messer hatten und Fehler in der Messung ihrer Dicke begangen wurden, was namentlich die vorherrschend positiven Differenzen beim Stab No. 4 bedingen mag, dessen Durchmesser wohl im Vergleich zu den übrigen Stäben zu groß angenommen seyn mag.

Ist demnach die Form der Function, wie sie in Gleichung (1) gegeben ist, durch diese Untersuchung außer Zweifel gesetzt, so muß es jedoch ferner genaueren Versuchen überlassen bleiben, die constanten Factoren dieser Gleichung genauer zu ermitteln und von den Individualitäten der Versuche zu befreien, eine Aufgabe, deren Lösung wir uns vorbehalten.

Freiburg, den 28. Dezember 1849.

II. *Ueber die natürlichen Farben durchsichtiger Körper; von J. Müller.*

Unter dem Titel „über die Natur der braunen Farbe“ befindet sich im LXXIV. Bande dieser Annalen S. 461 ein kleiner Aufsatz von Brücke, in welchem derselbe darthut, daß *Braun* die Complementarfarbe von *Lavendelblau* sey. Ohne mich weiter auf eine Kritik dieser Charakteristik der braunen Farbe einzulassen, will ich nur bemerken, daß sie sich nur auf das Braun erster Ordnung bezieht, welches ein entsprechend dünnes Gypsblättchen im polarisirten Lichte zeigt; auf die braune Farbe verschiedener Körper läßt sie sich nicht übertragen, indem diese unter sich sowohl als auch von dem Interferenzbraun sehr verschieden sind. Es ergibt sich dieses, wenn man nach der von mir in diesen Annalen Bd. LXIX, S. 98. auseinandergesetzten Methode die Spectralanalysen verschiedenen braunen Flüssigkeiten macht.

Die Fig. 4. Taf. III. stellt die Resultate mehrerer solcher Spectralanalysen dar, und zwar ist der Maafsstab dieser Figur, weil es zu meinem Zwecke hier vollkommen ausreicht, nur halb so grofs als der Maafsstab der Figuren auf Tab. II. des LXXII. Bandes.

No. I. stellt die Erscheinungen für *tinctura chamomillae* dar. Die concentrirte Lösung hatte bei 1 Centim. Dicke eine rothbraune Farbe. Das blaue Ende des Spectrums war absorbirt; im Roth zeigte sich ein ganz isolirt stehender dunkler Balken von 12^{mm} Breite (während das ganze Spectrum auf dem Schirme eine Breite von 320^{mm} hatte). Dieser dunkle Streif erschien bei vierfacher Verdünnung noch als ein Schatten und verschwand bei weiterer Verdünnung.

Ganz ähnliche Erscheinungen zeigte *tinctura absynthii* Fig. 4. Taf. III. No. II.; der dunkle Balken im Roth hatte fast genau dieselbe Breite, nur war er 6^{mm} weiter gegen das Orange hin gerückt.

Bei doppelter Verdünnung ward die Farbe dieser beiden Flüssigkeiten ein gelbliches Braun; bei $\frac{1}{4}$ der Verdünnung aber fahlgelb.

No. III. *Tinctura ferri pomatici*. Die concentrirte Lösung hatte bei 1 Centim. Dicke eine grünlichbraune Färbung; der geringe Theil des Spectrums, welcher nicht absorbirt war, von Grün bis gegen das Ende Roth, erschien nur noch sehr schwach erleuchtet. Bei zunehmender Verdünnung ging die Farbe mehr und mehr ins Gelbe über.

No. IV. *Asphalt* wurde mit Weingeist verdünnt.

No. V. *Cichorienkaffe* zeigte concentrirt nur ein schwaches Licht im Roth. Bei fortgesetzter Verdünnung ging die Färbung mehr und mehr ins Gelbe über.

Sehr ähnlich verhält sich reiner *Kaffe*, die concentrirte Lösung ist dunkelroth und geht bei fortgesetzter Verdünnung durch Braungelb in Gelb über.

