

IV. Ueber den freien Durchgang der strahlenden Wärme durch verschiedene starre und flüssige Körper; von Hrn. Melloni.

(Schluss.)

Unter den Aufgaben über den Durchgang der strahlenden Wärme durch starre Körper ist die nächste, welche sich darbietet, die: Zu bestimmen, welchen Einfluß der Grad von Politur auf die Menge der durchgelassenen Strahlen ausübe. Um sie zu lösen, bedarf es weiter nichts, als der Anwendung unserer thermometrischen Methode auf verschiedene Schirme, die in Allem, bis auf den Oberflächenzustand, vollkommen ähnlich sind.

Aus einer 9 Millimeter dicken Tafel sehr reinen Spiegelglases schnitt ich acht Stücke, jedes so groß, daß es, auf das Gestell gebracht, die Oeffnung in der Mitte des Schirms verdeckte. Von diesen Stücken schabte ich die Belegung ab, und schliff sie mit Sand, Schmirgel und anderen Substanzen, um so eine Reihe mehr oder weniger glatter Flächen zu haben, vom gröbsten Schliff bis zur feinsten Politur; sämmtlich auf die Dicke 8,371 Millimeter gebracht ¹⁾ und darauf einer Strahlung von 30° des Thermomultiplicators ausgesetzt, gaben sie folgende Resultate:

Ordnungszahl.	Ablenkung d. Galvanomet.	Ordnungszahl.	Ablenkung d. Galvanomet.
1) Klar	5°,38	5) Schielend	14°,79
2) -	6,50	6) Etwas schielend	17,42
3) -	8,66	7) durchscheinend	18,79
4) Schielend	12,58	8)	19,15

1) Alle in dieser Abhandlung vorkommenden Messungen kleiner Dicken, wurden mit einem Kaliber (*calibre à pivots*) gemacht, einem doppelten Federsirkel mit ungleichen Schenkeln, wie man

Diese Resultate bieten nichts Ungewöhnliches dar. Die von dem Mittel durchgelassene Wärmemenge ist desto größer, je glatter dessen Oberfläche, ganz wie beim Licht. Nur bemerkt man, daß in den hohen Graden von Politur ein geringer Unterschied sehr wenig Wirkung hat, wie dies aus den Beobachtungen an No. 7 und 8 erhellt.

Durch ein ähnliches Verfahren läßt sich der Einfluß der Dicke ermitteln, eines Elements, dessen Kenntniß in der Theorie des Wärmedurchlasses am wesentlichsten ist.

Vier Stücke eines schönen Spiegelglases wurden hinsichtlich der Dicke sehr genau auf die Verhältnisse 1, 2, 3, 4 gebracht, und ihnen vollkommen parallele Flächen mit dem höchst möglichen Grad von Politur gegeben. Die Ablenkungen, welche sie unter der Einwirkung der früheren Strahlung von 30° dem Galvanometerzeiger einprägten, waren folgende:

Dicke d. Glasschirme.	Ablenkungen des Galvanometers.	Entsprechende Kräfte.
2 ^{mm} ,068	21°,625	21,850
4 ,136	20 ,312	20,343
6 ,202	19 ,687	19,687
8 ,272	19 ,375	19,375

Jede Zahl in der zweiten Spalte ist das Resultat von 15 Beobachtungen. Die Zahlen in der dritten Spalte, die in diesem besonderen Fall die Temperaturen oder die Mengen durchgelassener Strahlen vorstellen, sind nach den am Schlusse der allgemeinen Betrachtungen dargelegten Grundsätzen berechnet. Die Kraft oder Temperatur, welche 30° entspricht, ist gemäß der Intensitätentafel 35,3. Dividirt man also die Zahlen der dritten Tafel

ihn in der Uhrmacherei anwendet. Dies Instrument mißt Dicken mit vieler Genauigkeit bis auf $\frac{1}{32}$ Linie.

durch 35,3, so erhält man die Verhältnisse der durchgelassenen zur einfallenden Strahlung. Der Unterschied zwischen jedem dieser Quotienten und der Einheit giebt den entsprechenden Verlust, d. h. den verhältnißmäßigen Theil der aufgefangenen Strahlen. Vollzieht man diese Operationen und stellt durch 1000 die gesammte Strahlung vor, so bekommt man:

Tafel A.

Ordnungszahl d. Schirme.	Durchgelass. Strahlen.	Aufgefang. Strahlen.
1	619	381
2	576	424
3	558	442
4	549	451

Denkt man sich den dicksten Schirm getheilt in vier gleich dicke Schichten, so sind die auf sie einfallenden Wärmemengen respective:

1000 619 576 558

und die beim successiven Durchdringen der vier Intervalle verloren gegangenen Mengen:

381 424 — 381 442 — 424 451 — 442

d. h.:

381 43 18 9

Man hat also für die respectiven Verluste, bezogen auf die einfallenden Mengen, die Brüche:

$\frac{381}{1000}$ $\frac{43}{619}$ $\frac{18}{576}$ $\frac{9}{558}$

oder:

0,381 0,071 0,031 0,016

Mithin verringern sich die Verluste sehr rasch in dem Maasse als die Dicke um eine constante Gröfse zunimmt.

Wir haben gesehen, daß die Wirkung einer Strahlung auf den Thermomultiplicator im Augenblicke der Schließung der Kette beginnt, größtentheils in den ersten 5 oder 6 Sekunden zu Stande kommt, und nach

anderthalb Minuten gänzlich aufhört. Diefs geschieht gleichmäfsig sowohl bei directen Strahlen als bei solchen, die erst nach dem Durchgange durch Schirme von irgend einer Dicke auf die Säule fallen: der beste Beweis von dem strahlenden Durchgang der Wärme durch klare Körper. Wünscht man indess eine neue Bestätigung dieser Wahrheit, so würde man sie finden in der successiven Abnahme der Verluste, welche die Strahlen beim Durchgang durch verschiedene Schichten eines durchsichtigen Metalls erleiden. Wenn die Wärme, welche Gegenstand unserer Untersuchungen ist, von einer Art Leitung herührte, würden die Verluste, sobald die Strahlen in das Mittel eingedrungen sind, von einer Schicht zur andern, entweder zunehmen oder gleichbleiben, aber niemals würden sie abnehmen können.

Die abnehmende Progression der Verluste ist übrigens etwas ganz Eigenthümliches der Wärmestrahlung, die darin, wie in vielen anderen Punkten, gänzlich von den Eigenschaften der Lichtstrahlung abweicht. In der That läfst uns Alles glauben, dafs gleich dicke, successive Schichten eines durchsichtigen Mittels eine gleiche Wirkung auf die durchgehenden Lichtstrahlen ausüben, und dafs sie folglich immer eine der Intensität der einfallenden Strahlen proportionale Lichtmenge absorbiren oder reflectiren, d. h. dafs der Verlust der Lichtstrahlung in jeder Schicht von gleicher Dicke gleich grofs ist. In dem besonderen Fall, den wir betrachten, ist die unveränderliche Lichtabnahme in jeder der vier Schichten, in die wir uns den Schirm getheilt denken, entweder Null oder ungemein gering, wegen der vollkommenen Klarheit des Glases; und dennoch erleiden die Wärmestrahlen bei ihren successiven Durchgängen eine Absorption von, zusammengenommen, ungefähr der Hälfte ihres gesammten Betrags, und die Verluste bei jeder Schicht sind nicht constant wie beim Licht, sondern un-

ter einander außerordentlich verschieden, denn sie folgen der Progression der Zahlen 381, 71, 31 und 16.

Der Widerstand durchsichtiger Mittel gegen den unmittelbaren Durchlaß der Wärmestrahlen ist also ganz anderer Art als der Widerstand derselben Mittel gegen die Fortpflanzung des Lichts.

Was auch die Ursache dieses sonderbaren Unterschiedes seyn mag, so lag doch viel daran zu ermitteln, ob er noch in großen Abständen von der Eintrittsfläche stattfindet, und dies geschah durch Wiederholung der Versuche mit weit dickeren Glasschichten als die bisher angewandten.

