

I. *Ueber Strahlung und Absorption der Wärme
durch gasförmige Materie;
von J. Tyndall.*

§. 1.

A p p a r a t.

Der Apparat, dessen ich mich bei dieser Untersuchung bedient habe, ist im Princip derselbe, wie der in meiner letzten Arbeit gebrauchte. Er entstand nach und nach auf die folgende Weise. Mein erster Gedanke war eine Röhre zur Aufnahme der Gase, welche der Durchstrahlung ausgesetzt werden sollten; sie mußte an beiden Enden durch eine Substanz geschlossen werden, die alle Arten von Wärme, dunkle sowohl als leuchtende, durchliefs. Steinsalz erfüllt diese Bedingung und es wurden daher Platten von dieser Substanz gewählt, die einen Zoll Dicke hatten, so daß sie einen bedeutenden Druck aushalten konnten. Bei meinen ersten Versuchen wurde ein Würfel mit kochendem Wasser vor das eine, und die mit einem Galvanometer verbundene thermo-elektrische Säule vor das andere Ende der Röhre gestellt; und es ergab sich, daß wenn nach dem Auspumpen der Röhre die Nadel eine gewisse Ablenkung zeigte, diese Ablenkung dieselbe blieb, nachdem man die Röhre mit Luft gefüllt hatte. Die Gegenwart von trockner Luft, Sauerstoff, Stickstoff oder Wasserstoff hatte keinen merkbaren Einfluß auf den Durchgang der strahlenden Wärme durch die Röhre.

Bei manchen dieser Versuche stand die Nadel auf 80°, bei manchen auf 20", und bei andern auf zwischenliegen-

den Graden. Ich schloß nun so: Die Wärmemenge, welche die Ablenkung von 20° hervorbringt, ist außerordentlich gering; wenn also auch ein kleiner Bruchtheil dieser Wärme absorbirt würde, so könnte sich dies leicht der Beobachtung entziehen. Andererseits ist die Wärmemenge, welche die Ablenkung von 80° erzeugt, verhältnißmäßig sehr groß; allein bei dieser Stellung der Nadel bedürfte es schon einer bedeutenden Absorption, um die Ablenkung auch nur um einen halben Grad zu verringern. Einer Ablenkung von 20° entspricht eine Intensität 20, einer Ablenkung von 80° dagegen eine Intensität 710. Während die Nadel auf 80° steht, würde eine Absorption, hinreichend um sie in den niederen Graden der Scale um 15° bis 20° zu bewegen, kaum eine merkbare Aenderung in der Ablenkung hervorbringen. Die Aufgabe bestand also darin: sich einer intensiven Strahlung zu bedienen, und dennoch die Nadel in einer solchen Stellung zu erhalten, daß sie für die geringsten Schwankungen in der absoluten Wärmemenge, die auf die Säule fiel, empfindlich blieb.

Diesen Zweck erreichte ich schieflich dadurch, daß ich die Säule in ein Differentialthermometer verwandelte. Ich öffnete nämlich auch die andere Seite der Säule und setzte sie einer zweiten Wärmequelle aus. Zwischen diese und die Säule wurde ein Schirm gestellt, durch dessen (verticale?) Bewegung die auf die hintere Fläche der Säule fallende Wärmemenge so regulirt werden konnte, daß sie der aus der Versuchsröhre auf die vordere Fläche fallenden immer gleich war. Wie hoch nun auch die frühere Ablenkung der Nadel gewesen seyn mochte, so wurde sie nun vollständig aufgehoben, und die Nadel sank auf Null. Gesetzt nun diese Gleichheit sey hergestellt worden, während die Röhre luftleer war, so ist klar, daß wenn irgend ein Wärme absorbirendes Gas in die Röhre gebracht wurde, die Gleichheit gestört werden mußte. Die zweite Wärmequelle erhielt nun die Oberhand, und die Folge war eine Ablenkung der Galvanometer-Nadel. Die Größe dieser Ablenkung hängt von der Wärmemenge ab, welche das

Gas auffängt, und giebt, gehörig reducirt, ein genaues Maafs der Absorption.

Bei diesen ersten Versuchen stand die Wärmequelle ziemlich entfernt von dem vorderen Ende der Röhre, und ehe die Wärme in diese eintrat, hatte sie eine Schicht Luft zu durchdringen, welche bei der Untersuchung nicht berücksichtigt war. Diese Luftschicht wünschte ich zu entfernen, so dafs, wenn die Wärmestrahlen in das zu untersuchende Gas eintraten, sie alle die Eigenschaften besaßen, die ihnen im Moment der Ausstrahlung zukamen.

Mein erster Gedanke war, das eine Ende der Versuchsröhre unmittelbar an die Wärmequelle anzulöthen, so dafs die eine Steinsalzplatte entfernt und das Gas in unmittelbarer Berührung mit der Wärmequelle gelassen wurde. Aber es fiel mir sogleich ein, dafs das Einstürmen kalter Luft die Temperatur der Wärmequelle vermindern müsse. Ich sah ein, dafs ich nie wissen könnte, in wie weit die Ablenkungen meines Galvanometers unter solchen Umständen als Wirkungen der Absorption angesehen werden könnten, und ich gab daher den Gedanken auf, meine Gase in Berührung mit der Wärmequelle zu bringen.

Statt dessen wurde eine besondere Röhre, 8 Zoll lang, und von demselben Durchmesser wie die Versuchsröhre, an die strahlende Platte gelöthet. Mittelst einer Schraubenverbindung wurde das freie Ende dieser Röhre luftdicht mit der Versuchsröhre verbunden. So entstand eine Kammer, die luftleer gemacht werden konnte, zwischen der ersten Steinsalzplatte und der Wärmequelle. Hierdurch wurde ein doppelter Zweck erreicht; einmal wurde die Wärmequelle dem Einflufs unregelmässiger Luftströmungen entzogen, und zweitens waren die in die Versuchsröhre eintretenden Wärmestrahlen unverändert in ihrer Qualität, mit Ausnahme der unendlich kleinen Verschiedenheit, die von dem Durchgang durch das diathermane Salz herrührte.

Um die Mühe und Kosten einer neuen Tafel zu ersparen, möge es mir erlaubt seyn, in dieser Abhandlung

