besprochene Gegenstand interessirte, so wurde das tiefbraune galizische Erdöl auch mit *Terpentinöl* verdünnt. Die Fluorescenz war noch auffallender als bei der Verdünnung desselben Erdöls mit Schwefelkohlenstoff. Auch bei dieser Mischung zeigte sich das *Grün* im reflectirten Tageslichte, aber mit einer ganz anderen Nuance als das unter gleichen Umständen reflectirte Grün des mit Schwefelkohlenstoff verdünnten Erdöls. Das Olivengrün des letzteren hat nämlich einen Stich ins Braune der dem ersteren fehlt.

**XI. Ueber die Verschiedenheit der Wärme welche rauhe und glatte Oberflächen ausstrahlen;
von G. Magnus.**

Seit John Leslie's Untersuchungen über die Wärme weiß man, daß die Metalle bei rauher Oberfläche mehr Wärme ausstrahlen als bei glatter, aber dieß merkwürdige Phänomen ist im Ganzen wenig studirt und manche Fragen bleiben in Betreff desselben zu beantworten übrig. Melloni und seine Nachfolger haben sich mit den von verschiedenen Körpern bei verschiedenen Temperaturen ausgehenden Strahlen beschäftigt; die Verschiedenheit der Ausstrahlung eines und desselben Körpers bei unveränderter Temperatur aber verschiedener Oberfläche ist bis jetzt sehr wenig untersucht. Zuerst war in Bezug auf diese Verschiedenheit die Frage zu beantworten, ob die Spitzen, welche die rauhe Oberfläche darbietet, die größere Ausstrahlung veranlassen. Melloni¹⁾ und Knoblauch²⁾ haben gezeigt, daß dieß nicht der Fall sey, daß die größere Ausstrahlung vielmehr auf einer Abnahme der Dichte beruht, welche die Oberfläche erfährt, wenn sie auf

1) *Thermochröse* p. 90. Anmerkung.

2) *Pogg. Ann.* Bd. LXX, S. 340.

eine bestimmte Weise rauh gemacht wird; und ich selber¹⁾ sowie schon Andere vor mir, haben die Aufmerksamkeit darauf gelenkt, dafs aufser der geringeren Dichte auch der Zustand gröfserer Vertheilung, in dem sich die rauhe Oberfläche befindet, die gröfsere Ausstrahlung veranlafst. Sonst ist kaum etwas über die Verschiedenheit der Ausstrahlung bekannt.

Rührt die gröfsere Ausstrahlung, welche bei gleicher Temperatur von der rauhen Oberfläche stattfindet, davon her, dafs in ihr mehr Theile als in der glatten die Wärme ausstrahlen, oder ist die Intensität der einzelnen Strahlen gröfser? Mit anderen Worten sind die Amplituden der in der rauhen Oberfläche oscillirenden Theilchen gröfser? Sind die von beiden Oberflächen ausgesandten Strahlen von gleicher oder von verschiedenen Wärmefarben? Das sind Fragen, die man bis jetzt noch nicht aufgeworfen hat. Ohne Zweifel, weil sich ihrer Beantwortung Schwierigkeiten entgegenstellten, die für den Augenblick nicht zu beseitigen waren.

Durch die Beobachtung, welche ich der Akademie der Wissenschaften hierselbst im August d. J. mitgetheilt habe, nach welcher Platin, in der Flamme eines Bunsen'schen Brenners erhitzt, nahe doppelt so viel Wärme ausstrahlt, wenn es mit Platinschwamm bedeckt ist, als im glatten Zustande, bot sich die Möglichkeit, einen Theil jener Fragen zu beantworten. Dabei wurde von folgender Betrachtung ausgegangen.

Durchgang der Wärme des glatten und des rauhen Platins.

Wenn die Strahlen, welche von beiden Flächen, der rauhen und der glatten ausgesendet werden, von gleicher Wellenlänge und gleicher Intensität wären, so könnte die gröfsere Erwärmung, welche die rauhe Oberfläche hervorbringt, nur dadurch entstehen, dafs mehr Theilchen in ihr vorhanden sind, welche die Wärme aussenden. Wenn

1) Monatsberichte der Akad. d. Wiss. zu Berlin 1864, S. 593.

dann die Strahlen durch verschiedene Medien hindurchgehen, so würden stets proportionale Mengen derselben absorbiert werden. Wenn dagegen die rauhe Fläche andere Farben aussenden sollte als die glatte, so ist anzunehmen, daß unter den verschiedenen Medien, durch welche man die Strahlen gehen läßt, sich einzelne finden würden, welche gewisse der neu hinzugetretenen Farben in einem stärkeren Verhältniß als die übrigen absorbiren. Es kam deshalb darauf an, den Durchgang der von beiden Oberflächen ausgehenden Strahlen durch verschiedene Medien zu untersuchen und miteinander zu vergleichen.

Für einen solchen Vergleich war es nothwendig, die beiden Oberflächen von ganz gleicher Gröfse anzuwenden. Zu dem Ende wurden zwei kreisrunde Platten von 10^{mm} Durchmesser, mittelst eines Hohlseisens, aus demselben Platinblech von 0^{mm},3 Dicke ausgestochen. Jede derselben wurde durch drei ganz feine Platindrähte vertical in einer zu diesem Zwecke besonders construirten Vorrichtung befestigt, welche gestattete, sie nacheinander genau an dieselbe Stelle in die Flamme eines Bunsen'schen Brenners zu bringen. Die Flamme dieses Brenners, zu welchem das Gas durch einen Regulator gelangte, war sehr constant. Die durch sie erhitzte Platinscheibe stand der vorderen Fläche der Säule parallel gegenüber und zwar so, daß ihr Mittelpunkt genau in der Verlängerung der Axe der Thermosäule lag. Ihr Abstand von der Säule betrug 280^{mm}. Zwischen beiden befand sich ein großer Schirm mit einem Diaphragma, durch welches die Strahlen zur Säule gelangten. Dasselbe hatte gleichen Durchmesser mit der ausstrahlenden Scheibe. Um zu bewirken, daß die Strahlen nur senkrecht zur Säule gelangten, war noch ein zweiter Schirm in geringer Entfernung vor der Säule befestigt, der eine Oeffnung von gleicher Gröfse wie die Oberfläche der Säule hatte. Bei dieser Einrichtung würde ein konischer Reflektor, womit man gewöhnlich die Säulen zu versehen pflegt, die Wirkung nicht vermehrt haben. Es

