

längertes ist, während es beim *Korund* und *Idocras*, also repulsiven Krystallen, ein abgeplattetes ist, so gut wie beim *Eisenglanz*, den verschiedene Messungen der Winkel des Polarisationsmaximums ebenfalls unter die repulsiven Krystalle versetzen<sup>1)</sup>). Man wird indeß bemerken, daß die Beispiele vom abgeplatteten Ellipsoiden sich bisjetzt nur unter den repulsiven Krystallen befinden, und die meist verlängerten den attractiven Krystallen angehören.

(Schluß im nächsten Heft.)

#### IV. *Ueber die Strahlungen glühender Körper und über die Elementarfarben des Sonnenspectrums;* von *Hrn. Melloni*.

(*Phil. Magaz. Ser. III. Vol. XXXII. p. 262* ursprünglich in der *Biblioth. universelle, Août 1847.*)

Unter den neueren wissenschaftlichen Erscheinungen findet sich eine Abhandlung des amerikanischen Professors I. W. Draper „*Ueber die Erzeugung von Licht und Wärme*“<sup>2)</sup>, welche die besondere Aufmerksamkeit Derer zu verdienen scheint, die sich für die Fortschritte der Physik interessieren. In sehr sinnreicher Weise behandelt der Verfasser einige Fragen, die mit meinen eignen Untersuchungen über Licht und strahlende Wärme verknüpft sind. Beim Lesen dieser Arbeit, sind mir verschiedene Ideen eingefallen, die ich der Probe des Versuchs unterworfen habe. Eine Analyse der Abhandlung des Hrn. Draper, begleitet von einem kurzen Abriss dessen, was ich selber gethan, wird also, glaube ich für die Leser dieser Zeitschrift nicht ohne Interesse seyn.

1) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. XX. p. 397* (Annal. Ergänz. - Bd. II. S. 560.)

2) *Phil. Mag. (1847) Vol. XXX. p. 345*

Jeder weiß, daß die Wärme, wenn sie sich in Körpern anhäuft, diese zuletzt *glühend* macht, d. h. mehr oder weniger leuchtend und sichtbar im Dunklen. Ist die zum Zustand des Glühens erforderliche Temperatur immer dieselbe oder schwankt sie mit der Natur des Körpers? Wie hoch ist sie jedenfalls? Und welche Reihe von farbigen Lichtern entsendet eine gegebene Substanz, wenn sie in eine immer höhere Temperatur versetzt wird? Endlich, welche Relation besteht in verschiedenen Perioden des Glühens zwischen der Temperatur und der vom Körper ausgesandten Licht- und Wärmemenge?

Um diese Fragen zu lösen, deren einige schon von andern Physikern studirt worden sind, gebrauchte Prof. Draper ein Instrument, bestehend aus einem Platinstreifen, der durch Wirkung eines Volta'schen Stroms ins Glühen versetzt wurde. Der Streifen war senkrecht,  $1\frac{1}{3}$  Zoll lang,  $\frac{1}{16}$  Zoll breit, oben befestigt an einem Ständer, und unten ausgestreckt durch ein kleines Gewicht, versehen mit einem Kupferdraht, der in ein darunter gestellten Napf mit Quecksilber tauchte. Der elektrische Strom ward hergestellt, indem man das Quecksilber und das obere Ende des Platinstreifens verband mit den Polen einer Grove'schen Batterie, deren Stärke mittelst eines Wheatstone'schen Rheostats etwa eine Stunde constant gehalten wurde. Bei dieser Vorrichtung behielt der durch den Volta'schen Strom mehr oder weniger glühend gemachte Platinstreifen seine Geradlinigkeit, indem der am Gewicht befestigte Kupferdraht mehr oder weniger tief in das Quecksilber tauchte. Um die Ausdehnung des Streifens zu messen, war an seinem freien Ende ein langer und sehr dünner horizontaler Hebel angebracht, in solcher Weise, daß der Befestigungspunkt sich demjenigen Ende des Hebels sehr nahe befand, der sich um einen Stift drehte, während das andere Ende vor einer getheilten Skale schwebte, und so wie das Gewicht mit dem Draht vermöge der Ausdehnung des Streifens herabsank, eine mehr oder weniger schiefe Lage gegen den Horizont annahm und an dem getheilten Bogen die gesuchten Gröößen anzeigte.

Die Temperaturen wurden dann in der Hypothese berechnet, daß sie der Ausdehnung des Platins proportional seyen, unter Anwendung des Coëfficienten von Dulong und Petit. Diese Berechnungen sind begreiflich leicht zu machen, wenn die Länge des Streifens und des Hebels, so wie die Lage ihres Befestigungspunkts bekannt sind. Bei dem von Draper angewandten Instrument entsprach jeder Grad des getheilten Bogens einer Erhöhung von  $115^{\circ}$  F. über die Temperatur der Luft.

Gesetzt nun, man beginne mit einem schwachen Strom, dessen Stärke mittelst des Rheostats allmählig vergrößert werde. Demgemäß erhöht sich die Wärme in dem Streifen und macht ihn endlich sichtbar rothglühend in dem dunklen Raum, in welchem die Versuche aufgestellt werden. Man beobachtet dann den Grad, auf welchem der Zeiger steht. Der Versuch ward mehrmals und mit Hülfe verschiedener Personen wiederholt (sie müssen einige Zeit im Dunklen verweilen, damit ihre Augen die erforderliche Empfindlichkeit erlangen) und aus dem Mittel aller Beobachtungen die Temperatur berechnet, bei welcher das Platin anfang rothglühend zu werden. Nach den Versuchen unsers Verfassers beträgt diese Temperatur  $977^{\circ}$  F. ( $420^{\circ}$  R.)