Zu dem Ende nahm ich mehrere Stücke Spiegelglas von St. Gobain und liefs sie umschmelzen; die Operation gelang nicht vollständig. Die Masse sank zusammen und bildete entweder zu dünne Schichten oder füllte sich mit leichten Streifen. Von den dicken Stücken wählte ich das reinste aus; es war 6 Zoll lang; ich theilte es in drei Theile von 1, 2, 3 Zoll Dicke. Die Mängel darin waren durch die ganze Masse gleichmäfsig vertheilt; sie konnten wohl die absolute Menge der durchgegangenen Wärmestrahlen kleiner machen als sie bei einer vollkommen reinen Masse von gleicher Substanz und gleicher Dicke gewesen wäre; allein auf die Progression der Verluste, welche diese Strahlen beim Durchgang der Strahlen von einer Schicht zur andern erleiden, konnten sie offenbar keinen Einfluß haben.

Als sie der gewöhnlichen Strahlung von 30° ausgesetzt wurden, gaben sie folgende Resultate:

Dicke der Schirme in Millimet.	Ablenkungen des Galvanometers.
27	17°,105
54	13°,458
81	10°,702

Durch eine ganz ähnliche Rechnung, wie die vorhin angeführte, findet man, daß der Schirm von 1000 Strahlen die folgende Anzahl durchläßt oder auffängt:

Ordnungszahl.	Durchgeclassene Strahlen.	Aufgefangene Strahlen.
1	484	516
2	380	620
3	303	697

Mittelst dieser Data erhält man für die Wärmeverluste, bezogen auf die Strahlenmengen, welche successiv die drei eingebildeten gleich dicken Schichten des dritten Schirmes durchdringen, folgende Werthe:

0,516 0,215 0,203.

Wegen der schlechten Beschaffenheit des Glases und der größeren Dicke der Schichten sind diese Verluste größer als die vorigen, aber sie befolgen dennoch eine abnehmende Progression. Mitbin dauert die Abnahme noch jenseits einer Dicke von 54 Millimetern fort.

Um den Werth dieser Abnahme zu vergleichen mit dem beim letzten Schirm in den vorhergehenden Versuchen, muß man 0,012, die Differenz zwischen 0,215 und 0,203, mit 2,068 multipliciren und das Product durch 27 dividiren. Auf diese Weise erhält man von 2,068 Millimeter Dicke, zwischen 54 bis 81 Millimeter Abstand von der Vorderfläche liegend, eine mittlere Abnahme von sehr nahe 0,001. Bei den früheren Versuchen war dieser Verlust, als die Strahlen die ebenfalls 2^{mm},068 dicke, aber 6 Millimeter von der Vorderfläche abliegende Schicht durchdrangen, funfzehn Mal so groß. Der Unterschied würde noch größer seyn, hätte man Glasschichten von gleicher Durchsichtigkeit wie die früheren dünnen Glasplatten angewandt.

Indeß blieb mir noch einiger Zweifel an der Homogenität des Glases; ich fürchtete, daß die Schlieren nicht gleichmäßig durch die ganze Masse verbreitet wären.

Allein, da ich mir keine dicke, von diesen Mängeln ganz freie Glasstücke verschaffen konnte, so glaubte ich, daß sich ähnliche Versuche eben so gut mit Flüssigkeiten anstellen lassen würden. Bei Anwendung dieser Körper statt des Glases hatte man, im Fall des Gelingens, sogar den Vortheil, daß man das Gesetz des Wärmedurchlasses auf mehrere Substanzen ausdehnen, und so von der physischen Constitution desselben unabhängig machen konnte.

Ich verschaffte mir daher mehre kupferne Kasten von gleicher Breite und verschiedener Länge, versehen an beiden Enden mit einer Glastafel. Diese stellte ich nach einander zwischen den durchbohrten Schirm und die Säule, auf die Weise, daß das Vordertheil sich dicht an dem Schirm befand, der in einem unveränderlichen Abstand (von der Säule) blieb. Da der Querschnitt aller dieser Kasten viel größer war als die Oeffnung in der Mitte des Schirms, so konnten keine Reflexionen an den Seitenwänden stattfinden, und es gelangten bloß solche Strahlen auf die Vorderfläche der Säule, welche unter Incidenzen wenig verschieden von der senkrechten einfielen. Ich näherte die Lampe bis sie durch die beiden Gläser des Kastens hindurch das Galvanometer 30° ablenkte, fing nun die Strahlung auf, füllte dann den Kasten mit gereinigtem Rüböl, und stellte, nachdem ich den Galvanometerzeiger auf seine natürliche Lage hatte kommen lassen, die Wärme-Communication wieder her.

Die Ablenkungen bei verschiedener Dicke der Flüssigkeiten waren:

Dicke der Flüssigkeitsschicht.	Ablenkung des Galvanometers.	Dicke der Flüssigkeitsschicht.	Ablenkung des Galvanomet.
6 ^{mm} ,767	15°,642	54 ^{mm} ,139	9°,540
13 ,535	12 ,831	81 ,209	8 ,988
27 ,069	10 ,389	108 ,279	8 ,512

Drückt man wieder durch 1000 die freie Strahlung aus, so hat man für die Mengen der aufgefundenen oder durchgelassenen Strahlen:

Tafel B.

Dicke der Flüssigkeitsschicht.	Durchgelassene Strahlen.	Aufgefangene Strahlen.
6 ^{mm} ,767	443	557
13 ,535	363	637
27 ,069	294	706
54 ,139	270	730
71 ,209	255	745
108 ,279	244	756

Denkt man sich endlich die letzte Schicht getheilt in sechs parallele Scheiben von der Dicke 6^{mm},767, 6,767, 13,535, 27,069, 27,069 und 27,069, so kann man mittelst der in den beiden letzten Columnen enthaltenen Zahlen bestimmen, wie viel Wärme auf die Vorderfläche jeder dieser Scheiben einfiel und wie viel beim Durchgang verloren ging. Dividirt man die zweite Grösse durch die erste, so hat man den Verlust. Die Operationen im Detail anzugeben, ist überflüssig, da sie denen bei den Glasschirmen ganz ähnlich sind; daher nur die Endresultate:

Dicke der sechs Schichten, in welche die Scheibe von 108 ^{mm} ,274 getheilt gedacht ist.	Verlust bei den successiven Durchgängen, bezogen auf die zu jeder Schicht gelangenden Strahlenmengen.
6 ^{mm} ,767	0,557
6 ,767	0,180
13 ,535	0,190
27 ,069	0,082
27 ,069	0,056
27 ,069	0,040

Hieraus geht hervor, daß bei einem Abstände von etwa 100 Millimeter (von der Vorderfläche) die Verluste noch abnehmend sind:

Um das Gesetz der Fortpflanzung der Wärmestrahlung mit einem Blick zu übersehen, braucht man nur die in den beiden ersten Columnen der Tafeln (A) und (B) enthaltenen Resultate graphisch zu construiren.

Der bloße Anblick der Curven, die aus einer solchen Construction hervorgehen, zeigt, daß die Strahlen anfangs, beim Eintritt in die ersten Schichten des Mittels, einen großen Verlust erleiden, der aber, so wie sie sich von der Vorderfläche entfernen, abnimmt, und in einem gewissen Abstände ganz unmerklich wird, so daß die Strahlen ihren Gang mit Beibehaltung ihrer ganzen Intensität fortzusetzen scheinen. Beim Glase und Rüböl, und wahrscheinlich bei allen durchsichtigen Mitteln, muß sich demnach der Antheil der Wärme, welcher den Durchgang durch die ersten Schichten erzwungen hat, bis in sehr große Tiefen fortpflanzen.

De la Roche hatte gefunden, daß die Wärme, welche eine Glasschicht durchdrungen hat, beim Durchgang durch eine zweite Glasschicht im geringen Verhältniß absorbiert wird. Die Identität dieser Thatsache mit dem Gesetz des Widerstands continuirlicher Mittel zeigt, daß die Aufhebung der Continuität und die Dazwischenkunft der atmosphärischen Luft zwischen zwei Schirmen nicht die Natur der Modificationen abändert, welche die Strahlen in der ersten Glastafel erleiden. Es ist also ungewein wahrscheinlich, daß der Satz von De la Roche auch für eine sehr zahlreiche Reihe dünner Schirme gültig ist, denn wir sahen eben, daß in einem und demselben Mittel die Verluste noch in einer Tiefe von 80 bis 100 Millim. abnehmen. Folgendes sind die Resultate meiner Versuche mit vier Scheiben von eben dem Spiegelglase, welches zu meinen ersten Untersuchungen über die Fortpflanzung durch zusammenhängende Mittel gedient hatte. Jede dieser Scheiben hatte die Dicke 2^{mm},068.

