I. Ueber die Absorption und Strahlung der Wärme durch Gase und Dämpfe, und über den physischen Zusammenhang von Strahlung, Absorption und Leitung; von John Tyndall.

§. 1.

Die Untersuchungen über Gletscher, welche ich von Zeit zu Zeit die Ehre hatte der K. Gesellschaft vorzulegen, lenkten meine Aufmerksamkeit speciell auf die Beobachtungen und Speculationen von De Saussure, Fourier, Pouillet und Hopkins über den Durchgang der solaren und terrestrischen Wärme durch die Atmosphäre der Erde. Hierdurch entstand bei mir der Wunsch, die gegenseitige Wirkung von strahlender Wärme und Gasen aller Arten zum Gegenstand einer experimentellen Untersuchung zu machen.

Unsere Kenntniss in diesem Zweige der Physik ist un-
gemein beschränkt. Meines Wissens läßt sich die Litera-
tur über diesen Gegenstand in wenig Worten geben.

Aus Versuchen mit seinem bewunderwürdigen thermo-
elektrischen Apparat schließt Melloni, daß für eine Strecke
von 5 bis 6 Metern die Absorption der strahlenden Wärme
durch die atmosphärische Luft vollkommen unmerklich sey.

Mit einem sehr empfindlichen Apparat derselben Art
fand Dr. Franz in Berlin, daß die in einer drei Fuß
langen Röhre enthaltene Luft 3 Proc. von der hindurch
gesandten Wärme einer Argand'schen Lampe absorbire,
d. h. daß, wenn man 100 die Anzahl der durch die aus-

gepumpte Röhre gehenden Strahlen nennt, die Anzahl der durch die luftvolle Röhre gehenden nur 97 sey.

Weiterhin werde ich Gelegenheit haben zu zeigen, daß das von Dr. Franz erhaltene Resultat von einem Fehler seiner Beobachtungsweise herrührt. Diefs sind, wie bekannt, die einzigen Beobachtungen dieser Art und sie lassen das vor uns liegende Feld der Untersuchung ganz unbebaut.

§. 2.

Zu Anfang dieser Untersuchung fühlte ich die Nothwendigkeit, mit einem Galvanometer von größerer Empfindlichkeit als der gewöhnlichen zu arbeiten. Das von mir angewandte Galvanometer war von Sauerwald in Berlin gearbeitet, von dessen Geschicklichkeit als Mechaniker man nicht hoch genug sprechen kann.

Der Draht des zu diesem Instrumente gehörigen Gewindes bestand aus Kupfer, erhalten von einer galvanoplastischen Manufactur der preussischen Hauptstadt, war aber nicht frei von magnetischen Metallen. In Folge dieser Unreinheit wichen die Nadeln, wenn sie vollkommen astatisch waren, mehr als 30 Grade rechts und links von der neutralen Linie ab. Um diese Abweichung zu neutralisiren, wurde ein magnetischer Compensator angewandt, durch den die Nadel sanft auf den Nullpunkt zurückgeführt wurde.

Allein durch diese Einrichtung verlor das Instrument sehr an Empfindlichkeit und genaue quantitative Bestimmungen waren mit demselben nicht erhaltbar. Ich suchte daher das Berliner Gewinde durch ein weniger magnetisches zu ersetzen. Hr. Becker versah mich zunächst mit einem, welches die seitliche Ablenkung von 30° auf 3° zurückführte.

Allein selbst dieser kleine Rückstand war eine Quelle großer Unbequemlichkeit für mich, und meine Untersuchungen ließen mich fast daran verzweifeln, reinen Kupferdraht zu erhalten. Ich wußte, daß es Prof. Magnus gelungen war, solchen für sein Galvanometer zu erhalten, allein nur mit außerordentlicher Anstrengung. Ehe ich solche Ar-

beit unternahm, fiel mir bei, daß zu meinem Zwecke ein Magnet ein unmittelbares und vollkommenes Prüfmittel für die Reinheit des Drahtes abgebe. Reines Kupfer ist diamagnetisch; eine Abstofsung oder Anziehung durch den Magnet würde also auf einmal zeigen, ob es für den beabsichtigten Zweck geeignet sey oder nicht.

Stücke des Drahts, den mir Hr. Sauerwald zuerst geliefert hatte, wurden stark angezogen vom Magnet. Auch der mir von Hrn. Becker gelieferte Draht, bekleidet mit seiner grünen Seide, wurde angezogen, doch in viel schwächerem Grade.

Ich entfernte nun die Bekleidung mit grüner Seide von letzterem und prüfte den nackten Draht. Nun wurde er *abgestoßen*. Der ganze Uebelstand lag also in der grünen Seide; irgend eine Eisenverbindung war zum Färben derselben angewandt, und von dieser rührte offenbar die Abweichung meiner Nadel vom Nullpunkt her.

Ich liefs die grüne Seide vom Draht entfernen, und ihn von sauberen Händen mit weißer überspinnen, und hatte nun ein vollkommenes Galvanometer. Die Nadel kehrt, nach Aufhebung des Stroms, genau auf Null zurück, und ist von aller magnetischen Einwirkung abseiten des Gewindes vollkommen befreit.

In der That, während wir Agatplatten und andere gelehrte Methoden ersonnen haben, um den großen Uebelstand eines magnetischen Gewindes zu beseitigen, liegen die Mittel dazu auf der Hand. Nichts ist leichter zu finden als diamagnetischer Kupferdraht, selbst von der größten Feinheit. Von elf Proben, von denen mir vier von Hrn. Becker geliefert, und sieben aufs Gerathewohl aus unserem Laboratorium genommen wurden, erwiesen sich neun diamagnetisch und nur zwei magnetisch.

Der einzige Mangel jener feinen Instrumente, mit denen Du Bois-Reymond seine bewunderswürdigen Untersuchungen anstellt, ist vielleicht der oben angegebene. Die Nadel kommt nie auf Null, sondern wird durch den Compensator dahin getrieben. Dieser Fehler kann vollständig

entfernt werden. Ersetzt man die grüne Seide durch saubere weiße, so ist man, wie groß auch das Gewinde sey, des Compensators überhoben, und hat die große Empfindlichkeit gesichert. Das Instrument wird zu quantitativen Messungen geeignet. Effecte, welche sonst außer dem Bereiche der Versuche lagen, werden nun sichtbar gemacht; während die bisher festgestellten Resultate sich mit einem Bruchtheil der jetzt gebräuchlichen Drahtlänge erhalten lassen.

§. 3.

Unsere gegenwärtige Kenntniß von dem Verhalten flüssiger und starrer Körper würde zu dem Schlusse führen, daß wenn Gase und Dämpfe ein wahrnehmbares Absorptionsvermögen auf strahlende Wärme ausüben, diese Absorption sich am meisten bei Wärme aus dunkler Quelle äußern werde. Allein die Anwendung solcher Wärme stößt auf eine experimentelle Schwierigkeit. Wie sollen wir nämlich die Enden des Behälters verschließen, durch welchen die Wärmestrahlen hindurch zu senden sind? Wie Melloni gefunden, absorbirt eine Glasplatte von einem Zehntelzoll Dicke alle Strahlen, die von einer die Temperatur des siedenden Wassers besitzenden Quelle ausgehen, und volle 94 Proc. von den Strahlen aus einer Quelle von 400° C. Folglich würde eine Röhre, die mit Glasplatten versehen wäre, für den nun in Betracht stehenden Zweck kaum mehr geeignet seyn als eine durch Metallplatten verschlossene Röhre.

Steinsalz bietet sich sogleich als die geeignete Substanz dar; allein es ist ungemein schwierig dasselbe in Platten von gehöriger Größe und Durchsichtigkeit zu erlangen. Wäre ich in dieser Beziehung weniger gut ausgerüstet gewesen, würden die dadurch entstehenden Hindernisse in der That unüberwindlich gewesen seyn.

Die ersten Versuche wurden gemacht mit einer 4 Fns langen und 2,4 Zoll weiten Röhre von planirtem Zinn, deren Enden messingene Ansätze zur Aufnahme der Steinsalzplatten hatten. Jede Platte wurde durch einen Bajon-

netschlüssel fest an das Randstück gedrückt, getrennt von demselben durch eine passende Zwischenlage. Zu diesem Behufe wurden verschiedene Arten von ledernen Ringen angewandt und verworfen; zuletzt nahm ich dazu vulkanisirtes Kautschuck, sehr schwach eingefettet mit einer Mischung von Wachs und Wallrath.

Mit der Röhre war ein T-förmiges Stück verknüpft, das auf der einen Seite mit einer guten Luftpumpe communicirte und auf der anderen Seite mit der freien Luft oder mit einem Gefäße, welches das zu den Versuchen dienende Gas enthielt.

Nachdem die Röhre horizontal befestigt worden, wurde ein Leslie'scher Würfel, der heißes Wasser enthielt, dicht vor einem ihrer Enden aufgestellt, während eine vortreffliche thermo-elektrische Säule, verbunden mit ihrem Galvanometer, dem andern dargeboten ward. Nach Auspumpung der Röhre wurde ein polirter Metallschirm, der zwischen dem heißen Würfel und der benachbarten Steinsalzplatte stand, fortgenommen. Dann gingen die Wärmestrahlen durch die Röhre, fielen auf die Thermosäule und bewirkten eine stehende Ablenkung von 30° . Die Temperatur des Wassers war beim ersten Versuch eigends so abgeglichen, daß diese Ablenkung hervorgebracht ward.

Nun wurde trockne Luft in die Röhre eingelassen und die Galvanometernadel mit möglichster Sorgfalt beobachtet. Selbst mit Hülfe einer Lupe konnte ich nicht die geringste Aenderung ihrer Lage entdecken. Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff, derselben Probe unterworfen, gaben dasselbe negative Resultat.

Die Temperatur des Wassers wurde nun erst erniedrigt, so daß folgwiese eine Ablenkung von 20° und 10° entstand, und darauf erhöht, bis die Ablenkung auf 40° , 50° , 60° und 70° stieg; allein in keinem Falle rief die Einführung von Luft oder einem der obigen Gase in die ausgepumpte Röhre irgend eine merkliche Veränderung in der Lage der Nadel hervor.

Bei Anstellung der obigen Versuche trat ein Uebelstand

hervor, nämlich die wohlbekannte Eigenschaft des Galvanometers, daß seine Grade ungleiche Beträge von Wärmewirkungen repräsentiren. Bei meinem Instrumente z. B. beträgt die Wärmemenge, welche erforderlich ist, um die Nadel von 60° auf 61° zu treiben, ungefähr das Zwanzigfache von derjenigen, welche sie von 11° auf 12° bringt. Bei den kleinen vorhin gegebenen Ablenkungen befand sich die Nadel freilich in einer empfindlichen Lage, allein die durch die Röhre gehende totale Wärmemenge war so unbedeutend, daß ein kleiner Bruchtheil derselben, selbst absorbirt, der Wahrnehmung entgehen konnte. Bei den großen Ablenkungen dagegen war zwar die gesammte Wärmemenge groß und die absorbirte Menge könnte ihr proportional gewesen seyn; allein die Nadel befand sich in einer solchen Lage, daß eine sehr bedeutende Abnahme der Wärme erforderlich war, um eine merkliche Aenderung hervorzubringen. Daraus entsprang der Gedanke, wo möglich mit großen Wärmemengen zu operiren und dabei die Nadel, welche deren Absorption angeben sollte, fortwährend Lagen ihrer größten Empfindlichkeit einnehmen zu lassen.

Der erste Versuch, diese Aufgabe zu lösen, war folgender. Mein Galvanometer war ein differentiales. Das Gewinde bestand aus zwei neben einander gewickelten Drähten, so daß durch jeden derselben, unabhängig von dem andern, ein Strom gesandt werden konnte. Die Thermosäule wurde an einem Ende der zinnernen Röhre aufgestellt, und mit ihr wurden die Enden des einen Galvanometerdrahts verbunden. Nachdem eine bis zur schwachen Rothgluth erhitze Kupferkugel vor dem anderen Ende der Röhre aufgestellt worden, wich die Galvanometernadel bis zu ihrer Hemmung bei 90° ab. Nun wurden die Enden des zweiten Drahts mit einer zweiten Säule so verbunden, daß, wenn man die letztere der Kupferkugel näherte, der erregte Strom in einer Richtung entgegengesetzt der ersteren durch das Galvanometer ging. Allmählich, so wie die zweite Säule näher an die Wärmequelle gebracht

wurde, wich die Nadel von der Hemmung zurück, und, als die beiden Ströme fast gleich geworden, stand die Nadel dicht bei Null. Hier hatten wir also eine kräftige Wärmefluth durch die Röhre, und wenn eine vier Fuß lange Gassäule irgend eine merkliche Absorption ausübte, so befand sich die Nadel in der vortheilhaftesten Lage sie anzugeben. Beim ersten, in dieser Weise angestellten Versuch geschah die Neutralisation des einen Stroms durch den andern als die Röhre mit Luft gefüllt war, und es fragte sich nun: Wird die Entfernung der Luft die Gleichheit stören? — Sie that es, doch nicht ganz in der erwarteten Weise.