auf die zu meiner letzten¹⁾ gehörige Tafel zu verweisen; einige Worte werden in den meisten Fällen hinreichen, die Veränderungen anzugeben, die ich neuerdings angebracht habe. *SS'* stellte, wie man sich erinnern wird, die Versuchsröhre vor, welche damals aus im Inneren polirtem Messing bestand. Eine solche Röhre konnte nicht für Gase oder Dämpfe benutzt werden, welche das Messing angreifen könnten, und obwohl ich diese Schwierigkeit einigermaßen dadurch beseitigte, daß ich die Röhre im Inneren schwärzte, so konnte ich doch nie sicher seyn, ob die Gase keine Wirkung auf die schwärzende Substanz ausübten. Ferner bieten viele Gase Schwierigkeiten dar in Folge ihrer Verwandtschaft zur Feuchtigkeit der Luft. Bromwasserstoff und Chlorwasserstoff z. B. bilden dichte Nebel in der Luft, und wenn sie auch noch so vorsichtig getrocknet wären, so würde ich doch Anstand genommen haben, auf ihr Verhalten Schlüsse zu bauen, wenn ich sie nicht während des Versuchs wirklich vor Augen gehabt hätte. Die Messingröhre, welche sich in der Figur von *S* bis *S'* erstreckt, ist daher jetzt durch eine Glasröhre von 2 Fufs 9 Zoll Länge und 2,4 Zoll Durchmesser ersetzt. Die Wärmequelle bei meiner letzten Untersuchung war der mit heißem Wasser gefüllte Würfel *C*; aber da Glas ein so viel schlechterer Reflector ist als Messing, so war es mir nicht möglich, mit dieser Wärmequelle die großen Unterschiede, welche verschiedene Arten von gasförmiger Materie darbieten, schlagend darzuthun. Ich liefs mir darum eine Kupferhülle machen und an eine 8 Zoll lange Röhre anlöthen, die dazu bestimmt war, die luftleere Kammer vor der ersten Steinsalzplatte zu bilden. Zur Erhitzung der Kupferplatte diente eine nach dem Princip der Bunsen'schen Brenner construirte Lampe. Ueber dem Brenner wurde eine dünne Blechhülle angebracht, die sich oben zu einem Schlitz von $\frac{1}{8}$ Zoll Weite und 2 Zoll Länge verengerte. Aus diesem Schlitz trat die Mischung von Gas und Luft, und bildete, wenn angezündet, eine flache Flamme

1) Diese Annalen Bd. CXIII S. 9 und Taf. I.

(*a thin sheet of flame*), welche an der inneren Seite der vorerwähnten Kupferhülle entlang spielte und diese auf etwa 300° C. erwärmte. Diese Wärmequelle constant zu erhalten, war eine der größten Schwierigkeiten bei dieser Untersuchung; denn die geringste Bewegung der umgebenden Luft, oder das geringste Flackern der Flamme selbst waren hinreichend, den Stand der Galvanometernadel zu stören, und empfindliche Versuche unmöglich zu machen.

Die Flamme war mit Schirmen von Pappe umgeben, und diese wieder in Handtücher gehüllt, durch deren Maschen die Flamme mit Luft gespeist wurde; ein passender Schornstein erzeugte einen gelinden Zug und führte die Verbrennungsproducte ab; das Auflodern der Flamme selbst wurde durch Drahtsiebe verhindert, — kurz, ein Monat verging, bis ich alle Schwierigkeiten dieses Theiles des Apparates überwand. Um die vordere Steinsalzplatte vor der Wärme zu schützen, welche ihr durch Leitung von der Wärmequelle zukommen konnte, so ging die Vorkammer, wie bei den früheren Versuchen, durch ein Gefäß, in welchem beständig erneuertes kaltes Wasser circulirte. Der »Compensationswürfel« *C*, der doppelte Schirm *H* und die thermoelektrische Säule *P* blieben wie zuvor. In der Figur sind sie frei, aber während der Versuche waren sie von einer Schutzwand umgeben, in der sämtliche Ritze mit Werg ausgestopft wurden, so daß der Würfel und die Säule vor dem störenden Einflusse der Luft geschützt waren.

§. 2.

V e r s u c h e.

Ueber zwei Punkte wünschte ich beruhigt seyn zu können, ehe ich in diesem Jahre meine Ferienreise antrat. Dieß waren das Absorptionsvermögen des Chlorgases und des Ozons. Am 16., 17. und 18. Juni untersuchte ich diese beiden Substanzen, und überzeugte mich, daß Chlor von vielen farblosen Gasen weit übertroffen wird, und daß Ozon eine bei weitem größere Absorption besitzt als ge-

wöhnlicher Sauerstoff. Ich nahm die Versuche am 12. September wieder auf. Aus einer Abhandlung des Hrn. Prof. Magnus, auf die ich später noch näher eingehen werde, ersah ich, dafs er Versuche mit trockner Luft, und mit Luft, die mit Feuchtigkeit gesättigt war, angestellt und gefunden hat, dafs die Gegenwart von Feuchtigkeit keinen Einflufs auf die Absorption hat. Ich, im Gegentheil, hatte früher gefunden und angegeben, dafs trockene Luft nur einen kleinen Bruchtheil des Absorptionsvermögens besitzt, welches dieselbe Luft zeigt, wenn sie auch nur theilweise (mit Wasserdampf) gesättigt ist. Ich begann meine Arbeit im September mit einigen Versuchen über diesen Gegenstand.

Die nicht getrocknete Luft des Laboratoriums, welche unmittelbar in die Röhre trat, fing eine Wärmemenge auf, die eine Ablenkung von 30° hervorbrachte.

Mein Trockenapparat bestand damals aus einer Uförmig gebogenen Röhre mit Bimsteinstücken, welche mit Schwefelsäure angefeuchtet waren. Hiermit verbunden war eine andere ähnliche Röhre mit Bimsteinstücken, die mit Kalilauge getränkt waren, um die Kohlensäure der Luft zu entfernen. Wenn die Luft des Laboratoriums durch diese beiden Röhren durchgegangen war, bis ihre Spannkraft 15 Quecksilber betrug, so erhielt ich eine Ablenkung von 26° .

Diefs Resultat überraschte mich, indem es eine sehr nahe Uebereinstimmung zwischen trockner und feuchter Luft anzuzeigen schien. Als ich jedoch die Trockenröhren untersuchte, fand ich, dafs durch ein Versehen die Luft zuerst in die Schwefelsäure-Röhre eingetreten war, und von der Kalilauge direct in die Versuchsröhre einströmte; die vorher getrocknete Luft hatte daher von neuem Feuchtigkeit aufgenommen.

Die Luft wurde nun so durch beide Röhren durchgesandt, dafs sie die mit Kalilauge zuerst durchströmte; die Ablenkung sank sofort auf weniger als 5° . Dieser Versuch zeigt also, dafs der Wasserdampf und die Kohlensäure der Luft eine mehr als sechsmal so grofse Wirkung haben, als

die Luft selbst. Es wird sich sogleich zeigen, daß die hier angegebene Differenz weit hinter der Wahrheit zurückbleibt.

Kalilauge und Schwefelsäure wurden nun entfernt, und die Luft getrocknet mittelst einer *U*förmigen Röhre mit Stücken von Chlorcalcium, welche einige Monate in der Röhre gelegen hatten. Die hiermit erhaltene Ablenkung betrug 10° , d. h. 10° mehr als die, welche durch nicht getrocknete Luft hervorgebracht ward.

Ich bin der Ansicht, daß Chemiker sehr vorsichtig seyn sollten im Gebrauche dieser Substanz als Trockenmittel. Wenn rein und frisch geschmolzen, mag das Chlorcalcium diesen Zweck erfüllen, aber wenn alt, verwandelt es sich in ein feines Pulver, das mich bei meinen ersten Versuchen im höchsten Grade in Verlegenheit setzte.

Es wird, glaube ich, allgemein angenommen, daß eine Trockenröhre mit Schwefelsäure mehr an Gewicht zunimmt, als eine solche mit Chlorcalcium, und hieraus hat man gefolgert, daß die Menge Feuchtigkeit, welche die erstere aufnimmt, größer ist, als die von der zweiten aufgenommene. Der Unterschied kann aber wirklich daher rühren, daß ein Theil des Chlorcalcium mechanisch weg geführt wird.