Um zu sehen, ob alle Substanzen bei gleichem Wärmegrad rothglühend werden, nahm Prof. Draper einen Flintenlauf, dessen Zündloch verschlossen wurde, und brachte so in denselben folgeweise Platin, Messing, Antimon, Blei, Kalk, Marmor, Flußspath, Kohle aus Gasanstalten (*gas-carbon*), machte darauf den Flintenlauf im Feuer rothglühend und beobachtete aufmerksam den Moment, wo das Glühen des Laufes und der darin enthaltenen Substanz sich zu zeigen anfang. Zwischen beiden Erscheinungen konnte er keinen Zeitunterschied entdecken, denn der Flintenlauf und die untersuchte Substanz wurden, so wie die Temperatur stieg, gleichzeitig leuchtend und verloren auch zugleich diese Eigenschaft, wenn, nach Entfernung vom Feuer und Bringung in einen dunklen Raum, die Temperatur durch Ausstrahlung sank.

Es

Es ist zu bemerken wichtig, dafs in einigen Fällen, z. B. beim Blei, die in der Röhre enthaltene Substanz erst einige Zeit nach dem Schmelzen glühend wurde; diefs zeigt, dafs die zum ersten Auftreten des Glühens erforderliche Temperatur nicht vom *starren* Zustand des zum Versuch genommenen Körpers abhängt, sondern bei allen Substanzen stattfindet, die sich bei 977° F. flüssig halten, ohne zu siedern. Von diesem Gesetz nimmt Prof. Draper den Flufsspath und Marmor aus, da sie eher leuchtend werden. Diese Fälle gehören indess nicht in Wirklichkeit zu den betrachteten Erscheinungen, sondern zu denen der *Phosphorescenz*, welche, je nach der Natur der Substanz, einen niedrigeren Wärmegrad verlangen. Ich füge hinzu, dafs man, bei Betrachtung der Aufgabe unter allgemeinem Gesichtspunkt, auch diejenigen Fälle ausnehmen mufs, bei welchen die Lichtentwicklung aus chemischen Verbindungen erfolgt.

Diese beiden Ausnahmen lassen sich indess durch die Qualität der zuerst erscheinenden Farben erkennen. So entsendet der kohlensaure Kalk im Moment, wo er sichtbar wird, ein weifses Licht, und der Flufsspath ein blaues. Der Schwefel erscheint gelb, wenn er sich chemisch mit Kupfer verbindet, und blau, wenn er sich mit Sauerstoff vereint. Einige ausgezeichnete Physiker, unter andern Hr. Biot, nehmen an, das zuerst von glühenden Körpern entsandte Licht sey von letzterer Farbe, und sie erklären diefs nach den Principien einer jetzt fast allgemein verlassenen Theorie <sup>1)</sup>. Wir werden gegenwärtig sehen, was wahrscheinlich die Ursache der verschiedenen Farben sey, die aus phosphorescirenden oder in chemische Verbindung tretenden Körpern entstehen. Wir wollen blofs bemerken, dafs die von Hrn. Biot erwähnte Farbe bei Flammen vorkommt; und dafs diese Fälle von Verbrennung, als zur Klasse der chemischen Verbindungen gehörend, sorgfältig unterschieden werden müssen von dem Glühen im eigentlichen Sinne, welches, wie schon gesagt, unmittelbar und

1) Biot, *Traité IV.* p. 617.

lediglich aus einer Temperatur-Erhöhung im Körper entspringt und immer mit einem rothen Lichte anfängt.

Was den genauen Grad dieser Temperatur betrifft, so sind die Einwürfe, welche man gegen die von unserem Verf. angewandte Methode erheben könnte, von sehr geringem Belang; vergleicht man die Resultate, zu denen er gelangte, mit denen von Wedgewood und Daniell erhaltenen, so beläuft sich der Unterschied nur auf  $30^{\circ}$  im Plus für den ersten Fall, und auf  $3^{\circ}$  im Minus für den zweiten. Die Unterschiede sind viel größer, wenn wir seine Resultate mit den Deductionen von Davy und Newton vergleichen, welche  $812^{\circ}$  und  $635^{\circ}$  ergaben; allein diese Zahlen, und besonders die letztere, wurden durch zu unvollkommene Methoden erhalten, als dafs sie zuverlässig seyn sollten. Die von unserem Verf. gegebene Zahl  $977^{\circ}$  F. mufs also dem Wärmegrad sehr nahe kommen, welcher das erste Erglühen der Körper bewirkt.

Nach dem Studium dieser ersten, schon von andern Physikern untersuchten Aufgabe eröffnet Prof. Draper ein ganz neues Feld der Forschung, indem er die Natur der Farben untersucht, welche ein glühender Körper bei steigender Temperatur entwickelt.

Zu dem Ende nimmt er ein Prisma von reinem Flintglas und stellt es in einem gewissen Abstände von dem Platinstreifen senkrecht auf, nachdem er zuvor an dem Ort, den das Platin einnehmen soll, eine Metallplatte mit einem senkrechten Spalt von gleicher Gröfse wie dieses angebracht und durch denselben ein Bündel Tageslicht geleitet hat. Das aus dem Durchgang dieses Bündels durch das Prisma entstehende Spectrum wurde mit einem kleinen, mit Mikrometerfäden versehenen Fernrohre aufgefangen und in seinen einzelnen Theilen sorgfältig untersucht, um genau die Lage der Fraunhofer'schen dunklen Linien zu bestimmen. Dann wurde der Platinstreifen an denselben Ort gebracht und die Beobachtung der Spectra vorgenommen, die derselbe zu verschiedenen Zeiten des Glühens erzeugte. Aus dieser ergab sich, dafs das erste in vollkommener Dun-

kelheit sichtbare Spectrum einer Temperatur von  $1210^{\circ}$  F. entspricht, und sich von der Linie *B* bis zur Linie *F* erstreckt. Das zweite Spectrum entsteht bei einer Temperatur von  $1325^{\circ}$  F., beginnt sehr nahe mit derselben Linie *B* und endigt an der Linie *d*. Das dritte entsteht bei einer Temperatur von  $1440^{\circ}$  F., scheint etwas näher an der Linie *A* zu beginnen und geht ein wenig über *G* hinaus. Das vierte endlich, einer Temperatur vom  $2130^{\circ}$  F. entsprechend, fängt noch näher bei *A* an und erstreckt sich bis zur Linie *L*.