war ein solcher aber auch nicht erforderlich, da das angewandte Galvanometer außerordentlich empfindlich war. Die Säule selbst befand sich in einem großen Kasten aus Pappe, der keine andere Oeffnung hatte als die des erwähnten Diaphragmas. Ihre vordere Fläche bildete ein Quadrat, dessen Seite 13^{mm}, also wenig größer als der Durchmesser der ausstrahlenden Scheibe war. Die hintere Fläche derselben blieb mit ihrer Kapsel aus Messing bedeckt, außerdem aber wurde sie, um sie gegen den Wechsel der Temperatur zu schützen, mit einer dicken Schicht loser Baumwolle umgeben. Damit die Temperatur des Zimmers so constant als möglich während der Versuche blieb, wurde dasselbe zur Winterzeit am Abend spät geheizt. Dann waren am folgenden Morgen die durch den warmen Ofen sonst entstehenden Luftströmungen nicht vorhanden.

Statt des früher ¹⁾ beschriebenen Galvanometers mit zwei fast astatischen Stahlspiegeln, habe ich eins von veränderter Construction mit zwei Magnetnadeln angewendet, unter denen in der Verlängerung des sie verbindenden Stäbchens, ein versilberter Glasspiegel angebracht war. Dieses System aus Nadeln und Spiegel hat ein sehr viel geringeres Trägheitsmoment als zwei Stahlspiegel, wenn sie auch noch so dünn verfertigt sind. Die Ausschläge, welche dieses Galvanometer lieferte, waren deshalb fast doppelt so groß als bei dem früher benutzten mit zwei Stahlspiegeln ²⁾.

1) Pogg. Ann. Bd. CXVIII.

2) Diefes Galvanometer ist ganz aus Kupfer oder richtiger aus sogenanntem Rothguß verfertigt. Der Draht ist auf zwei Rollen von diesem Metall vertheilt. Die eine derselben ist auf eine starke Metallplatte aufgeschraubt und mit dieser auf dem drehbaren, mit drei Stellschrauben versehenen Fuß des Instruments befestigt. Die andere Rolle wird auf dieselbe Metallplatte so gestellt, daß ihre Axe mit der der festen in einer Linie liegt, und gegen diese mittelst zwei, mit geränderten Köpfen versehene Schrauben fest angezogen. Die Flächen beider Rollen sind ganz eben, so daß sie sich vollständig berühren. Auf den Rollen ist eine flache cylindrische Dose angebracht, die aus zwei Hälften besteht, deren jede auf einer der Rollen befestigt ist. Stehen die Rollen dicht an einander, so bilden die beiden Hälften eine dicht geschlossene Dose. Die

Zunächst wurden beide Platinscheiben glatt, unplatinirt angewendet, um zu erfahren, ob sie beide in diesem Zu-

auf der festen Rolle befindliche Hälfte trägt das Glasrohr in dem der Faden hängt, an welchem die Nadeln mit dem Spiegel befestigt werden. Die obere Nadel schwebt in der Dose, die untere mit dem Spiegel innerhalb der beiden Rollen. Deshalb ist der innere Raum derselben auf der einen Seite durch eine dünne Kupferplatte geschlossen, an dem andern ist ein Planglas eingesetzt zur Beobachtung des Spiegels. Der Raum für das Stäbchen, das die beiden Nadeln verbindet, ist aus dem Metall der dicken Wände der aneinander stehenden Rollen herausgenommen.

Nimmt man die eine Rolle mit der auf ihr befindlichen halben Dose fort, so kann man bequem zu den Nadeln gelangen und sie, erforderlichen Falles während sie an ihrer Stelle bleiben, mehr oder weniger astatisch machen. Es ist dies eine Annehmlichkeit, welche Alle, die mit Spiegelgalvanometern gearbeitet haben, werden zu schätzen wissen, zumal bei der vortrefflichen Ausführung des Instruments durch den Mechanikus Hr. Sauerwald hierselbst, die Rolle entfernt und wieder an ihre Stelle gebracht werden kann, ohne daß die Lage des Spiegels sich im geringsten ändert.

Ist man behindert das Fernrohr senkrecht gegen den magnetischen Meridian aufzustellen, so braucht man nur ein gut geschliffenes rechtwinkliges Prisma vor dem Galvanometer anzubringen; dann aber muß das Planglas beseitigt werden. Man thut gut zu dem Ende das Prisma mit einer Fassung aus Kupfer zu versehen und es durch eine Röhre aus dünnem Caoutchouc mit der Oeffnung, in der sich das Planglas befand, luftdicht zu verbinden.

Will man das Prisma vermeiden, so muß die Construction des Galvanometers so verändert werden, daß der Spiegel über den Nadeln sich befindet. Statt der Dose, die bei dieser Construction so hoch seyn müßte, daß die obere Nadel mit dem Spiegel darin Platz findet, wird ein starker Bügel auf der festen Rolle angebracht, der die Glasröhre mit dem Faden trägt. Ist dann, nachdem die Nadeln mit ihrem Spiegel eingehängt sind, die bewegliche Rolle gegen die feste geschraubt, so wird über den Spiegel und die obere Nadel eine Kappe aus dünnem Kupferblech gestülpt, die in ihrem Deckel eine runde Oeffnung hat, aus der, wenn sie aufgesetzt ist, die Glasröhre mit dem Faden hervorragt. In die Kappe ist ein Planglas vertical eingesetzt. Da sie drehbar ist, so kann die Beobachtung des Spiegels durch dieses Planglas von jeder Seite geschehen, nur muß der Spiegel so gestellt werden, daß er in seiner Ruhelage dem Planglase parallel ist. Die Kappe ruht auf einer aus zwei Hälften bestehenden Platte, die auf den beiden Rollen befestigt ist; auf diese Platte ist sie mit ihrem unteren Rande aufgeschliffen. Ebenso bildet sie da, wo die Glasröhre aus ihr hervor-