Am 13. September nahm ich diese Versuche wieder auf. Die trockne Luft gab eine Ablenkung von weniger als 2° ; die Luft des Laboratoriums brachte bei meinem Versuch die Nadel von 20° auf der einen, auf 28° auf der andern Seite des Nullpunktes. Bei einem zweiten Versuche brachte die nicht getrocknete Luft eine Ablenkung von 18° auf der einen Seite, bis 32° auf der andern Seite hervor.

Versuche am 17. bestätigten dieses Resultat vollkommen. Aus drei verschiedenen Experimenten ergaben sich für die ungetrocknete Luft des Laboratoriums die Ablenkungen 29° , 31° und 30° . Die Ablenkung durch trockne Luft betrug an diesem Tage weniger als 1° . Die Wirkung des Wasserdampfs war, an diesem Tage wenigstens, die 30 fache der der Luft selbst.

An fast jedem Wochentage, während der letzten vier

Monate, habe ich ähnliche Versuche angestellt, und in keinem Falle habe ich eine Abweichung von diesem Resultate gefunden. Die Absorptionswirkung des Wasserdampfs in der Luft ist ganz enorm, verglichen mit der der Luft selbst. Weiter unten werde ich einige Zahlenwerthe zur Erläuterung dieses Punktes geben.

§. 3.

In der gegenwärtigen Mittheilung werde ich viele Gegenstände zu berühren haben, die ich aus Mangel an Zeit nicht im Stande gewesen bin weiter auszuführen. Folgendes ist ein Beispiel. Wenn man einen Tag wählt von passender Temperatur und Feuchtigkeit, einen Tag, an welchem der menschliche Athem keine Spuren von Verdichtung zeigt, — so kann man mit Hülfe unseres Apparates die Wirkung der aus den Lungen ausgeathmeten Stoffe auf's Genaueste bestimmen. Indem man direct in die Versuchsröhre athmete könnte man die Wirkung genau messen, welche durch die Summe der Respirationsproducte hervorgebracht wird; indem man durch die Schwefelsäureröhre athmete, würde die Feuchtigkeit dem Athem entzogen und die Differenz zwischen der so beobachteten Wirkung und der früheren würde die der Kohlensäure geben. Auf diese Weise könnten die Respirationsproducte im Einzelnen bestimmt, und der Einfluss verschiedener Arten von Speisen und Getränken oder von physischer Anstrengung auf die Respiration könnte auf eine vollständig neue Art untersucht werden.

Ich habe in Bezug auf diesen Gegenstand nur die folgenden Versuche anzuführen. Ich nahm eine passende Röhre zwischen meine Lippen, füllte meine Lungen mit Luft, und, indem ich einen zwischen mir und der Versuchsröhre angebrachten Hahn theilweise öffnete, athmete ich langsam in letztere bis das Manometer der Luftpumpe 15 Zoll zeigte. Ich hatte zwei Assistenten, C. A. und R. C., welche beide nachher dieselbe Quantität in die Versuchsröhre athmeten, wie ich selbst. Die folgende Tabelle enthält die durch den Athem eines jeden erzeugte Absorption.

Wirkung der Respirationsproducte.

Anfangsbuchstaben der Namen	Absorption
J. T.	62
„	62
R. C.	66
„	68
J. T.	59
„	59
R. C.	63
C. A.	62
J. T.	60 bis 65

Die Absorption durch trockne Luft an dem Tage, wo diese Versuche gemacht wurden, betrug 1°. An demselben Tage erlitt die eingeathmete Luft eine chemische Veränderung, welche ihr Absorptionsvermögen wenigstens 60mal vermehrte. Ich gebe dies als eine untere Gränze an, und will nicht sagen, wie weit, ich glaube, diese Angabe noch hinter der Wahrheit zurückbleibt.

Tagsdarauf wurden die folgenden Resultate erhalten; die ausgeathmete Menge war dieselbe wie zuvor.

J. T.	56
R. C.	62
J. T.	56
R. C.	59

Ich gebe diese Resultate nur als einen Beweis der zahlreichen Anwendungen, deren der Apparat fähig ist. Bei allen Versuchen blieb die ganze Röhre immer vollständig durchsichtig und beim Auspumpen ging die Nadel genau auf 0 zurück.

§. 4.

In meiner letzten Abhandlung habe ich die Thatsache etwas stark betont, daß die von mir bis dahin untersuchten einfachen Körper sich viel weniger dem Durchgang der längeren Wellen widersetzen, als die zusammengesetzten Körper; und ich gründete damals gewisse theoretische Betrachtungen auf die Thatsache. In diesem Jahre wünschte

ich meine Versuche auf eins oder zwei der gefärbten Gase und Dämpfe auszudehnen, und am 20. September nahm ich meine Experimente mit Chlor wieder auf. Dieses Gas ist selbst stark gefärbt und sehr dicht, während eine seiner Verbindungen, Chlorwasserstoffgas, ganz durchsichtig und von verhältnißmäßig geringem specifischem Gewicht ist. Es war interessant zu untersuchen, ob der Act der chemischen Verbindung mit Wasserstoff, welcher dieses Gas durchsichtiger für Licht macht, auch seine Durchsichtigkeit für Wärme vermehre. Chlorgas, aus Salzsäure und Braunstein bereitet, und durch Schwefelsäure getrocknet, wurde in die Röhre gelassen bis das Quecksilber Manometer 21 Zoll herabgedrückt war. Die Absorption des Gases wurde dann durch die Zahl 44 ausgedrückt.

Chlorwasserstoffgas wurde nun einströmen gelassen bis das Manometer um 19 Zoll herabgedrückt war. Die Absorption betrug 68. Dieser Versuch zeigt, daß Durchsichtigkeit für Licht und Undurchsichtigkeit für Wärme denselben Act der chemischen Verbindung begleiten.

Die folgenden Versuche wurden erhalten mit beiden Gasen bei dem angegebenen Drucke. Ich muß bemerken, daß hierbei ein Hilfsmanometer gebraucht wurde, um zu vermeiden, daß die schädlichen Gase in die Pumpe einströmten.

	Druck	Absorption
Chlorgas	15"	32
"	14	30
"	14	30
Chlorwasserstoff	14	47
Chlorgas	14	30
Chlorwasserstoff	14	56

In allen Fällen übertrifft die Wirkung des zusammengesetzten Gases die des einfachen, sodaß die chemische Veränderung, welche Chlorgas durchsichtig für Licht macht, es opak macht für dunkle Wärme.

Große Vorsicht ist bei Versuchen mit Chlorwasserstoffgas nöthig, und große Vorsicht ist auch bei den obigen an-

gewandt worden. Die Versuchsröhre mußte vorher mit vollkommen trockner Luft gefüllt gewesen seyn, damit beim Auspumpen ein vollkommen trockner Rest zurückblieb. Das Gas ließ ich so lange durch die Trockenröhre ausströmen bis alle Luft ausgetrieben war, dann wurde plötzlich eine Verbindungsstelle gelöst, und die Retorte mit der Versuchsröhre verbunden. Das Gas strömte so von der Retorte durch den Trockenapparat unmittelbar in den leeren Raum. Es war schwer zu vermeiden, daß nicht mit dem Gas einige wenige Spuren von Feuchtigkeit mit in die Röhre gesandt wurden; dieselben, wenn sie wirklich existirten, schienen jedoch durch die dynamische Erwärmung des Gases beim Einströmen in die Röhre verflüchtigt, und durch die das Gas durchdringende Wärme in diesem Zustand erhalten worden zu seyn. Wenigstens ließ sich bei der strengsten Prüfung keine Spur von Nebel oder Trübung im Innern der Röhre entdecken; sie blieb vollständig durchsichtig. Das Chlorgas hingegen war stark gefärbt.