Anzahl der Schirme.	Ablenkungen des Galvanometers.
---------------------	--------------------------------

1	21°,62
2	18,75
3	17,10
4	15,90.

Es ist wohl unnöthig zu sagen, daß die gemeinschaftliche Strahlung, welcher alle diese Schirme unterworfen wurden, immer 30^a betrug, und einer Kraft oder Temperatur von 35,3 entsprach. Wenn man diese Strahlung, wie wir es in allen vorhergehenden Fällen gethan, durch 1000 ausdrückt, so hat man:

Anzahl d. Schirme.	Durchgelassene Strahlen.	Aufgefangene Strahlen.
1	619	381
2	531	469
3	484	515
4	450	540

Woraus:

0,381 0,134 0,087 0,058,

als Werthe der Verluste, welche die Strahlen beim successiven Durchgang durch die vier Glasscheiben erleiden, wohl verstanden, daß diese Werthe nicht auf die ursprüngliche Menge bezogen sind, sondern auf die Anzahl der Strahlen, welche zu jeder einzelnen Scheibe gelangt.

Der Satz von De la Roche gilt also noch für die dritte und vierte Scheibe, denn auch bei diesen ist noch eine Verringerung des Verlustes wahrzunehmen.

Man wird bemerken, daß die Verluste bei den vier gleichen Schichten des vierfach dicken Schirms weniger groß waren. Die Ursache hievon ist leicht einzusehen. Hier nämlich fand eine Aufhebung der Continuität statt und die Wärme konnte daher sich mehr durch Reflexion zerstreuen. Allein man sieht, daß in dem einen Fall wie in dem andern der Unterschied zwischen zwei einander folgenden Verlusten abnimmt, in dem Maaße als man sich mehr von der Eintrittsfläche entfernt.

Schreiten wir jetzt zu dem Einfluß, den die chemische Natur der Substanz des Schirms auf die Durchlassung der Wärme ausübt.

Schon Hr. Prevost hatte aus seinen in der vorhin citirten Abhandlung beschriebenen Versuchen den Schluß

gezogen, daß Wasser und Glas die Wärmestrahlen in ungleicher Menge durchlassen müßten. Denn indem er zwischen einer brennenden Kerze und einem sehr empfindlichen Luftthermometer eine Wasserschicht (*nappe d'eau*) niederfließen ließ, erhielt er keine Anzeige von durchgelassener Wärme, wenigstens wenn die Kugel nicht geschwärzt war, und selbst bei einer geschwärzten Kugel war die Temperaturerhöhung außerordentlich schwach, wogegen eine Glastafel, statt der Wasserschicht angewandt, ziemlich deutliche Wirkungen gab ¹). Allein man hat ihm eingeworfen, der Unterschied zwischen der Wirkung des Wassers und des Glases rühre davon her, daß die geleitete Wärme bloß im letzteren Falle merklich sey. Späterhin bemerkte De la Roche, daß eine grünliche Glastafel mehr Wärme durchließ als eine Tafel von einem vollkommen reinen Glase. Indefs da die erste Tafel weit dünner war als die zweite, so behauptete man, der Unterschied der Wirkungen rühre her von dem Unterschied der Dicke ²).

Einige Zeit nach der Erfindung des Thermo-Multipliers machte ich, gemeinschaftlich mit Hr. Nobili, einige Versuche mit Olivenöl, Alkohol, Wasser und Salpetersäure, aus denen uns hervorzugehen schien, daß das Wasser dem Durchgang der von einem heißen Eisen herührenden Wärmestrahlen einen größeren Widerstand entgegensetzte als die drei anderen Flüssigkeiten ³). Allein diese Versuche können für nichts mehr als bloße Proben zum Beweise der leichten Anwendbarkeit des Thermo-Multipliers zu jeglichen Untersuchungen über

1) Hier übrigens seine eigenen Worte: »Es scheint folglich als lasse das Wasser nicht so viel Wärme unmittelbar durch als das Glas, oder wenigstens als gestatte es den Durchgang nur einem feineren Wärmestoff als der ist, welcher das Glas durchdringt.« (Obenerwähnte Abhandlung, §. 48.)

2) Siehe die Anmerkung, S. 117 dieses Bandes.

3) *Ann. de chim. et de phys.* Oct. 1831. (Ann. Bd. XXVII S. 444.)

die Wärmestrahlung angesehen werden, denn wir nahmen nicht Vorsichtsmafsregeln genug, um die Fortpflanzung der geleiteten Wärme zu verhüten und um der völligen Gleichheit der Wärmequelle in allen Fällen gewifs zu seyn. Mitbin waren die Physiker immer der Meinung, dafs der von starren oder flüssigen Körpern unmittelbar durchgelassene Antheil der Wärme gleichen Gesetzen folge, wie die Lichtdurchlassung, und dafs, unter gleichen Umständen, die durchsichtigen Körper die gröfsere Menge von Wärmestrahlen durchlassen.

Die Resultate, welche ich sogleich beibringen werde, scheinen mir für die Theorie der strahlenden Wärme einen Fundamentalsatz aufser Zweifel zu setzen, den nämlich, *dafs die Fähigkeit, Wärmestrahlen durchzulassen, durchaus nicht im Verhältnifs zur Durchsichtigkeit der Mittel stehe*; sie scheint einem anderen Gesetze zu folgen, welches in Körpern ohne regelmäfsige Krystallisation viele Beziehungen zur Brechbarkeit besitzt. Bei Krystallen sind die Erscheinungen noch interessanter, weil man darunter Körper von grofser Durchsichtigkeit findet, welche die Wärmestrahlen fast gänzlich auffangen, und andere welche wiederum im entgegengesetzten Sinne wirken. Diese Eigenschaften äufsern sich beständig, wie hoch auch die Temperatur der Wärmequelle seyn mag, und sie werden in niederen Temperaturen noch auffallender, denn man sieht die strahlende Wärme der blofsen Hand einen festen Körper von mehreren Zollen Dicke unmittelbar durchdringen , doch anticipiren wir nicht die Thatsachen, und gehen wir zunächst die bei dieser dritten Reihe von Versuchen angewandten Methoden durch.

Zunächst ist es unnöthig, die Art, wie die starren Schirme den Wärmestrahlen ausgesetzt wurden, und die Angaben des Thermo-Multipliers näher zu bezeichnen, da sich darin Alles genau wie bei den früheren Versuchen verhält. Was die Flüssigkeiten betrifft, so sind sie im Allgemeinen weniger durchdringbar für die Wärmestrahlen als die

die starren Körper. Sie muß man daher dem Thermoskop mehr nähern, um einen recht deutlichen Durchlaß zu bekommen; allein dann könnte die eigene Erwärmung der Theilchen auf das Instrument einwirken, zumal die Bewegungen, welche immer in ungleich erwärmten Flüssigkeiten entstehen, die Theilchen an der Vorderfläche immer leicht zur Hinterfläche der der Wärmequelle ausgesetzten Schichten fortführen. Diesen Effect der Leitungsfähigkeit kann man im Allgemeinen nicht, wie bei den Versuchen des Hrn. Prevost, durch unaufhörliche Erneuerung der den Wärmestralen ausgesetzten Schicht vernichten, denn einige Flüssigkeiten kann man sich nur in kleinen Mengen verschaffen, und andere erleiden an der Luft mehr oder weniger bedeutende Veränderungen oder starke Verdampfungen, woraus für diese Klasse von Versuchen sehr störende Erhöhungen oder Erniedrigungen der Temperatur entspringen. Der Kunstgriff, wodurch ich diese verschiedenen Uebelstände vermieden habe, ist sehr einfach. Er besteht darin, daß ich die Flüssigkeiten in sehr platte Glaskasten einschliesse, deren zwei große Seitenwände vollkommen parallel sind, und im Sinne der Höhe vier oder fünf Mal größer als die Oberfläche der thermo-elektrischen Säule. Den unteren Theil dieser Kasten stellt man vor die Oeffnung des Rohrs, welches die der Wärmequelle zugewandte Seite des Apparats umschließt; die von der Vorderwand des Gefäßes aufgefangene Wärme dringt in die erste unendlich dünne Schicht der Flüssigkeit; allein diese Schicht erleidet, indem sie sich erwärmt, eine gewisse Ausdehnung; sie wird leichter als die übrige Masse der Flüssigkeit und steigt sogleich zum oberen Theil des Gefäßes, wo sie nicht mehr auf die Säule einwirken kann; sie wird ersetzt durch eine zweite Schicht, welche denselben Vorgang erleidet und so fort, so daß durch diese theilweisen Erneuerungen des flüssigen Schirms der vor der Oeffnung des Rohrs befindliche Theil der Hinterwand des

Gefäßes nicht in Berührung steht mit erhitzten Theilchen und lange Zeit die nämliche Temperatur behält.