stande gleich viel Wärme gegen die Säule strahlen. War dieß der Fall, so war man sicher, daß die eine genau die Stelle der andern einnahm, ihre Befestigung also die richtige war, und zugleich daß die Flamme sich constant erhielt. Sodann wurde Platinschwamm in gleichmäßiger Schicht auf die eine Scheibe gebracht und die Ausstrahlung beider mit einander verglichen¹⁾. Durch den Schwamm stieg, wie bereits erwähnt, die Ausstrahlung auf das Doppelte. Darauf wurden nacheinander von verschiedenen Substanzen Platten eingeschaltet, indem sie vor dem erwähnten Diaphragma befestigt wurden, und darauf die Ausschläge des Galvanometers beobachtet, welche die durch diese Substanzen hindurchgegangenen Strahlen hervorbrachten, sowohl wenn die glatte als wenn die mit Schwamm bedeckte Scheibe, die ich der Kürze wegen in dem Folgenden die platinirte nennen werde, als Wärmequelle benutzt wurde.

Die Substanzen, von denen Platten eingeschaltet wurden, waren: Steinsalz, Kalkspath, Bergkrystall, Rauchtöpas, Agat, Spiegelglas, Flintglas, dunkelgrünes Glas, sämmtlich 6—7^{mm} dick. Ferner rothes, oranges, gelbes, grünes, blaues, violettes Glas, sowie farbloses, glatt und rauh, alle von etwa 2^{mm} Dicke.

Eine Anzahl dieser Platten absorbirte proportionale Mengen von der Wärme beider Quellen, so daß wenn *I* die GröÙe des Ausschlags bedeutet, welchen das Galvanometer machte, wenn die Säule von der glatten Platin-

kommt, einen luftdichten Verschlufs. Diese Construction gewährt den Vortheil, daß die Rollen flacher seyn können, wodurch die Drahtwindungen der unteren Nadel näher zu liegen kommen.

- 1) Das Aufbringen des Platinschwamms geschieht zweckmäßig auf die Weise, daß etwas Platinsalmiak mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt und mit einem Pinsel in einer sehr dünnen Schicht gleichmäßig auf die Platte gebracht und vorsichtig in einer Flamme getrocknet und erhitzt wird; darauf wird eine zweite Schicht in ähnlicher Weise aufgetragen und sofort bis die nöthige Dicke erreicht ist. Trägt man den Platinsalmiak sogleich in einer dicken Schicht auf, so geht er beim Erhitzen in einzelne Massen zusammen und überdeckt die Platte nicht gleichmäßig.

scheibe direct bestrahlt wurde, und i den Ausschlag bei Einschaltung von einer der erwähnten Platten, und wenn ebenso I_1 und i_1 die entsprechenden Ausschläge für die platinirte Platte bezeichnen, so war

$$\frac{i}{I} = \frac{i_1}{I_1}$$

Vor Kurzem hat Hr. Tyndall die interessante Beobachtung mitgetheilt, dafs eine durch Auflösen von Iod ganz undurchsichtige Lösung des Schwefelkohlenstoffs die Wärme eben so vollständig wie das durchsichtige Lösungsmittel durchläfst. Es schien mir von Interesse, diese beiden Flüssigkeiten, den klaren, sowie den durch Iod undurchsichtigen Schwefelkohlenstoff gleichfalls einzuschalten. Hierbei wurden sie zwischen zwei sehr dünnen Steinsalzplatten, in einer Schicht von 10^{mm} Dicke angewendet. Auch diese beiden Flüssigkeiten absorbirten die Wärme beider Quellen in gleichem Verhältnifs, so dafs auch für diese $\frac{i}{I} = \frac{i_1}{I_1}$ war.

Bei einer andern Anzahl von den vorhin erwähnten Platten ergab sich $\frac{i}{I}$ stets gröfser als $\frac{i_1}{I_1}$. Der Unterschied war bei den verschiedenen Platten verschieden, bei allen aber nicht sehr bedeutend.

Als aber eine Platte von Alaun eingeschaltet wurde, war der Durchgang der von beiden Quellen kommenden Strahlen ganz auffallend verschieden, und zwar in solchem Maaße, dafs die absolut hindurchgegangene Menge der von der platinirten Platte kommenden Strahlen, kaum mehr als von der glatten betrug.

Es braucht wohl kaum erwähnt zu werden, dafs die Versuche auf mehr als auf eine Alaun-Platte ausgedehnt wurden. Diefs schien um so mehr erforderlich, als die Menge der Wärme, welche überhaupt durch den Alaun hindurchgeht, nur wenige Procente beträgt. Bei sechs ganz verschiedenen Platten von 1^{mm},5 bis 9^{mm},5 Dicke wurde stets dasselbe Resultat erhalten. Bei allen ergab sich $\frac{i}{I}$

größer als $\frac{i_1}{I_1}$ und wiewohl sie je nach ihrer Dicke und Beschaffenheit sehr verschiedene Wärmemengen durchliefsen, waren doch für jede Platte die von beiden Quellen durchgegangenen Mengen nahe dieselben.

Von der auf die Platten aufgefallenen Wärme gingen hindurch:

No. der Platte	Dicke	Vom glatten Platin	Vom platinirten Platin
		$\frac{i}{I}$	$\frac{i_1}{I_1}$
1	1 ^{mm} ,5	7,77 Proc.	4,34 Proc.
2		4,16 "	2,33 "
3	6 ^{mm} ,5	4,07 "	2,32 "
4	8 ^{mm} ,0	4,07 "	2,28 "
5	9 ^{mm} ,5	3,00 "	1,73 "
6 1)	9 ^{mm} ,25	3,14 "	1,9 "

Aehnlich wie die Alaunplatten verhielten sich auch Platten von Copal verschiedener Sorten und von verschiedener Dicke. Auch bei diesen war der Unterschied von $\frac{i}{I}$ und $\frac{i_1}{I_1}$ sehr bedeutend, jedoch waren die absoluten Wärmemengen die hindurchgingen, nicht so nah übereinstimmend, wie beim Alaun.