No. VI. *Tinctura euphrasiae*. Der Vergleichung halber sind in No. VII. die Curven für das *neutrale* und das *saure* chromsaure Kali hingesetzt. Zu der Farbe der concentrirten Lösung des sauren Salzes kommt bei der concentrirten

Lösung des neutralen noch Grün, wodurch die mehr eigentlich gelbe Farbe des neutralen Salzes bedingt wird.

Wie das Interferenzbraun erster Ordnung zusammengesetzt ist, läßt sich aus der Theorie entwickeln und construiren. Auf S. 585 des ersten Bandes meines Lehrbuchs der Physik (dritte Auflage) stellt die dritte Curve von oben das bräunlich Orange der ersten Ordnung dar; das eigentliche Braun der ersten Ordnung fällt zwischen diese und die folgende Curve. In jenen Figuren sind aber die Ordinaten als Vibrationsintensität der componirenden Farben aufgetragen; wenn die Curve aber zeigen soll, in welchem Verhältniß die Lichtstärke der verschiedenen Farben stehen, welche eine bestimmte Interferenzfarbe zusammensetzen, so müssen die Ordinaten dem *Quadrate* der Vibrationsintensität proportional aufgetragen werden. In diesem Sinne stellt nun die Curve Fig. 5. Taf. III. dar, in welchem Verhältniß die Lichtstärke der verschiedenen prismatischen Farben zusammen wirken müssen, um das Braun der ersten Ordnung zu bilden. Man sieht aus dieser Figur, daß in diesem Braun, Roth, Orange und Gelb die vorherrschendsten Bestandtheile sind, daß zu diesen aber noch in abnehmender Stärke Grün, Blau, Indigo und Violett hinzutreten. Mit dieser Curve lassen sich die Curven Fig. 4. Taf. III. freilich nicht direct vergleichen, weil sie nach einem ganz anderen Princip construirt sind; dessen ungeachtet geben sie uns einige Anhaltspunkte zur Ermittlung des Verhältnisses zwischen dem Interferenz Braun erster Ordnung und der braunen Farbe verschiedener Körper.

Die untersuchten braunen Flüssigkeiten kommen darin überein, daß sie (No. III. etwa ausgenommen) nur bei mittleren Concentrationsgraden (natürlich bei einer bestimmten Dicke) eigentlich braun erscheinen; bei stärkeren Concentrationsgraden erscheinen sie mehr und mehr roth, bei wachsender Verdünnung gehen sie in Gelb über. Auch das Braun erster Ordnung steht zwischen Roth und Gelb.

Bei den untersuchten braunen Flüssigkeiten bilden Roth, Orange und Gelb, ebenso wie bei dem Interferenzbraun

die wesentlichsten Bestandtheile, während aber in dem Interferenzbraun keine der prismatischen Farben ganz fehlt, enthält das Braun der untersuchten Flüssigkeiten weder Violett noch Indigo und nur wenig Blau, denn wenn man die Flüssigkeit so weit verdünnt, daß diese Farben in der Spectralanalyse auftreten, so erscheint die Flüssigkeit schon nicht mehr recht braun, sondern mehr gelb.

Eine ganz eigenthümliche Erscheinung ist der dunkle Balken im Roth, welcher bei *tinctura chamomillae* und *tinctura absynthii* beobachtet wird. Bei Gasen kommen solche dunkle Streifen öfters vor, z. B. bei den Brom- und Joddämpfen, bei der salpetrigen Säure u. s. w. jedoch nie einzeln, sondern immer in ganzen Bündeln. Solche Streifenbündel sind mir bei farbigen Flüssigkeiten noch nicht vorgekommen, und selbst die isolirten dunklen Streifen wie in No. I. und II. sind selten. Die ältesten bekannten Fälle der Art sind meines Wissens, die Lösung des sogenannten *Brewster'schen Salzes*, oxalsaures Chromoxydalkali, dessen Spectralanalyse in No. VIII. dargestellt ist. Die concentrirte Lösung löscht bei 1 Centim. Dicke das ganze Spectrum bis auf einen rothen und einen blaugrünen Fleck aus, welche durch einen dunklen Zwischenraum getrennt sind; im Roth aber erscheint eine feine schwarze Linie, deren genaue Stellung im Spectrum Brewster bereits ermittelt hat.