Bei beginnender Auspumpung der Röhre bewegte sich die Nadel plötzlich in einer Richtung, welche anzeigte, daß durch die theilweis entleerte Röhre eine geringere Wärmemenge ging als durch die luftvolle. Bald aber stand die Nadel still, wandte sich, sank rasch auf Null hinab und ging auf die andere Seite, wo ihre Ablenkung bleibend ward. Die zu diesem Versuch angewandte Luft kam direct aus dem Laboratorium und der erste Ausschlag der Nadel rührte von den Wasserdämpfen her, die durch die plötzliche Auspumpung der Röhre niedergeschlagen waren. Wenn die Luft vor ihrem Eintritt in die Röhre über Chlorcalcium oder über Bimstein, befeuchtet mit Schwefelsäure, geleitet wurde, war kein solcher Effect zu beobachten. Die Nadel bewegte sich stets in *einer* Richtung bis sie das Maximum ihrer Ablenkung erreicht hatte, zum Beweise, daß in allen Fällen strahlende Wärme durch die in der Röhre befindliche Luft absorbirt worden war.

Diese Versuche wurden im Frühling 1859 begonnen und ohne Unterbrechung sieben Wochen lang fortgesetzt. Während dieser ganzen Zeit war der Verlauf der Untersuchung ein unaufhörlicher Kampf mit experimentellen Schwierigkeiten. Qualitative Resultate wurden leicht erhalten, aber ich strebte nach genauen Messungen, und solche konnten mit einer veränderlichen Wärmequelle wie die Kupferkugel nicht erlangt werden. Ich griff daher zu kupfernen

Würfeln, die ein stark erhitztes, leicht flüssiges Metall oder Oel enthielten, ward aber von deren Wirkung nicht befriedigt. Endlich construirte ich eine Lampe, welche eine Gasflamme längs einer Kupferplatte lieferte, und um diese Flamme constant zu halten, brachte ich in die Gasleitung einen speciell zu diesen Zweck construirten Regulator. Um die Platte vor der Wirkung von Luftströmen oder plötzlichen Veränderungen der äußeren Temperatur zu schützen, wurde sie und die Lampe umgeben mit Metallschirmen, die dick mit Gyps bekleidet waren. Ich richtete es auch so ein, daß die ausstrahlende Platte eine der Wände einer Kammer bildete, welche mit der Luftpumpe verbunden und evacuirt werden konnte, so daß die von der Kupferplatte ausgesandte Wärme, vor ihrem Eintritt in die Experimentir-Röhre, einen luftleeren Raum durchstreichen, und somit die Qualität behalten mußte, welche sie im Moment der Emission besaß. Mit diesem Apparat bestimmte ich im Sommer 1859 annähernd die Absorption von 9 Gasen und 20 Dämpfen; allein vermehrte Erfahrung und verbesserte Methoden haben den Werth dieser zuerst gemachten Versuche so verringert, daß ich die Frucht dieser sieben Wochen ohne Weiteres übergehen will.

Am 9. Sept. 1860 nahm ich die Untersuchung wieder auf. Drei Wochen lang arbeitete ich mit der Kupferplatte als Wärmequelle, allein zuletzt verwarf ich sie wegen ihrer unzulänglichen Constanz. Ich griff wieder zu dem Würfel mit heißem Oel und setzte mit diesem die Arbeit bis zum 29. Oct. fort. Während dieser letzten sieben Wochen experimentirte ich täglich 8 bis 10 Stunden; allein diese Versuche sollten unglücklicherweise das Schicksal der früheren theilen. In der That war diese Zeit nur eine Lehrzeit, ein fortgesetzter Kampf mit den Schwierigkeiten des Apparats und den Mängeln der Oertlichkeit, in welcher die Untersuchung angestellt wurde.

Mein Grund zur Anwendung der oben erwähnten höheren Wärmequellen war der, daß einige der von mir untersuchten Gase ein so kleines Absorptionsvermögen haben,

daß es einer sehr hohen Temperatur bedurfte, um es deutlich sichtbar zu machen. Für andere Gase und für *alle* Dämpfe, die ich kennen lernte, würde eine Quelle von niedriger Temperatur ausgereicht, aber schwerlich Vorzüge gehabt haben. Endlich wurde ich veranlaßt zum siedenden Wasser zu greifen, welches zwar viel schwächere Wirkungen giebt, sich aber doch in so constanter Temperatur erhalten läßt, daß Ablenkungen, die bei den andern Quellen durch die Beobachtungsfehler versteckt würden, mit ihm zu wahren quantitativen Absorptionsmaassen werden.

§. 4.

Der zu den Absorptions-Versuchen angewandte Apparat ist auf Taf. I abgebildet. SS' ist die Experimentir-Röhre, aus Messing bestehend, innen polirt, und, wie die Figur zeigt, verbunden mit der Luftpumpe AA . Bei S und S' ist die Röhre durch Steinsalzplatten luftdicht verschlossen. Die Länge von S nach S' beträgt 4 Fufs. C ist ein Würfel, enthaltend siedendes Wasser, in welches das Thermometer t eingetaucht ist. Der Würfel ist aus Kupfer gegossen und auf der einen seiner Seiten versehen mit einem Ring, woran ein Messingrohr, von gleichem Durchmesser wie SS' und mit diesem luftdicht verbindbar, sorgfältig angelöthet ist. Die Seite des Würfels innerhalb des Ringes ist die ausstrahlende Fläche; sie ist mit Lampenrufs überzogen. So befindet sich denn zwischen dem Würfel C und der ersten Steinsalzplatte eine Vorderkammer F , die durch das biegsame Rohr DD mit der Luftpumpe verbunden ist und unabhängig von SS' ausgepumpt werden kann. Um zu verhindern, daß Wärme durch Leitung die Steinsalzplatte S erreiche, ist die Röhre F durch ein Gefäß V geführt, und an demselben beim Ein- und Austritt festgelöthet. Dieß Gefäß wird unausgesetzt mit kaltem Wasser versehen, welches durch das bis zu seinem Boden hinabgehende Rohr ii eintritt, während das erwärmte Wasser durch das Rohr ee abfließt; die beständige Circulation der Flüssigkeit nimmt vollständig die Wärme fort, welche sonst

die Platte *S* erreichen würde. Der Würfel *C* wird durch die Gaslampe *L* erhitzt. *P* ist die thermo-elektrische Säule mit ihrem Stative, vor dem Ende *S'* der Experimentir-Röhre stehend, und versehen mit zwei konischen Reflectoren, wie die Figur zeigt. *C'* ist der compensirende Würfel, der dazu dient, durch seine Strahlung die Wirkung der durch *SS'* gehenden Strahlen zu neutralisiren. Diefs ist eine sehr feine Operation und um sie zu bewerkstelligen ist der Doppelschirm *H* versehen mit einer Schraubenvorrichtung, mittelst deren er um äußerst kleine Strecken vor- und rückwärts geschoben werden kann. *NN* ist das Galvanometer mit seinen vollkommen astatischen Nadeln und seinem vollkommen unmagnetischem Gewinde; es ist mit der Säule *P* durch die Drähte *ww* verbunden. *YY* ist ein System von sechs Chlorcalcium-Röhren, jede 2,5 Fufs lang. *Z* ist eine U-förmige Röhre, enthaltend Bimsteinstücke, befeuchtet mit starker Aetzkallilauge, und *X* ist eine zweite ähnliche Röhre enthaltend Bimsteinstücke, benäht mit concentrirter Schwefelsäure. Wenn man nur *Trocknung* beabsichtigte, ward die Kaliröhre fortgelassen; waren dagegen, wie bei der atmosphärischen Luft, zugleich Feuchtigkeit und Kohlensäure, zu entfernen, so wurde die Kaliröhre eingeschaltet. *GG* ist ein Gasometer, aus welchem das zu untersuchende Gas durch die Trocken-Röhren und von da durch die Röhre *pp* in die Experimentir-Röhre *SS'* gesandt wurde. Der Ansatz bei *M* und die Vorrichtung bei *OO* kommen für jetzt nicht in Betracht. Ich werde ihrer nach und nach gelegentlich erwähnen.

Die Verfahrungsweise war folgende. Nachdem die Röhre *SS'* und die Kammer *F* möglichst vollkommen ausgepumpt worden, wurde die Gemeinschaft zwischen beiden durch Schließung der Hähne *m, m'* unterbrochen. Die Strahlen aus der inneren und geschwärzten Fläche des Würfels *C* gingen zuerst durch das Vacuum *F*, dann durch die Steinsalzplatte bei *S*, durch die Experimentir-Röhre, und durch die zweite Platte bei *S'*, von welcher aus sie, verdichtet durch den vorderen konischen Reflector, auf die benach-

barte Fläche der Säule *P* fielen. Währenddies fielen die Strahlen des heißen Würfels *C'* auf die andere Fläche der Säule und die Lage der Galvanometernadel zeigte zugleich, welche der Wärmequellen überwog. Eine Bewegung des Schirms *H* rück- oder vorwärts mit der Hand reichte hin eine angenäherte Gleichheit herzustellen; allein, um die beiden Strahlungen vollkommen gleich zu machen und somit die Nadel genau auf Null zu bringen, war die vorhin erwähnte feine Bewegung des Schirms durchaus nothwendig. War nun die Röhre evacuirt und die Nadel auf 0° gebracht, so wurde das zu untersuchende Gas in die Röhre eingelassen, wobei es zunächst durch den Trocken-Apparat ging. Man läßt eine erforderliche Gasmenge hinein. Die Versuche mit Gasen und Dämpfen haben einen Vorzug vor denen mit flüssigen und starren Körpern, dadurch, daß man die Dichtigkeit nach Belieben abändern kann. Hat man die erforderliche Gasmenge hineingelassen, so beobachtet man das Galvanometer und kann nun aus der Ablenkung die Absorption genau bestimmen. Bis zum 36° Grade sind die Grade meines Galvanometers alle von gleichem Werthe, d. h. dieselbe Wärmemenge, welche die Nadel von 1° bis 2° bewegt, bringt sie auch von 35° auf 36° . Jenseits dieser Gränze entsprechen die Grade größeren Wärmemengen. Das Instrument war nach der von Melloni empfohlenen Methode¹⁾ genau kalibriert, so daß der genaue Werth seiner höheren Ablenkungen sogleich mittelst einer Tafel erhalten wurde. Bis zum 36° Grad kann daher die einfache Ablenkung als Ausdruck der Absorption betrachtet werden; allein darüber hinaus, wird die einer Ablenkung entsprechende Absorption mittelst der Kalibrationstafel erhalten.

§. 5.

Die Luft des Laboratoriums, befreit von ihrer Feuchtigkeit und Kohlensäure, in die Röhre hineingelassen bis sie gefüllt war, bewirkte eine Ablenkung von etwa

1) *La thermochrose etc. Naples 1850, p. 59.*

1°

Sauerstoff, bereitet aus chlorsaurem Kali und Manganhyperoxyd, gab eine Ablenkung von etwa

1°

Stickstoff, erhalten durch Zersetzung von salpetersaurem Kali, gab eine Ablenkung von etwa

1°

Wasserstoff, aus Zink und Schwefelsäure, gab eine von etwa

1°

Sauerstoff, erhalten durch Elektrolyse des Wassers, und durch eine Reihe von acht, mit starker Iodkaliumlösung gefüllten Kugeln geleitet, bewirkte eine Ablenkung von etwa

1°.

Beim letzten Versuch war der elektrolytische Sauerstoff von seinem Ozon befreit. Als das Iodkalium fortgelassen und der Sauerstoff mit seinem Ozon in die Röhre eingelassen wurde, war die Ablenkung

4°.

Die kleine Menge von Ozon, die den Sauerstoff in diesem Fall begleitet, stört also die Absorption des reinen Sauerstoffs¹⁾.

Ich habe diese Versuche vielmals mit verschiedenen Wärmequellen wiederholt. Bei Quellen von hoher Temperatur war der Unterschied zwischen Ozon und gewöhnlichem Sauerstoff sehr auffallend. Durch eine sorgfältige Zersetzung liefse sich wohl eine viel größere Menge Ozon und demgemäß ein größerer Effect auf die strahlende Wärme erhalten.

Bei Darstellung des elektrolytischen Sauerstoffs bediente ich mich zweier verschiedener Gefäße. Zur Verminderung des Widerstandes des gesäuerten Wassers stellte ich in das eine Gefäß ein Paar sehr großer Platinplatten, zwischen welchen ich den Strom einer Grove'schen Batterie von

1) Man wird weiterhin sehen, daß dieses Resultat mit der Voraussetzung harmonirt, das auf die beschriebene Weise erhaltene Ozon sey ein zusammengesetzter Körper.