Ich habe viele Versuche gemacht mit Chlor, das über Wasser abgesperrt war; aber Etwas (ich weiß noch nicht was?) schien immer mit dem Gase aus dem Wasser in die Röhre gebracht zu werden, das die Absorption wesentlich vermehrte.

Die obigen Experimente sind im Anfang dieser Untersuchung gemacht worden, ehe ich noch mit allen Eigenthümlichkeiten meines Apparates vollständig vertraut geworden war. Spätere Versuche ließen das Absorptionsvermögen des Chlors sowohl als des Chlorwasserstoffs etwas geringer erscheinen. Sehr sorgfältige Versuche, welche am 28. October angestellt wurden, gaben die Absorptionswerthe für beide Gase bei einer Spannung von 30":

Chlor	39
Chlorwasserstoff	53.

Die Gase wurden aus der Versuchsröhre in folgender Weise entfernt: an dem einen Ende derselben wurde ein Hahn und ein Verbindungsstück angebracht, von letzterem ging ein Gummischlauch nach dem Schornstein des Labo-

ratoriums. Ein Gasonmeter wurde mit dem andern Ende der Röhre in Verbindung gebracht, mit einem System von Trockenröhren zwischen beiden. Durch einen gelinden Wasserdruck wurde nun ein Strom trockner Luft sachte durch die Röhre nach dem Schornstein getrieben, und auf diese Weise wurden die Gase rasch entfernt, welche, wenn man sie ausgepumpt hätte, die Kolben sehr rasch angegriffen haben würden.

In dem Maafse, als die trockne Luft die Gase verdrängte, ging die Nadel nach und nach auf 0 zurück, und zeigte durch ihre Ankunft auf dem Mittelpunkt an, daß die Gase vollständig entfernt waren. Die vollständige Trockenheit der angewandten Luft zeigte sich so aufs Schönste. Hätte die Luft Feuchtigkeit enthalten, so würde diese augenblicklich eine Trübung im Innern der Röhre erzeugt haben, und wäre diese auch noch so gering und für das Auge unsichtbar gewesen, das Galvanometer hätte sie angezeigt. Aber es fand keine Bewegung der Nadel im aufsteigenden Sinne statt; sie sank stetig von dem Moment an, wo die Luft eintrat.

Was den Einfluß der chemischen Verbindung auf die Absorption der strahlenden Wärme betrifft, so zeigen Brom und Bromwasserstoffsäure ein noch entschiedeneres Verhalten, als die zuletzt untersuchten Substanzen: denn die Undurchsichtigkeit des Broms für Licht ist weit größer als die des Chlors, während die Verbindungen beider gleich durchsichtig sind. Die Schwierigkeit, mit der sauren Bromverbindung zu experimentiren, ist wenigstens ebenso groß als bei der Chlorwasserstoffsäure, und mehrere Tage vergingen, ehe ich zu sicheren Schlüssen in dieser Beziehung gelangen konnte. Mit Phosphorsäure getrocknetes Brom wurde in einen Kolben gebracht, der mittelst einer Schraubenkappe an die Versuchsröhre befestigt werden konnte. Durch Drehung eines Hahns wurde der Dampf langsam eingelassen bis die Quecksilbersäule 2 Zoll niedergedrückt war. Aus mehr als zwanzig Versuchen, die ich mit dieser Substanz anstellte, möchte ich schließen, daß die Absorption der an-

geführten Menge 11 nicht übersteigt, während eine entsprechende Quantität Chlorwasserstoff eine Absorption von 30 ausübt.

Die Bromwasserstoffsäure wurde dargestellt durch die Einwirkung von glasiger Phosphorsäure (ich verdanke meinem Freunde Dr. Frankland eine reine Probe derselben) auf Bromkalium. Wenn die obigen Zahlen die Wahrheit darstellen — und ich habe keine Mühe gespart zu einem richtigen Schlusse zu gelangen — so haben wir hier ein höchst merkwürdiges Beispiel, wie Durchsichtigkeit für Licht und Undurchsichtigkeit für dunkle Wärme durch denselben chemischen Proceß vermehrt werden.

§. 5.

Die folgende Tabelle enthält die Absorption einer Anzahl von Gasen unter gewöhnlichem Atmosphärendruck.

Namen	Absorption
Luft	1
Sauerstoff	1
Stickstoff	1
Wasserstoff	1
Chlor	39
Chlorwasserstoff	62
Kohlenoxyd	90
Kohlensäure	90
Stickoxydul	355
Schwefelwasserstoff	390
Grubengas	403
Schweflige Säure	710
Oelbildendes Gas	970
Ammoniak	1195

Wenn ich Luft, Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff gleich setze, so will ich damit nicht sagen, daß zwischen diesen Gasen keine Verschiedenheit in ihrem Absorptionsvermögen stattfindet; ich will nur sagen, daß die wirksamsten und empfindlichsten Prüfungsmittel, die ich bisher angewandt, einen Unterschied in einer unzweideutigen Weise nicht angezeigt haben. Ich bin ferner nicht sicher, ob die

Wirkung dieser Gase sich nicht noch geringer herausstellen wird, als ich sie gefunden habe. Denn wer kann sagen, daß der beste Trockenapparat, den man construiren kann, wirklich vollkommen sey? Ferner, Hähne müssen geschmiert werden und geben daher immer eine Spur von Verunreinigungen an die durchströmende Luft ab. Ich kann nicht einmal sagen, daß Schwefelsäure, und wenn sie noch so rein ist, nicht etwas Wasserdampf abgeben könnte. Jedenfalls, wenn irgend ein weiterer Fortschritt in der Reinigung der Gase gemacht werden sollte, wird er dazu beitragen die ungeheuren Differenzen obiger Tabelle noch zu vergrößern.

Bei dem angeführten Drucke steht Ammoniak am höchsten in der Liste, was die Absorptionskraft betrifft. Ich glaube, daß eine Länge von drei Fuß dieses Gases, welches innerhalb der Röhre so durchsichtig ist, wie der luftleere Raum selbst, vollständig schwarz ist für die Strahlen der Wärmequelle, deren ich mich bedient habe. Wenn sich das Gas in der Röhre befand, so brachte das Aufstellen eines doppelten metallischen Schirms zwischen der Säule und der Wärmequelle nur eine kleine Vergrößerung der Ablenkung hervor. Aber ich werde weiter unten zeigen, daß das Ammoniak bei diesem Versuche nicht die volle Kraft seiner Absorption zeigen konnte, und wie es wahrscheinlich ist, daß die angegebene Länge absolut undurchdringlich ist für die Wärme, die von unserer Quelle ausgestrahlt wird.