Da nicht proportionale Mengen der Wärme beider Quellen von den verschiedenen Platten, namentlich vom Alaun und Copal absorbirt werden, so müssen entweder von der platinirten Platte andere Wärmefarben als von der glatten ausgehen, oder es muß die Zunahme der Intensität, welche durch das Platiniren erfolgt, nicht für alle Farben in gleichem Maasse stattfinden; wobei nicht ausgeschlossen ist, daß auch beides der Fall seyn kann, sowohl daß neue Farben entstehen, als auch daß einzelne von der glatten Platte ausgesandte in größerer Intensität als die übrigen von der platinirten ausgehen.

Welches von diesen stattfindet, läßt sich durch Versuche über Absorption nicht entscheiden. Für den Fall,

1) Etwas weniger klar als No. 5.

dafs keine neue Wellenlängen auftreten, würde der Umstand, dafs der Alaun von beiden Wärmequellen nahe gleiche Mengen durchläfst, beweisen, dafs die Wärmefarben, welche durch ihn sich fortpflanzen können, entweder gar nicht oder nur in geringem Maafse an Intensität durch das Platiniren zunehmen, dafs also diese Zunahme hauptsächlich für die übrigen Farben stattfindet.

Prismatische Beobachtungen.

Es schien der Mühe werth zu untersuchen, ob durch eine prismatische Zerlegung näherer Aufschluß zu gewinnen sey. Eine solche Zerlegung geschieht am besten durch ein Steinsalzprisma und unter Anwendung von Steinsalzlinsen. Da aber das Steinsalz stets etwas Wärme absorbiert und es möglich wäre, dafs es gerade auf diejenigen Strahlen einen Einflufs übt, auf die es hier besonders ankommt, so wurden die Versuche sowohl ohne Linsen ausgeführt als auch, um eine bessere Trennung der einzelnen Farben zu erhalten, mit Anwendung von Steinsalzlinsen.

Zerlegung ohne Linsen.

Um die Strahlen parallel auf das Prisma fallen zu lassen, wurden mehrere Diaphragmen hinter einander angewendet.

Als ausstrahlende Flächen wurden statt der vorher erwähnten kreisrunden Scheiben ein Paar Streifen von Platina benutzt, 3^{mm} breit und 33^{mm} hoch, die wie jene Scheiben mittelst feiner Platindrähte vertical in der Vorrichtung befestigt waren, welche dazu diente, sie nach einander genau an dieselbe Stelle in die Flamme eines Bunsen'schen Brenners zu bringen. In einer Entfernung von 60^{mm} war dem glühenden Streifen gegenüber in der Wand eines grofsen etwa 1 Meter langen und 0,5 Meter hohen und breiten Kastens das erste Diaphragma angebracht, von gleicher Höhe und etwas geringerer Breite als der Streifen. Hinter diesem ersten befand sich in einem Abstände von 100^{mm} ein zweites Diaphragma innerhalb des Kastens von ganz

gleichen Dimensionen und unmittelbar hinter diesem das Steinsalzprisma. Eine lineare Thermosäule, die mit einem Spalt versehen war, der nur 0,5^{mm} breit war, diente dazu, die verschiedenen Stellen des so erzeugten Spectrums zu untersuchen.

Um das erste, dem glühenden Streifen zunächst befindliche Diaphragma, oder richtiger die Ränder desselben, gegen Erwärmung zu schützen, befand sich ein doppelter Metallschirm zwischen demselben und dem Streifen. Dieser Schirm wurde während der Beobachtung zur Seite geschoben. Bei der geringen Entfernung, in welcher er sich von der Flamme befand, war zu befürchten, daß nicht nur seine vordere, sondern auch seine hintere Wand sich erwärmen möchte, deshalb wurde er von Zeit zu Zeit durch einen andern ersetzt.

Zunächst wurde das Prisma entfernt und die Lichtstrahlen, welche von dem glühenden Streifen durch die Diaphragmen gingen, auf einem weissen Schirm aufgefangen. Dadurch war es möglich sich zu überzeugen, daß der in der Flamme befindliche Streifen und die beiden Diaphragmen sich deckten; und indem beide Streifen nach einander angewendet wurden, erlangte man die Gewissheit, daß der zweite Streifen genau die Stelle des ersten einnahm. Darauf wurde das Prisma an seine Stelle gebracht und die Erwärmung in den verschiedenen Theilen des Spectrums mittelst der Thermosäule bestimmt, wobei diese mittelst einer Vorrichtung, welche durch die Wand des Kastens ging, von auferhalb verschoben wurde. Um sicher zu seyn, daß beide Streifen bei gleicher Oberfläche gleiche Wirkungen hervorbrachten, wurden zunächst beide glatt angewendet. Erst nachdem man sich überzeugt hatte, daß die Thermosäule, an den verschiedenen Stellen des Spectrums, stets dieselben Ausschläge lieferte, das Spectrum mochte durch den einen oder den andern Streifen erzeugt seyn, wurde der eine Streifen mit Platinschwamm überzogen und die Erwärmung, die er an den einzelnen Stellen des Spectrums hervorbrachte, bestimmt, indem beide Streifen nach

einander auf die an derselben Stelle befindliche Säule einwirkten.

Die erhaltenen Werthe sind zur besseren Uebersicht graphisch zusammengestellt. Fig. 1 Taf. VII zeigt eine solche Zusammenstellung. Sie ist in der Weise erhalten, daß die am Galvanometer in Millimetern beobachteten ersten Ausschläge auf die verticalen Linien von der Horizontalen *AB* aus, aufgetragen sind. Die Abstände dieser Verticalen von einander sind gleich der doppelten Gröfse, um welche die Säule von einer Beobachtung zur andern verschoben wurde. Die durch diese Abscissen und Ordinaten gebildete Curve stellt daher die Vertheilung der Wärme im Spectrum dar. Die gröfseren Ordinaten gehören dem platinirten Platin an. In den Zeichnungen sind die beobachteten Werthe nur durch gerade Linien mit einander verbunden.

Vor dem Beginn des Versuchs wurde die Säule an die Gränze des sichtbaren Roth gebracht. Die Bezeichnung der Ordinate, auf welche der in dieser Stellung gefundene Ausschlag des Galvanometers aufgetragen ist, mit dieser Farbe, beruht daher auf Beobachtung. Ebenso das Gelb. Die übrigen Farben des Spectrums waren nicht scharf zu beobachten.