10 Zellen übergehen liess. Die an einer so grossen Oberfläche sich entwickelnden Sauerstoffblasen waren ungemein klein, und als das so erzeugte Gas durch Iodkaliumlösung geleitet ward, färbte es kaum die Flüssigkeit; der charakteristische Geruch des Ozons fehlte auch fast ganz. In dem zweiten Gefässe wurden kleinere Platten gebraucht. Die Sauerstoffblasen waren viel grösser und kamen nicht in so innigen Contact mit dem Platin oder dem Wasser. Der so erhaltene Sauerstoff zeigte die charakteristischen Reactionen des Sauerstoffs, und mit ihm wurden die obigen Resultate erhalten.

Die gesammte Wärmemenge, welche bei diesen Versuchen durch die Röhre gesandt wurde, bewirkte eine Ablenkung von

71°,5.

Nimmt man die Wärmemenge, welche nöthig ist die Nadel von 0° auf 1° zu bringen, als Einheit, so beträgt die Anzahl der durch obige Ablenkung ausgedrückten Einheiten

308.

Folglich beläuft sich die Absorption auf ungefähr 0,33 Procent. Ich vermag für jetzt nicht mit Sicherheit Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und atmosphärische Luft hinsichtlich ihres Absorptionsvermögens zu ordnen, obwohl ich zu diesem Behufe an hundert Versuche angestellt habe. Die eigene Wirkung derselben ist so klein, dass die geringste fremde Beimischung dem einen ein Uebergewicht über den anderen verleiht. Zur Darstellung der Gase habe ich verschiedene Methoden angewandt, welche in chemischen Lehrbüchern empfohlen werden, allein bisjetzt blofs um die zufälligen Fehler dieser Methoden zu entdecken. Gereifere Erfahrung und die Hülfe meiner Freunde werden, hoffe ich, mich in den Stand setzen, dieses Problem nach und nach zu lösen. Eine Prüfung der gesammten Versuche lässt mich den Wasserstoff als dasjenige Gas betrachten, welches das schwächste Absorptionsvermögen ausübt.

Wir haben in diesen Fällen Minimal-Absorptionen von

Gasen. Es wird interessant seyn, die obigen Resultate zusammen zu stellen mit einigen der beim ölbildenden Gase erhaltenen, dem stärkst absorbirenden Gase, welches ich bisher untersucht habe. Ich wähle zu dem Ende einen am 21. November gemachten Versuch.

Die Nadel stand stetig auf 0° , in Folge der Gleichheit der Wirkungen auf die entgegengesetzten Seiten der Säule. Die Zulassung von ölbildendem Gase gab die bleibende Ablenkung

$70^{\circ},3$.

Nachdem das Gas vollständig entfernt und das Gleichgewicht wiederhergestellt worden, wurde eine polirte Metallplatte eingeschaltet zwischen eine Seite der Säule und die benachbarte Wärmequelle. Die gesammte Wärmemenge welche durch die evacuirte Röhre ging, erzeugte nun eine Ablenkung von

75° .

Die Ablenkung $70^{\circ},3$ entspricht 290 Einheiten und die Ablenkung 75° entspricht 360 Einheiten, folglich waren mehr als sieben Neuntel oder ungefähr 81 Proc. von der gesammten Wärme durch das ölbildende Gas fortgenommen worden.

Die außerordentliche Stärke, mit welcher die Nadel nach Einlassung von ölbildendem Gase in die Röhre abgelenkt wurde; war eine solche, wie erfolgen würde, wenn die Steinsalzplatten plötzlich mit einer opaken Schicht überzogen würden. Ich prüfte daher, ob eine solche Wirkung stattfände. Ich polirte eine dieser Platten sorgfältig und hielt sie dann eine beträchtliche Zeit gegen einen Strom des Gases; aber sie wurde dadurch nicht trübe. Ueberdies erschienen die Platten, welche täglich von der Röhre abgenommen wurden, bei dieser Abnahme gewöhnlich eben so klar wie dann, wann sie angelegt wurden.

Bei diesen Versuchen strömte das Gas von dem Behälter aus und war daselbst mit kaltem Wasser in Berührung gewesen. Um zu sehen, ob es die Steinsalzplatten beschlagen und dadurch den Effect hervorgebracht hätte,

füllte ich einen ähnlichen Behälter mit atmosphärischer Luft und liefs sie die Temperatur des Wassers annehmen; allein ihre Wirkung wurde dadurch nicht merklich vergrößert.

Um das Gas einer Ocular-Untersuchung zu unterwerfen, construirte ich eine Glasröhre und verknüpfte sie mit der Luftpumpe, allein als ölbildendes Gas in dieselbe eingelassen wurde, war nicht die geringste Trübung wahrzunehmen. Um den letzten Gedanken an eine mögliche Einwirkung des Gases auf die Steinsalzplatten zu entfernen, wurde die anfangs erwähnte Zinnröhre in ihrer Mitte durchbohrt, und ein Hahn in dieselbe eingesetzt; die Wärmequelle wurde vor dem einen Ende der Röhre aufgestellt und die thermo-elektrische Säule in einigem Abstand vor dem andern. Die Steinsalzplatten waren ganz beseitigt, indem die Röhre an beiden Enden offen und mit Luft gefüllt war. Als man nun das ölbildende Gas ein Paar Sekunden lang einströmen liefs, flog die Nadel gegen die Hemmung, und sie blieb eine beträchtliche Zeit zwischen 80° und 90° stehen. Ein langsamer Luftstrom in die Röhre geleitet, entfernte allmählich das Gas und nun kehrte die Nadel genau auf Null zurück.

Das Gas in dem Behälter befand sich unter einem Wasserdruck von 12 Zoll; als nun der Hahn an dem Würfel schnell auf und zuge dreht wurde, war die Gasmenge, welche während dieser kurzen Zeit in die Röhre trat, hinreichend, die Nadel gegen die Hemmung zu treiben und zwischen 60° und 70° stillstehend zu halten. Nachdem das Gas abermals entfernt worden, wurde der Hahn so schnell wie möglich einmal halb umgedreht. Die Nadel machte erst einen Ausschlag von 60° und blieb dann bei 50° stehen.

Die Gasmenge, welche diesen letzten Effect hervorbrachte, erwies sich, als sie in eine graduirte Röhre eingelassen wurde, nicht ein Sechstel-Kubikzoll übersteigend.

Nun nahm man die Röhre fort und liefs beide Wärmequellen aus einigem Abstand auf die Thermosäule wirken. Als die Nadel auf Null stand, liefs man zwischen einer der Wärmequellen und der Säule ölbildendes Gas aus einem

gewöhnlichen Argand'schen Brenner ausströmen. Das Gas war unsichtbar: nichts war in der Luft wahrzunehmen, aber dennoch zeigte die Nadel die Gegenwart desselben an, indem sie einen Ausschlag von 41° machte. Bei den zuletzt beschriebenen vier Versuchen war die Wärmequelle ein bis 250° C. erhitzter Würfel von Oel, und der Compensations-Würfel war mit siedendem Wasser angefüllt.

Diejenigen, welche, wie ich, die durchsichtigen Gase für fast vollkommen diatherman gehalten haben, werden wahrscheinlich das Erstaunen begreifen, mit welchem ich diese Effecte kennen lernte. In der That konnte ich es erst allmählich für möglich halten, daß ein Körper von solcher Constitution und solcher Durchsichtigkeit für das Licht wie das ölbildende Gas so ungemein opak für Wärmestrahlen jeglicher Art seyn werde. Um mich gegen Fehler zu schützen, habe ich mehrer Hundert Versuche mit dieser einzigen Substanz gemacht. Ich glaube jedoch nicht, daß ich durch umständliche Anführung derselben der Beweiskraft der bisher gegebenen Versuche, daß der Vorgang eine wahrhafte Wärme-Absorption ist, etwas hinzufügen würde ¹⁾.

§. 6.

Nachdem ich sonach im Allgemeinen das Absorptionsvermögen des ölbildenden Gases festgestellt, fragt sich: Welche Relation besteht zwischen der Dichtigkeit des Gases und der ausgelöschten Wärmemenge.

Zuerst suchte ich diese Frage in folgender Weise zu beantworten. Es wurde ein gewöhnliches Quecksilber-Manometer mit der Luftpumpe verbunden und darauf, nachdem die Experimentir-Röhre ausgepumpt und die Galvanometernadel auf Null gebracht worden, ölbildendes Gas ein-

1) Offenbar wäre bei diesem Gase die alte Art des Experimentirens anzuwenden. In der That haben mehrere der von Melloni untersuchten starren Körper ein geringeres Absorptionsvermögen als dasselbe. Hätte es die Zeit erlaubt, so würde ich meine Resultate durch in gewöhnlicher Weise gemachte Versuche controlirt haben; ich beabsichtige dies bei einer künftigen Gelegenheit.

gelassen, bis die Quecksilbersäule einen Zoll herabgedrückt war. Die erfolgende Ablenkung wurde aufgezeichnet. Hierauf wurde Gas hineingelassen bis die Depression 2 Zoll betrug und solchergestalt die Absorption durch Gas von einem, zwei, drei Zoll und mehr Spannung bestimmt.

In der folgenden Tafel enthält die erste Columne die Spannung in Zollen, die zweite die Ablenkungen und die dritte die einer jeden Ablenkung entsprechende Absorption.

Tafel I. — Oelbildendes Gas.

Spannung.	Ablenkung.	Absorption.
1 Zoll	56°,0	90
2	51°,2	123
3	59°,3	142
4	60°,0	154
5	60°,5	163
6	61°,0	177
7	61°,4	182
8	61°,7	184
9	62°,0	190
10	62°,2	192
20	66°,0	227.

Hier zeigt sich keine bestimmte Relation zwischen der Dichte des Gases und der Absorption durch dasselbe. Wir bemerken nur, daß mit zunehmender Dichte das Verhältniß zwischen je zwei einander folgenden Absorptionen sich immermehr der Einheit nähert. Eine *Versiebenfachung* der Dichtigkeit *verdoppelt* nur die Absorption, während Gas von 20 Zoll Spannung nur $2\frac{1}{2}$ Mal so viel absorbiert wie Gas von einem Zoll Spannung.

Es bieten sich jedoch die folgenden Beobachtungen dar. Klar ist, daß ölbildendes Gas von einem Zoll Spannung, welches eine so starke Ablenkung wie 56° bewirkt, einen großen Antheil der von dem Gase absorbirbaren Strahlen

auslöschen muß, und mithin kann man mit Grund erwarten, daß die folgenden Portionen, indem sie auf eine immer geringere Wärme zu wirken haben, einen fortwährend kleinern Effect ausüben müssen. Gesetzt aber, die Menge des gerade eingeführten Gases sey so klein, daß die Anzahl der durch dasselbe ausgelöschten Strahlen, eine verschwindende Größe sey im Vergleich zu der gesammten Zahl derer, die der Absorption fähig sind. In diesem Falle können wir begründeter Weise erwarten, daß eine doppelte, dreifache u. s. w. Gasmenge einen doppelten, dreifachen u. s. w. Effect hervorbringen, oder, im Allgemeinen ausgedrückt, die Absorption proportional der Dichtigkeit seyn werde.

Um diese Idee zu prüfen, wurde ein Theil des Apparats benutzt, der in der vorhin gegebenen Beschreibung absichtlich übergangen wurde. *OO* ist eine graduirte Glasröhre, deren Ende in eine Schale mit Wasser *B* taucht. Diese Röhre ist oben mittelst des Hahnes *r* verschließbar; *dd* ist eine Röhre, welche Stücke von Chlorcalcium enthält. Die Röhre *OO* wurde zuerst mit Wasser bis zum Hahn *r* gefüllt, dann dieß Wasser durch ölbildendes Gas verdrängt, und darauf die Röhre *SS'* und der ganze Raum zwischen ihr und dem Hahn *r* ausgepumpt. Nun drehte man den Hahn sorgfältig um und ließ das Gas äußerst langsam in die Röhre *SS'* eintreten. Dadurch stieg das Wasser in *OO* und erreichte denjenigen Theilstrich, welcher ein Volum von $\frac{1}{30}$ Kubikzoll vorstellte. Man ließ successive Maafse dieser Capacität in die Röhre eintreten und bestimmte jedesmal die Absorption. In der folgenden Tafel enthält die erste Columne die in die Röhre eingelassene Gasmenge; die zweite die entsprechende Ablenkung, welche innerhalb der Grenzen der Tafel die Absorption ausdrückt; und die dritte die Absorption, berechnet in der Annahme, daß diese Absorption proportional der Dichte sey.

Tafel II. Oelbildendes Gas.

Maafs - Einheit $\frac{1}{30}$ Kubikzoll.

Maafse Gas.	Absorption	
	beobachtet.	berechnet.
1	2,2	2,2
2	4,5	4,4
3	6,6	6,6
4	8,8	8,8
5	11,0	11,0
6	12,0	13,2
7	14,8	15,4
8	16,8	17,6
9	19,8	19,8
10	22,0	22,0
11	24,0	24,2
12	25,4	26,4
13	29,0	28,6
14	30,2	29,8
15	33,5	33,0.

