt haben.“

So weit Herr Hofrath Böckmann.

G.