Mit anderen Worten, das Spectrum des Platinstreifens, welches dem rothen Ende des prismatischen Spectrums entspricht, ist anfangs sehr kurz und enthält nur die weniger brechbaren Farben; so wie aber die Temperatur steigt, dehnt sich das Spectrum des Glühens gegen das violette Ende hinaus, erlangt die mehr brechbaren Farben und zuletzt alle Farben und die ganze Ausdehnung des Sonnenspectrums, mit Ausnahme der äußersten Strahlen an beiden Enden, die offenbar wegen ihrer ungemeinen Schwäche dem Beobachter entgehen. Dieselbe Ursache (Unwahrnehmbarkeit wegen Mangels an Lichtstärke) macht, dafs das erstere Spectrum am rothen Ende etwas kürzer erscheint als das letzte; da die wenigst brechbaren Strahlen dieser Farbe selbst beim Sonnenspectrum zu schwach sind, dafs wir sie nicht wahrzunehmen vermögen, sobald sie nicht an einem gänzlich finstern Ort abgeschieden sind, so müssen sie um so vielmehr dem Beobachter unsichtbar bleiben, wenn das Spectrum aus so schwachen Leuchtkräften, wie die in den ersten Zeiten des Glühens, entspringt.

Für ein vollkommen empfindliches Auge würden alle Längenveränderungen offenbar nur in Richtung der brechbareren Strahlen stattgefunden und alle Spectra mit der äußersten Gränze der rothen Strahlen begonnen haben.

Aus allen diesen Beobachtungen folgt, dafs, wenn das Glühen eines Körpers durch Erhöhung seiner Temperatur lebhafter und glänzender wird, nicht nur eine Vergrößerung der Intensität des resultirenden Lichts, sondern auch eine in der Mannigfaltigkeit der dasselbe zusammensetzenden

elementaren Farben stattfindet; überdiß erfolgt ein Zusatz von desto brechbareren Strahlen als die Temperatur des glühenden Körpers höher ist. Hierdurch ist also eine innige Analogie zwischen der allmäligen Entwicklung von Licht und der von Wärme festgestellt. In der That, so wie ich mich selbst von dem unmittelbaren Durchgang jeder Art von strahlender Wärme durch Steinsalz überzeugt hatte, bemühte ich mich mittelst dieser schätzbaren Eigenschaft die Brechung der Wärme aus verschiedenen Quellen zu studiren; und ich entdeckte, daß die Strahlungen, welche aus Quellen von hoher Temperatur herkommen, mehr brechbare Elemente enthalten, als die aus nicht so heißen Quellen.

Nachdem Prof. Draper hervorgehoben, wie sehr wichtig für die Theorie von der Identität der Wärme- und Lichtstrahlen die Analogie oder vielmehr absolute Gleichheit ist, die zwischen seinen und meinen Versuchen über das successive Auftreten der elementaren Strahlen existirt, geht er weiter, um zu untersuchen, nach welchem Gesetz die Licht- und Wärmestrahlungen wachsen mit steigender Temperatur der Wärmequelle.

Bouguer hat gezeigt, daß ein Unterschied von einem Sechzigstel in der auf das Auge wirkenden Lichtmenge unmerklich ist, und daß also dieser Bruch die Gränze der wahrnehmbaren Veränderungen darstellt. Hieraus folgt, daß wir Unterschiede in der Licht-Intensität, wenn sie auch im Geringsten den sechzigsten Theil der ganzen Größe übersteigen, leicht wahrnehmen. Sey z. B. vor dem rothglühenden Platin oder der sonstigen Lichtquelle ein opaker Cylinder aufgestellt und ein Blatt weißes Papier in solcher Entfernung gehalten, daß seine Fläche überall von dem Licht des scheinenden Körpers beleuchtet werde, mit Ausnahme derjenigen Theile, auf welche der Schatten des Cylinders fällt. Sey ferner eine Lampe versehen mit einer Metallröhre, in welcher sich ein kleines Loch befindet, und fallen die zu diesem Loche hinausgehenden Strahlen auf das Papier, das beleuchtet ist von der Lichtquelle, deren In-

tensität wir messen wollen. Nähere man die Lampe allmählig bis der Schatten des Cylinders nicht mehr sichtbar ist; wiederhole man diesen Versuch in jedem der einzelnen Fälle, die man miteinander zu vergleichen wünscht, und messe jedesmal den Abstand der Lampe vom Papier. Dann ist klar, daß die gesuchten Werthe im umgekehrten Verhältniß der gefundenen Zahlen stehen.

Diese von Bouguer zur Bestimmung der relativen Intensitäten verschiedener Lichtquellen erfundene und von Draper zur Messung der Lichtmengen, die von einem auf verschiedene Grade des Glühens gebrachten Platinstreifen ausgesandt werden, angewandte Methode ist die einzige, bei welcher wir auf ein erfolgreiches Resultat hoffen können. Die unter dem Namen der Rumford'schen so wohl bekannte Methode der Gleichheit der Schatten würde bei den Untersuchungen des gelehrten Amerikaners unsichere Data geliefert haben, weil es schwierig gewesen wäre, die *zufällige grüne Farbe* des durch die gelben Strahlen der Lampe beleuchteten Schattens genau zu vergleichen mit dem rothen Licht des glühenden Metalls.