Diese Tafel zeigt die Richtigkeit der vorhandenen Vermuthung, und beweist, dafs für kleine Gasmengen die Absorption genau der Dichtigkeit proportional ist. Schätzen wir jetzt die Spannungen der Gasmengen, mit denen wir operirt haben. Die Länge unserer Experimentir-Röhre beträgt 48 Zoll und ihr Durchmesser 2,4 Zoll; ihr Volum also 218 Kubikzoll. Addiren wir dazu den Raum-Inhalt der Hühne und anderen Leitungen, welche zu der Röhre führen, so können wir annehmen, dafs jeder Fünfzigstel-Kubikzoll des Gases sich in einem Raum von 220 Kubikzoll auszubreiten hatte. Die Spannung eines einfachen Maafs Gas, so ausgedehnt, würde also $= \frac{1}{110000}$ Atmosphäre seyn, — eine Spannung, welche die mit der Luftpumpe verbundene Quecksilbersäule um $\frac{1}{35}$ Zoll oder ungefähr $\frac{1}{15}$ Millimeter herabdrücken würde.

Allein das Absorptionsvermögen des ölbildenden Gases, so ungewöhnlich es den obigen Versuchen nach auch ist, wird

doch weit übertroffen von dem der Dämpfe einiger flüchtigen Flüssigkeiten. Eine Gasflasche wurde versehen mit einer Messingkappe, worin ein Schraubengang, mittelst dessen ein Hahn luftdicht an die Flasche geschraubt werden konnte. Nachdem Schwefeläther in letztere gebracht worden, wurde der Raum über der Flüssigkeit durch eine zweite Luftpumpe vollständig von Luft befreit. Dann wurde die Flasche mit verschlossenem Hahn mit der Experimentir-Röhre verknüpft, letztere ausgepumpt und die Nadel auf Null gebracht, endlich der Hahn gedreht, so daß der Aetherdampf sich langsam in die Experimentir-Röhre verbreitete. Ein Gehülfe beobachtete das Manometer der Luftpumpe und wenn es einen Zoll gesunken war, schloß man rasch den Hahn. Nachdem die durch die partielle Auslöschung der Wärmestrahlen bewirkte galvanometrische Ablenkung aufgezeichnet worden, wurde eine zweite, das Manometer um einen Zoll deprimirende Dampfmenge hineingelassen, und in dieser Weise die Absorptionen für fünf solcher Dampfmenge bestimmt. In der folgenden Tafel enthält die erste Columne die Spannungen in Zollen, die zweite die einer jeden entsprechenden Ablenkung, und die dritte die absorbirte Wärmemenge, ausgedrückt in den schon angegebenen Einheiten. Des Vergleiches halber habe ich in der vierten Columne die entsprechende Absorption des ölbildenden Gases daneben gestellt.

Tafel III. — Schwefeläther.

Spannung.	Ablenkung.	Absorption.	Öelbildendes Gas, entsprechende Ab- sorption.
1 Zoll	64,8	214	90
2	70,0	282	123
3	72,0	315	142
4	73,0	330	154
5	73,0	330	163.

Für diese Spannungen ist also die Absorption der strahlenden Wärme durch Schwefelätherdampf mehr als dop-

pelt so groß wie die Absorption durch ölbildendes Gas. Wir bemerken auch, daß bei ersterem die successiven Absorptionen sich rascher der Gleichheit nähern. In der That war die von dem Dampf bewirkte Absorption bei 4 Zoll fast dieselbe wie die bei 5 Zoll.

Es sind jedoch ähnliche Betrachtungen, wie die beim ölbildenden Gase gemachten, auch beim Aether anwendbar. Gesezt wir machten unsere Maafs-Einheit klein genug, so wird die Anzahl der zuerst zerstörten Strahlen verschwinden im Vergleich zur Gesamtzahl derselben, und eine Zeitlang wird wahrscheinlich das Gesetz gelten, daß die Absorption direct der Dichte proportional ist. Um zu ermitteln, ob dieß der Fall sey, wurde der andere noch nicht beschriebene Theil des Apparats benutzt. *K* ist eine kleine Flasche mit einer Messingkappe, welche an den Hahn *C'* fest angeschraubt wird. Zwischen den Hähnen *C'* und *C*, welcher letzterer mit der Experimentir-Röhre verbunden ist, befindet sich die Kammer *M*, deren Capacität genau bestimmt war. Die Flasche *K* wurde theilweis mit Aether gefüllt und die Luft über demselben entfernt. Nachdem der Hahn *C'* geschlossen und *C* geöffnet worden, wurden die Röhre *SS'* und die Kammer *M* vollkommen ausgepumpt. Durch Schließung von *C* und Oeffnung von *C'* füllte sich die Kammer mit Aetherdampf, und wenn man darauf *C'* verschloß und *C* öffnete, verbreitete sich diese Dampfmenge in die Experimentir-Röhre und ihre Absorption konnte bestimmt werden. Solcher Maafse wurden successive mehre in die Röhre gesandt und der von jedem bewirkte Effect aufgezeichnet. Es wurden auch Maafse von verschiedener Capacität angewandt, je wie es die zu untersuchenden Dämpfe erforderten. Bei der ersten Reihe der mit diesem Apparat gemachten Versuche unterliefs ich, die Luft aus dem Raum über der Flüssigkeit zu entfernen. Jedes Maafs, welches in die Röhre gesandt wurde, war also ein Gemisch von Dampf und Luft. Dieß verringerte den Effect des ersteren, allein das Gesetz der Proportionalität für kleine Mengen zeigte sich doch so entschieden,

dafs es mich veranlafst, die Beobachtungen mitzutheilen. Die erste Columnne enthält, wie gewöhnlich, die Maafse Dampf, die zweite die beobachtete Absorption und die dritte die berechnete. Die galvanometrischen Ablenkungen sind fortgelassen und dafür ihre Aequivalente in der zweiten Columnne gegeben. Auch sind bis zur 8. Beobachtung die Absorptionen nur die Werthe der Ablenkungen.

Tafel IV. Gemeng von Aetherdampf und Luft.

Maafse.	Absorption	
	beobachtet.	berechnet.
1	4,5	4,5
2	9,2	9,0
3	13,5	13,5
4	18,0	18,0
5	22,8	23,5
6	27,0	27,0
7	31,8	31,5
8	36,0	36,0
9	39,7	40,0
10	45,0	45,0
20	81,0	90,0
20	82,8	95,0
22	84,0	99,0
23	87,0	104,0
24	88,0	108,0
25	90,0	113,0
26	93,0	117,0
27	94,0	122,0
28	95,0	126,0
29	98,0	131,0
30	100,0	135,0.

Bis zum 10. Maafse finden wir Dichte und Absorption genau in gleichem Verhältnisse zunehmen. Während die erstere von 1 auf 10 steigt, wächst die letztere von 4,5 bis 45,0. Bei dem 20. Maafse ist jedoch eine Abweichung von dem Gesetze merkbar und diese Abweichung nimmt

zu von 20 bis 30. In der That haben 20 Maafs Einfluß auf die absorbirbaren Strahlen; die vernichtete Menge wird so bedeutend, daß jedes hinzukommende Maafs eine geringere Anzahl solcher Strahlen ergreift und folglich eine verringerte Absorption bewirkt.

Aetherdampf, ungemengt mit Luft, lieferte die in folgender Tafel enthaltenen Resultate. Da ich wünschte, die durch Dampf von sehr schwacher Spannung ausgeübte Absorption zu bestimmen, so verkleinerte ich die Capacität der Maafs-Einheit auf 0,01 Kubikzoll.

Tafel V. — Schwefeläther.

Maafs-Einheit 0,01 Kubikzoll.	Absorption	
	beobachtet.	berechnet.
1	5,0	4,6
2	10,3	9,2
4	19,2	18,4
5	24,5	23,0
6	29,5	27,0
7	34,5	32,2
8	38,0	36,8
9	44,0	41,4
10	46,2	46,2
11	50,0	50,6
12	52,8	55,2
13	55,0	59,8
14	57,2	64,4
15	59,4	69,0
16	62,5	73,6
17	65,5	77,2
18	68,0	83,0
19	70,0	87,4
20	72,0	92,0
21	73,0	96,7
22	73,0	101,2
23	73,0	105,8
24	77,0	110,4

Maafs - Einheit 0,01 Kubikzoll.	Absorption	
	beobachtet.	berechnet.
25	78,0	115,0
26	78,0	119,6
27	80,0	124,2
28	80,5	128,8
29	81,0	133,4
30	81,0	138,0.

Hier finden wir das Gesetz der Proportionalität zwischen Dichte und Absorption für die ersten elf Maafse stichhaltig, darüber hinaus nimmt aber die Abweichung vom Gesetz allmählig zu.

Ich habe einige Aetherproben untersucht, die noch kräftiger auf die Wärmestrahlen einwirkten. Ohne Zweifel würde das obige Gesetz für kleinere Maafse als 0,01 Kubikzoll noch strenger richtig seyn, und in einem passenden Locale wäre es auch leicht, ein Zehntel der von diesem Maafs bewirkten Absorption mit vollkommener Genauigkeit zu bestimmen, was einem Tausendstel eines Kubikzolles entsprechen würde. Allein beim Eintritt in die Röhre hatte der Dampf nur die der Temperatur des Laboratoriums entsprechende Spannung von 12 Zoll. Diese würde mit 2,5 multiplicirt werden müssen, um sie auf den Druck der Atmosphäre zu bringen. Folglich würde der Tausendstel-Kubikzoll, nach Verbreitung in einer Röhre, die eine Capacität von 220 Kubikzoll besitzt, eine Spannung von $\frac{1}{220} \times \frac{1}{2,5} \times \frac{1}{1000} = \frac{1}{500000}$ Atmosphäre haben. In einer Zeit, wo die mit den Lichtstrahlen verknüpften Untersuchungen durch Kirchhoff und Bunsen soweit über ihre frühere Gränzen hinausgetrieben sind, macht es mir ein besonderes Vergnügen, die Forschungen über die strahlende Wärme etwas näher in Niveau mit den Beobachtungen jener erleuchteten Männer bringen zu können.

Ich habe nun die mit dreizehn anderen Dämpfen erhaltenen Resultate darzulegen. Die Methode des Experimentirens war dabei immer die bei dem Aether angewandte,

nur, daß die Gröfse der Maafseinheit abgeändert wurde, da bei manchen Substanzen kein merklicher Effect erhalten werden konnte mit einer so kleinen Volumeinheit, wie in den zuletzt angeführten Versuchen benutzt werde. Beim Schwefelkohlenstoff z. B. war es möglich die Maafseinheit 50 Mal gröfser zu nehmen, um die Messungen befriedigend zu machen.

Tafel VI. — Schwefelkohlenstoff.

Maafseinheiten 0,5 Kubikzoll.	Absorption	
	beobachtet.	berechnet.
1	2,2	2,2
2	4,9	4,4
3	6,5	6,6
4	8,8	8,8
5	10,7	11,0
6	12,5	13,0
7	13,1	15,4
8	14,5	17,6
9	15,0	19,0
10	15,6	22,0
11	16,2	24,2
12	16,8	26,4
13	17,5	28,6
14	18,2	30,8
15	19,0	33,0
16	20,0	35,2
17	20,0	37,4
18	20,2	39,6
19	21,0	41,8
20	21,0	44,0.

Bis zum 6. Maafs ist die Absorption proportional der Dichte: darüber hinaus nimmt der Effect jedes folgenden Maafses ab. Vergleicht man die Absorption, bewirkt durch eine Dampfmenge, welche die Quecksilbersäule der Luftpumpe um einen halben Zoll herabdrückt, mit dem Effect durch Dampf, der einen Zoll Spannung besitzt, so bemerkt man dieselbe Abweichung vom Gesetz der Proportionalität.

Mit dem Quecksilber-Manometer.

Spannung	Absorption
$\frac{1}{4}$ Zoll	14,8
1 Zoll	18,8

Wäre das Proportionalitätsgesetz stichhaltig, so würde die einem Zoll Spannung entsprechende Absorption 29,6 seyn, statt 18,8.

Sowohl für gleiche Volume beim Maximum der Dampfdichte als auch für gleiche Spannungen, gemessen durch die Depression der Quecksilbersäule, zeigt der Schwefelkohlenstoff das schwächste Absorptionsvermögen unter allen bisher von mir untersuchten Dämpfen. Bei sehr kleinen Quantitäten absorbirt ein Maafs Schwefelätherdampf, im Maximum der Dichte, 100 Mal so viel strahlende Wärme als ein gleiches Volum Schwefelkohlendampf, bei seinem Maximum der Dichte. So weit meine Versuche bisher gehen, sind diefs die äufsersten Gränzen der Skale. Die Wirkung jedes anderen Dampfs ist geringer als die des Schwefeläthers, und gröfser als die des Schwefelkohlenstoffs.

Bei den Versuchen mit Schwefelkohlenstoff wurde wiederholt eine sehr sonderbare Erscheinung beobachtet. Nachdem nämlich die Absorption des Dampfs bestimmt worden, wurde die Röhre ausgepumpt, — so vollkommen wie möglich. Die zurückgebliebene Dampfmenge war außerordentlich klein. Es wurde nun trockne Luft eingelassen, um die Röhre vollends zu reinigen. Nach den ersten Hieben der Pumpe wurde eine Erschütterung gefühlt und eine Art Explosion gehört, während dichte Wolken von blauem Rauch sogleich aus den Cylindern hervordrangen. Die Wirkung war auf die letzteren beschränkt und verpflanzte sich niemals in die Experimentir-Röhre.