Es ist ungemein schwierig platte Glasgefäße mit vollkommen regelmäßigen, überall gleich dicken und paarweis einander genau parallelen Seitenflächen zu verfertigen. Metallrähme mit eingekitteten Gläsern sind unbrauchbar, wegen der auflösenden Wirkung verschiedener Flüssigkeiten. Nach vielen unfruchtbaren Versuchen dachte ich, daß man hier dasselbe Verfahren anwenden könnte, dessen man sich in der Optik bedient, um den Brechungsindex flüssiger Substanzen zu messen. Zu dem Ende liefs ich in mehre recht dicke Stücke unbelegten Spiegelglases 2 Centimeter breite und 9 Centimeter lange Oeffnungen ausschneiden, und belegte die beiden durchbohrten Seiten mit anderen viel dünneren Platten. Wie bekannt reicht die bloße Adhärenz zwischen polirtem Glase hin, um den Durchgang der Flüssigkeiten zu verhindern; zur größeren Sicherheit umgab ich jedoch jedes dieser Gefäße mit zwei Metallrähmen, welche die dünnen Gläser mittelst vier Druckscheiben an den Ecken in ihrer Lage erhielten. Bei einem solchen System kann man den Parallelismus der Wände und die gleiche Dicke der flüssigen Schichten nicht bezweifeln.

Ich habe die Resultate, welche ich mit verschiedenen starren und flüssigen Körpern erhalten habe, in mehre Tafeln getheilt; jede derselben enthält oben die Angabe der gemeinschaftlichen Dicke der angewandten Schirme und zur Seite einer jeden Substanz die Angaben des Thermomultiplicators und die Mengen der durchgelassenen Strahlen, bezogen auf die gesammte Strahlung. Diese Vertheilung erlaubt die Anwendung verschieden dicker Lamellen, und hat überdies den Vortheil, gesonderte Gruppen von jeder Körperklasse vorzustellen. In allen Fällen betrug die freie Strahlung 30° . Um die Resultate dieser Tafeln mit einander zu verknüpfen, habe ich der zweiten und dritten Tafel die Zahlen hinzugefügt, erhal-

ten mit einer Spiegelglasplatte, die sich in denselben Umständen befand, wie die zu einer Gruppe gehörigen Lamellen. So war das Glas, welches in der Tafel der Flüssigkeiten aufgeführt ist, zwischen die beiden dünnen Gläser des Recipienten gebracht, und stammte von dem dicken Spiegelglase ab, aus welchem dieser verfertigt worden; es besaß also genau die Dicke der flüssigen Schichten, und stand wie diese in Berührung mit den beiden Gläsern, welche die Wände des Recipienten bildeten. Allein da diese Wände schon einen Theil der Wärme auffingen, so näherte ich die Lampe so weit, bis ich quer durch das System der drei Gläser dieselbe Angabe von 19° erhielt, welche das dicke Glas gab, wenn es allein der gewöhnlichen Strahlung von 30° ausgesetzt wurde.

	Ablenkung des Galva- nometers.	Durchgelas- sene Strah- len.
Tafel I.		
Farblose Gläser; gemeinschaftliche Dicke 1mm,88.		
Kein Schirm	30°,00	100
Flintglas von Guinand	22°,90	67
- englisches	22°,43	65
- französisches	22°,36	64
- andere Art	22°,19	64
Spiegelglas	21°,89	62
- andere Art	21°,10	60
- andere Art	20°,78	59
Kronglas französisches	20°,58	58
Fensterglas	19°,25	54
- andere Art	18°,56	52
- andere Art	17°,83	50
Kronglas engl.	17°,22	49
Taf. II.		
Flüssigkeiten; gemeinschaftliche Dicke 9mm,21.		
Spiegelglas	19°,10	53
Schwefelkohlenstoff (farblos)	21°,96	63
	19 *	

	Ablenkung des Galva- nometers.	Durchgelas- sene Strah- len.
Chlorschwefel, stark rothbraun	21°,83	63
Phosphorchlorür, farblos	21,80	62
Chlorkohlenwasserstoff, farblos	13,27	37
Nufsöl, gelb	11,10	31
Terpenthinöl, farblos	10,83	31
Rosmarinöl, farblos	10,46	30
Rüböl, gelb	10,38	30
Olivenöl, grüngelb	19,35	30
Natürl. Naphtha, schwach braungelb . .	9,77	28
Copaivbalsam, merklich gelbbraun . .	9,39	26
Lavendelöl, farblos	9,28	26
Nelkenöl (sehr schwach gelblich) . . .	9,26	26
Rectificirte Naphtha, farblos	9,10	26
Schwefeläther, farblos	7,59	21
Reine Schwefelsäure, farblos	6,15	17
Nordhäuser Vitriolöl, merklich braun .	6,09	17
Ammoniaklösung, farblos	5,47	15
Reine Salpetersäure, farblos	5,36	15
Absoluter Alkohol, farblos	5,30	15
Kalihydrat, farblos	4,63	13
Rectificirte Essigsäure, farblos	4,25	12
Brenzliche Holzsäure, schwach bräunlich	4,28	12
Zuckerwasser, farblos	4,20	12
Alaunlösung, farblos	4,16	12
Salzwasser, farblos ¹⁾	4,15	12
Eiweiß, schwach gelb	4,00	11
Destillirtes Wasser	3,80	11

Taf. III.

Krystallisirte Körper; gemeinschaftliche Dicke
2^{mm},62.

Spiegelglas	21°,60	62
Steinsalz, klar	28,46	92
Kalkspath, klar	21,80	62
- anderer, klar	21,30	61

1) Zu dieser Lösung wurde recht reines Steinsalz angewandt und das Wasser völlig gesättigt.

	Ablenkung des Galva- nometers.	Durchgelas- sene Strah- len.
Bergkrystall, farblos, klar	21°,64	62
Rauchtöpas, stark braun, klar	20 ,25	57
Brasilianischer Topas, farblos, klar	19 ,18	54
Weißbleierz, klar	18 ,35	52
Weißer Agat, durchscheinend	12 ,48	35
Schwerspath, klar, schielend gestreift	11 ,72	33
Aquamarin, klar, schwach blau	10 ,16	29
Gelber Agat, durchscheinend	10 ,10	29
Borax, durchscheinend	9 ,87	28
Turmalin, klar, grün	9 ,54	27
Adular, klar, schielend gestreift	8 ,30	24
Gyps, klar	7 ,15	20
Flußspath, klar schielend gestreift	5 ,40	15
Citronensäure, klar	5 ,15	15
Sardonyx, durchscheinend	4 ,98	14
Koblens. Ammoniak, klar, schiel. gestreift	4 ,50	13
Weins. Kali-Natron, klar	4 ,40	12
Alaun (<i>Alun de glace</i>), klar	4 ,36	12
Schwefels. Kupfer, klar, stark blau	0 ,00	0

Taf. IV.

Gefärbte Gläser; gemeinschaftliche Dicke 1^{mm},85.