Hierauf wurden um eine bessere Trennung der einzelnen Farben zu erhalten, Linsen aus Steinsalz benutzt.

Zerlegung mit Anwendung von Linsen.

Die Strahlen, welche von dem glühenden Streifen ausgingen, fielen auf einen feinen Spalt von 1^{mm} Breite, welcher in der Wand des vorher erwähnten Kastens angebracht war. Hinter diesem befand sich innerhalb des Kastens eine Steinsalz-Linse in der Entfernung ihrer Brennweite, so daß die Strahlen parallel auf das in geringer Entfernung dahinter befindliche Prisma fielen. Hinter diesem war eine zweite Linse angebracht, in deren Brennpunkt das Spectrum entstand. Dasselbe war schmal, sein sichtbarer farbiger Theil hatte eine Breite von nur 4—5^{mm}. Um die ein-

zelnen Stellen desselben untersuchen zu können, wurde die lineare Säule mit ihrem Spalt von $0^{\text{mm}},5$ Breite benutzt. Im Uebrigen wurden dieselben Vorsichtsmaafsregeln wie bei den Versuchen ohne Linsen angewendet; indem beide Streifen erst unplatinirt verglichen wurden, und nachdem sie sich gleich gezeigt, der eine platinirt und sodann die Wirkung beider bestimmt wurde.

Die erhaltenen Resultate sind in ähnlicher Weise wie die früheren graphisch dargestellt. Die Fig. 2 bis 5 Taf. VII zeigen einige der erhaltenen Curven. Bei der Construction derselben sind als Ordinaten die am Galvanometer in Millimetern beobachteten Ausschläge, auf zwei Drittel ihrer Länge reducirt, aufgetragen. Die Abscissen sind vier Mal so groß als die Abstände der Stellen, an denen die Säule sich im Spectrum befand¹⁾.

Da auſser den Platinstreifen auch die Flamme selbst Wärme ausstrahlte, so wurde die Wirkung, welche diese allein hervorbrachte, einige Male bestimmt, indem nacheinander das glatte, das platinirte Platin und dann die Flamme allein wirkte. In Fig. 2 Taf. VII stellen die kleinsten Ordinaten die Wirkung der Flamme allein dar. Zieht man diese von den Ordinaten ab, welche die Erwärmung durch das glatte Platin und die Flamme, sowie durch das platinirte und die Flamme darstellen, so wird der Unterschied für die beiden Platinoberflächen noch größer. Fig. 6 stellt die Curven dieser Differenzen dar, wie sie sich aus den in Fig. 2 dargestellten Werthen ergeben.

Folgerungen.

Alle diese Curven zeigen, daß das Maximum der Erwärmung in den dunkeln Theil des Spectrums fällt, also jenseits des Roth und zwar bei allen ziemlich an dieselbe Stelle. Dieses Maximum ist für die platinirte Platte etwa doppelt so groß als für die glatte. Ueberhaupt findet die

1) Bei Fig. 4 ist die Bezeichnung »Blau« durch Versehen hinzugefügt, und Gelb und Roth müssen mehr nach links stehen.

Zunahme der Ausstrahlung bei der platinirten Platte hauptsächlich in dem nicht leuchtenden Theil des Spectrums statt; soweit der farbige Theil desselben reicht, ist die Erwärmung durch die platinirte kaum gröfser als durch die glatte. Es haben daher die jenseits des Roth liegenden Wellenlängen hauptsächlich durch das Platiniren an Intensität zugenommen. Dieselben Wellenlängen, welche auch unter den von dem glatten Platin, wie überhaupt von glühenden Körpern ausgesandten, die grösste Intensität haben.

Die Flächenräume der Fig. 6 Taf. VII, welche die Curven mit ihrer Abscissenaxe umschliessen, geben die gesammte Wärmemenge, welche in dem Spectrum des glatten und des platinirten Platins enthalten war. Berechnet man diese Flächenräume, so findet man, dafs diese Wärmemengen sich verhalten wie 10 : 18.

Berechnet man die Wärme in dem farbigen Theil beider Spectren, bis zu der in der Fig. 6 angegebenen Gränze des Roth, so findet man, dafs sie für das glatte Platin 0,1 der ganzen Wärmemenge beträgt; für das platinirte dagegen 0,068.

Wahrscheinlich sind die Wärmespectra von beiden angewandten Streifen continuirlich. Indefs wäre es möglich, dafs sie an einzelnen Stellen unterbrochen sind, und dafs die fehlenden Stellen sich, wegen ihrer geringen Breite, der Beobachtung mittelst der Thermosäule entziehen. Geht man aber davon aus dafs sie continuirlich sind, d. h. dafs in dem ganzen Raume, in dem noch eine Temperaturerhöhung beobachtet ist, continuirlich alle Wellenlängen vorhanden sind, dann kommen in der von dem platinirten Platin ausgesandten Wärme keine andere Wellenlängen vor als in der von dem glatten; denn sonst müfsten die Spectra beider Quellen verschiedene Ausdehnung haben, was nicht der Fall ist.

Da die absoluten Mengen von Wärme, welche der Alaun von beiden Quellen durchläfst, sehr nahe gleich sind, so scheint es wahrscheinlich, dafs die nach der Seite des Blau hinliegenden Wellenlängen von ihm durchgelassen

werden, da diese annähernd in gleicher Menge von dem glatten wie von dem platinirten Platin ausgehen.

Bis jetzt hat es mir nicht gelingen wollen auf directem Wege nachzuweisen, daß es sich so verhält, daß gerade die dem farbigen Theil des Spectrums angehörenden oder diesem zunächst liegenden Strahlen vorzugsweise von dem Alaun durchgelassen werden. Als nämlich bei den Versuchen mit dem Steinsalzprisma eine Alaunplatte eingeschaltet wurde, waren die Ausschläge wegen der geringen Menge der Wärme, welche der Alaun durchläßt, so klein, daß daraus kein sicherer Schluß gezogen werden konnte.