Diese Erscheinung habe ich nur beim Schwefelkohlenstoff beobachtet. Sie läfst sich, glaube ich, auf folgende Weise erklären: Um das Ventil der Pumpe zu öffnen, muß das Gas unter demselben eine gewisse Spannung besitzen, und die dazu nöthige Compression ist hinlänglich, die Verbindung der Bestandtheile des Schwefelkohlenstoffs mit dem

Sauerstoff der Luft zu veranlassen. Eine solche Verbindung findet sicher statt, denn der Geruch nach schwefliger Säure ist in dem Rauche unverkennbar.

Um diese Idee zu prüfen, versuchte ich den Effect der Compression in einem pneumatischen Feuerzeuge (*air-syringe*). Ein Bifschen Baumwolle, mit Schwefelkohlenstoff befeuchtet, in dasselbe gebracht, blitzte hell auf, als die Luft comprimirt ward. Bläst man den Rauch mittelst einer Glasröhre heraus, so kann man den Versuch wohl 20 Mal mit derselben Flocke Baumwolle wiederholen.

Es ist nicht einmal nöthig die Baumwolle in den Apparat zu lassen. Wenn man sie hinein und heraus schüttet, so schnell wie es geschehen kann, so ist doch beim Comprimiren der Luft das Aufblitzen sichtbar. Reiner Sauerstoff giebt einen helleren Blitz als atmosphärische Luft. Diese That-sachen stehen mit der obigen Erklärung in Einklang.

Tafel VII. — Amylen.

Maafse Einheit $\frac{1}{10}$ Kubikzoll.	Absorption	
	beobachtet.	berechnet.
1	3,4	4,3
2	8,4	8,6
3	12,0	12,9
4	16,5	17,2
5	21,6	21,5
6	26,5	25,8
7	30,6	30,1
8	35,3	34,4
9	39,0	38,7
10	44,0	43,0.

Für diese Quantitäten ist die Absorption proportional der Dichte; allein für größere Quantitäten findet die gewöhnliche Abweichung statt, wie folgende Beobachtungen zeigen.

Mit dem Quecksilber-Manometer.

Spannung.	Ablenkung.	Absorption.
$\frac{1}{2}$ Zoll	60°	157
1 Zoll	65°	216

Tafel VIII. — Aethyl-Iodid.

Einheit	Maafse $\frac{1}{\gamma}$ Kubikzoll.	Absorption	
		beobachtet.	berechnet.
1		5,4	5,1
2		10,3	10,2
3		16,8	15,3
4		22,2	20,4
5		26,6	25,5
6		31,8	30,6
7		35,6	35,9
8		40,0	40,8
9		44,0	45,9
10		47,5	51,0

Mit dem Quecksilber-Manometer.

Spannung.	Ablenkung.	Absorption.
$\frac{1}{2}$ Zoll	56°,3	94
1 Zoll	58,2	120

Tafel IX. — Methyl-Iodid.

Einheit	Maafse $\frac{1}{\gamma}$ Kubikfuß.	Absorption	
		beobachtet.	berechnet.
1		3,5	3,4
2		7,0	6,8
3		10,3	10,2
4		15,0	13,6
5		17,5	17,0
6		20,5	20,4
7		24,0	23,8
8		26,3	27,2
9		30,0	30,6
10		32,3	34,0

Mit dem Quecksilber-Manometer

Spannung.	Ablenkung.	
$\frac{1}{2}$ Zoll	48°,5	60
1 Zoll	56,5	96

Tafel X. — Amyl-Iodid.

Einheit	Maafse $\frac{1}{16}$ Kubikzoll.	Absorption	
		beobachtet.	berechnet.
1		0,6	0,57
2		1,0	1,1
3		1,4	1,7
4		2,0	2,3
5		3,0	2,9
6		3,8	3,4
7		4,5	4,0
8		5,0	4,6
9		5,3	5,1
10		5,8	5,7

Die Ablenkungen sind hier sehr klein; allein die Substanz besitzt eine so schwache Flüchtigkeit, daß die Spannung eines Maafses ihres Dampfes nach Verbreitung in der Experimentir-Röhre äußerst gering seyn muß. Mit der untersuchten Probe war es nicht möglich eine Spannung zu erhalten, welche das Quecksilber im Manometer $\frac{1}{2}$ Zoll herabgedrückt hätte, und folglich wurden keine Beobachtungen dieser Art angestellt:

Tafel XI. — Amylchlorid.

Einheit	Maafse $\frac{1}{8}$ Kubikzoll.	Absorption	
		beobachtet.	berechnet.
1		1,3	1,3
2		3,0	2,6
3		3,8	3,9
4		5,1	5,2
5		6,8	6,5
6		8,5	7,8
7		9,0	9,1
8		10,9	10,4
9		11,3	11,7
10		12,3	13,0.

Mit dem Quecksilber-Manometer.

Spannung.	Ablenkung.	Absorption.
$\frac{1}{2}$ Zoll	59,0	137
1 Zoll	nicht ausführbar.	

Tafel XII. — Benzol.

Einheit	Maasse $\frac{1}{18}$ Kubikzoll.	Absorption	
		beobachtet.	berechnet.
1		4,5	4,5
2		9,5	9,0
3		14,0	13,5
4		18,5	18,0
5		22,5	22,5
6		27,5	27,0
7		31,6	31,5
8		35,5	36,0
9		39,0	40,5
10		44,0	45,0
11		47,0	49,5
12		49,0	54,0
13		51,0	58,5
14		54,0	63,0
15		56,0	67,5
16		59,0	72,0
17		63,0	76,5
18		67,0	81,0
19		69,0	85,5
20		72,0	90,0

Wir sehen hier, dafs bis zum 10. Maafs oder da herum das Gesetz der Proportionalität zwischen Dichte und Absorption erfüllt ist, und darüber hinaus die Abweichung von dem Gesetz allmählich zunimmt.

Mit dem Quecksilber-Manometer.

Spannung.	Ablenkung.	Absorption.
$\frac{1}{7}$ Zoll	54°	78
1 Zoll	57	103

Tafel XIII. — Methyl-Alkohol.

Einheit	Maasse $\frac{1}{8}$ Kubikzoll.	Absorption	
		beobachtet.	berechnet.
1		10,0	10,0
2		20,0	20,0
3		30,0	30,0

Maafse		Absorption	
Einheit	$\frac{1}{10}$ Kubikzoll.	beobachtet.	berechnet.
	4	40,5	40,0
	5	49,0	50,0
	6	53,5	60,0
	7	59,2	70,0
	8	71,5	80,0
	9	78,0	90,0
	10	84,0	100,0.

Mit dem Quecksilber-Manometer.

Spannung.	Ablenkung	Absorption.
$\frac{1}{2}$ Zoll	58°,5	133
1 Zoll	60°,5	165.

Tafel XIV. — Ameisenäther.

Maafse		Absorption	
Einheit	$\frac{1}{10}$ Kubikzoll.	beobachtet.	berechnet.
	1	8	7,5
	2	16	15,0
	3	22,5	22,5
	4	30,0	30,0
	5	35,2	37,5
	6	39,5	45,0
	7	45,0	52,5
	8	48,0	60,0
	9	50,2	67,5
	10	53,5	75,0.

Mit dem Quecksilber-Manometer.

Spannung.	Ablenkung.	Absorption.
$\frac{1}{2}$ Zoll	58°,8	133
1 Zoll	62°,5	193.

Tafel XV. — Aethyl-Propionat.

Maafse		Absorption	
Einheit	$\frac{1}{10}$ Kubikzoll.	beobachtet.	berechnet.
	1	7,0	7,0
	2	14,0	14,0
	3	21,8	21,0

Maafse		Absorption	
Einheit	$\frac{1}{10}$ Kubikzoll.	beobachtet.	berechnet.
	4	28,8	28,0
	5	34,4	35,0
	6	38,8	42,0
	7	41,0	49,0
	8	42,5	56,0
	9	44,8	63,0
	10	46,5	70,0.

Mit dem Quecksilbermanometer.

Spannung.	Ablenkung.	Absorption.
$\frac{1}{2}$ Zoll	60°,5	168
1 Zoll	nicht ausführbar.	

Tafel XVI. — Chloroform.

Maafse		Absorption	
Einheit	$\frac{1}{10}$ Kubikzoll.	beobachtet.	berechnet.
	1	4,5	4,5
	2	9,0	9,0
	3	13,8	13,5
	4	18,2	18,0
	5	22,3	22,5
	6	27,0	27,0
	7	31,2	31,5
	8	35,0	36,0
	9	39,0	40,5
	10	40,0	45,0

Spätere Beobachtungen lassen mich glauben, daß die Absorption durch Chloroform eine etwas höhere als die in dieser Tafel gegebene ist.

Tafel XVII. — Alkohol.

Maafse		Absorption	
Einheit	$\frac{1}{2}$ Kubikzoll.	beobachtet.	berechnet.
	1	4,0	4,0
	2	7,2	8,0
	3	10,5	12,0
	4	14,0	16,0

Maafse Einheit	Absorption	
	beobachtet.	berechnet.
0,5 Kubikzoll.		
5	19,0	20,0
6	23,0	24,0
7	28,5	28,0
8	32,0	32,0
9	37,5	36,0
10	41,5	40,0
11	45,8	44,0
12	48,0	48,0
13	50,4	52,0
14	53,5	56,0
15	55,8	60,0

Mit dem Quecksilber-Manometer.

Spannung.	Ablenkung.	Absorption.
$\frac{1}{2}$ Zoll	60°	157
1 Zoll	nicht ausführbar.	

Hier beim Alkohol war ich genöthigt eine Maafseinheit von 0,5 Kubikzoll zu nehmen, um einen Effect zu erhalten, der dem von Benzol mit einer Maafseinheit von $\frac{1}{10}$ Kubikzoll hervorgebrachten ungefähr gleich kam. Und dennoch nahm, bei gleichen Spannungen von 0,5 Zoll, der Alkohol genau doppelt so viel Wärme fort wie das Benzol. Auch zwischen Alkohol und Schwefeläther findet eine ungeheure Verschiedenheit statt, wenn gleiche Maafse beim Maximum der Dichtigkeit verglichen werden; um aber Alkohol- und Aetherdämpfe auf gleiche Spannungen zu bringen, muß man die Dichtigkeit der ersteren viele Male erhöhen. Daraus folgt also, daß, wenn gleiche Spannungen dieser beiden Substanzen verglichen werden, der Unterschied zwischen ihnen bedeutend abnimmt. Aehnliche Bemerkungen gelten von vielen Substanzen, deren Verhalten in den vorstehenden Tafeln angeführt ist, z. B. vom Iodid und Chlorid des Amyls und vom Propionate des Aethyls. In der That ist es nicht unwahrscheinlich, daß, bei gleichen Spannungen, der Dampf der letzteren Substanz im Zustande vollkomm-

ner Reinheit ein größeres Absorptionsvermögen besitzen würde als der Aether selbst.

Wie schon erwähnt, war die zu diesen Versuchen angewandte Röhre von Messing und innen polirt, und zwar deshalb, um die Wirkung der schwachen Gase und Dämpfe in klares Licht zu setzen. Einst wünschte ich auch die Wirkung des Chlors zu erfahren und brachte deshalb eine Quantität dieses Gases in die Experimentir-Röhre. Die Nadel wurde rasch und stark abgelenkt, wollte aber, beim Auspumpen ¹⁾, nicht auf Null zurückkehren. Es wurde trockne Luft zehn Mal nach einander hineingelassen, allein die Nadel blieb hartnäckig auf 40° stehen. Die Ursache hiervon war leicht zu errathen: Das Chlor hatte das Metall angegriffen und dessen Reflexionsvermögen theilweise zerstört. Dadurch nahm die durch die Wandung der Röhre bewirkte Absorption eine Wärmemenge fort, die fähig war die ohige Ablenkung hervorzubringen. Für die folgenden Versuche mußte das Innere der Röhre wieder aufpolirt werden.

Obwohl kein anderes Gas oder anderer Dampf, mit dem ich experimentirte, einen bleibenden Effect dieser Art hervorbrachte, so war es doch nöthig, völlig überzeugt zu seyn, daß diese Fehlerquelle nicht an meinen Versuchen haften. Zur Controle überzog ich daher die Messingröhre innen auf eine Länge von zwei Fufs sorgfältig mit Lampenrufs, und bestimmte nun mit ihr, bei einer gemeinschaftlichen Spannung von 0,3 Zoll, wiederum die Absorption aller der Dämpfe, welche ich zuvor untersucht hatte. Ich beabsichtigte nur eine allgemeine Bestätigung und erlangte die Befriedigung, daß die wenigen Abweichungen, welche die Messungen zeigten, bei einer sorgfältigeren Untersuchung verschwinden oder sich erklären lassen würden.