Was die Messungen der strahlenden Wärme betrifft, so geschahen sie mittelst des Thermo-Multipliers, jenes bewunderswürdigen Instruments, welches der Wissenschaft so viele neue Eigenschaften der Wärmestrahlungen aufgedeckt hat und noch so viele ausgezeichnete Dienste leistet. Prof. Draper brauchte nur in einem gewissen Abstände von seinem Platinstreifen eine thermo-elektrische Säule aufzustellen und für jede Phase des Glühens die Ablenkung des Galvanometers zu beobachten, um die gesuchten Größen zu bestimmen. Auf diese Weise erhielt er die Zahlen, welche die folgende Tafel in drei Spalten enthält. Die erste dieser Spalten enthält die Temperaturen für jeden Grad der Ausdehnungsskala, beginnend mit dem Punkt des Glühens; der Unterschied zwischen den successiven Gliedern dieser Reihe ist demnach constant und gleich 115° F. Die zweite und dritte Spalte geben die entsprechenden Licht- und Wärmemengen. Es ist fast überflüssig hinzusetzen, daß

die Einheit des Lichts ganz unabhängig ist von der der Wärme, und daß die ähnlichen unabhängigen Einheiten nicht auf denselben Punkt der Skale beziehbar sind.

Temp. d. Platins	Lichtstärke	Wärme- stärke	Temp. d. Platins	Lichtstärke	Wärme- stärke
980		0,87	1900	0,34	6,80
1095		1,10	2015	0,62	8,60
1210		1,50	2130	1,73	10,00
1385		1,80	2245	2,92	12,50
1440		2,20	2360	4,40	15,50
1555		2,80	2475	7,24	
1670		3,70	2590	12,34	
1785		5,00			

Die Zahlen der beiden letzten Kolonnen zeigen augenfällig, daß die Zunahme beider Agentien, obwohl anfangs schwach, zuletzt sehr rasch wird; daraus folgt, daß die Strahlungen des Lichts und der Wärme in dem *Fortschreiten der Quantität* dieselbe Analogie befolgen, welche wir schon im *Fortschreiten der Qualität* beobachtet haben.

Dieser parallele Gang der beiden Agentien scheint die Meinung des Verfassers in Betreff der Natur der Licht- und Wärmestrahlen, so wie der verschiedenen chemischen und physiologischen Wirkungen der Sonne und der irdischen Licht- und Wärmequellen gänzlich verändert zu haben. Der Eingang zu seiner Abhandlung enthält hierüber folgende Stelle:

„Da die nun zu beschreibenden Versuche zu einigen auffallenden und vielleicht unerwarteten Analogien zwischen Licht und Wärme führen, so empfehlen sie sich unserer Aufmerksamkeit, indem sie auf die Frage über die Identität dieser Wesen hindeuten. Wie bekannt, war ich ehemals des Glaubens, daß nicht nur zwischen diesen, sondern auch zwischen den übrigen Imponderabilien wesentliche Verschiedenheiten existiren; und ich kann daher wohl sagen, daß ich, als ich diese Untersuchung begann, ganz andere Resultate von ihr erwartete, als sie wirklich lieferte.“

Unmittelbar nach den Versuchen über die gleichzeitige Entwicklung der Licht- und Wärmestrahlungen in dem Pla-

tinstreifen bei verschiedenen Stufen des Glühens setzt der Verfasser hinzu: „Ich kann mich hier über die merkwürdige Analogie zwischen Licht und Wärme, welche diese Versuche aufdecken, nicht mit zu vieler Emphase aussprechen. Der Gang der Erscheinungen in allen ihren Hauptpunkten ist derselbe in beiden Fällen. Der rasche Anwuchs des Effects, so wie die Temperatur steigt, ist beiden gemein. Und wir dürfen nicht vergessen, dafs wir beim Lichte die Effecte nothwendig durch einen Apparat messen, der besondere Eigenthümlichkeiten besitzt. Das Auge ist unempfindlich für Strahlen, die nicht innerhalb gewisser Gränzen der Brechbarkeit liegen. Bei diesen Versuchen wird erfordert die Temperatur des Platins fast bis  $1000^{\circ}$  F. zu steigern, ehe wir die ersten Spuren von Licht entdecken können. Messungen, unter solchen Umständen erhalten, sind abhängig von der physiologischen Wirkung des Gesichtorgans selber, und daher wird ihre Analogie mit den durch das Thermometer erhaltenen auffallender, weil wir schwerlich vorausgesehen hätten, dafs sie so vollständig seyn würden“.

Nach der zweiten Reihe von Versuchen über die Qualität der bei steigender Temperatur des Metalles ausgesandten Strahlen kritisirt Prof. Draper einige der That- sachen, auf welche Sir D. Brewster seine Meinung gründet, dafs in jedem Theile des Spectrums rothe, gelbe und blaue Strahlen vorhanden seyen. Diese Kritik erlangt um so mehr Wichtigkeit, seit Hr. Airy (*the Astronomer Royal of England*) die Schlüsse Sir D. Brewster's bestritten und durch mehrere von ihm angestellte Versuche die Ansicht unterstützt hat, dafs jedem Element des Spectrums eine besondere Farbe entspreche. <sup>1)</sup>

„Da (bei dem Versuch, bei welchem ein Metall glüht), sagt Prof. Draper,“ die Lichteffecte ohne Zweifel aus einer schwingenden Bewegung der Platintheilchen entstehen, so scheint aus den vorhergehenden Betrachtungen zu fol-

1) S. Airy's Aufsatz in d. Ann. Bd. 71. S. 893. und Brewster's Erwiderung, ebendasselbst S. 397.

