I. *Ueber den Durchgang der strahlenden Wärme durch polirtes, mattes und berufstes Steinsalz, und über die Diffusion der Wärmestrahlen; von H. Knoblauch.*

(Auszugsweise vorgetragen in der vereinigten physikalisch-chemischen Section der Naturforscher-Versammlung zu Speyer am 19. September 1861 und in der naturforschenden Gesellschaft zu Halle am 24. Januar und 7. Februar 1863.)

I. Steinsalz mit glatter Oberfläche.

Der von Melloni ¹⁾ aufgestellte Satz, daß klares Steinsalz jede Art von Wärmestrahlen in gleichem Verhältniß hindurchlasse, ist, wenn zwar von namhaften Physikern, wie Forbes ²⁾ und Baden-Powell ³⁾ zugegeben, dennoch von Anderen, welche sich mit der strahlenden Wärme beschäftigt haben, bestritten oder wenigstens in Zweifel gezogen worden.

1) *Compt. rend.* IX, 315; X, 537; XI, 141; XVIII, 39; XXXVI, 709; XXXVII, 293, 599; XXXVIII, 429. (*Mém. de l'Acad.* XIV.) — Monatsber. d. Berl. Acad. 1853, S. 227. — *Annal. de Chim. et de Phys.* LIII, 5; LV, 337; LX, 418; LXXII, 40. — *Inst.* No. 84, p. 410. No. 89, p. 22. — *Pogg. Annal.* XXXV, 298, 299, 307, 401—403, 412, 535, 536, 550, 552, 561, 567, 578; XXXVII, 491; (XXXVIII, 28, 30; XXXIX, 557); XLIII, 21, 284; XLVIII, 327—330; XLIX, 577; LI, 87; LXII, 21, 22; LXXXIX, 84—90. — Melloni, *Thermochrose*, 164, 166, 187, 189, 190, 195, 196, 214, 227, 228, 238, 245, 247, 265, 280, 303, 307, 308, 329, 332.

2) *Transact. of the Roy. Soc. of Edinburgh XV, pt. I.* — *Pogg. Annal.* LI, 107.

3) *Phil. Mag.* 4th Ser. III, 536, 537, 540.

So behaupten de la Provostaye und Desains ¹⁾: daß Steinsalz eine ungleiche Absorption auf verschiedene Arten von Wärmestrahlen ausübe und zwar, daß es Wärme leuchtender Quellen weniger zurückhalte, als dunkle Wärme.

Auch Stewart ²⁾ ist der Meinung, daß dasselbe den Strahlen höherer Temperatur einen reichlicheren Durchgang als solchen von niederem Wärmegrade gestatte. Derselbe behauptet ferner einen Unterschied in der Durchstrahlung der von verschiedenen Körpern bei gleicher Temperatur ausgesandten Wärme.

Zantedeschi, welcher früher ³⁾ ebenfalls entschieden jener Ansicht war, hat diese später ⁴⁾ dahin geändert, daß er das Steinsalz, den Wärmestrahlen niederer Temperatur gegenüber, für diathermaner erklärt, als hinsichtlich derer von hoher Temperatur.

In einen noch eigenthümlicheren Widerspruch mit seinen eigenen Behauptungen geräth Volpicelli, welcher in zwei unmittelbar auf einander folgenden Sätzen ⁵⁾ sagt: das Steinsalz bewähre die von Melloni an irdischen Wärmequellen erkannte Eigenschaft »athermochroisch« zu seyn, auch bei den Sonnenstrahlen, und sodann: eine 0^m,15 dicke Steinsalzplatte lasse bei hindurchgehendem Sonnenstrahl keine Ablenkung am Thermomultiplicator eintreten, während Lampenwärme dieselbe bis auf 1° beobachten lasse, eine Erscheinung, welche alsdann aus der ungleichen Beschaffenheit beider Strahlengruppen (auf welche das Steinsalz doch eben nicht reagiren sollte) abgeleitet wird.

1) *Compt. rend.* XXXVI, 84, 1073; XXXVII, 170, 669. — *Pogg. Annal.* XC, 625, 626.

2) *Transact. of the Roy. Soc. of Edinb.* XXII, 1 ff., 59 ff. — *Proc. of Edinb. Soc.* 1857—58, p. 95; 1858—59, p. 203. — *Phil. Mag.* 4th Ser. XX, 535, 538.

3) *Racc. fis. chim. ital.* II, 291 ff., 295, 296, 302—304. — *La termocrosi di Melloni dimostrata insussistente e l'autore in opposizione con se stesso*, p. 1—7.

4) Sitzungsber. d. Kais. Acad. zu Wien XXIV, 43—49.

5) *Compt. rend.* XXXV, 956.

Magnus ¹⁾ hält die Frage wenigstens nicht für völlig entschieden, indem er die Möglichkeit zugiebt, daß Steinsalz einen ungleichen Einfluß auf verschiedene Wärmestrahlen ausüben könne.