Die folgende Tafel erklärt sich selbst. Die mit der geschwärzten und der blanken Röhre erhaltenen Resultate sind neben einander gestellt: die Spannung betrug bei der ersten 0,3 und bei der letzten 0,5 Zoll.

1) Hierbei stieg ein dichter dunkler Rauch aus den Pumpenstiefeln; Aehnliches fand beim Schwefelwasserstoff statt.

Tafel XVIII.

Dämpfe.	Absorption.		
	Geschwärzte Röhre 0",3 Spann.	Blanke Röhre 0",5 Spann.	
Schwefelkohlenstoff	5,0	21	23
Methyl-Iodid	15,8	60	71
Benzol	17,5	78	79
Chloroform	17,5	89	79
Aethyl-Iodid	21,5	94	97
Holzgeist	26,5	123	120
Methyl-Alkohol	29,0	133	131
Amylchlorid	30,0	137	135
Amylen	31,8	157	143

Die Ordnung der Absorption erweist sich hier als gleich in beiden Röhren, und die absorbirte Menge ist in der blanken Röhre im Allgemeinen ungefähr $4\frac{1}{2}$ Mal so groß wie in der geschwärzten. In der dritten Columnne habe ich die Producte aus den Zahlen der ersten Columnne, multiplicirt durch $4\frac{1}{2}$, aufgestellt. Diese Resultate heben vollständig den Verdacht, als könnten die in der blanken Röhre beobachteten Effecte herrühren von einer durch die Dämpfe bewirkten Aenderung des Reflexionsvermögens ihrer inneren Oberfläche.

In der geschwärzten Röhre machte sich die Ordnung der Absorption folgender Substanzen so:

Alkohol,
Schwefeläther,
Ameisenäther,
Aethyl-Propionat,

während sie in der blanken Röhre nachstehende war:

Ameisenäther,
Alkohol,
Aethyl-Propionat,
Schwefeläther.

Wie schon erwähnt, werden diese Unterschiede bei abermaliger Untersuchung wahrscheinlich verschwinden oder

sich erklären lassen. In der That würden sehr kleine Unterschiede in der Reinheit der angewandten Substanzen mehr als hinreichend seyn die beobachteten Absorptionsdifferenzen hervorzubringen ¹⁾.

§. 7.

Wirkung der permanenten Gase auf strahlende Wärme.

Das Verhalten von Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff, atmosphärischer Luft und ölbildendem Gase ist bereits angegeben worden. Ausser diesen habe ich noch untersucht: Kohlenoxyd, Kohlensäure, Schwefelwasserstoff und Salpetergas. Die Wirkung dieser Gase ist so schwach gegen die der Dämpfe, welche in dem letzten Abschnitt aufgeführt wurden, daß ich bei Untersuchung der Beziehung zwischen Absorption und Dichte das Maas M aufgab, und die Menge des hineingelassenen Gases durch die Depression des Quecksilber-Manometers bestimmte.

Tafel XIX. — Kohlenoxyd.

Spannung.	Absorption	
	beobachtet.	berechnet.
0,5 Zoll	2,5	2,5
1,0	5,6	5,0
1,5	8,0	7,5
2,0	10,0	10,0
2,5	12,0	12,5
3,0	15,0	15,0
3,5	17,5	17,5

Bis zur Spannung 3,5 Zoll ist also beim Kohlenoxyd die Absorption proportional der Dichte des Gases. Allein diese Proportionalität findet bei grösseren Spannungen nicht mehr statt, wie aus folgender Tafel erhellt.

1) Zum Belege hiervon mag bemerkt seyn, daß von zwei Proben Methyl-Alkohol, mit welcher mich zwei meiner chemischen Freunde versehen hatten, die eine eine Absorption von 84 und die andere eine von 203 gab. Die erstere war mit großer Sorgfalt gereinigt worden, die letztere aber nicht rein. Beide passirten indeß unter den gemeinsamen Namen Methyl-Alkohol.

Spannung.	Ablenkung.	Absorption.
5 Zoll	18°,0	18
10	32 ,5	32,5
15	41 ,0	45

Tafel XX. — Kohlensäure.

Spannung Zoll.	Absorption	
	beobachtet.	berechnet.
0,5	5,0	3,5
1,0	7,5	7,0
1,5	10,5	10,5
2,0	14,0	14,0
2,5	17,8	17,5
3,0	21,8	21,0
3,5	24,5	24,5

Hier haben wir noch das Proportionalitätsgesetz, bei größeren Spannungen aber nicht mehr:

Spannung.	Ablenkung.	Absorption.
5 Zoll	25°,0	25
10	36 ,0	36
15	42 ,5	48.

Tafel XXI. — Schwefelwasserstoff.

Spannung Zoll.	Absorption	
	beobachtet.	berechnet.
0,5	7,5	6
1,0	12,5	12
1,5	18,0	18
2,0	24,0	24
2,5	30,0	30
3,0	34,5	36
3,5	36,0	42
4,0	36,5	48
4,5	38,0	54
5,0	40,0	60

Das Proportionalitätsgesetz zeigt sich hier gültig bis zur Spannung von 2,5 Zoll; von da beginnt die Abweichung und

nimmt allmählich zu. Obgleich diese Messungen mit aller möglichen Sorgfalt gemacht wurden, so möchte ich sie doch gern wiederholen. Beim Auspumpen dieses Gases aus der Röhre drangen nämlich dichte Dämpfe aus den Stiefeln der Luftpumpe hervor, und ich bin bisjetzt nicht im Stande mit Sicherheit zu sagen, ob nicht eine Spur derselben in einem sehr verdünnten Zustande in der Röhre die Reinheit der Resultate beeinträchtigte.

Tafel XXII. — Salpetergas (Nitrous oxide).

Spannung Zoll.	Absorption	
	beobachtet.	berechnet.
0,5	14,5	14,5
1,0	23,5	29,0
1,5	30,0	43,5
2,0	35,5	58,0
2,5	41,0	71,5
3,0	45,0	87,0
3,5	47,7	101,5
4,0	49,0	116,0
4,5	51,5	130,5
5,0	54,0	145,0
10,0	70,0	290,0
15,0	82,0	435,0

Hier zeigt sich die Abweichung vom Proportionalitätsgesetz schon vom Anfang an.

Eingangs dieser Abhandlung versprach ich auf die Versuche des Dr. Franz zurückzukommen und ich will es jetzt thun. In einer drei Fufs langen und inwendig geschwärzten Röhre beobachtete er eine Absorption von 3,54 Proc. bei atmosphärischer Luft. Bei meinen Versuchen mit einer vier Fufs langen Röhre, die inwendig polirt war, was die von vielen der reflektirten Strahlen durchlaufene Strecke länger als vier Fufs macht, betrug die Absorption dagegen nur ein Zehntel dieser Gröfse. Bei den Versuchen des Dr. Franz erschien die Kohlensäure als ein schwächeres Absorbens als Sauerstoff. Bei meinen Versuchen war, für kleine Quanti-

täten, das Absorptionsvermögen der Kohlensäure fast 150mal so groß wie das des Sauerstoffs, und für die atmosphärische Spannung würde es wahrscheinlich noch das Hundertfache des letzteren seyn.

Der Widerspruch zwischen Dr. Franz und mir läßt sich folgendermaßen erklären. Seine Wärmequelle war eine Argand'sche Lampe und die Enden seiner Experimentir-Röhre waren durch Glasplatten verschlossen. Nun hat Melloni gezeigt, daß von den Strahlen einer Locatelli'schen Lampe volle 61 Proc. durch eine Glasplatte von 0,1 Zoll Dicke absorbirt werden. Folglich wurde aller Wahrscheinlichkeit nach von den Strahlen der Lampe des Dr. Franz reichlich ein Viertel verbraucht, um die beiden Glasplatten an seiner Experimentir - Röhre zu erwärmen. Diese Glasplatten wurden demnach secundäre Wärmequellen, welche gegen seine Thermosäule ausstrahlten. Bei Einlassung kalter Luft wurden die Platten abgekühlt, und die Wegnahme ihrer Wärme mußte einen Effect erzeugen, genau dem einer wahren Absorption gleich.

Wenn ich Luft von gewöhnlicher Temperatur mit einer ausstrahlenden Platte in Berührung kommen liefs, habe ich oft eine Ablenkung von 20 bis 30 Graden erhalten. Der Effect rührte von der Abkühlung der Platte her, und nicht von einer Absorption. Gewiß ist auch, daß ich, wenn ich Wärme aus leuchtender Quelle angewandt hätte, die Absorption von 0,33 Proc. so sehr vermindert gefunden haben würde, daß sie kaum merklich gewesen wäre.

§. 8.

Ich habe nun in Betreff des Effects unserer Atmosphäre auf solare und terrestrische Wärme einen Punkt von beträchtlichem Interesse kurz zu berühren. Am 20. November, bei Untersuchung der getrennten Effects der Luft und des Wasserdampfs der Atmosphäre wurden folgende Resultate erhalten.

Luft, welche das System der Trocken-Röhren durchstrichen hatte, erzeugte eine Absorption von etwa

Luft, direkt aus dem Laboratorium genommen, die also ihren Wasserdampf enthielt, gab eine Absorption von

15.

Folglich bewirkte die an jenem Tage in der Atmosphäre enthaltene Menge Wasserdampf eine 15 Mal so große Absorption als die Atmosphäre selbst. Ich beabsichtige diese Versuche künftig zu wiederholen und weiter auszudehnen; allein schon jetzt lassen sich Folgerungen von großer Wichtigkeit aus ihnen ableiten.

Es ist ungemein wahrscheinlich, daß die von Hr. Pouillet nachgewiesene Absorption der Sonnenstrahlen durch die Atmosphäre hauptsächlich von dem in der Luft enthaltenen Wasserdampf herrührt. Der große Temperatur-Unterschied im Sonnenschein am Mittag und am Abend rührt, glaube ich, hauptsächlich her von der verhältnißmäßig dünnen Schicht von Wasserdämpfen, welche dicht an der Erde liegt. Am Mittag ist die von den Sonnenstrahlen zu durchbrechende Dicke derselben sehr gering, am Abend dagegen in der Regel verhältnißmäßig ungeheuer groß.

Die intensive Hitze der Sonnenstrahlen auf hohen Bergen rührt, glaube ich, nicht davon her, daß sie nur eine geringe Dicke der Atmosphäre zu durchdringen haben, sondern von der Abwesenheit des Wasserdampfs in großen Höhen. Dadurch werden die dunklen Wärmestralen nicht ergriffen.

Allein dieser Wasserdampf der eine so zerstörende Wirkung auf die dunklen Strahlen ausübt, ist so gut wie durchsichtig für Lichtstrahlen. Die Verschiedenheit in der Wirkung der von der Sonne auf die Erde herabkommenden und der von der Erde in den Himmelraum ausgestrahlten Wärme wird also bedeutend durch den Wasserdampf der Atmosphäre vergrößert.

De Saussure und Fourier, Hr. Pouillet und Hr. Hopkins nehmen an, daß diese Auffangung der terrestrischen Strahlen den wichtigsten Einfluß auf die Klimate ausübe. Allein wenn, wie es obige Versuche andeuten, der Haupteinfluß von dem Wasserdampf ausgeübt wird, so muß

jede Veränderung dieses Bestandtheils der Atmosphäre eine Veränderung im Klima hervorbringen.

Aehnliche Bemerkungen gelten, obwohl in geringerem Grade, von der in der Atmosphäre verbreiteten Kohlensäure, während eine fast unmerkliche Beimischung von einem der Kohlenwasserstoffdämpfe ungeheuren Effecte auf die terrestrischen Strahlen und somit auf die Klimate ausüben würde.

Es ist also, um die Erde eine verschiedene Wärmemenge bewahren zu lassen, nicht nothwendig, Veränderungen in der Dichte und Höhe der Atmosphäre anzunehmen: eine geringe Veränderung in den veränderlichen Bestandtheilen derselben würde dazu ausreichen und vielleicht genügend seyn, die klimatischen Veränderungen zu erklären, welche durch die Untersuchungen von Geologen aufgedeckt wurden.

Die oben beigebrachten Messungen machen nur einen Theil der wirklich angestellten aus; allein sie erfüllen den Zweck des gegenwärtigen Abschnitts der Untersuchung. Sie weisen unter den farblosen Gasen und Dämpfen, rücksichtlich ihrer Wirkung auf strahlende Wärme, ungeheure Unterschiede nach, und stellen auch das Gesetz fest, dafs die Absorption bei jedem Dampfe, wenn seine Menge hinlänglich klein, genau der Dichte proportional ist.