gen, daß die Schnelligkeit dieser Schwingungen mit der Temperatur zunimmt<sup>1)</sup>). Bei dieser Bemerkung leitete mich der Satz, daß „zu einer besonderen Farbe immer eine besondere Wellenlänge gehöre, und zu einer besonderen Wellenlänge immer eine besondere Farbe“; allein dieser Satz ist durch die von Sir D. Brewster unternommene Zerlegung des Spectrums mittelst absorbirender Medien geradezu umgestoßen worden, indem dieser ausgezeichnete Physiker gezeigt hat, daß Roth, Gelb und Blau, folglich auch weißes Licht, in jedem Theil des Spectrums vorhanden ist. Diefß muß bei Anwendung eines Prisma, dessen brechende Fläche eine beträchtliche Gröfse hat, nothwendig stattfinden; denn es ist klar, daß ein nahe der Schneide und ein nahe der Basis auffallender Strahl, nach ihrer Dispersion, verschiedene Spectra auf dem Schirm abmalen werden, und die Farben des einen nicht mit denen des andern zusammenfallen können, sondern sie überdecken müssen. In einem solchen Spectrum muß also eine allgemeine Vermischung der Farben stattfinden; allein dürfen wir nicht fragen, ob bei Anwendung eines Elementarprismas noch dasselbe geschehen werde, ob bei Bedeckung der Vorderseite des Prismas durch einen Schirm, der bloß einen schmalen Schlitz parallel der Axe des Prismas entblößt liefse, noch jede Farbe in jedem Theil des Spectrums vorgefunden werde, wie in Sir D. Brewster's Versuch? Hr. Melloni hat gezeigt, wie sehr derselbe Umstand die Erscheinungen der strahlenden Wärme complicirt, und es ist ein sehr nahe liegender Verdacht, daß der hier bezeichnete Effect in analoger Weise auch bei den Licht-Erscheinungen vorkommen müsse“<sup>2)</sup>).

1) Dieser Ausspruch darf nicht absolut genommen werden, sondern nur relativ, in Bezug auf die neuen Strahlen, welche eine gegebene Temperatur den bereits im Spectrum vorhandenen hinzusetzt. (Melloni)

2) Sir David Brewster hat dem Prof. Draper Folgendes erwidert. — „Da meine Versuche nicht mit Spectris, gebildet auf Schirmen durch Prismen von großen brechenden Flächen, angestellt wurden, so unterliegen sie nicht diesem Einwurf, wenn er auch sonst wohl begründet

Ich muß hier bemerken, daß die (in der Kritik erwähnte) optische Complication wirklich stattfindet, wie sich klar beweisen läßt; gerade dieser Umstand führte mich zur Entdeckung der Irrthümer, welche bei Bestimmung der Temperaturmaxima in Spectris verschiedener Substanzen begangen worden sind. Damit hierüber kein Zweifel bleibe, will ich aus der Abhandlung, die am 24. Nov. 1843 d. K. Akademie überreicht wurde, die bezügliche Stelle zusetzen.

„Man überziehe eine der drei Seiten eines gewöhnlichen Glasprismas mit einer Lage Tusch, lasse sie trocknen und theile sie dann in drei gleiche Portionen rechtwinklig auf der Axe. Nun entferne man mit einem Federmesser die Tusche von der mittleren Portion, und auch auf einem Streifen von 4 bis 5 Millimetern Breite an den Seiten der beiden anstossenden Portionen, so daß die beiden, vom Tusche entblößten Streifen an gegenüberstehenden Seiten liegen, und durch ihre Vereinigung mit dem mittleren eine Art von Z bilden. Begreiflich wird ein Bündel Sonnenlicht, welches durch ein so vorgerichtetes Prisma geht, drei Farbenbilder neben einander geben; das mittlere wird sehr hell seyn, weil es aus dem vom Tusche ganz entblößten Theil des Prisma entspringt; die beiden andern, die von den seitlichen Streifen herrühren, werden dagegen blässer seyn. Man wird auch einsehen, daß das mittlere Bild oder Spectrum jedes seiner Enden an den Gränzen eines der Enden der Seitenspectra zu liegen hat, und daß, wenn z. B. sein rothes Ende in gleicher Linie liegt mit dem rothen

wäre. Die von mir angewandten Spectra waren so rein und frei von aller Beimischung, daß sie die Fraunhofer's dunklen Linien deutlich sehen ließen, und die Resultate waren genau dieselben, wenn die brechende Fläche des Prismas auf die möglich kleinste Dimension zurückgeführt wurde.

Meine Zerlegung des Spectrums durch Absorption widerstreitet also nicht indirect den Satz, „daß eine besondere Farbe immer zu einer besonderen Wellenlänge und eine besondere Wellenlänge immer zu einer besonderen Farbe gehört“, wie Dr. Draper den bekannten Satz von Sir Isaac Newton ausdrückt, sondern widerspricht ihm direct und stößt ihn völlig um.“ — Phil. Mag. Juni 1847 p. 462.

Ende des linken Spectrums, sein violettes Ende in gleicher Linie mit dem violetten Ende des rechten Spectrums liegen wird, und so umgekehrt. Was die beiden andern Enden der Seitenspectra betrifft, so werden sie nicht den Enden des mittlichen Spectrums entsprechen, sondern irgend einer der innern Farben, und sie werden offenbar desto entfernter davon seyn, als die Breite der entblößten Streifen geringer ist im Verhältniß zur Breite des Prisma. Bei einem meiner Versuche, angestellt mit einem gleichseitigen Prisma von Kronglas, dessen Breite 24 Millimeter betrug, während die seitlichen Streifen 5 breit waren, fand ich, in einem Abstände von 2 Metern, daß das rothe Ende des linken Spectrums in einer Linie lag mit dem oberen Theil der gelben Farbe des mittlichen Bildes und das violette Ende des rechten Spectrums in einer Linie mit dem Blau desselben Bildes. Ein eben so vorgerichtetes Wasserprisma, dessen brechender Winkel 79° betrug, gab analoge Resultate. In dem einen, wie dem andern Falle lag das rothe Ende des linken Spectrums in gleicher Linie mit dem Grün des mittlichen Bildes, als die Beobachtung in einem Meter Abstand vom Prisma angestellt wurde.“