Es würde eine reine Affectation von Genauigkeit seyn, wollte man versuchen, kleinere Quantitäten der ersten vier Gase der Tabelle zu messen, als die sind, mit welchen ich experimentirt habe. Und doch, wenn man solche kleine Quantitäten direct messen könnte, würde ihre Wirkung im Vergleich zu der der anderen Substanzen bei demselben Drucke, ohne Zweifel bedeutend geringer gefunden werden. Bei den kräftig wirkenden Gasen werden die Strahlen am meisten ausgelöscht durch diejenigen Mengen, welche zuerst in die Röhre eingeschlossen werden, während die zuletzt zuströ-

menden Mengen in den meisten Fällen nur eine verschwindend kleine Wirkung hervorbringen. Nun habe ich in meiner letzten Abhandlung gezeigt, daß für geringe Absorptionen die Wirkung genau proportional ist der Menge des vorhandenen Gases, und dies scheint, wie ich glaube, die Annahme zu rechtfertigen, daß für 1 Zoll Druck die Absorption durch Luft, Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff $\frac{1}{30}$ der Absorption bei 30 Zoll Druck seyn würde. Für alle anderen Gase habe ich die Absorption für solche Mengen, die in jedem einzelnen Falle einen Zoll Spannung hatten, direct bestimmt. Angenommen nun, die eben erwähnte Proportionalität finde wirklich statt, und indem wir die Wirkung der Luft wieder als Einheit nehmen (wobei jedoch die Einheit nur $\frac{1}{30}$ der in der letzten Tabelle angenommenen ist), so haben wir die folgenden relativen Absorptionen.

Luft	1
Sauerstoff	1
Stickstoff	1
Wasserstoff	1
Chlor	60
Brom	160
Bromwasserstoff	1005
Kohlenoxyd	750
Stickoxyd	1590
Stickoxydul	1860
Schwefelwasserstoff	2100
Ammoniak	7260
Oelbildendes Gas	7950
Schweflige Säure	8800.

Hier haben wir das außerordentliche Resultat, daß für Spannungen von 1 Zoll Quecksilber die Absorption des Ammoniaks über sieben tausendmal, die des ölbildenden Gases sieben tausend neun hundert und funfzigmal, und die Wirkung der schwefligen Säure achttausend acht hundertmal die der Luft ist.

Man kann nicht umbin die auffallende Stellung von Chlor und Brom in dieser Tabelle zu bemerken. Sie sind

Elemente, und ungeachtet ihrer Farbe und Dichtigkeit nehmen sie ihre Stellung unmittelbar nach den durchsichtigen einfachen Gasen ein. Das vollkommen durchsichtige ölbildende Gas absorbirt mehr als 130mal so viel als das undurchsichtige Chlor und beinahe 50mal soviel als der intensiv braun gefärbte Bromdampf. Ich kann diese Thatsache nicht als unbedeutend ansehen. Bisher haben nur die Chemiker von Elementen gesprochen, und wir haben uns bemüht, auf dem einzigen uns zugänglichen Wege, uns Vorstellungen zu bilden über das Wesen dieser Elemente und ihrer Verbindungen. Aber unsere Vorstellungen blieben rein subjectiv, und kein physikalischer Zug war bekannt, der in irgend einer Weise diese Vorstellungen rechtfertigen konnte. Hier aber scheinen wir bei dem letzten Theilchen der Materie angekommen zu seyn. Indem wir von der Idee ausgehen, daß ein Gas solche Schwingungen absorbirt, welche mit seinen eigenen isochron sind, so sehen wir in allen Fällen, wie die Molecüle des zusammengesetzten Gases langsamer schwingen als die unverbundenen Atome, aus denen dasselbe besteht. Ihre Absorption der längeren Wellen beweist im Allgemeinen die Coincidenz ihrer Undulationsperiode mit der jener Wellen. Wir belasten das Atom durch den Act der chemischen Verbindung, und machen dadurch seine Schwingungen langsamer, d. h. mehr geeignet mit den Wellen der dunklen Wärme synchron zu werden.

In der letzten Tabelle habe ich das Absorptionsvermögen des Stickoxydgases als 1590 angegeben, kleiner als das des Stickoxydulgases, obwohl das Molecül des ersteren eine größere Anzahl Atome enthält, als das des letzteren. *Man wird bemerken, daß diejenigen Gase, welche bei ihrer Verbindung keine Verdichtung erleiden, weniger stark absorbiren als diejenigen, bei welchen eine Volumverminderung eintritt.* Ob dieses Gesetz ein allgemeines sey, kann ich noch nicht sagen.

Es ist sehr schwer, mit Stickoxyd zu experimentiren; die Verwandtschaft dieses Gases für Sauerstoff ist so enorm,

dafs die geringste Spur von letzterem Veranlassung zu der Bildung der braunen Dämpfe von salpetriger Säure giebt.

Als zuerst das Gas in die Versuchsröhre trat, gab ein Zoll desselben eine Absorption von 2040, allein die Nadel stieg langsam, bis sie endlich eine Absorption von 5100 anzeigte. Wenn man jetzt quer durch die Röhre sah, so war die braune Farbe der salpetrigen Säure bemerkbar.

Bei einem zweiten Versuche stellte ich ein so vollkommenes Vacuum wie möglich her; als Stickoxyd in dieses einströmte, war die Absorption 1860, aber bald nachher zeigte die Nadel eine solche von 3060 an, und die braunen Dämpfe erschienen wie zuvor.

Ich füllte nun die Versuchsröhre mit Stickstoff, pumpte aus, und liefs das Stickoxyd einströmen. Die Absorption durch 1 Zoll Gas war nun 1690. Wenn ich die Röhre vorher mit Wasserstoff gefüllt hatte, betrug die Absorption 1590; es ist dies der Werth, den ich in der Tabelle angegeben habe. Füllte ich die Röhre mit einem Gemisch aus Stickoxyd und Sauerstoff, so wurde die letzte Wirkung nahe 20 mal vermehrt. Salpetrige Säure ist daher ein ausserordentlich energisch wirkendes Gas. Der Unterschied zwischen derselben und dem Bromdampf ist enorm, während die Farben beider gleich intensiv sind.

Eine genaue Betrachtung der von Melloni ¹⁾ für feste Substanzen gegebenen Tabelle, scheint mir auch für diese Körper eine Neigung anzudeuten, durchsichtiger für Wärmestrahlen zu werden, in dem Maafse als ihre Zusammensetzung einfacher ist. Nach dem Steinsalz selbst kommt das Element Schwefel und nach ihm Flussspath. Allein man wird mir hier den Fall des Kienrusses als des besten Absorbenten und Ausstrahlers entgegenstellen. Es unterliegt keinem Zweifel, dafs die Gruppierung der Atome eines einfachen Körpers ihn gleichwirkend mit einem zusammengesetzten machen kann; ein auffallendes Beispiel hierzu findet sich auch in dieser Abhandlung erwähnt in dem Abschnitt über Ozon. Uebrigens fand Leslie, dafs Wasser

1) *La Thermochrose* p. 161.