Allein die wichtigste Seite dieser Resultate ist, meiner Meinung nach, die, dafs diese Versuche, aufser das wir die Dichtigkeit der untersuchten Substanzen ändern können, uns reinere Fälle von molecularer Action liefern, als wir bisher durch Versuche zu erreichen vermochten. Sowohl bei starren als bei flüssigen Körpern kommt die Cohäsion der Theilchen mit im Spiel; sie controliren und beschränken einander wechselseitig. Eine gewisse Wirkung kommt zu der ihnen für sich angehörigen hinzu und verwickelt unsere Begriffe. Allein in den oben beschriebenen Fällen sind die Moleculé vollkommen frei, und wir fixiren auf sie individuell die Effecte, welche die Versuche zeigen. So wird der Blick mehr denn je auf diejenigen besonde-

ren physikalischen Qualitäten geheftet, durch welche ein Wärmestrahle von einem Molecüle aufgefangen und von einem anderen durchgelassen wird. Ich werde späterhin auf diesen Gegenstand zurück kommen.

§. 9.

Wärmestrahlung durch Gase.

Wie bekannt hängt die Lichtmenge, welche eine Flamme aussendet, hauptsächlich von dem Glühen starrer Substanzen ab. Die Helligkeit eines angezündeten Strahls von gewöhnlichem Leuchtgas z. B. rührt vorzüglich von den in der Flamme ausgeschiedenen starren Kohlentheilchen her.

Melloni hat eine Parallele gezogen zwischen dieser Wirkung und der von strahlender Wärme. Er fand die Strahlung seiner Alkohol-Lampe bedeutend vergrößert, wenn er einen Platindraht in der Flamme aufhing. Er fand auch, daß der von einer Argand'schen Lampe aufsteigende heiße Luftstrom, wenn darin ein Drahtbündel angebracht ward, eine reichliche Strahlung gab, während nach Fortnahme dieses Bündels sich keine Spur von Wärme mittelst seines Apparats entdecken liefs ¹⁾.

Dies sind die einzigen Versuche, welche bisher über diesen Gegenstand veröffentlicht wurden, und ich habe nun über diejenigen zu berichten, die ich im Zusammenhang mit der gegenwärtigen Untersuchung anstellte. Die Säule, versehen mit ihren konischen Reflectoren, wurde auf ein Stativ gebracht, und davor ein Schirm von polirtem Zinn. Hinter dem Schirm wurde eine Alkohollampe aufgestellt, so daß ihre Flamme ganz von demselben verdeckt war. Die über den Schirm aufsteigende Gassäule strahlte ihre Wärme gegen die Thermosäule und erzeugte eine bedeutende Ablenkung. Dasselbe erfolgte, wenn die Alkohollampe durch eine Kerze oder einen Strahl von Leuchtgas ersetzt ward.

Bei diesen Versuchen wirkten die erhitzten Verbrennungsproducte auf die Säule; allein es liefs sich auch die

1) *La thermochrose* p. 94.

Strahlung aus bloßer Luft nachweisen, wenn man einen heißen Eisenspatel oder eine heiße Metallkugel hinter dem Schirm aubrachte; es wurde solchergestalt eine Ablenkung erhalten, die wenn der Spatel rothglühte, mehr als 60° betrug. Diese Wirkung rührte nur von der Ausstrahlung der Luft her; eine Strahlung von dem Spatel auf die Säule war nicht möglich, und keine Portion der erhitzten Luft näherte sich der Säule so, daß sie dieser durch Contact hätte Wärme zuführen können. Diese Effecte sind so leicht hervorzubringen, daß ich nicht begreife, weshalb ein so geschickter Experimentator wie Melloni sie nicht erhalten hat.

Zunächst wollte ich nun sehen, ob die Gase in ihrem Ausstrahlungsvermögen verschieden seyen, und zu dem Ende construirte ich folgende Vorrichtung. Die Thermosäule, versehen mit ihren konischen Reflectoren, stand hinter einem Doppelschirm von blankem Zinn und an der anderen Seite dieses ein Argand'scher Brenner, bestehend aus zwei concentrischen Ringen, die zum Entweichen des Gases Löcher hatten. Eine Röhre führte zu einem Behälter, der das zu untersuchende Gas enthielt. Ueber dem Argand'schen Brenner befand sich eine Kupferkugel, die natürlich die Luft durch Contact erhitze. So war ein aufsteigender Strom hergerichtet, welcher, wie in dem zuvor beschriebenen Versuch, auf die Säule wirkte. Es ward nöthig befunden, diese Strahlung der erhitzten Luft zu neutralisiren und zu dem Ende liefs ich einen großen Leslie'schen Würfel, gefüllt mit Wasser von etwas höherer Temperatur als die Luft, auf die entgegengesetzte Seite der Säule wirken.

Nachdem hierdurch die Nadel auf Null gebracht worden, wurde der Hahn des Gasbehälters aufgedreht; das Gas strich durch den Brenner, kam mit der Kugel in Berührung und stieg nun in einem erhitzten Strom vor der Säule in die Höhe. Das Galvanometer wurde beobachtet und die Ablenkung ihrer Nadel aufgezeichnet. Es ist wohl unnöthig zu bemerken, daß die Kugel durch den Schirm

ganz verdeckt war für die Thermosäule, und dafs, selbst wenn dies nicht der Fall war, das angewandte Neutralisationsverfahren dennoch die reine Wirkung des Gases gab.

Die Resultate dieser Versuche sind in folgender Tafel gegeben; die Ziffern neben den Namen der Gase bezeichnen die Grade der durch die Strahlung der Gase bewirkten Ablenkung der Galvanometernadel

Luft	0°
Sauerstoff	0°
Stickstoff	0°
Wasserstoff	0°
Kohlenoxyd	12°
Kohlensäure	18°
Salpetergas	29°
Oelbildendes Gas	53°

Die Ausstrahlung der Luft, dessen mufs man sich erinnern, war durch den grofsen Leslie'schen Würfel neutralisirt, und folglich bezeichnet die 0° bei ihr blofs, dafs die Forttreibung von Luft aus dem Behälter durch den Argand'schen Brenner den Effect nicht vergröfserte. Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff, in ähnlicher Weise an der heifsen Kugel vorbeigeleitet, waren gleichfalls wirkungslos. Die übrigen Gase aber zeigten nicht nur eine hervortretende, sondern auch eine ungleiche Wirkung. Ihre Strahlungsvermögen befolgten genau die Ordnung ihrer Absorptionsvermögen, denn die von ihnen durch Absorption bei 5 Zoll Spannung hervorbrachten Ablenkungen waren nachstehende:

Luft	} kleiner Bruchtheil eines Grades	
Sauerstoff		
Stickstoff		
Wasserstoff		
Kohlenoxyd		18°
Kohlensäure		25°
Salpetergas		44°
Oelbildendes Gas		61°.

Es wäre leicht, diesen Versuchen eine elegantere Form zu geben und zu größerer Genauigkeit zu gelangen, allein mein Zweck war nur, die allgemeine Ordnung der Ausstrahlungsvermögen dieser Gase festzustellen.

Ein interessanter Weg, sowohl Ausstrahlung als Absorption nachzuweisen, ist folgender: Wenn man die polirte Seite eines Leslie'schen Würfels gegen die Thermosäule wendet, ist der erzeugte Effect unbedeutend; allein er wird sehr verstärkt, wenn man diese polirte Seite mit einem Firnifs überzieht. Statt der Firnifsschicht kann man eine Luftschicht anwenden. Es wurde ein solcher Würfel, welcher siedendes Wasser enthielt, mit seiner polirten Seite gegen die Säule gewendet, und sein Effect auf das Galvanometer in gewöhnlicher Weise neutralisirt. Als die Nadel auf 0° stand, wurde eine Schicht ölbildendes Gas aus einem schmalen Schlitz an der Metallfläche vorbeigeleitet. Die erhöhte Strahlung bewirkte eine Ablenkung von 43° . Nach Fortnahme des Gases, kehrte die Nadel auf 0° zurück.

Die Absorption durch eine Luftschicht läßt sich zeigen, wenn man den Würfel mit kaltem Wasser füllt, doch nicht mit so kaltem, daß die Wasserdämpfe der Atmosphäre darauf niedergeschlagen werden. Eine vergoldete Kupferkugel, erkaltet in einer Kältemischung, wurde vor der Säule aufgestellt und ihr Effect dadurch neutralisirt, daß man der entgegengesetzten Seite der Säule einen Becher mit etwas eiskaltem Wasser vorhielt. Dann wurde eine Schicht von ölbildendem Gas über die Kugel geleitet, allein die erfolgende Ablenkung bewies, daß die Absorption, statt größer zu seyn, kleiner als zuvor war. Die Kugel hatte sich nämlich mit einer Eiskruste überzogen, welche eins der besten Absorptionsmittel für strahlende Wärme ist. Das ölbildende Gas, wärmer als das Eis, neutralisirte die Absorption desselben. Wenn indess die Temperatur der Kugel nur wenige Grade niedriger als die der Atmosphäre, und die Oberfläche derselben ganz trocken war, so wirkte die Gaschicht wie eine Firnifsschicht und verstärkte die Absorption.

Ein merkwürdiger Effect, welcher anfangs zur Verwicklung der Versuche beitrug, mag hier erläutert werden. Man denke sich die Experimentir-Röhre ausgepumpt und die Nadel auf 0° befindlich. Man denke sich ferner eine geringe Menge von Alkohol- oder anderem Dampf hineingelassen; sie nimmt einen Theil der Wärme von der einen Quelle fort, und die gegenüberstehende Wärmequelle überwiegt daher. Sey die erfolgende Ablenkung 45° . Wenn nun trockne Luft bis zur Füllung der Röhre eingelassen wird, so wird ihr Effect natürlich zu schwach seyn, um die Absorption zu verstärken und die Ablenkung größer zu machen. Allein in Wirklichkeit wurde Folgendes beobachtet. Beim ersten Eintritt der Luft nahm die Ablenkung der Nadel ab, statt zu; sie fiel auf 26° , wie wenn ein Theil der anfangs fortgenommenen Wärme wiederersetzt wäre. Bei 26° blieb jedoch die Nadel stehen; sie wendete sich, bewegte sich rasch aufwärts und nahm etwas über 45° eine feste Stellung ein. Nun werde die Röhre wieder evacuirt. Die Fortnahme des Gemenges von Luft und Dampf hätte natürlich das Gleichgewicht, von dem wir ausgingen, wiederherstellen sollen; allein es wurde Folgendes beobachtet. Beim anfangenden Auspumpen bewegte sich die Nadel von 45° bis 54° , dann hielt sie ein, wandte sich und sank hurtig auf 0° , wo sie andauernd stehen blieb.

Nach vielen Versuchen, diese Anomalie zu erklären, verfuhr ich so: Eine Thermokette wurde an die äußere Oberfläche der Experimentir-Röhre gelöthet und ihre Enden mit einem Galvanometer verbunden. Bei Einlassung der Luft erfolgte eine Ablenkung, welche zeigte, daß die Luft beim Eintritt in das Vacuum sich erwärmte. Beim Auspumpen wich die Nadel wiederum ab, und zeigte, daß das Innere der Röhre erkältet war. Diefß sind freilich bekannte Effecte, allein ich wollte doch ihrer vollkommen versichert seyn. Späterhin durchbohrte ich die Röhre und schraubte luftdicht Thermometer ein. Beim Füllen der Röhre stiegen die Thermometer, beim Auspumpen sanken sie; der Unterschied

zwischen dem Maximum und Minimum belief sich bei der Luft auf 5° F.

Die Erklärung der obigen sonderbaren Erscheinungen ist demnach folgende. Das Absorptionsvermögen des angegebenen Dampfs ist sehr groß und das Ausstrahlungsvermögen ebenfalls. Die durch die Luft bei ihrem Eintreten erzeugte Wärme theilt sich dem Dampfe mit, der dadurch temporär eine Quelle strahlender Wärme wird, und die durch seine Gegenwart zuerst hervor gebrachte Ablenkung vermindert. Das Umgekehrte findet statt, wenn die Röhre ausgepumpt wird; der Dampf wird abgekühlt, seine große Absorptionswirkung auf die Wärme, die von der anliegenden Seite der Säule ausstrahlt, kommt mehr im Spiel und der ursprüngliche Effect wird verstärkt. In beiden Fällen ist jedoch die Wirkung des Dampfs eine vorübergehende; der Dampf verliert bald die ihm mitgetheilte Wärme, und eben so gewinnt er auch bald die verlorene Wärme. Die Vorgänge nehmen dann ihren normalen Verlauf.

§. 10.

Ueber den physischen Zusammenhang von Strahlung, Absorption und Leitung.

In dem vorstehenden Versuche haben wir es mit *freien* Atomen, einfachen sowohl als zusammengesetzten, zu thun gehabt, und es fand sich, daß in allen Fällen, Absorption stattfand. Nach der dynamischen Wärmetheorie will dieß sagen: kein Atom vermag im vibrirenden Aether zu existiren, ohne nicht einen Theil von dessen Bewegung anzunehmen. Wir können, wenn wir wollen, den Atomen eine gewisse Rauheit beizulegen, vermöge welcher der Aether sie *fassen* und mit sich fortführen kann. Allein es ist gleichgültig, welche Qualität es sey, die ein Atom befähigt, Bewegung von dem erschütterten Aether anzunehmen, da es dieselbe Qualität seyn muß, welche dasselbe auch in Stand setzt, dem ruhenden Aether Bewegung einzuprägen, wenn es in letzteren eingetaucht und erschüttelt wird. Es ist nur nö-

thig, den Fall eines in Wasser eingetauchten Körpers zu betrachten, um zu sehen, daß dies der Fall seyn muß. Es ist hier eine Polarität so rigid als die des Magnetismus. Aus dem Daseyn der Absorption können wir nach theoretischen Gründen unfehlbar auf eine Capacität für Strahlung schließen; aus dem Daseyn der Strahlung können wir mit gleicher Sicherheit auf eine Capacität für Absorption folgern; und jede von ihnen, muß als ein Maass der anderen betrachtet werden.