„Nun denke man sich den mittleren entblößten Theil unseres Prismas getheilt in eine Reihe longitudinaler Elemente, jedes von gleicher Breite mit den seitlichen Streifen. Offenbar wird jedes dieser Elemente ein gebrochenes Bild geben, ähnlich den beiden blassen Spectris, die aus den seitlichen Streifen entstehen, und die beiden letzten Bilder werden gleichsam die Fortsetzungen dieser Spectra seyn. Das Roth und das Violett, welches man neben dem Gelb und Blau des mittlichen Spectrums sieht, existiren also gleichfalls in diesem mittlichen Spectrum und gehören zur Zusammensetzung seiner Farben. Diefß Argument ist unwiderleglich; es thut dar, daß die Abstufungen des von dem mittleren Theil gebildeten Spectrums, statt völlig oder nahe völlig rein zu seyn, verschiedene Farben enthalten müssen“<sup>1)</sup>).

1) *Museo di Scienze, Lettere ed Arti, Vol. I. Fasc. I. Napoli, 1843. Biblioth. univers., 1844, Vol. XLIX, p. 141.*

Schon im J. 1843 habe ich gezeigt, daß die Farben, welche man mit gewöhnlichen Prismen in Abständen kleiner als zwei Meter erhält, zusammengesetzt sind aus einer Mischung von Farben, die den Spectris der verschiedenen Elementarstreifen des Prismas angehören, und daß das Roth, das Violett, und folglich alle übrigen prismatischen Farben der beiden äußersten Elemente, dem Centrum desto näher liegen, je näher dem Prisma die Beobachtung gemacht ist. Nun ist bei dem Versuch des Hrn. Brewster das Prisma sehr dicht am Auge; das hiebei erhaltene Spectrum muß also nothwendig aus sehr unreinen Farben bestehen, und die Farbe, welche in einer gegebenen Zone erscheint, die ihre vorwaltende Farbe durch Absorption verloren hat, gehört nicht zu einem Strahl von gleicher Brechbarkeit mit der absorbirten Farbe, sondern zu Farben der Elementarspectra der oberen oder unteren Theile des Prismas.

Um dieß direct zu erweisen, habe ich den Fundamental-Versuch des Hrn. Brewster wiederholt. Er besteht bekanntlich darin, daß man zwischen das Auge und das Spectrum, welches durch das gebrochene Bild eines durch das Prisma gesehenen hellen Gegenstands gebildet wird, einen durch Kobaltoxyd tief blau gefärbten Glasstreifen einschaltet. Das Spectrum war gebildet aus dem Licht einer kreisrunden, zehn Millm. im Durchmesser haltenden, Oeffnung einer Metallplatte, die sich im Fensterladen eines verfinsterten Zimmers befand. Das Prisma war von Flintglas, gleichseitig, 25 Millm. breit, und hinreichend rein, um die dunklen Linien Fraunhofer's deutlich zu zeigen. Gehalten an einem Ende von seinem Stative, war es 15 Fufs vom Fenster, horizontal in der Lage des Ablenkungs-Minimum, befestigt. Seine Vorderfläche war auf einem Drittel ihrer Erstreckung mit Tusch überzogen. Aus der Mitte dieser geschwärzten Zone, von einem Ende zum andern, war ein horizontaler, etwa ein Millimeter breiter, Streifen entblößt worden. Das blaue Glas bedeckte nur zwei Drittel des Prismas, gerechnet von dem bemalten Ende.

Nachdem diese Vorrichtungen gemacht, beobachtete ich das Bild der Oeffnung successive durch den unbelegten

Theil des Prisma und durch die beiden Portionen, vor welchem das blaue Glas angebracht war. Die erste Beobachtung gab mir das normale Spectrum, die zweite, nach der Brewster'schen Methode gemacht, lieferte ein complexes Spectrum; die dritte endlich ein Spectrum, entstehend aus einer kleinen Portion, welche als das mittlere Longitudinal-Element des Prismas betrachtet werden kann. Als ich nun das erste Bild mit dem zweiten verglich, gewahrte ich die hellen und dunklen Zonen, welche von Herschel so gut beschrieben sind. Beim Vergleiche des dritten Bildes mit dem zweiten bemerkte ich, daß die hellen Zonen, welche zu dem *Elementar-Spectrum* gehörten, *viel schärfer*, obwohl weniger intensiv, *viel schmaler* waren, auch durchzogen von dunklen Zonen, viel tiefer und breiter und mit auffallenderen Umrissen als die des Spectrums, welches von dem unbemalten Theil des Prisma herkam. Durch einen comparativen Blick auf die drei Bilder konnte ich mich leicht überzeugen, daß die Farbenunterschiede zwischen dem zweiten und dritten Bilde den Farben entsprachen, von denen Sir D. Brewster meint, sie hätten gleiche Brechbarkeit mit den absorbirten Farben. In seinem Spectrum z. B. ist das normale Orange ersetzt durch eine dunkle Zone, in die einerseits das Roth und andererseits das Gelb eingreift, woraus er auf das Daseyn dieser beiden Farben im Orange schließt. Diese Eingriffe (*invasions*) des Gelb und des Roth existiren nun in meinem Elementar-Spectrum nicht, *vielmehr ist darin der ganze, dem Orange entsprechende Raum eingenommen von einer dunklen Zone; das diese Zone begränzende Roth und Gelb des Spectrums, welches von dem ganzen mittleren, mit dem blauen Glase bedeckten Theil des Prisma erzeugt wird, sind daher unabhängig von diesem Spectrum und gehören zu Spectris von elementaren Schichten, die über und unter der intermediären Linie liegen.*