Durch die Untersuchungen aber von Jamin und Masson¹⁾ über die Vertheilung der Sonnenwärme in dem Spectrum wird es wahrscheinlich, daß, wie von dieser, so auch von der Wärme des glühenden Platins die dem farbigen Theil des Spectrums angehörenden Strahlen vorzugsweise von dem Alaun durchgelassen werden. Diese Herren ließen nämlich die Strahlen des Sonnenspectrums durch gleich dicke Platten von *Steinsalz*, *Glas* und *Alaun* gehen, und fanden, daß die dem dunkeln Theil des Spectrums angehörenden Strahlen durch das Glas viel weniger, als durch das Steinsalz, und durch den Alaun noch weniger als durch das Glas hindurchgingen, daß dagegen alle drei Substanzen die in dem farbigen Theil des Spectrums liegenden Wärmestrahlen fast gleich gut hindurchließen.

Aus den oben erwähnten Versuchen geht jedenfalls so viel hervor, daß *die größere Wärmemenge, welche das Platin bei derselben Temperatur dadurch abgibt, daß seine Oberfläche rauh ist, nicht auf einer gleichmäßigen Steigerung aller von ihm ausgehenden Wärmefarben beruht und daß es die im Roth und in der Nähe, namentlich jenseits desselben befindlichen Strahlen sind, welche vorzugsweise an Intensität zunehmen.*

Nur die Amplituden ändern sich, nicht aber die Dauer der Oscillationen. Denn würden diese sich ändern, so

1) Jamin, *Cours de physique II*, p. 236.

würden neue Wellenlängen entstehen. So weit aber die erwähnten prismatischen Untersuchungen reichen, ist dieß nicht der Fall, da die Wärmespectra vom glatten wie vom platinirten Platin gleiche Ausdehnung haben.

Durch die rauhe Beschaffenheit der *Oberfläche ändern sich daher nur die Amplituden, nicht aber die für dieselben erforderlichen Zeiten.*

Die größere Ausstrahlung von der rauhen als von der glatten Fläche lehrt, daß die Ausstrahlung und folglich auch die Absorption nicht allein von der Natur der Substanz, oder der Beschaffenheit ihrer Molecüle abhängig ist, sondern daß sie wesentlich durch die Aggregation derselben bedingt wird.

Abnahme des Lichts mit zunehmender Wärmestrahlung.

Auffallend ist, daß das platinirte Platin, das fast doppelt soviel Wärme ausstrahlt als das glatte, nicht mehr leuchtet als dieses. Im Gegentheil erschien die Lichtintensität desselben stets geringer als die des glatten, und ebenso war auch das Spectrum von dem platinirten viel schwächer an Licht als das von dem glatten Platin. Zwar nimmt die Masse des Platinstreifens dadurch, daß er platinirt wird, zu, und ebenso wird sein Volumen größer, so daß man glauben könnte, er werde weniger erhitzt, allein dieß kann nicht der Fall seyn, denn wenn man den glatten Streifen in seiner ganzen Ausdehnung dicker macht, oder an einzelnen Stellen dickere Stücke von Platin darauf befestigt, so senden diese kein geringeres Licht aus als die dünneren Stellen. Auch ist die Wärmestrahlung des dicken Platins nicht von der des dünnen verschieden. Ist dasselbe, wie es bei den erwähnten Versuchen fast stets der Fall war, nur auf einer Seite platinirt, so erscheint nicht nur diese, sondern auch die entgegengesetzte glatte Seite dunkler, und wenn man auf einzelne Stellen eines glatten Streifens den Platinschwamm aufträgt, so sind diese Stellen auf der ent-

gegengesetzten Seite als dunklere Flecken während des Glühens bemerkbar, so daß es den Anschein hat, als wäre das Platin im glühenden Zustande durchscheinend. Glattes Platin an einzelnen Stellen auf dem glatten Streifen befestigt, ist indess auf der entgegengesetzten Seite nicht bemerkbar.

Wird ein auf beiden Seiten glatter Streifen von dünnem Platin auf einer Seite mit Platinschwamm überzogen, so strahlt die glatte Seite weniger Wärme aus als zuvor. Und wird ein auf einer Seite platinirter Streifen auch auf seiner andern Seite platinirt, so nimmt dadurch die Ausstrahlung der ersteren ab. Diefs ist nur dadurch zu erklären, daß der Streifen, wiewohl er von der glühenden Flamme ganz umgeben ist, an seiner äußeren Fläche in Folge der vermehrten Ausstrahlung eine etwas niedrigere Temperatur annimmt. Es findet also in sofern eine Umwandlung von Licht in Wärme statt, als durch die gröfsere Ausstrahlung die Temperatur der strahlenden Fläche und damit auch die Lichtintensität derselben sinkt.

Befestigt man auf einem in der Flamme befindlichen dünnen Streifen, der auf beiden Seiten glatt ist, einen zweiten dünnen Streifen, der auf einer Seite mit Schwamm überzogen ist, und zwar so, daß die platinirte Seite nach Aussen ist, so erscheint dieser doppelte Streifen dunkler, vorzugsweise die platinirte Seite des zweiten, aber auch die nach Aussen befindliche glatte Seite des ersteren. Wendet man dann aber den zweiten Streifen um, so daß seine platinirte Seite nach innen gewandt ist, so erscheinen die beiden Seiten des Doppelstreifens wieder hell.

Vergleich der Spectra von leuchtenden und nicht leuchtenden Flammen.

Die grofse Leuchtkraft, welche eine nicht leuchtende Flamme dadurch erhält, daß etwas Natron oder ein anderes Salz in dieselbe gebracht wird, liefs vernuthen daß in demselben Maafse wie die Intensität des Lichtes zunimmt,

auch die der Wärme sich steigere. Zwar ist bei einer früheren Gelegenheit von mir schon erwähnt worden ¹⁾, daß die durch Natron leuchtende Flamme nicht mehr Wärme ausstrahlt, als wenn sie nicht leuchtend ist. Allein dieß könnte darin seinen Grund haben, daß die nicht leuchtenden Wärmestrahlen in dem Maasse an Intensität abnehmen, als die leuchtenden zunehmen. Ob dieß der Fall sey, ob die Wärme gleichmäÙig mit dem Licht zunimmt, darüber kann die Untersuchung der Wärmespectra derselben Flamme im leuchtenden und im nichtleuchtenden Zustande Aufschluß gewähren.