Ich selbst habe diese Zweifel aufs Vollständigste getheilt ²⁾ in Folge der Erfahrungen, die ich an einem Exemplar von Steinsalz gemacht hatte, welches den von verschiedenen Körpern diffus reflectirten ³⁾, oder von verschiedenen Substanzen hindurchgelassenen ⁴⁾, oder den von ungleichen Wärmequellen ausgesandten ⁵⁾ Wärmestrahlen einen mehr oder minder reichlichen Durchgang gestattete.

Bei solchen Widersprüchen und Zweifeln kam es darauf an, eine für die gesammte Lehre von der strahlenden Wärme so wichtige Frage noch einmal an der Erfahrung zu prüfen und wo möglich zu entscheiden, ob dem Steinsalz in der That die Stellung zukomme, welche Melloni ihm angewiesen, oder ob die Lehre von der strahlenden Wärme nach der nunmehrigen Kenntniß auf den Standpunkt einer Optik versetzt sey, der kein einziges farblos durchsichtiges Medium verblieben.

Die Entscheidung dieser Frage hatte an Bedeutung gewonnen, seitdem das Steinsalz auch als Mittel bei weitergehenden Untersuchungen, wie der Polarisation ⁶⁾, der Interferenz ⁷⁾ der Wärmestrahlen usw. in Anwendung gekommen war.

1) Pogg. Annal. CXII, 515.

2) Fortschritte der Physik i. J. 1847, dargest. v. d. physik. Gesellsch. zu Berlin, S. 264. — Pogg. Annal. CI, 174, 212.

3) *De calore radiante disquisitiones experimentis quibusdam novis illustratas scripsit Carolus Hermannus Knoblauch. Berolini, MDGCCXLVI, p. 61—85, 98—100.* — Pogg. Annal. LXXI, 12—45, 62—67; CIX, 597, 599, 603.

4) *De calore radiante disquisitiones cet. p. 46.* — Pogg. Annal. LXX, 360, 361.

5) *De calore radiante disquisitiones cet. p. 12, 13, 16, 18, 46, 72.* — Pogg. Annal. LXX, 217, 218, 223, 225, 360, 361; LXXI, 28, 29.

6) VVartmann, *Archiv. des sc. phys. et nat.* I, 417, 418; (*Compt. rend.* XXII, 745.) — Pogg. Annal. LXXI, 573.

7) Knoblauch, *Monatsber. d. Berl. Acad.* 1859, S. 565. — Pogg.

Das zu den Versuchen erforderliche Material wurde von verschiedenen Seiten bezogen, den größeren Theil desselben aber verdanke ich der besonderen Güte des Hrn. Berghauptmanns v. Hövel, welcher mit vorzüglichen Stücken des Stafsurther Steinsalzes mich versorgte.

1. Die erste Prüfung beschäftigte sich mit der Frage, ob die *von verschiedenen Körpern diffus reflectirten Sonnenstrahlen*, welche bei allen bisher untersuchten diathermanen Substanzen so bedeutende Unterschiede zu erkennen gegeben hatten ¹⁾, sämmtlich eine und dieselbe Steinsalzplatte in gleichem oder ungleichem Verhältniß durchdringen würden.

Die von Platin, Gyps, Carmin, Kupferoxyd, rothem Taftt; weißem Sammt, schwarzem Sammt, schwarzem Papier, weißer Wolle, Holz und grünem Wachstuch zurückgeworfenen Wärmestrahlen der Sonne wurden der Reihe nach auf eine quadratische Thermosäule gerichtet, und, nachdem sie so durch directe Strahlung jedesmal eine und dieselbe Ablenkung an dem mit der Säule verbundenen Multiplicator hervorgebracht hatten, durch die nach einander vor der Thermosäule eingeschalteten Steinsalzplatten hindurchgelassen.

Es wurde dabei ganz dasselbe Verfahren befolgt und und alle die Vorsichtsmaßregeln angewandt, welche in früheren Abhandlungen ²⁾ bereits näher bezeichnet worden sind.

Die hier zur Prüfung kommenden Steinsalze waren ein 6^{mm} dickes, von Lerebours et Secretan in Paris bezogenes Stück; zwei Exemplare aus Stafsurther, das eine von 5^{mm}, das andere von 13^{mm}, 5 Dicke und ein 17^{mm} dickes von der Saline Wilhelmshöhe bei Hall und Kocher (in der Nähe von Steinbach) in Würtemberg, sämmtlich in parallelepipedischer Gestalt, von glatten, entweder natürlichen oder künstlich angeschliffenen, an der Vorder- und Rück-

Annal. CVIII, 611. — Amtl. Bericht der Naturforscher-Versammlung zu Königsberg 1860, S. 112.

1) Pogg. Annal. CIX, 595—601.