Dieser letzte Schlufs ist jedoch nicht einwurfsfrei. Denn in einem dunklen Raum hat der Beobachter nothwendig eine sehr erweiterte Pupille und er sieht mehr oder weniger undeutlich. Wenn er also ein Mal durch das unbelegte Prisma

blickt und ein anderes Mal durch einen begrenzten Theil des Prisma, der schmaler ist als die Pupille des Auges, so kann es geschehen, daß die grössere Ausbreitung der durch das blaue Glas gegangenen Farben bei der ersten Beobachtung aus einem undeutlichen Sehen entspringe, und nicht aus einem wirklichen Uebergreifen Farben der oberen und unteren Theile des Prismas. Diese Muthmassung scheint um so gerechtfertigter, als nicht alle durch die prismatischen Elemente gebrochenen Strahlen von dem Beobachter wahrgenommen werden, sondern nur diejenigen, welche durch die Oeffnung der Pupille gehen.

Um zu ermitteln, ob dieß wirklich die Ursache der Erscheinung sey, brachte ich rund um das kreisrunde Loch des Fensterladens vier schmale Streifen Zinnfolie an, und stellte sie so, daß sie eine vollkommen quadratische Oeffnung bildeten, deren Seiten horizontal und vertikal waren. Als ich nun vor dem Prisma einen Glasstreifen von dunklerem Blau als den früheren aufstellte, erblickte ich, bei successivem Hindurchsehen durch den mittleren und durch den partiell von Tusch entblößten Theil des Prisma, daß die beiden durch Dazwischensetzung des farbigen Mediums abgeänderten Spectra bestanden aus einem rothen, fast quadratischen Rechteck, dem eine breite dunkle Zone folgte, und aus einem sehr glänzend gelben Rechteck, dessen längere Seiten vertical standen, parallel der Länge des Spectrums. Darauf kam eine dunkle undeutliche Farbe, dann die blaue, deren Modificationen man hier nicht zu beachten braucht, da es nur auf die Farben- und Dunkelheits-Veränderungen des schon erwähnten, dem Gelb vorangehenden Raums ankommt.

Bei aufmerksamer Betrachtung der rechteckigen Form des in jedem dieser Spectra von den gelben Strahlen eingenommenen Raumes sieht man deutlich, daß er in dem *Elementar-Spectrum* weniger verlängert ist als in dem *zusammengesetzten Spectrum*. Nun kann das deutliche Sehen die Gröfse des auf der Netzhaut erzeugten Bildes verringern und die Umrisse entschiedener und schärfer machen,

aber es kann nicht die Verhältnisse seiner Dimensionen ändern. Die kürzere Länge des gelben Rechtecks in dem Elementar-Spectrum muß also aus einer andern Wirkung entspringen als die, welche die Kleinheit der Oeffnung, durch welche das prismatische Bild beobachtet wird, auf das Sehen ausübt. Wir können daher nicht voraussetzen, daß die etwas gröfsere Schärfe und Lebhaftigkeit, welche die vertikalen Seiten vor den horizontalen voraushaben, zu dem in Rede stehenden Phänomen Veranlassung geben; denn jede in dieser Weise entstehende Veränderung würde in entgegengesetzter Richtung als der wirklich beobachteten geschehen. Denn da in Wirklichkeit die hellsten Bilder diejenigen sind, welche beim Uebergang aus dem verworrenen Sehen in das deutliche am meisten verkleinert werden, so müßte das gelbe Rechteck im Spectrum des Elementar-Prisma kürzer seyn in horizontaler als in vertikaler Richtung; dessen ungeachtet zeigt sich der Unterschied gerade in umgekehrter Weise. Die Verlängerung des gelben Rechtecks in dem mittleren Spectrum entspringt daher ohne allen Zweifel, gänzlich oder theilweise, aus einem partiellen Uebergreifen der gelben Strahlen der Spectra der ganzen Reihe von Elementar-Prismen, von welchen die Strahlen die erweiterte Pupille des Beobachters durchdringen. Diefs Uebergreifen findet rechtwinklig gegen die Axe des Spectrums statt, folglich bei der Anwendung meines Versuchs in senkrechter Richtung.

Die von Sir D. Brewster zum Bestimmen der Zusammensetzung des Sonnenspectrums vorgeschlagene Methode scheint mir daher für den beabsichtigten Zweck nicht geeignet, und so lange es nicht bewiesen ist, daß die Farben eines *vollkommen reinen* Spectrums sich durch ein nahe vor dem Prisma aufgestelltes Medium ändern und die Aenderung in jedem andern Abstände verbleibt, *muß das Daseyn verschiedener Farben in einem und demselben Transversal-Element des Spectrums als völlig hypothetisch betrachtet werden.*

Ich kann daher das Daseyn verschiedener Farben in ei-

nem und demselben Theil des Spectrums nicht länger zugeben. Ich halte es für bewiesen, daß jede besondere Farbe, die aus einem einzigen Strahl entspringt, eine eigene Schwingungsdauer und eine eigene Wellenlänge besitzt. Ich halte mit Newton die Farbe für ein charakteristisches unterscheidendes Kennzeichen der verschiedenen Elemente, die in den Strahlen der Sonne und anderer leuchtender Körper enthalten sind, und die lediglich vermöge ihrer verschiedenen Brechbarkeit durch die Wirkung des Prisma von einander gesondert werden.

Indem wir so ein Zerlegungsmittel verwerfen, welches sich bisjetzt vielen Beifalls unter den Physikern erfreut hat, müssen wir uns erinnern, daß Sir David Brewster der Urheber vieler schönen und wichtigen Entdeckungen ist, deren Verdienst durch den eben gezogenen Schluss niemals herabgesetzt werden kann, so wenig wie die Irrthümer, welche Newton bei der *Diffraction* der Lichtstrahlen und bei deren *Dispersion* in verschiedenartigen durchsichtigen Körpern begangen hat, jemals den Ruhm schmälern können, welcher seinen anderweitigen optischen Untersuchungen und seiner Entdeckung der Gravitationslehre gebührt.