Poggendorffs Ann. Bd. CXVI.

ein größeres Ausstrahlungsvermögen besitzt als Kienrufs; und Wells fand mehrere Substanzen, die besser geeignet sind, sich durch nächtliche Strahlung abzukühlen. Bei näherem Nachdenken bieten sich aber auch die folgenden Betrachtungen dar. Der Kienrufs des Handels, und der Rufs einer Lampe oder Kerze, also gerade die Substanzen, deren man sich bisher in Versuchen über strahlende Wärme bedient hat, enthalten große Mengen von Kohlenwasserstoffen, welche unter allen Körpern das größte Absorptions- und Ausstrahlungsvermögen zeigen. Es darf wohl in Frage gestellt werden, ob die bekannten Versuche mit Kienrufs wirklich mit Kienrufs angestellt worden seyen. Aber selbst die unreine Substanz ist bis zu einem gewissen Grade diatherman. Ich besitze Platten von schwarzem Glase, geschwärzt durch Auflösung von Kohle in dem flüssigen Glase, welche undurchdringlich für die Strahlen der stärksten elektrischen Lampe sind, dagegen die Strahlen der dunklen Wärme in reichlichem Maasse durchlassen. Melloni's schöne Versuche mit Glas von dieser Beschaffenheit sind wohl bekannt; die meinigen sind nur eine Wiederholung derselben. Ein anderes Experiment von Melloni, das ich vor Kurzem bestätigt habe, ist das folgende. Eine Platte von durchsichtigem Steinsalz wurde über eine rauchende Camphinlampe gehalten, und die Fläche mit Rufs bedeckt, bis derselbe alle Strahlen einer sehr hellen Gasflamme auffing. Die Platte wurde zwischen eine Wärmequelle von 100° und eine thermoelektrische Säule gebracht und ein polirter Schirm zwischen die Wärmequelle und die Platte gesetzt. So lange der Schirm nicht entfernt wurde, blieb die Nadel des mit der Säule verbundenen Galvanometers auf 0° , aber sobald man den Schirm entfernte, bewegte sich die Nadel sofort, und zeigte, daß ein Theil der auf das Steinsalz auffallenden Wärme sogleich durch die Kienrufsschicht durchgelassen wurde. Die Zahlen, die ich bei diesem Versuch erhielt, waren folgende:

Die Ablenkung der Nadel durch die durch den Kienrufs durchgegangene Wärme war 52° , diese entspricht

90 Wärmeeinheiten. Die Ablenkung, die ich erhielt, wenn der Kienrufs sorgfältig abgewischt und die beiden Flächen der Steinsalzplatte glatt und durchsichtig waren, betrug 71° , entsprechend 300 Einheiten. Die Quantität, welche vom Rufs durchgelassen wurde, verhielt sich also zur ganzen Wärmemenge, wie

$$90 : 300$$

$$\text{oder } 30 : 100$$

d. h. der Kienrufs, der vollständig undurchsichtig war für die Strahlen einer Gasflamme, war durchdringlich für 30 Procent der auffallenden Wärme. Als ich Melloni's Tabelle verglich, hatte ich die Befriedigung zu finden, daß er den Durchgang für eine ähnlich präparirte Platte 27 Proc., und für eine selbst für die Sonnenstrahlen undurchsichtige Kienruffsschicht, 23 Proc. der von einer Quelle von 100° auffallenden Wärme fand.

Als ein Beispiel, welchen Einfluß theoretische vorgefaßte Meinungen oft auf den Geist eines meisterhaften Experimentators und scharfen Denkers haben, könnte ich hier darauf hinweisen, wie unvereinbar Melloni's Ansichten über Absorption und Strahlung des Kienruffs mit seinen eigenen veröffentlichten Versuchen sind. Auf Seite 93 der *Thermochrose* untersucht er die Absorption dieser Substanz für verschiedene Arten von Strahlen, und durch eine Reihe von geistreichen Versuchen und durch Schlüsse, die sich durch ihre Klarheit und Schärfe auszeichnen, kommt er zu dem Resultat, daß Kienrufs alle Arten von strahlender Wärme in gleichem Maasse absorbire ¹⁾. Auf Seite 284 dagegen erwähnt und bespricht er mit derselben Schärfe eine Reihe von Versuchen mit geschwärztem Steinsalz, in welchen er zeigt, daß dieselbe Kienruffsschicht 8 Proc. der Strahlen einer Locatelli'schen Lampe, 10 Proc. der Strahlen von glühendem Platin, 18 Proc. derjenigen von einem auf 400° C. erhitzten Kupferblech und 23 Proc. der von einer Wärmequelle von 100° ausgesandten Strahlen durch-

1) *Donc, le noir de fumée absorbe avec la même intensité tout sorte de rayonnements calorifiques. (p. 101.)*

läßt. Nun setzt aber ein Durchgang von 8 Proc. eine Absorption von 92, Durchgänge von 10, 18, 23 Proc. Absorptionen von 90, 82, 77 voraus. Dafs aber ein und dieselbe Kienrufsschicht 77 Proc. der Strahlen von einer, und 92 von einer anderen Wärmequelle absorbire, steht in offenem Widerspruch mit der Angabe, dafs Kienrufs alle Arten von Wärme mit gleicher Intensität absorbire. Denken wir uns die Oberfläche einer thermo-elektrischen Säule mit einer Kienrufsschicht bedeckt, von derselben Dicke wie die auf Melloni's Steinsalzplatte; so werden 23 Proc. der Strahlen einer Wärmequelle von 100° C. durch diese Schicht durchgehen und die Metallfläche der Säule treffen, und wenn die letztere ein guter Reflector ist, so wird die auf sie auffallende Wärme zum grofsen Theil wieder durch den Kienrufs zurückgesandt werden und so für das Instrument verloren gehen; und für eine Wärmequelle von 100° würde dieser Verlust viel gröfser seyn als für eine Locatelli'sche Lampe. Ja, ein strenger Kritiker könnte die auf Seite 284 gegebenen Resultate als einen starken Beweis gegen die Genauigkeit der thermo-elektrischen Säule benutzen, gerade des Instruments, dessen Vollkommenheit zu begründen, Melloni in den früheren Capiteln seines vor trefflichen Werkes sich besonders bestrebt hat ¹⁾.

§. 6.

Ich habe jetzt einige neue Versuche über die Einwirkung von Dämpfen auf strahlende Wärme zu beschreiben. Eine Anzahl Glasgefäfsse von der Gestalt und Gröfse der gewöhnlichen Probirröhrchen, wurden mit Messingkappen versehen, die sorgfältig angekittet wurden, und mittelst deren sie mit einem Hahn, und dadurch mit der Versuchsröhre verbunden werden konnten. Die Flüssigkeit wurde

1) Die Sonne, durch die suspendirten Kohlentheilchen der Londoner Atmosphäre gesehen, bietet manchmal den herrlichsten Anblick dar. Ihrer Strahlen entkleidet und von vollständig gleichmäfsiger Helligkeit, ist ihre Farbe manchmal blutroth, eine Erscheinung, die ohne Zweifel daher rührt, dafs die schwimmenden Kohlentheilchen verhältnüsmäfsig durchsichtiger sind für die längeren Wellen.

durch einen kleinen Glastrichter in das Gefäß gebracht, und dieses dann mit einer zweiten Luftpumpe verbunden, die immer zur Hand war; die Luft über der Flüssigkeit wurde entfernt; die darin aufgelöste Luft liefs man entweichen, bis nichts zurückblieb, als die reine Flüssigkeit und der reine Dampf über derselben. Das Gefäß wurde dann mit der Versuchsröhre in Verbindung gesetzt. Nachdem die Röhre und die Hähne luftleer gemacht waren, und die Nadel des Galvanometers auf 0° stand, wurde der Hahn an dem kleinen Gefäße langsam geöffnet und zugleich das Quecksilbermanometer beobachtet. Nie wurde ein Aufbrausen der Flüssigkeit gestattet. Der Dampf trat geräuschlos und ohne heftige Bewegung in die Röhre, und wenn das Manometer bis zu dem gewünschten Punkte herabgedrückt war, wurde der Hahn rasch geschlossen.