* Dunkelviolett	18°,62	53
Gelblich roth (<i>plaque</i>)	18 ,58	53
Purpurroth (dito)	18 ,10	51
* Lebhaft roth	16 ,54	47
Blafs violett	16 ,08	45
Orangeroth	15 ,49	44
Hellblau	15 ,00	42
Dunkelgelb	14 ,12	40
Schön gelb	12 ,08	34
Goldgelb	11 ,75	33
* Dunkelblau	11 ,60	33
* Apfelgrün	9 ,15	26
Mineralgrün	8 ,20	23
Sehr dunkelblau	6 ,88	19

Man braucht nur die zweite und dritte Tafel rasch durchzusehen, um die Wahrheit des von uns ausgesprochenen Satzes zu erkennen, desjenigen nämlich, daß das *Vermögen der Körper zur Durchlassung strahlender Wärme in keiner Beziehung zum Grade ihrer Durchsichtigkeit steht.*

In der That läßt der Chlorschwefel, eine ziemlich dunkel rothbraune Flüssigkeit, weit mehr Wärmestrahlen durch als das Nufs-, Oliven- und Rüböl, Flüssigkeiten von viel hellerer Farbe, und diese nämlichen Oele werden, ungeachtet sie einen noch recht merkbaren gelben Ton besitzen, leichter von der strahlenden Wärme durchdrungen als viele andere vollkommen wasserhelle Flüssigkeiten wie concentrirte Schwefel- oder Salpetersäure, Aether, Alkohol und Wasser. Eben so verhält es sich mit den starren Körpern. Schwefelsaurer Kalk, Citronensäure und andere sehr klare farblose Substanzen lassen weit weniger Wärme durch als andere farbige oder durchscheinende Körper, wie z. B. der Aquamarin, Agat, Turmalin, Borax, Adular und Schwerspath.

Nichts ist indess geeigneter den geringen Einfluß der Durchsichtigkeit auf den Durchlaß der Wärmestrahlen deutlich zu machen, als der Vergleich des Resultats von dem *Eisalaun* (*alun de glace*) ¹⁾ mit dem vom *Rauchtopas* (rauchfarbenem Bergkrystall). Die Tafel zeigt, daß bei diesen Körpern, wie bei den andern eben angeführten, die Fähigkeit zum Durchlaß der Wärmestrahlen im umgekehrten Verhältniß steht zur Fähigkeit, die Lichtstrahlen durchzulassen. Ich wollte sehen, bis wie weit sich dies umgekehrte Verhältniß zwischen dem Wärme- und Lichtdurchlaß erstreckte, wenn man die Dicke der Substanzen so abändert, daß aller Vortheil auf Seite des Lichts, aller Nachtheil aber auf Seite der Wärme sey. Zu dem Ende wiederholte ich den Ver-

1) Diefes ist der Name, den man im Handel den sehr klaren Alaunkrystallen giebt.

such mit einem wohl polirten und ganz klaren Alaunblättchen von blofs anderthalb Millimetern Dicke und einem Rauchtöpas, der senkrecht gegen seine polirten Flächen eine Dicke von 86 Millimet. besafs. Dieser Krystall hatte eine so dunkle Farbe, dafs man, wenn man ihn auf ein mit grober Schrift bedrucktes Blatt legte, selbst bei hellem Tageslicht nicht einmal die blofsen Züge der Buchstaben erkennen konnte. Papier und Schriftzüge schwammen vollständig zusammen und bildeten nur einen einzigen gleichmäfsigen schwarzen Farbenton. Dennoch liefs dieser Krystall noch 19° durch, während die dünne Alaunplatte nur 6° gab.

Ein Körper kann also *fast undurchsichtig* seyn, und dennoch den Wärmestrahlen einen leichten Durchgang gestatten, und er kann sehr klar seyn, und doch einen Theil dieser Strahlen auffangen. Man mufs also wohl unterscheiden zwischen Körpern von leichtem Wärmedurchlafs und denen von leichtem Lichtdurchlafs. Ich halte es daher für zweckmäfsig, die ersteren *transcalorische* (*transcaloriques*) oder *diathermane* (*diathermanes*) ¹⁾ zu nennen, in Analogie mit den Worten *transparent* und *diaphan*, welche man für Körper gebraucht, die die gleiche Eigenschaft in Bezug auf das Licht besitzen.

Nachdem was wir vom Rauchtöpas gesehen haben, könnte man fragen, ob es Körper gebe, die diatherman und zugleich vollkommen opak seyen. Diese Frage läfst sich nicht beantworten, bevor nicht alle bekannten Körper auf ihren Wärmedurchlafs geprüft worden sind, was bei weitem noch nicht von mir geschehen ist. Ich kann blofs sagen, dafs rohe Holzsäure und Perubalsam, welche Flüssigkeiten fast vollkommen undurchsichtig sind, die strahlende Wärme noch merkbar durchlassen. Allein alle diathermanen Substanzen, die ich dem Versuch unterworfen habe, gehören zu denen von einiger Durchsichtigkeit.

1) Von *διὰ* durch und *ἰσότητι* erhitzt, wie *diaphan* von *διὰ* und *φανω* scheinen.

Metalle, Hölzer, Marmorsorten, welche Lichtstrahlen gänzlich auffangen, lassen auch gar keine Wärmestrahlen durch. Andere Körper, wie Kalkspath, Steinsalz, Kohlenschwefel, lassen zugleich beide Strahlengattungen durch. Ein gewisser Grad von Transparenz ist also *wahrscheinlich* eine der nothwendigen Bedingungen zum Wärmedurchlaß ¹⁾, aber dieser kann nicht beträchtlich werden ohne Mitwirkung einer anderen Eigenschaft, welche verschieden ist, je nachdem die Körper krystallisirt sind oder nicht. Bei Gläsern und Flüssigkeiten geht diese Eigenschaft offenbar der Brechbarkeit parallel, denn das Flintglas ist lichtbrechender als das Kronglas und läßt auch die Wärmestrahlen leichter als dieses durch. Der Chlorschwefel ist zugleich lichtbrechender und diathermaner als das Terpenthinöl. Dasselbe gilt vom Terpenthinöl in Bezug auf das Olivenöl und so fort bis zum reinen Wasser, der Flüssigkeit von geringster Brechbarkeit und geringstem Wärmedurchlaß. Freilich scheint in den Tafeln das Glas, obwohl weit weniger lichtbrechend, fast eben so diatherman zu seyn als der Chlorschwefel; allein diese Gleichheit ist nur scheinbar. Um sich davon zu überzeugen, braucht man sich nur zu erinnern, auf welche Weise die Flüssigkeiten den Versuchen unterworfen wurden. Ehe die Wärmestrahlen zur Flüssigkeit gelangten, mußten sie die Vorderwand des dieselbe einschließenden Gefäßes durchdringen; und die Gläser gaben nur einen Durchlaß von 21 bis 22 auf 35,3. Es konnte also nur eine

1) Ich habe später gefunden, daß schwarzes vollkommen undurchsichtiges Glas, welches man als Spiegel zur Polarisation des Lichtes anwendet, eine merkbare Menge Wärmestrahlen durchläßt. Diese aus einem schwarzen Glase tretenden *dunkeln Strahlen* können zu höchst sonderbaren Versuchen angewandt werden, wie ich in meiner zweiten Abhandlung anführen werde. (Diese zweite Abhandlung des Verfassers wird in den beiden nächsten Heften mitgetheilt werden. Eine vorläufige Anzeige von den Versuchen mit dem schwarzen Spiegelglase findet sich schon in diesen Annalen, Bd. XXVIII S. 643. P.)

Strahlung von dieser Stärke in das Innere gelangen. Wenn also die Flüssigkeit alle zu ihr gelangenden Strahlen durchläßt, kann doch niemals von diesen eine größere Menge als 22 zum Gefäße hinaustreten. Diese Erklärung wird in auffallender Weise bestätigt von den Wärmedurchlaß des Chlorschwefels und Phosphorchlors. Die Brechungsverhältnisse dieser beiden Flüssigkeiten, obwohl nicht genau bekannt, sind sicher größer als das des Glases und unter einander verschieden, was wahrscheinlich Unterschiede in den durchgelassenen Wärmemengen nach sich zieht. Dennoch scheinen in den Tafeln diese beiden Größen einander gleich zu seyn, und zwar gleich dem Wärmedurchlaß des Schwefelkohlenstoffs.

Bei dem Wärmedurchlaß des Copaivbalsams und des Schwefeläthers giebt es zwar einige wirkliche Abweichungen; allein die Unterschiede sind gering, und sie entspringen wahrscheinlich aus einem geringen Fehler in der Messung des Wärmedurchlasses und der Brechbarkeit. Die Proportionalität dieser beiden Elemente ist so offenbar und bestätigt sich in so vielen Fällen, daß man sie als ein allgemeines Gesetz ansehen kann, für Flüssigkeiten, für Gläser und wahrscheinlich für alle Körper ohne regelmäßige Krystallisation.