Nachdem ich nun eine Reihe von Spectralanalysen farbiger Flüssigkeiten mitgetheilt habe, können wir auch die Vergleichung der Interferenzfarben mit den natürlichen Farben durchsichtiger versuchen.

Concentrirte Lösungen absorbiren fast das ganze Spectrum, so daß nur sehr eng begränzte Lichtstellen übrig bleiben. Die Farben dünner Gypsblättchen verhalten sich anders, sie beschränken die lichten Parthien des Spectrums ungleich weniger; die mit der Dicke der farbigen Schicht zunehmende Gröfse der Absorption liefse sich aber bei den Interferenzfarben vielleicht dadurch nachahmen, daß man eine Interferenzfarbe von neuem den Einflüssen unterwirft,

welche die erste Lichtabsorption bewirkte. Es befinde sich z. B. zwischen zwei Nicol'schen Prismen ein Gypsblättchen, welches das Blau dritter Ordnung zeigt, so wird dieses Blau bei der Spectralanalyse einen dunklen Balken (natürlich nicht scharf begrenzt) im Orange zeigen. Läßt man dießs Blau dritter Ordnung, nachdem es den zweiten Nicol verlassen hat, auf ein zweites Gypsblättchen von gleicher Dicke fallen, welchem ein dritter mit dem zweiten gekreuzter Nicol folgt, so wird man nun gewissermaßen ein potenzirtes Blau dritter Ordnung erhalten, indem von denjenigen Farben, von denen das erste Blättchen einen Theil absorbirt hat, nun auch das zweite einen Theil absorbirt, so daß nun der dunkle Theil des Spectrums jedenfalls breiter ist als beim einfachen Blau dritter Ordnung.

So ließe sich vielleicht das Blau einer Lösung von Berlinerblau (Diese Ann. Bd. LXXII. Tab. II. No. I.) als ein potenzirtes Blau dritter Ordnung betrachten.

In dieser Weise wird es denn auch wohl gelingen noch eine oder die andere der von mir untersuchten Farben auf Interferenzfarben zurückzuführen, (wobei ich jedoch bemerken muß, daß ich diese Zurückführung noch keineswegs als durchgeführt, sondern nur als vorläufig angedeutet betrachten muß). Die Eigenthümlichkeiten des Laufs der Curven im LXXII. Bande sowohl, als der in Fig. 3. Taf. III. dieses Bandes mitgetheilten, führen jedoch bald zu Anständen. Solche Curven wie die für schwefelsaures Kupferoxydammoniak, Lackmustinctur, Carmin u. s. w. zeigen, daß hier von einer einfachen Vergleichung mit Interferenzfarben keine Rede seyn kann. Um diese Farbe auf Interferenzfarben zurückzuführen müßte man sie wenigstens als eine Combination mehrerer einfacher Interferenzfarben betrachten.

Eine ganz besondere Schwierigkeit der Erklärung wird sowohl das neutrale als auch das saure chromsaure Kali bieten. Während die eine Hälfte des Spectrums von diesen Flüssigkeiten vollkommen absorbirt wird, ist das Licht des übrig bleibenden Theils fast ganz ungeschwächt; der Uebergang von der größten Dunkelheit zum vollen Licht

ist hier ein so rascher, wie er bei den Interferenzfarben nie stattfindet.

Noch mehr Schwierigkeiten wird die Erklärung der *isolirten* dunklen Streifen bieten, wie man sie bei *tinctura chamomillae*, *tinctura absynthii* und namentlich beim Brewster'schen Salze beobachtet.