Die Stärke, mit der die Nadel sich bewegt in dem Augenblicke, wo der Dampf eingelassen wird, ist in manchen Fällen so außerordentlich, daß ich genöthigt war die Hemmungen, welche die Nadel bei 90° aufhielten, zu entfernen, damit der Stofs gegen dieselben den Magnetismus des astatischen Paares nicht veränderte. Die Nadel schwang oft weit über den Quadranten hinaus, und wenn sie endlich zur Ruhe gekommen war, so wurde ihre Stellung auf die folgende Weise beobachtet. Nachdem für gute Beleuchtung der Theilung des Galvanometers gesorgt war, wurde ein Spiegel hinter dem Instrumente unter einem solchen Winkel angebracht, daß das Bild der Theilung in horizontaler Richtung in demselben gesehen werden konnte. Dieses Bild wurde durch ein vorzügliches Teleskop aus einer Entfernung von 11 Fufs vom Galvanometer beobachtet. In der Verlängerung der Nadel war an ihrer Spitze ein Stück eines sehr feinen schwarzen Glasfadens befestigt, das über die Theilung hinausragte, und es möglich machte, kleine Bruchtheile eines Grades abzulesen. Ich nahm zu der Beobachtung aus der Ferne darum meine Zuflucht, weil ich fand, daß die Annäherung meines Körpers vielleicht durch die diamagnetische Wirkung meiner eigenen Masse,

einen merkbaren Einfluss auf die Nadel meines Instruments hatte, welches, wie ich glaube, an Empfindlichkeit alle bis jetzt construirten übertrifft. Bei allen diesen Versuchen wurde die *dauernde* Ablenkung der Nadel aufgezeichnet, und der Werth dieser Ablenkung, ausgedrückt in Einheiten der niederen Grade des Galvanometers, wurden aus einer Reductionstabelle entnommen. Um unnöthige Mühe zu sparen, gebe ich in dem Folgenden nicht die Ablenkungen, sondern nur die Absorptionen, welche die verschiedenen Dämpfe bei den Spannungen von 0,1, 0,5 und 1,0 Zoll ausübten.

	0",1	0",5	1",0
Schwefelkohlenstoff	15	47	62
IodmethyI	35	147	242
Benzol	66	182	267
Chloroform	85	182	236
Methyl-Alkohol	109	390	590
Iodäthyl	158	290	390
Amylen	182	535	823
Schwefeläther	300	710	870
Alkohol	325	622	
Ameisenäther	480	870	1075
Essigäther	590	980	1195
Propionsäure-Aether	596	970	
Borsäure-Aether	620		

Vergleichen wir mit einigen Resultaten dieser Tabelle von durchsichtigen Dämpfen die Wirkung des stark gefärbten Bromdampfs. Die Absorption des Bromdampfs bei 1 Zoll Spannkraft ist ungefähr 6, und würde bei 0,1" wahrscheinlich nicht gröfser als 1 seyn. Schwefelkohlenstoff ist der schwächste aller zusammengesetzten Dämpfe, den ich bis jetzt gefunden habe. Der stärkste derselben, der Borsäure-Aether, hat nach der angegebenen Schätzung und bei dem angeführten Drucke, *ein mehr als 600 mal gröfseres Absorptionsvermögen als das tief gefärbte Brom*. Sämmtliche in der obigen Tabelle enthaltenen Zahlen sind auf atmo-

sphärische Luft als Einheit bezogen. 0,1 Zoll Schwefelkohlenstoff z. B. absorbirt 15 mal soviel als eine ganze Atmosphäre Luft. Vergleichen wir einen Augenblick die Wirkung des Borsäureäthers mit der der Luft, was annäherungsweise auf folgende Art geschehen kann. Die Absorption von 0,1 Zoll dieses Aethers ist etwas grösser als die durch einen ganzen Zoll Methyl-Alkohol. Durch Verringerung der Quantität Methyl-Alkohol auf $\frac{1}{7}$, verringern wir seine Absorption von 590 auf 109. Die Absorption durch 0,1 Zoll Borsäure-Aether ist 620; nehmen wir an, daß sie sich in demselben Verhältniß vermindere, wie wir es oben für den Methyl-Alkohol gefunden, so würden wir für 0,01 Zoll Borsäure-Aether eine Absorption 111 haben, d. h. für $\frac{1}{3000}$ einer Atmosphäre von Borsäure-Aether erhielten wir eine 111 mal größere Absorption, als für eine ganze Atmosphäre von Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff oder Luft.

Für die durchsichtigen einfachen Gase ist es unmöglich, direct die Absorption durch 0,1 Zoll zu messen; aber, wenn wir wie zuvor annehmen, daß bis zu einer Absorption = 1 die Wirkung proportional sey der Menge des vorhandenen Gases, so würde die Absorption jedes der einfachen Gase bei einem Druck von 0,1 Zoll ungefähr 0,0033 betragen; d. h. die Absorption des Borsäure-Aethers bei 0,1 Zoll Spannung verhielte sich zu derjenigen der Luft bei derselben Spannung wie

$$620 : 0,0033$$

wonach die Absorptionskraft dieses Aethers 186000 mal derjenigen der Luft seyn würde.

Ich habe schon von der »Schwärze« des Ammoniaks bei 30 Zoll Spannung gesprochen. Seine Absorption wurde = 1195 gefunden. Aus der letzten Tabelle geht hervor, daß der Essigäther bei nur $\frac{1}{30}$ dieser Spannung genau denselben Effect hervorbringt; seine Absorption beträgt ebenfalls 1195. Solche Thatsachen geben uns vollständig neue Ideen über die Fähigkeiten der Materie (*capabilities of matter*) und unser Erstaunen wird wahrlich nicht ver-

ringert werden durch die Resultate, die ich weiter unten zu berichten haben werde.

Bei den Gasen sowohl als bei den Dämpfen finden wir, daß ein Gas, welches bei einer gewissen Spannung eine größere Wirkung hat als ein anderes, nicht nothwendig dieses bei einer andern Spannung ebenfalls übertrifft. Einige Gase beginnen mit einer geringeren Wirkung als andere, erreichen aber zuletzt eine gleiche, ja noch eine höhere. Wenn ihre Absorptionen durch Curven dargestellt werden, die alle von derselben Basis ausgehen, so werden diese Curven sich in manchen Fällen einander nähern, in andern sich schneiden. Bei einer Spannung von 1 Zoll z. B. hat Kohlensäure mehr als die doppelte Wirkung des Kohlenoxyds, während bei einer Spannung von 30 Zoll beide gleich sind. Ja, einige meiner Versuche zeigen, daß Kohlenoxyd sogar im Vortheil ist. Am 22. October z. B. fand ich die Ablenkung durch 2 Zoll Kohlenoxyd 15° , während die durch 2 Zoll Kohlensäure 38° betrug. Bei einer Spannung von 30 Zoll gaben die beiden Gase diese Resultate:

Kohlenoxyd	52°
Kohlensäure	$51^{\circ},5$

Am 4. November erhielt ich die folgenden relativen Wirkungen

	Spannung	
	1",2	24"
Kohlenoxyd	12°	57°
Kohlensäure	37	54

Dasselbe gilt für Dämpfe. Methylalkohol z. B. fängt mit geringerer Wirkung als Iodäthyl an, steigt aber rascher, und erreicht zuletzt einen bedeutend höheren Werth. Aehnlich verhält sich Chloroform im Vergleich mit Benzol und Iodäthyl.