Allein bei den krystallisirten Körpern ist dieses Gesetz ganz ungültig. In der That sehen wir, daß das kohlensaure Bleioxyd (Weißbleierz), ein stark lichtbrechender und farbloser Körper, weniger Wärme durchläßt als der Kalkspath und Bergkrystall, Substanzen, die ihm doch in der Brechbarkeit weit nachstehen; das Steinsalz dagegen, welches fast gleiche Durchsichtigkeit und gleiche Brechbarkeit mit der Citronensäure und dem Alaun besitzt, giebt einen sechs bis acht Mal größeren Wärmedurchlaß als diese Substanzen.

Der durchsichtigen und farblosen Körper sind in der dritten Tafel neun enthalten, nämlich: Steinsalz, Kalk-

spath, Bergkrystall, Topas, Weisbleierz, Gyps, Citronensalz, Rochellesalz und Alaun. Diese lassen folgende Wärmemengen durch.¹⁾:

92, 62, 54, 52, 20, 15, 12.

Unterschiede von solcher Gröfse bei Körpern von gleichem Aussehen scheinen mehr von dem eigenthümlichen Gefüge als von der chemischen Natur der Molecüle herzustammen; denn eine Platte aus einem Stück gewöhnlichen Kochsalzes (*sel marin*) fängt fast alle Wärmestrahlen auf, und überdiess sieht man aus der zweiten und dritten Tafel, dafs der Wärmedurchlaß des reinen Wassers fast um dieselbe Gröfse steigt, wenn man Alaun oder Steinsalz darin auflöst, wiewohl diese beiden Substanzen im Zustande der Starrheit eine so verschiedene Wärme-

- 1) Personen, welche keinen solchen thermoskopischen Apparat besitzen wie ich anwandte, können sich davon, dafs das Steinsalz fast alle auf seine Vorderfläche fallenden Wärmestrahlen durchläßt, leicht überzeugen, wenn sie auf einem und demselben Gestell eine Platte aus dieser Substanz und eine eben so grofse Platte von Glas oder Alaun befestigen, und nun das Gestell ganz dicht an das Feuer eines Kamines setzen. Läßt man es fünf bis sechs Minuten daselbst stehen, so wird das Glas so heiß, dafs man sich daran verbrennen kann, während das Steinsalz, auf die empfindlichsten Theile der Hand gelegt, keine Wärmeempfindung hervorbringt. Diese Temperaturunterschiede sind wahrhafte, keine scheinbaren, wie sie sich bei Berührung von Holz und Marmor zeigen, die im Sonnenschein liegen. Um dieß zu erweisen, braucht man nur etwas Wachs oder Talg auf beide Körper zu legen; auf dem Glase sieht man es rasch schmelzen, auf dem Steinsalz dagegen seinen starren Zustand behalten. Der grofse Wärmedurchlaß des Steinsalzes in Bezug auf andere durchsichtige Körper läßt sich auch direct erweisen, ohne Hülfe eines Thermo-Multipliers. Zu dem Ende braucht man nur die beiden Platten in derselben Ebene zu nähern und hinter ihnen zwei Metallröhren zu halten, auf deren Boden die geschwärzten Kugeln zweier gleich empfindlicher Thermometer angebracht sind. Man hält nun eine glühende Kugel vor den Platten. Das Thermometer hinter der Alaunplatte steigt nur um einen Grad, das hinter dem Steinsalz aber um 8 bis 10 Grad.

menge durchlassen. Indefs gewahrt man keine Beziehung zwischen der Fähigkeit zum Wärmedurchlaß und der Krystallform.

Hr. Mitscherlich hat gefunden, daß die Krystalle sich, bei Erwärmung, nach den verschiedenen Richtungen ungleich ausdehnen. Wiewohl dieser Effect keineswegs von der strahlenden Wärme herrührt, so liefs sich doch vermuthen, daß ein geringer Unterschied in der Richtung, nach welcher man eine Platte aus einem Krystall schneidet, einen Unterschied im Wärmedurchlaß hervorbringen würde. Ich liefs daher aus einem Bergkrystall, nach allen Hauptrichtungen in Bezug auf dessen Axe, Platten von gleicher Dicke schneiden; allein bei allen diesen Platten war der Wärmedurchlaß sich gleich. Dasselbe Resultat erhielt ich beim Kalkspath.

Die strahlende Wärme kann sehr große Dicken von einem krystallisirten Körper durchdringen. Man könnte selbst sagen, die Wärmestrahlen erleiden im Innern dieser Körper einen geringern Verlust als in Gläsern und Flüssigkeiten. Wirklich habe ich die Abweichung des Galvanometers blofs von $21^{\circ},6$ auf 19° sinken sehen, als ich die Dicke eines Rauchtobases von 1 bis auf 57 oder 58 vermehrte.

Als ich ein 92 Millimeter langes Stück Kalkspath ¹⁾ der Wärmestrahlung aussetzte, sank die Ablenkung, die bei einer andern Kalkspathplatte von $2^{\text{mm}},6$ Dicke $21^{\circ},8$ betragen hatte, nur auf $18^{\circ},5$, d. h. die Verringerung des Effects betrug nur etwa ein Siebentel bei einer Vergrößerung der Dicke um das 35fache ihres ursprünglichen Werths. Noch auffallender wird die Sache beim Steinsalz. Bei diesem habe ich noch keinen Einfluß der Dicke auf den Wärmedurchlaß nachweisen können; Stücke von

1) Dieß schöne Stück hatte Hr. Oersted an Hrn. Babinet übersandt, welcher letzterer die Güte hatte, es mir zu leihen, so wie die meisten in dieser Abhandlung erwähnten Krystalle.

2 Millimeter Dicke gaben durchaus dieselbe galvanometrische Ablenkung wie Stücke von 30 bis 40 Millimeter.

Aus diesen Beobachtungen folgt, daß in der Tafel der Krystalle die Zahlen der zweiten Kolumne, welche die Verhältnisse der Wärmedurchlässe dieser Körper für eine gemeinschaftliche Dicke von $2^{\text{mm}},6$ ausdrücken, annähernd auch gültig bleiben, wenn die Körper sämtlich weit dicker sind. Ich sage *annähernd*, denn um die wahren specifischen Wärmedurchlässe zu bestimmen, müßte man das Gesetz der Verluste in den verschiedenen Punkten der Körper genau kennen. Wenn die Verluste, bezogen auf die Wärmemengen, welche zu jeder im Innern eines Körpers denkbaren Schicht von gleicher Dicke gelangen, constant wären, würde die Intensität der Strahlen bei Schichten, die in arithmetischer Progression wachsen, in geometrischer Progression abnehmen, und um zu wissen, wie viel eine Substanz diathermaner sey als eine andere, müßte man die relativen Dicken der Platten so lange abändern bis man bei beiden Substanzen einen gleichen Wärmedurchlaß bekäme. Das gesuchte Verhältniß wäre das umgekehrte der Dicken, die gleiche Wirkung thäten¹⁾. Nun aber sahen wir, daß diese Beständigkeit der Verluste nicht vorhanden ist. Allein in dem besonderen Fall von krystallisirten Körpern sind die Unterschiede in der Wirkung bei Vergrößerung der Dicke über 3 Millimeter so klein, daß die Verhältnisse, welche man bei Anwendung dickerer Schirme erhält, nicht sehr von denen abweichen können, welche wir erhielten.

Allein selbst wenn man die specifischen Wärmedurchlässe verschiedener Substanzen bestimmt haben würde, hätte man doch noch nicht die Aufgabe allgemein gelöst, denn wenn man, wie wir in der zweiten Abhandlung sehen werden, die Temperatur der Wärmequelle abändert, ändert man nicht bloß die Ordnung der Wärmedurch-

1) Den Beweis dieses Satzes bei Bouguer: *Traité d'optique sur la gradation de la lumière*, Paris 1760, livr. III sect. I. Art. 1, 2, 3, 4.

lasse, sondern stört sie gänzlich. Um davon eine Idee zu geben, brauche ich nur zu wiederholen, was ich gesagt über die Wirkung der Strahlen aus einer Quelle von wenig erhöhter Temperatur auf gewisse Substanzen, nämlich, daß schon die strahlende Wärme des menschlichen Körpers unmittelbar einen Krystall durchdringen kann; dieser Krystall ist das Steinsalz.

Bekanntlich werden die Wärmestrahlen der Hand vollständig von einem Glase aufgefangen. Das Verhältniß des Wärmedurchlasses zwischen Glas und Steinsalz, welches bei der Temperatur einer Argand'schen Lampe $=62:92$ ist, wird demnach $=1:\infty$, wenn man die Wirkungen dieser beiden Substanzen in niederer Temperatur vergleicht.