Dieses einfach auf die mechanischen Relationen zwischen dem Aether und den von ihm umschlossenen Atomen gegründete Raisonement wird durch die Versuche vollkommen bestätigt, indem sie gezeigt haben, daß unter den Gasen in Betreff ihres Absorptionsvermögens große und genau eben solche Unterschiede bestehen als rücksichtlich ihres Strahlungsvermögens. Allein, welche spezifische Eigenschaft ist es, die ein Molecül zu einem starken Absorbens macht, während ein anderes dem Durchgang der Wärme kaum irgend ein Hinderniß darbietet? Ich glaube die Versuche werfen einiges Licht auf diese Frage. Betrachten wir die vorhin angeführten Resulte, so finden wir, daß die *elementaren* Gase Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und das *Gemenge* atmosphärische Luft, Absorptions- und Ausstrahlungsvermögen in einem unvergleichlich geringerem Grade besitzen als die zusammengesetzten. Verknüpft man die Atomtheorie mit der Conception eines Aethers, so scheint dies Resultat genau das zu seyn, was man erwarten mußte. Denkt man sich, mit Dalton, einen elementaren Körper als eine einfache Kugel, und nimmt an, eine solche Kugel werde in ruhendem Aether in Bewegung gesetzt oder ohne Bewegung in bewegten Aether gebracht, so muß die Mittheilung der Bewegung durch das Atom im ersten Fall, und die Abnahme derselben von dem Atom im zweiten Fall unermesslich geringer seyn als im Fall eine Anzahl solcher Atome gruppiert sind und ein System ausmachen. So geschieht es, daß Wasserstoff und Stickstoff, wenn sie zusammengemengt sind, einen kleinen Effect geben, dagegen

einen ungeheuer großen, wenn sie *chemisch verbunden* sind. Sauerstoff und Wasserstoff, im elektrolytischen Verhältniß mit einander gemengt, üben kaum eine merkliche Wirkung aus, äußern dagegen eine sehr kräftige, wenn sie zu Wasserdampf chemisch verbunden sind. So auch Sauerstoff und Stickstoff; gemengt, wie in unserer Atmosphäre, absorbiren und strahlen sie schwach; verbunden aber zur Bildung von oscillirenden Systemen, wie in Salpetergas, sind ihre Kräfte ungeheuer verstärkt. Reine atmosphärische Luft von 5 Zoll Spannung übt wahrscheinlich keine grössere Absorption als die einem Fünftel Grad entsprechende aus, während Salpetergas von derselben Spannung eine Absorption entsprechend 51 solcher Grade hervorbringt. Folglich ist bei dieser Spannung die Absorption durch Salpetergas ungefähr 250 Mal grösser als die durch Luft. Keine Thatsache in der Chemie thut, meiner Meinung nach, so überzeugend dar, dafs die Luft ein *Gemenge* und keine Verbindung ist, als die eben angeführte. In ähnlicher Weise ist die Absorption durch Kohlenoxyd von dieser Spannung beinahe das 100fache von der durch Sauerstoff allein: die durch Kohlensäure das 100 bis 150fache von der durch Sauerstoff, und die durch ölbildendes Gas von dieser Spannung das 1000fache von der durch Wasserstoff, seinem Bestandtheil. Selbst diese zuletzt erwähnte ungeheure Wirkung wird weit übertroffen durch die der Dämpfe mehrer flüchtiger Flüssigkeiten, in welchen die Gruppierung der Atome, wie man weifs, den höchsten Grad von Complication erreicht.

Ich habe mich bisher auf die Betrachtung beschränkt, dafs die zusammengesetzten Molecüle querweise (*broad sides*) durch den Aether gehen, die einfachen Atome, mit welchen wir operirten, aber nicht; dafs in Folge dieser Verschiedenheit der Aether zu Wellen (*billows*) anschwellen mufs, wenn die ersteren sich bewegen, während er blofs in Furchen (*ripples*) erzittert, wenn die letzteren bewegt sind; dafs auch zur Auffangung der Bewegung, unter sonst gleichen Umständen, die ersteren weit wirksamer seyn müssen.

Allein es bleibt noch eine andere wichtige Betrachtung übrig. Alle Gase und Dämpfe, deren Verhalten wir untersucht haben, sind durchgänglich für Licht, d. h. die Wellen des sichtbaren Spectrums gehen ohne merkliche Absorption hindurch. Daraus ist klar, daß das Absorptionsvermögen abhängt von der Periodicität der Undulationen, welche sie treffen. In diesem Punkt schließt sich die gegenwärtige Untersuchung an die Versuche von Niepce, die Vermuthungen von Angström, die Beobachtungen von Foucault und an die wundervollen Untersuchungen von Kirchhoff und Bunsen, welche das Gebiet unserer Forschungen so unermesslich erweitert haben. Durch Kirchhoff ist bündig erwiesen worden, daß jedes Atom in speciellem Grade diejenigen Wellen absorbirt, welche synchron mit seinen eigenen Schwingungsperioden sind. Nun muß die Verknüpfung der einfachen Atome zu Gruppen, außer daß die breiten Seiten dem Aether dargeboten werden, im Allgemeinen auch ihre Bewegung durch den Aether langsamer machen. Eine Bleikugel, an einen Faden aufgehängt und im Wasser zum Oscilliren gebracht, wird rascher schwingen als zwei oder mehrere Kugeln, welche zu einem System verknüpft sind. In ähnlicher Weise wird ein Molecül, welches durch Combination zweier oder mehrerer Atome gebildet ist, im Allgemeinen langsamer im Aether schwingen als jedes seiner Atome einzeln genommen. Die Tendenz hievon ist, die Perioden dieser zusammengesetzten Molecüle in Isochronismus mit den langsamen Undulationen der dunklen Wärme, und sie zu befähigen, solche Strahlen, wie bei unseren Versuchen gebraucht worden sind, wirksamer zu absorbiren.

Beide Umstände, der physische Charakter des Molecüles selbst und die Schwingungsperiode desselben, müssen in Erwägung gezogen werden. Sey es mir erlaubt, hier kurz die Gründe anzugeben, die mich schließsen lassen, daß die Uebereinstimmung in der Periode allein nicht hinreichend ist, eine kräftige Absorption zu bewirken; daß daneben die Molecüle so construirt seyn müssen, daß sie

Angriffspunkte für den Aether darbieten. Die Berührungswärme wird vom Steinsalz mit ungemeiner Leichtigkeit angenommen, allein einmal erhitzt, erfordert eine Platte von dieser Substanz eine sehr lange Zeit zum Erkalten. Diefs überraschte mich, als ich es zuerst wahrnahm, allein es erklärt sich durch die wichtigen Versuche des Hrn. Balfour Stewart, welche bewiesen haben, daß das Ausstrahlungsvermögen des Steinsalzes außerordentlich schwach ist. Periodicität kann hier keinen Einfluß haben, denn der Aether vermag Impulse aller Perioden anzunehmen und durchzulassen, und die Thatsache, daß Steinsalz zu seiner Erkaltung mehr Zeit verlangt als Alaun, beweist einfach, daß die Molecüle des ersteren mit verhältnißmäßig kleinerem Widerstand durch den Aether gleiten und somit sich eine längere Zeit hindurch zu bewegen fortfahren; während die des letzteren, dem Aether breite Seiten anbietend, ihm schnell die Bewegung mittheilen, welche wir Wärme nennen. Dieses Vermögen der Steinsalzmolecüle, durch ruhenden Aether zu gleiten, muß natürlich den bewegten Aether befähigen, um dieselben herum zu gleiten, und so kann, glaube ich, keine Coïncidenz der Periode einen solchen Körper zu einem kräftigen Absorbens machen.

Manche Chemiker werden, glaube ich, geneigt seyn, die Idee von einem Atom zu verwerfen, und bloß an der von äquivalenten Mengen festhalten. Sie betrachten den Act der Verbindung als eine Art von Eindringen der einen Substanz in die andere. Allein diefs ist eine bloße Versteckung des Fundamental-Phänomens. Der Werth der Atomtheorie besteht darin, daß sie die physische Erklärung von dem Gesetz der Äquivalente liefert. Angenommen die eine, folgt die andere, und nimmt man den Act der chemischen Verbindung, wie ihn Dalton sich dachte, so sehen wir, daß er harmonisch stimmt mit dem davon ganz unabhängigen Begriff eines Aethers, und daß er uns in Stand setzt, die Phänomene der Strahlung und Absorption auf die einfachsten mechanischen Grundsätze zurückzuführen.

Aehnliche Betrachtungen wie die obigen lassen sich, glaube ich, erfolgreich auf die Phänomene der Leitung anwenden. Ich habe schon ein Instrument beschrieben, welches ich beim Untersuchen der Leitung der Wärme durch Würfel von Holz und anderen Substanzen gebraucht habe. Als ich mit diesem Instrument beschäftigt war, hatte ich mir auch Würfel von verschiedenen Krystallen gemacht, und mit demselben ihr Leitungsvermögen bestimmt. Mit einer einzigen Ausnahme fand ich, daß die Leitungsfähigkeit mit der Diathermansie zunahm. Die Ausnahme bildete ein Würfel von sehr reinem Bergkrystall, welcher ein wenig besser als mein Steinsalzwürfel leitete. Der letztere besaß indess ein sehr hohes Leitvermögen. Wirklich standen bei meinen Versuchen Steinsalz, Kalkspath, Glas, Gyps und Alaun, rücksichtlich ihrer Leitungsfähigkeit, genau in der Ordnung, wie rücksichtlich der Diathermansie bei den Versuchen von Melloni. Ich habe schon Betrachtungen hinzugefügt, welche zeigen, daß die Molecüle des Steinsalzes mit Leichtigkeit durch den Aether gleiten; allein der Fall von Bewegung, welche die Molecüle dabei besitzen, muß den gegenseitigen Zusammenstoß derselben erleichtern. Ihre Bewegung, statt auf den zwischen ihnen befindlichen Aether verwendet und dadurch dem äußeren Aether mitgetheilt zu werden, wird frei von Theilchen zu Theilchen übertragen, oder, anders gesagt, wird frei geleitet. Beim Alaun andererseits kann der Aether bis zu einem gewissen Grad als Puffer wirken, welcher sich dem Zusammenstoß der Theilchen widersetzt. Wenn sich beim Alaun ein Molecül dem andern nähert, so bewirkt es eine Anschwellung des dazwischen befindlichen Fluidums und diese wird sogleich nach außen verpflanzt und geht als Leitung verloren. Diese seitliche Verschwendung hindert die Bewegung irgend tief in den Alaun einzudringen, und somit wird die Substanz das, was wir einen schlechten Leiter nennen. Ein geringes Nachdenken wird zeigen, daß genau die Qualität, welche einen Körper zu einem guten Ausstrahler macht, ihn zu einem schlechten Leiter macht. Man

wird auch sehen, daß es ganz unzulässig ist gute Leitung von *guter innerer Strahlung* abzuleiten. Sowohl nach außen, wie nach innen ist der schlechte Leiter ein guter Strahler; seine Güte als Strahler und seine Schlechtigkeit als Leiter beruhen auf der einfachen Eigenschaft, welche ihn befähigt, die Bewegung, welche er selbst besitzt, schnell auf den Aether zu übertragen.

Betrachtungen wie diese können nicht umhin, den Blick auf manche verwandte Gegenstände zu richten, namentlich auf die Frage über elektrische Leitung; allein ich habe die Speculationen für jetzt schon weit genug getrieben. Ich muß es dem Urtheile kompetenter Richter überlassen, zu entscheiden, ob sie bloße Phantasien sind oder reine Anwendungen von bereits als sicher anerkannten Grundsätzen¹⁾.

- 1) Bei den obigen Betrachtungen über Leitung habe ich mich auf die von zwei zusammengesetzten Körpern gelieferte Erläuterung beschränkt; allein auch die elementaren Atome sind unter sich verschieden rücksichtlich ihres Vermögens, Bewegung vom Aether zu empfangen, und Bewegung ihm mitzutheilen. Ich könnte z. B. anführen, daß die Atome des Platins mehr Widerstand bei der Bewegung durch den Aether erleiden als die Atome des Silbers. In der That, frage ich, würde ein Platindraht, durch den ein starker Elektrizitätsstrom geht, wohl ein so dichtes weißes Licht aussenden, wenn er ein so guter Leiter wäre wie Silber?
-