Diese Vergleichen zeigen uns also, daß die Zurückführung der natürlichen Farben der Körper auf Interferenzerscheinungen keineswegs so ganz einfach und leicht ist, sondern daß noch mancherlei Schwierigkeiten zu überwinden sind, bevor wir sagen können, daß die natürlichen Farben durch die Vibrationstheorie erklärt sind. Daß diese Erklärung gelingen werde, daran zweifle ich nicht; sie muß aber von einer experimentellen Vergleichung der natürlichen Farben der Körper mit Interferenzfarben und ihrer Combinationen ausgehen. Für solche Vergleichung fehlte es bis jetzt an allem Material und die von mir mitgetheilten Spectralanalysen (leider fehlte es mir bisher an Zeit diese Untersuchung fortzusetzen) sollen nur als erste Anhaltspunkte zur Orientirung auf diesem neu zu betretenden Felde dienen. Ob sie das leisten, muß ich dem Urtheil der Physiker überlassen, jedenfalls aber den Vorwurf der Ungenauigkeit zurückweisen, welchen Karsten in den „Fortschritten der Physik im Jahre 1847“ S. 124 denselben macht.

Nur dann ist man berechtigt einer Beobachtung oder Messung den Vorwurf der Ungenauigkeit zu machen, wenn die Beobachtungsfehler so groß sind, daß sie den Zweck der Untersuchung beeinträchtigen oder die Sicherheit der auf sie zu bauenden Schlüsse gefährden.

Alle Schlüsse, die ich in Beziehung auf die Vergleichung der natürlichen Farben mit den Interferenzfarben aus meinen Versuchen gezogen habe, würden unverändert bleiben, wenn auch andere Beobachter bei jeder einzelnen Ablesung die Gränze des Lichtes etwas mehr rechts oder links gesetzt hätten. Ueberhaupt aber ist noch zu bemerken, daß der allmähliche Uebergang von Licht und Schatten hier in

der Natur der Sache liegt und nicht der Beobachtungsart zur Last gelegt werden kann.

Eine Genauigkeit fordern, die nicht im Verhältniß zur Sache steht, kann mehr schaden als nützen, indem sie von Beobachtungen abhält in einer Entwicklungsperiode der Erkenntniß einer Erscheinung, in welcher es mehr darauf ankommt Material zu sammeln und sich zu orientiren, als genau zu messen. In dem Maafse, wie wir in der Erkenntniß fortschreiten, werden feinere Unterscheidungen nöthig und genaue Messungen unentbehrlich, während anfänglich rohe Beobachtungen die Basis der weiteren Entwicklung abgeben.

Zum Schlusse will ich mich noch dahin erklären, daß ich keineswegs eine besondere Vorliebe für meine Beobachtungsweise hege, und daß ich gern bereit bin, sie mit einer anderen zu vertauschen, wenn Hr. Karsten eine zweckmäßigere in Vorschlag bringen wird.

Freiburg i. B., den 30. Januar 1850.

III. *Ueber Bunsen's Geysertheorie;* *von J. Müller.*

Nicht allein nach meinem, sondern nach dem Urtheile aller Physiker, deren Ausspruch ich darüber zu hören Gelegenheit hatte, gehört *Bunsen's Geysertheorie* ¹⁾ zu den schönsten Untersuchungen, welche auf diesem Felde in den letzten Jahren veröffentlicht wurden; nach ächt physikalischer Methode die Ergebnisse seiner Beobachtungen mit allgemein anerkannten physikalischen Gesetzen combinirend, entwickelt Bunsen seine Theorie so einfach und ungezwungen, zugleich aber so logisch zwingend, daß man wohl eine allgemeine Anerkennung dieser Theorie hätte erwarten sollen. Es hat mich deshalb in der That etwas befremdet

1) Ann. Bd. LXXII, S. 159.