Bisher haben wir in Allem von den Farben abgesehen, oder besser gesagt, wir haben die Farben nur in so weit betrachtet als sie, was sie immer thun, den Grad der Durchsichtigkeit klarer Substanzen mehr oder weniger abändern ¹⁾.

1) Ein berühmter Physiker sagte mir neulich: die Intensitäten der verschiedenen Farben mit einander vergleichen zu wollen, hiesse so viel, als den Vergleich zweier heterogenen Dinge zu unternehmen, was ungereimt sey. Ohne die Triftigkeit dieser Behauptung erörtern zu wollen, erlaube ich mir zu bemerken, daß man in gewissen Fällen *einstimmig* zugiebt, daß eine Farbe mehr oder weniger hell sey als eine andere von verschiedener Natur, ohne daß jemals metaphysische Ideen zur Widerlegung dieser allgemeinen Meinung erhoben worden sind. Nehmen wir zum Beispiel das Sonnenspectrum. Hat man nicht zu allen Zeiten angenommen, daß das *Maximum* der *Helligkeit* im Gelben liege und daß von diesem ab die *Lichtstärke* nach beiden Seiten abnehme. Der Satz, den ich oben aussprach, scheint mir an und für sich klar. Wenn ich sage, die Farben bringen *immer Dunkelheit* (*opacité*) in die klaren (*diaphanen*) Substanzen, so versteht mich Jedermann. Man habe reines Wasser zwischen zwei parallelen Platten farblosen Glases, halte das Auge auf der einen und eine Schrift auf der andern, und entferne sich darauf bis diese unleserlich wird. Jetzt nehme man, statt des Wassers, Wein, Oel oder sonst eine *klare* und *mehr oder*

Man muß daher nun specieller untersuchen und festsetzen, welchen Einfluß die Farben auf den Durchgang der Wärme ausüben. Dieß ist der Zweck der vierten Tafel. Die mit einem Sternchen bezeichneten Gläser hatten die reinsten Farben, Farben, die den entsprechenden des Spectrums am nächsten kamen. Davon habe ich mich durch folgenden Versuch überzeugt.

Nachdem ich mittelst eines Heliostaten ein horizontales Bündel Sonnenstrahlen in ein dunkles Zimmer geleitet, theilte ich es in zwei Theile, dadurch, daß ich es durch zwei in einem dunkeln Schirm gemachte Löcher gehen ließ. Das eine Bündel ließ ich auf ein verticales Prisma fallen, das andere auf das farbige Glas, welches ich untersuchen wollte. So hatte ich das Sonnenspectrum neben einem farbigen Fleck in der Richtung der directen Strahlen. Um diesen Fleck dicht an die entsprechende Farbe des Spectrums zu führen, stellte ich hinter dem Glase ein zweites verticales Prisma auf, und drehte es so weit, bis der beabsichtigte Zweck erreicht war. Nun verglich ich die beiden analogen Farben, und beurtheilte zugleich, ob die Farbe des Glases in Folge der neuen Farbentöne, die immer beim Durchgang der farbigen Strahlen eines Glases durch ein Prisma auftreten, mehr oder weniger abgeändert worden sey. Unter vierzehn aus mehreren Glassorten gewählten Farben, habe ich nur fünf gefunden, die den prismatischen Farben sehr nahe kommen und nur sehr schwache secundäre Farben geben. Diese Farben waren nur bei rothem Glase ganz unmerklich.

Es giebt ein anderes Verfahren die Färbung durch-

weniger farbige Flüssigkeit; die Entfernung, bei welcher die Schrift nun leserlich ist, wird um so kleiner seyn, je dunkler die Farbe ist, und zwar gleichviel, von welcher Art die Farbe auch sey. Mithin, wenn die Schrift durch eine gelbe und durch eine rothe Flüssigkeit in gleicher Entfernung lesbar ist, haben diese Mittel für uns einen gleichen Grad von Transparenz.

sichtiger Mittel zu bestimmen, und dies habe ich nicht vernachlässigt. Es besteht darin, daß man die Gläser von den entsprechenden Strahlen des Spectrums durchdringen läßt. Dieser Durchgang ist mit einem sehr geringen Verlust verknüpft, sobald die Farben recht rein sind. Indem ich nun meine fünf Glasplatten mit einer ihrer Seiten in zweckmäßigen Abständen an dem Rand einer in die Farbenstrahlen des Prisma gehaltenen Papptafel befestigte, fand ich, daß jeder prismatische Strahl das Glas von gleicher Farbe ohne allen Verlust durchdrang; wenigstens war die Veränderung, welche diese Gläser den entsprechenden Sonnenstrahlen einprägten, fast gleich bei allen. Dies schloß ich aus dem Vergleich der prismatischen Farben, die geradezu auf eine Wand fielen, und der, die erst nach dem Durchgang durch die farbigen Gläser dahin gelangten; die von diesen letzten Strahlen veranlaßten Schatten waren sehr schwach, fast un wahrnehmbar. Bei jeder andern Anordnung waren sie dagegen sehr hervorstechend. Ersetzte man z. B. das rothe Glas durch das violette, so bildete sich auf der Wand ein fast schwarzer Fleck; wenn also das Violett auch nicht vollkommen rein war, liefs es doch wenigstens von den rothen Strahlen nur eine sehr geringe Menge durch, im Vergleich mit der, welche ein rothes Glas durchliefs.

Bekanntlich findet sich in einem Sonnenspectrum, das ein Prisma aus gewöhnlichem Glase giebt, die stärkste Wärme in dem Roth, und die Temperaturen der übrigen Farben nehmen ab bis zum Violett. Es fragt sich nun: Ist diese Wärmevertheilung in den durch die *Brechkraft* des Prismas gesonderten Strahlen auch noch da in den Strahlen, welche durch die *Absorptionskraft* farbiger Substanzen getrennt sind?

Um dies zu erfahren, braucht man nur mit den verschiedenen Temperaturen des Spectrums die Zahlen zu vergleichen, welche den Wärmedurchlaß unserer fünf Gläser vorstellen, und die folgende sind:

Violett 53, Roth 47, Gelb 34, Blau 33, Grün 26.

Die Ordnung der Farben in Bezug auf ihre Wärme- grade und die Zahlenverhältnisse dieser nämlichen Grade sind dermaßen verändert, daß das violette Licht, welches in dem Spectrum eine 25 bis 30 Mal geringere Temperatur als das rothe Licht besitzt, hier mit der größ- seren Temperatur begabt ist. Einen solchen Unterschied könnte man nicht durch die Annahme erklären, daß bei dem Durchlaß des violetten Glases auch eine große Menge rother Strahlen durchginge; denn dann würden sich diese Strahlen hier in größerem Verhältniß vorfinden als bei dem Durchlaß des rothen Glases, was nach den vor- hergehenden Versuchen unmöglich ist.

Diese Thatsachen scheinen der Meinung derjenigen Physiker zu widersprechen, welche annehmen, daß bei der leuchtenden Wärme die nämlichen Strahlen zugleich die Empfindung des Lichts und die der Wärme erzeugen. Dagegen begriffe man sie leicht in der Voraussetzung, daß Wärme und Licht zweierlei Wesen seyen. Als- dann würde man sagen, die Brechkraft des Prismas wirke ungleich auf die verschiedenen Wärmestrahlen, wie es bei den verschiedenen Lichtstrahlen der Fall ist; es würde demnach gewisse Wärmemengen auf die nämlichen Orte werfen, welche von verschiedenen Farben des Spec- trums eingenommen werden. Allein bei den farbigen Gläsern, so wie bei den mehr oder weniger diatherma- nen Körpern überhaupt, wirkt die Brechkraft nicht so wie die Absorptionskraft, indem sie bald mehr Wärme als Licht und bald mehr Licht als Wärme auslöscht.

Allein die Vertheidiger der Einerleiheit beider We- sen werden erwiedern: die Unterschiede, welche bei *Durchgängen* der Wärme und des Lichts durch wasser- helle oder farbige Mittel beobachtet worden sind, seyen entsprungen aus den dunkeln Wärmestrahlen, welche sich den von einer Lichtflamme ausgesandten Strahlen in gro- ßer Menge beigemischt befinden.