§. 7.

Ich komme nun zu einer Klasse von Erscheinungen, die mich überraschten und unerklärlich schienen, als ich sie zuerst beobachtete. Als ein Beispiel will ich zuerst den Fall des Alkoholdampfs anführen. Eine Quantität dieses Dam-

pfes, welche das Quecksilber um 0,5 Zoll herabdrückte, zeigte eine Absorption, durch welche die Galvanometernadel um 72° abgelenkt wurde. Während die Nadel diese starke Ablenkung zeigte, und ehe ich den Dampf auspumpte, liefs ich trockne Luft in die Röhre strömen, und beobachtete zufällig die Wirkung auf das Galvanometer. Die Nadel sank zu meinem grofsen Erstaunen rasch auf Null und stieg bis auf 25° auf der entgegengesetzten Seite. Der Eintritt der beinahe neutralen Luft zerstörte hier nicht nur die Wirkung der vorher beobachteten Absorption, sondern liefs ein bedeutendes Uebergewicht zu Gunsten der Seite der Säule, welche nach der Wärmequelle zugekehrt war. Bei einer Wiederholung des Versuchs sank die Nadel auf 0 und stieg bis zu 38° auf der entgegengesetzten Seite. In ähnlicher Weise erzeugte ein Ueberrest von Schwefeläther in der Röhre eine Ablenkung von 30° , und als ich Luft einströmen liefs, sank die Nadel rasch auf 0 und schwang bis zu 60° auf der entgegengesetzten Seite.

Diese Resultate waren mir ebenso räthselhaft als unangenehm; denn ich dachte bei ihrer ersten Wahrnehmung, dafs ich es die ganze Zeit über mit einer Wirkung zu thun gehabt habe, die von der der Absorption ganz verschieden sey. Ich glaubte wirklich, dafs meine Dämpfe sich in undurchsichtigen Schichten auf die Steinsalzplatten niedergeschlagen hätten, und dafs die trockne Luft beim Einströmen diese Niederschläge entfernt, und nun den Strahlen der Wärmequelle freien Durchgang verschafft habe. Aber ein kurzes Nachdenken liefs diese Voraussetzung als falsch erscheinen. Die Entfernung eines solchen Niederschlags konnte im günstigsten Falle nur den Zustand wiederherstellen, der vor seiner Bildung bestanden hatte. Man konnte sich denken, dafs durch diese Ursache die Nadel auf 0 ginge, aber sie konnte unmöglich die negative Ablenkung hervorbringen, welche in dem Falle des Aetherdampfes den bedeutenden Winkel von 60° erreichte. Dennoch nahm ich den Apparat aus einander und untersuchte die Platten aufs Sorgfältigste. Ich überzeugte mich so, dafs kein Niederschlag der ange-

deuteten Art stattfand. Das Salz blieb vollständig durchsichtig in Berührung mit dem Dampfe.

Einige Versuche, die ich in der *Bakerian Lecture* für dieses Jahr (1860) angeführt habe, halten mir gezeigt, daß die dynamische Erwärmung der Luft, wenn sie in die leere Röhre einströmte, hinreichend war, um eine merkbare Strahlung auf jedweden kräftig wirkenden Dampf in der Röhre hervorzubringen; aber ich sträubte mich gegen die Ansicht, daß die oben beschriebene enorme Wirkung auf diese Art erklärt werden könne. Meine erste Sorge war, die Temperaturdifferenz zwischen einem Thermometer, das an dem von der Wärmequelle entferntesten Ende in die Röhre geschoben war, und einem anderen außerhalb derselben, zu messen. Sodann untersuchte ich durch ein äußerst empfindliches Thermometer die Temperaturzunahme, welche durch Einlassen der Luft in die Röhre hervorgebracht wurde, sowie die Temperaturerniedrigung beim Auspumpen, und ich fand, daß die erstere ein ziemlich bedeutender Bruchtheil der ganzen von der Quelle ausgehenden Wärme war. Konnte die Wärme, welche so dem Alkohol- und Aetherdampf mitgetheilt und von ihnen gegen die zunächstliegende Fläche der Säule ausgestrahlt wurde, die Ursache seyn, welche den Verlust durch Absorption mehr als aufhob?

Das *experimentum crucis* war folgendes: Wenn die beobachteten Wirkungen herrühren von der dynamischen Erwärmung durch die Luft, so müßten wir sie erhalten, wenn die bei den Versuchen gebrauchten Wärmequellen ganz entfernt werden, und wir kämen so zu der Lösung der neuen und auf den ersten Blick paradoxen Aufgabe: *die Strahlung und Absorption der Gase und Dämpfe ohne irgend eine außerhalb derselben befindliche Wärmequelle zu bestimmen.*

Der Kürze halber will ich die Erwärmung eines Gases durch sein Einströmen in ein Vacuum die *dynamische Erwärmung* des Gases, und die Abkühlung durch das Auspumpen, seine *dynamische Abkühlung* nennen. Es würde ebenfalls zur Kürze beitragen, wenn es mir erlaubt wäre, die Strahlung und die Absorption des gasförmigen Körpers,

welche aus dieser Erwärmung und Abkühlung hervorgehen, *dynamische Strahlung* und *dynamische Absorption* zu nennen, obwohl ich fürchte, daß sich gegen diese Ausdrücke Manches einwenden läßt.

(Schluß im nächsten Heft.)

II. *Ueber recurrente Ströme und ihre Anwendung zur Darstellung von Gasspectra;* von Plücker.

(Siehe diese Annalen Bd. CIII S. 88 und 151, Bd. CIV S. 113 und 622, Bd. CV S. 67, Bd. CVII S. 77, 497 und 638, Bd. CXIII S. 249.)

253. Ich habe bereits in einer Abhandlung vom 30. März 1858 No. 60 auf Ströme aufmerksam gemacht, die auf ihren eigenen Weg zurückkehren. In dem beschriebenen Falle war mit einer weiteren evacuirten Röhre, in welche, an ihren beiden Enden, Elektroden hineinragten, seitwärts eine enge Röhre angeschmolzen, die an einem ihrer Enden mit der weitem Röhre in Verbindung, an dem andern Ende zugeschmolzen war. Wenn die beiden Elektroden mit den Drahtenden der (kleinen) Ruhmkorff'schen Inductionsrolle verbunden wurden, ging der Strom nicht sogleich vollständig von Elektrode zu Elektrode, sondern ein Theil desselben zweigte sich ab, trat in die enge Röhre, ging bis zum geschlossenen Ende derselben, kehrte wieder zur weitem Röhre zurück, um den übrigen Weg zur zweiten Elektrode zurückzulegen. Das verdünnte Gas im Innern der engen Röhre ist Träger des Stromes; es wird an jeder Stelle in zwei auf einander folgenden Momenten, die für die Beobachtung zusammenfallen, nach entgegengesetzter Richtung durchströmt. Der Zeitraum zwischen den beiden Momenten ist die unmeßbar kleine Zeit, die der Strom braucht, um den Weg von der fraglichen Stelle der Röhre