Die Flamme des Bunsen'schen Brenners strahlt indeß überhaupt nicht viel Wärme aus und da von dieser Wärme nur ein geringer Antheil in den farbigen Theil des Spectrums fällt, so war die Erwärmung in diesem so schwach, daß sie nur noch im Roth beobachtet werden konnte. Dieß hindert indeß nicht, einen Vergleich zwischen der Natronflamme und der nicht leuchtenden Flamme vorzunehmen, denn wenn die Ausstrahlung der Wärme proportional der des Lichts oder auch nur annähernd in demselben Maasse zunähme, so würde bei der Natronflamme in dem Gelb die Erwärmung sich so steigern, daß sie bemerkbar seyn müßte. Dieß ist indeß, wie ich gefunden habe, nicht der Fall. Um außerdem zu erfahren, wie sich die übrigen, namentlich die dunkeln Strahlen beider Flammen verhalten, habe ich ihre Spectra miteinander verglichen und sie in ihrer ganzen Ausdehnung gleich gefunden. Wenn Unterschiede vorhanden seyn sollten, so liegen sie innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler. Es versteht sich von selbst, daß die nöthigen Vorsichtsmaafsregeln bei diesen Versuchen angewendet werden müssen, damit nicht Strahlen von dem festen oder flüssigen Natron oder von dem Platindraht, auf dem sich dieß befindet, zur Säule gelangen. Ebenso muß man dafür sorgen, daß dieselbe GröÙe der strahlenden Fläche, leuchtend und nichtleuchtend verglichen wird. Denn die Flamme ändert durch Einführen

1) Monatsbericht 1864, S. 594.

von Natron ihre Gröfse und Gestalt. Wenn man daher die ganzen Flammen vergleicht, indem man sie in den konischen Reflector einer Thermosäule strahlen läfst, so ist die ausstrahlende Fläche der leuchtenden Flamme gröfser als die der nichtleuchtenden, und ohne dafs mehr Wärme erzeugt wird, gelangen mehr Strahlen in den Konus.

Ebenso verhält es sich bei dem Vergleich der durch Kohle leuchtenden Flamme mit der nichtleuchtenden des Bunsen'schen Brenners. Dadurch, dafs bei der letzteren die atmosphärische Luft dem Gase schon beigemischt ist, wenn dasselbe aus der Oeffnung des Brenners hervorkommt, ist die Flamme kleiner als wenn die unteren Oeffnungen des Brenners geschlossen werden und die Luft nur von aufsen Zutritt, so dafs die im Innern ausgeschiedene Kohle erst am Rande verbrennt. Vergleicht man aber die Wärmespectra gleich grofser Stücke der leuchtenden und der nichtleuchtenden Flamme, so zeigen sich beide ganz gleich.

Der gröfste Theil der Wärmestrahlen, welche von den Flammen ausgehen, liegt jenseits des Roth; dafs in diesem dunkeln Theile des Spectrums die Intensitäten für beide Flammen gleich sind, ist nicht überraschend; aber man erstaunt über die unveränderte Erwärmung bei dem grofsen Unterschied der Helligkeit.

Diefs Resultat mag im ersten Augenblicke auffallend erscheinen, da bekanntlich die festen Theile des Natrons und der Kohle, die der Flamme das Licht verleihen, mehr Wärme ausstrahlen als die gasförmigen. Allein wenn man die geringe Menge dieser Theilchen berücksichtigt, von denen die geringste Spur schon ausreicht, um der Flamme den höchsten Glanz zu verleihen, wenn man ferner bedenkt, dafs die Wärme dieser, stets sich erneuenden Theilchen von der Flamme selbst hergegeben werden mufs, so befremdet es nicht mehr dafs ein Unterschied in der Wärmestrahlung beider nicht zu beobachten ist. Um so merkwürdiger aber bleibt die außerordentliche Steigerung des Lichts, welche durch diese geringe Menge fester Theilchen entsteht.

Schlußbemerkung.

Bekanntlich hat Melloni im Beginn seiner Untersuchungen aus der von ihm zuerst gemachten Beobachtung, daß Licht und Wärme in ganz verschiedenen Verhältnissen von ein und derselben Substanz durchgelassen werden, geschlossen, daß beide nicht identisch seyen. Später hat er diese Ansicht aufgegeben. Indefs glaube ich nicht, daß Melloni Wärme und Licht für identisch gehalten hat, denn er spricht nur von dem *Lien le plus puissant qui reunisse ensemble ces deux grands agents de la nature* ¹⁾.

Will man die Frage von der Identität von Wärme und Licht aufwerfen, so muß, wie mir scheint, zunächst der Unterschied zwischen Wärme und Licht bestimmt ausgesprochen werden.

Bekanntlich ist man genöthigt, für die Fortpflanzung der Wärme durch den leeren Raum, wie für die des Lichtes, einen Aether anzunehmen, der diesen Raum erfüllt und durch dessen Bewegung jene Fortpflanzung stattfindet, und die einfachste Annahme ist, daß derselbe Aether die Verbreitung von Licht und von Wärme vermittelt. Sind die Wärmebewegungen bis zu einem entfernten Körper fortgeschritten, so setzen sie den in diesem enthaltenen Aether in entsprechende Bewegung, vorausgesetzt daß er geeignet ist sie anzunehmen. Von welcher Art diese Bewegungen sind, und wodurch sie sich von denen des Lichts unterscheiden, muß vorläufig dahingestellt bleiben. Allein die Wärmebewegungen haben den Erfolg, daß sie die Lage der Theile des Körpers, dem sie mitgetheilt werden, verändern. Denn jeder Körper wird durch die Wärmestrahlen, welche auf ihn fallen, ausgedehnt, und daher verändert sich die Lage seiner Theile gegen einander. Nur wenn die Strahlen auf einen vollkommen diathermanen Körper fielen, würden sie keine Erwärmung, also auch keine Veränderung in der Lage seiner Theile erzeugen. Aber einen vollkommen diathermanen Körper giebt es nicht, da selbst die

1) *Thermochrose* 333.

atmosphärische Luft die Wärmestrahlen nicht vollständig durchläßt. Vergleicht man hiermit die Bewegungen des Lichts, so wirken diese ganz anders. Es giebt zwar auch keinen vollkommen durchsichtigen Körper und es wäre daher möglich, daß auch das Licht auf die Theile des Körpers selbst einwirkt; allein solche Wirkung ist bis jetzt nur in sofern beobachtet, als durch das Licht chemische Verbindungen veranlaßt werden und dasselbe Floreszenz und Phosphoreszenz zu erzeugen vermag. Die Bewegungen der körperlichen Theile bei diesen Erscheinungen, wiewohl gewiß vorhanden, haben sich doch bis jetzt jeder directen Beobachtung entzogen. Man kann daher den charakteristischen Unterschied der Licht- und der Wärmebewegungen so bezeichnen, daß durch die letzteren die Lage der Theile des von ihnen getroffenen Körpers auf wahrnehmbare Weise verändert wird, durch die ersteren aber nicht.