Um

Um zu beurtheilen, bis wie weit es erlaubt ist, die eine oder die andere Hypothese zu unterstützen, müßte man Data haben, die uns gegenwärtig noch fehlen. Ich werde diesen Gegenstand am Schlusse der folgenden Abhandlung wieder aufnehmen, und will nur noch eine sehr merkwürdige Nutzanwendung von den in den vorherigen Tafeln enthaltenen Zahlen angeben.

Durch die schönen Versuche von Seebeck wissen wir bereits, daß das *Maximum* der Temperatur des Sonnenspectrums seine Stelle ändert mit der chemischen Natur der Substanz, aus welcher das Prisma verfertigt ist. Dieser geschickte Chemiker hat nämlich beobachtet, daß der stärkste Wärmegrad, welcher in dem Spectrum eines Prismas aus Kronglas im Roth befindlich ist, bei Anwendung eines hohlen mit Schwefelsäure gefüllten Prismas zum Orange übergeht, und zum Gelb, wenn man dasselbe Prisma mit reinem Wasser füllt ¹⁾.

Vor einigen Monaten fand ich, daß die Wärmestrahlen unter den Farben eines gewöhnlichen Prismas keine gleiche Veränderung erleiden, wenn man sie durch eine Schicht Wasser gehen läßt. Der Verlust steht im umgekehrten Verhältniß der Brechbarkeit, so daß die brechbarsten Strahlen vollständig durchgehen und die wenigst brechbaren vollständig aufgefangen werden ²⁾. Dieser Versuch führte mich zu einer sehr einfachen Erklärung der von Seebeck erhaltenen Resultate.

Die Sonnenwärme, welche auf die Vorderfläche des Wasserprismas fällt, enthält Strahlen von jeglicher Brechbarkeit. Nun erleidet der Wärmestrahle, welcher gleiche Brechbarkeit mit dem rothen Licht besitzt, beim Durchgang durch das Prisma einen verhältnißmäßig stärkeren Verlust als der Wärmestrahle von der Brechbar-

1) Jahrbuch der Chemie und Physik von Schweigger, Bd. X S. 129.

2) *Ann. de chim. et de phys.* Dec. 1831. (Ann. Bd. XXIV S. 640.)
Poggendorff's Annal. Bd. XXXV.

keit des orangefarbenen Lichts, und dieser verliert weniger beim Durchgang als die Wärme des gelben Lichts. Diese wachsenden Verhältnisse in den Verlusten der weniger brechbaren Strahlen machen offenbar das Maximum des Rothens zum Violetten wandern; es kann also auf dem Gelben stehen bleiben.

Nimmt man an, die Schwefelsäure sey in ihrer Wirkung dem Wasser analog, aber weniger stark, so begreift man, warum bei einem Prisma aus dieser Säure das *Maximum* auf das Orange fällt.

Endlich muß selbst das Glas, aus dem die gewöhnlichen Prismen verfertigt sind, auf ähnliche Weise wirken, und bei jedem Strahl einen seiner Brechbarkeit umgekehrt proportionalen Verlust hervorbringen. Wenn man also zur Verfertigung des Prismas eine weniger *wirksame* Substanz als gemeines Glas anwendet, werden die Verluste für die *weniger brechbaren* Strahlen in größerem Verhältniß geschwächt seyn. Diese Strahlen gewinnen also über die *brechbaren* den Vorsprung, und das *Maximum* wandert nach entgegengesetzter Richtung wie zuvor, d. h. vom Violett zum Roth.

Und gerade so fanden es Herschel, Englefield und Seebeck als sie mit Flintglas-Prismen experimentirten; das *Maximum* fiel in den dunkeln Raum dicht bei der letzten rothen Zone des Spectrums.

Vergleichen wir diese Resultate mit den Zahlen, welche die *Wärmedurchlässe* darstellen, so sehen wir, daß das *Maximum* der Wärme, wenn wir vom Gelben ausgehen, wo es beim Wasserprisma befindlich ist, sich *immer weiter in derselben Richtung* entfernt, in dem Maasse als man das Prisma aus einer mehr diathermanen Substanz verfertigt. Es fällt schon etwas außerhalb des Spectrums, wenn man, statt Kronglas, Flintglas nimmt. So wie man diese Theorie als richtig annimmt, ist vor auszusehen, daß beim Steinsalz, einer Substanz die gegen das Flintglas weit diathermaner ist als dieses Glas

gegen Kronglas, sich die Linie der größten Wärme von den Farben ganz abtrennen und in den dunkeln Raum, auf eine von der Gränze des Roth sehr entfernte Zone, fallen müsse.

Ich habe den Versuch angestellt und er ist mir vollkommen gelungen. Ich habe gefunden, daß bei dem Spectrum eines Prismas aus Steinsalz das Maximum der Wärme in dem dunkeln Raume lag, entfernt von der letzten (sichtbaren) Zone *wenigstens* eben so weit als, in umgekehrter Richtung, das Grünblau von dem Roth. Ich kann vor der Hand keine genauen Messungen angeben, weil ich bis jetzt nur mit einem sehr kleinen Prisma experimentirte, und als mir in der Folge größere Stücke Steinsalz zu Gebote standen, erlaubte mir die Jahreszeit nicht diesen sonderbaren Versuch wieder vorzunehmen und genauer zu studiren. Allein die Erscheinung war bei mehrmaligen Wiederholungen meines Versuchs so deutlich und constant, daß ich sie für entscheidend halte, und an der großen Entfernung des Wärme-Maximums von dem letzten Roth im Spectrum des Steinsalzes nicht den geringsten Zweifel hege ¹).

Die Vertheilung der Temperaturen im Sonnenspectrum ist also eine Erscheinung, die gar nicht abhängt von der von mir aufgefundenen Ordnung in dem Wärmedurchlaß durchsichtiger Substanzen.

Schon diese Erscheinung begründet eine auffallende Beziehung zwischen den Eigenschaften der solaren Wärmestrahlen und denen der strahlenden Wärme irdischer Körper; allein wir werden späterhin einen noch innige-

1) Seitdem habe ich dasselbe Resultat mit fünf Steinsalz-Prismen erhalten, deren Winkel von 30° bis 70° gingen. Das zu den Prismen angewandte Steinsalz stammte her aus den Gruben von Cordona, Wielitza und Vicq; es ward in verschiedenen Richtungen gegen die Krystallaxe geschnitten. Die numerischen Data werde ich in einer speciellen Arbeit über die Zerlegung der solaren Wärmestrahlen mittheilen.

ren Zusammenhang zwischen beiden Strahlengattungen hervortreten sehen, wenn wir erst die Veränderungen untersuchen, die eine Veränderung in der Temperatur der strahlenden Quelle in dem Durchlaß der Wärme hervorbringt.

V. Neue Eigenschaft der Knallpulver.

Hr. Heurteloup hat die Erfahrung gemacht, daß wenn man eine Röhre aus weichem Metall mit einem Knallpulver füllt, und sie darauf der Wirkung einer scharfen Messerklinge aussetzt (das heißt: mit dieser zerschneidet, oder zu zerschneiden oder durchzubauen sucht. *P.*) niemals eine Detonation eintritt, welche dagegen immer stattfindet, sobald die Röhre mit einer platten Fläche geschlagen wird.

Von dieser Eigenschaft hat nun Hr. H. folgende Anwendung gemacht. Er hat ein Instrument verfertigen lassen, das in seiner Zusammensetzung eine Klinge (*lame*) und einen Hammer enthält. Diefes Instrument, welches er »*Koptiteur*« (von *κόπτειν* schneiden und *τύπτειν* schlagen) nennt, wird, nebst der Röhre, die das Knallpulver enthält, in dem Kolben einer Flinte angebracht (*de manière à fournir un système d'amorces perpétuelles*). Die Klinge zerschneidet (*divise*) das Rohr ohne das Pulver zu entzünden, und der Hammer bringt es zum Detoniren. Nach der Explosion wird die Röhre, welche das Knallpulver enthält, vorgeschoben, so daß es von Neuem der Wirkung des Instruments ausgesetzt ist. So kann man dann vielmals hinter einander Feuer geben. — Der General Rogniat hat späterhin in der Academie einen günstigen Bericht über diesen »Koptiteur« abgestattet, darin indeß über die nähere Einrichtung dieses Instruments nichts Bestimmtes mitgetheilt. (*L'Institut*, No. 103 und 105.)