Kehren wir zu den Untersuchungen des Prof. Draper zurück. Ich sage, daß sie, wie andere bisher bekannte über Licht und strahlende Wärme, zu einer vollkommenen Analogie zwischen den allgemeinen Gesetzen dieser beiden großen Agentien der Natur führen. Ich will hinzufügen, daß ich nach den Regeln der Philosophie die Theorie von ihrer Identität hier als die einzig zulässige halte, und daß ich selbst mich zu ihrer Annahme verpflichtet fühle, so lange nicht die Nothwendigkeit erwiesen ist, zwei verschiedene Principien zur Erklärung einer Reihe von Phänomenen zu nehmen, welche mir bis jetzt einem einzigen Agens anzugehören scheinen.

Meine Vorstellung ist folgende. Bei schwacher Erwärmung schwingen die Theilchen der Körper langsam und erzeugen in dem umgebenden ätherischen Medium lange, unsichtbare Wellen. So wie die Temperatur steigt, nehmen

diese Schwingungen hauptsächlich an Gröfse zu, ohne ihren Isochronismus zu ändern; allein einige derselben wachsen auch an Schnelligkeit. Dieser Anwuchs wird indeß bis nahe zum Punkt des Glühens nicht sehr deutlich. Dann beginnt eine Portion der wägbaren Theilchen schneller zu schwingen als der Rest, und sie erzeugt im Aether kürzere Undulationen, welche daher brechbarer sind und zum Theil sichtbar werden. Alle tragen dazu bei, die Stärke und Mannigfaltigkeit der Ausstrahlung zu erhöhen, bis zuletzt in der strahlenden Fluth aus Quellen von hoher Temperatur eine große Anzahl Elemente von leuchtender und dunkler Wärme vereinigt gefunden werden.

Es giebt jedoch gewisse Körper, bei denen der Zustand des Molecular-Gleichgewichts ein solcher ist, daß ihre Theilchen eine große Leichtigkeit zum Vibriren besitzen. Diese Theilchen erlangen weit vor dem Zeitpunkte des Glühens, insgesamt oder zum Theil, jene Geschwindigkeit des Oscillirens, aus welcher sichtbare Wärme entsteht. Diese Körper bilden die Classe der phosphorescirenden Substanzen.

Wenn ein Körper sich mit einem andern chemisch verbindet, so gerathen seine Theilchen in einem Augenblick in eine sehr heftige Vibrationsbewegung, und darauf mögen sie langsamere Schwingungen annehmen. Diefes scheint bei den Flammen stattzufinden, die bei Verbrennung der Körper entstehen; sie beginnen fast immer mit einem blauen oder violetten Licht und werden dann weiß oder gelb.

Allein kehren wir zurück zu dem Fall, wo Licht und Wärme durch bloße Temperatur-Erhöhung entwickelt werden. Wir finden, daß Aetherschwingungen, die unfähig sind auf das Gesichtsorgan zu wirken, nicht bloß vorhanden sind in den Strahlungen, die aus heißen und dunklen Körpern herkommen, sondern auch in denen, welche aus leuchtenden Quellen entspringen. Diese unsichtbaren Strahlen sind nicht homogen, sondern von verschiedener Art, und in ihren specifischen Eigenschaften ganz analog denen der Farbe. Diefes ist der Ursprung der sonderbaren Phänomene von chemischer und calorifischer Transmission und Dif-

Diffusion, welche ich die Ehre hatte vor einigen Jahren der Akademie vorzulegen <sup>1)</sup>).

Schließlich kann ich nicht umhin, meine Bewunderung auszusprechen, wie die Entdeckung einer Reihe von That-  
sachen, welche anfangs der Theorie von der Identität des  
Lichts und der Wärme entgegen zu seyn schien, jetzt die  
fundamentale Basis dieser Theorie geworden ist. Wer  
würde nicht im ersten Augenblick glauben, daß die Wär-  
mestralen von ganz anderer Natur als die des Lichtes seyen,  
wenn er sieht, wie jene sich durch Substanzen von der  
größten Durchsichtigkeit in so verschiedenen Verhältnissen  
fortpflanzen, wie sie starkgefärbte Körper unmittelbar und  
in größerer Fülle als vollkommen klare Media durchdrin-  
gen, wie sie sogar in gerader Linie durch ein vollkommen  
opakes Glas hindurchgehen? deßungeachtet sind diese son-  
derbaren Eigenschaften nothwendige Folgen von der mit ver-  
schiedenen Perioden der Aetherschwingungen verknüpften  
Wärme-Durchsichtigkeit und Wärme-Färbung der Körper.  
Niemand würde je die Identität von Licht und Wärme be-  
hauptet haben können, wenn nicht zuvor die *Färbung* bei-  
der Agentien, und die Eigenschaft der Fortpflanzung und  
Brechung aller dunklen Wärmestralen in starren Körpern  
erwiesen worden wäre.

V. *Bemerkungen über die Elementarfarben des  
Spectrums, in Erwiderung auf Hrn. Melloni;  
von Sir David Brewster.*

(*Phil. Magaz. Ser. III. T. XXXII. p. 489.*)

Nur mit bedeutendem Widerstreben bin ich veranlaßt,  
auf Hrn. Melloni's Kritik meiner Zerlegung des Spectrums,  
welche einen so großen Theil seines Aufsatzes im letzten  
Aprilheft des *Philosophical Magazine* einnimmt, zu antwor-  
ten. Wäre diese Kritik von einer untergeordneteren Per-

1) Sitzung vom 16. Nov. 1841 und 1. Febr. 1843.