Je länger die Wärmestrahlen auf einen Körper einwirken, um so mehr dehnt sich derselbe aus. Die Aenderung in der Lage seiner Theile ist daher eine Funktion der Zeit. Allein für eine bestimmte Größe der Bewegung, welche dem Körper mitgetheilt wird, d. i. für eine bestimmte Intensität des ausstrahlenden Körpers, kann die Lage der Theile des bestrahlten sich nur bis zu einer gewissen Gränze ändern. Denn der bestrahlte Körper kann niemals wärmer werden als der Körper, von dem er seine Wärme erhält. Er nimmt sogar gewöhnlich nur eine niedere Temperatur an als dieser, weil er von der empfangenen Wärme stets wieder in den umgebenden Raum ausstrahlt. Nur in dem Falle, wo diese Abgabe ausschließlicly gegen den ausstrahlenden Körper stattfindet, wenn dieser z. B. jenen ganz umgiebt, gleichsam eine Hülle um ihn bildend, nimmt der umhüllte Körper dieselbe Temperatur wie der ausstrahlende an, weil er dann nicht mehr Wärme abgiebt als er empfängt.

Es wird also von der Bewegung, welche einem erwärmten Körper mitgetheilt wird, stets wieder an den umgebenden Raum, oder richtiger an den umgebenden Aether

abgegeben, und nur wenn die Umstände der Art sind, daß ein Körper eben soviel Bewegung abgiebt als er erhält, ist seine Temperatur constant.

Von einer ähnlichen Mittheilung der Bewegung beim Lichte wissen wir nicht. Der beleuchtete Körper mag das Licht reflectiren, oder er mag es absorbiren, er wird dadurch nicht selbstleuchtend, mit Ausnahme der durch Inso-lation phosphorescirenden Körper und der fluorescirenden.

Die Bewegung der Theile des Körpers, welche durch die auf ihn fallenden Wärmestrahlen erzeugt wird, erzeugt daher stets selbst wieder Bewegung von materiellen Theilen, denn der erwärmte Körper, indem er seine Wärme wieder gegen andere Körper ausstrahlt und sie erwärmt, bewegt ihre Theile. Gerade wegen dieser Mittheilung der Bewegung an die körperlichen Theile kann die Wärme sich in Arbeit umsetzen und kann umgekehrt durch Arbeit Wärme erzeugt werden.

Merkwürdig ist bei dieser Mittheilung der Bewegung, daß wie verschiedenartig die Wärmefarben auch seyn mögen, die zu einem Körper gelangen, er, durch diese erwärmt, doch stets die ihm eigenthümlichen Wärmefarben ausstrahlt. Bei dem Licht findet etwas Aehnliches in Bezug auf die Fluorescenz statt, denn ein Körper fluorescirt mit der seiner Substanz eigenthümlichen, daher mit einer andern Farbe als die, welche auf ihn fällt.

Wenn daher von einer Identität von Wärme und Licht die Rede seyn soll, so muß man sich zunächst vergegenwärtigen, daß die Wärme auf Bewegungen der materiellen Theile oder des zwischen ihnen befindlichen Aethers beruht, die eine Entfernung der materiellen Theile des Körpers zur Folge haben; daß dagegen die Bewegungen des Lichts eine solche Aenderung nicht hervorzubringen vermögen. Wenn sie auf die materiellen Theile des Körpers einwirken, so ist diese Einwirkung jedenfalls wesentlich verschieden von der der Wärme, da durch das Licht die Entfernung der körperlichen Theile nicht in der Art geändert wird, daß eine Ausdehnung erfolgt.

Mit zunehmender Temperatur vermehrt sich die Zahl der Wärmefarben, welche ein Körper ausstrahlt, und bei einer gewissen Temperatur beginnt er Licht auszustrahlen, zunächst rothes, das die größte Wellenlänge hat, und mit steigender Temperatur treten dann neue Wellen hinzu, bis er weißglühend erscheint. Dieß Auftreten neuer Wellenlängen scheint darauf zu beruhen, daß bei der zunehmenden Ausdehnung des Körpers, oder was dasselbe ist, bei der zunehmenden Entfernung seiner körperlichen Theile, die zwischen diesen befindlichen Theile des Aethers, vielleicht auch die Körpertheile selbst, immer neue und schnellere Bewegungen zu machen vermögen.

Trotz der Verschiedenheit von Wärme und Licht kann die Frage aufgeworfen werden, ob beide Wirkungen von einer und derselben Kraft hervorgebracht werden, etwa so wie Elektrizität und Magnetismus von einer gemeinsamen Kraft herstammen, oder, um es auf eine andere Weise auszudrücken, ob dieselben Bewegungen sowohl als Licht wie als Wärme sich kundgeben.

Von dem Licht weiß man, daß es auf transversalen Oscillationen beruht und die Polarisirung der Wärme zwingt zu der Annahme, daß auch bei dieser transversale Oscillationen stattfinden. Es ist dabei wohl möglich, daß unser Auge in Folge seiner eigenthümlichen Natur, Veränderungen dieser transversalen Oscillationen schon als außerordentlich groß auffaßt, die noch nicht vermögen merkliche Wärmeveränderungen hervorzubringen, so daß die Intensität des Lichts für dieselbe Wellenlänge sehr groß werden kann, ohne daß eine Aenderung der Wärme bemerkbar ist. Ob aber in der That dieselbe Bewegung als Licht und als Wärme von uns aufgefaßt wird, bedarf noch fernerer Untersuchungen.