2) Pogg. Annal. CI, 186, 188; CIX, 595, 596.

seite polirten Flächen begränzt. Die von Stafs furth und Wilhelmsglück zeichneten sich durch ihre Klarheit aus. In der folgenden Tabelle sind sie, der Kürze halber, nur durch ihre Dicken unterschieden; jedoch nicht nach diesen geordnet, um die beiden Stafs further Exemplare nicht von einander zu trennen. Zum Vergleich ist ihnen das, bei den bisherigen Veröffentlichungen aufgeführte, Steinsalz von 4^{mm},4 Dicke in erster Linie beigefügt. In der Uebersicht der Ergebnisse ist die, der ursprünglichen directen Einstrahlung entsprechende Wärme gleich 100 gesetzt und hierauf die nach dem Einschalten der Platten durch diese hindurch zur Thermosäule gelangende Menge bezogen worden.

Verhältnis der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsäle zur Thermosäule gelangen, nach der Reflexion von:

Steinsäle von der Dicke:	bei unreflec- tirtir Son- nenwärme.	Platin.	Gyps.	Carmia.	Kupfer- oxyd.	rohem Tafl.	weißem Sammt.	schwarzem Sammt.	schwarzem Papier.	weißem Völle.	Holz.	grünem Vachstuch.
mm 4,4	100 : 62	65	85	90	81	85	85	75	65	85	85	75
mm 6,0	100 : 75	75	89	92	83	89	89	79	75	89	89	79
mm 5,0	100 : 86	86	92	96	90	92	92	88	86	92	92	88
mm 13,5	100 : 87	87	111	119	100	111	111	93	87	111	111	93
mm 17,0	100 : 98	98	130	138	122	130	130	112	98	130	130	112

So zeigte sich nicht allein bei allen Steinsalzen ein beträchtlicher Unterschied in dem Durchgange der von den verschiedenen Körpern zurückgeworfenen Wärmestrahlen, sondern auch der Charakter dieses Durchgangs war bei allen Exemplaren derselbe und in vollständiger Uebereinstimmung mit dem, welchen das früher angewandte Steinsalz (von 4^{mm},4 Dicke) gezeigt hatte. Ueberall waren die von Platin und schwarzem Papier reflectirten Strahlen in gleichem und geringstem Maasse hindurchgedrungen, dann unter sich in gleichem Verhältniß die von schwarzem Sammt und grünem Wachstuch zurückgeworfenen, reichlicher die vom Kupferoxyd, weiter hatten sich bei allen Steinsalzen die von Gyps, rothem Taft, weißem Sammt, weißer Wolle und Holz reflectirten Strahlen zusammengruppirt, die höchste Stelle hatte bei allen die Durchstrahlung der vom Carmin zurückgeworfenen Wärme eingenommen. Ja dieses charakteristische Verhalten schien sich, namentlich wenn man die Extreme betrachtet, desto vollkommener geltend zu machen, je dicker die durchstrahlte Steinsalzplatte war, gleichfalls in vollständigem Widerspruch mit den von Melloni gemachten Erfahrungen ¹⁾).

Aber ungeachtet jener durchgehenden Uebereinstimmung konnte ich mich des Bedenkens nicht erwehren, ob in den aufgetretenen Verschiedenheiten wirklich ein Beweis für eine, von der Verschiedenartigkeit der einfallenden Strahlen abhängige, ungleiche Durchstrahlbarkeit des Steinsalzes enthalten sey.

Hätte man auch in den drei ersten Fällen, welche die Tabelle darstellt, den reichlicheren Durchgang der Wärme bei größserer Dicke des Steinsalzes der größseren Klarheit der Masse zuschreiben wollen, so liefs doch diese mit der Dicke wachsende Durchstrahlung in den beiden letzten Fällen, in denen die Klarheit als gleich betrachtet werden

1) (*Mém. de l'Acad. XIV*). — *Annal. de Chim. et de Phys.* LIII, 5; LV, 337. — *Inst.* No. 65, p. 264; No. 84, p. 410. — (*Le Temps* 12. Févr. 1833). — *Pogg. Annal.* (XXVIII, 376); XXXV, 299, 300, 401, 561; (XXXVIII, 29, 30). — *Thermochroïse*, 190, 195, 214, 316.

reflectirten Wärmestrahlen aus, während dieß bei jedem anderen bisher untersuchten diathermanen Körper der Fall war ¹⁾.

Die Frage nach der Ursache der bei dem *trüben Steinsalz* fortbestehenden Verschiedenheiten blieb noch als eine ungelöste übrig.

2. Ein zweites Mittel, verschiedenartige Wärme sich zu verschaffen, besteht darin, die Sonnenstrahlen *durch ungleiche diathermane Schirme hindurchgehen* zu lassen. So ist z. B. die durch ein rothes Glas hindurchgestrahlte Sonnenwärme von der durch ein grünes Glas gegangenen verschieden, und diese ungleiche Beschaffenheit beider bewirkt, daß sie einen zweiten diathermanen Schirm, wenn derselbe überhaupt eine auswählende Absorption auf sie ausübt, in ungleichem Verhältniß durchdringen. So gehen jene in dem Verhältniß von 73, diese in dem von 63 Proc. der einfalenden Strahlen durch ein zweites rothes Glas; dagegen jene in dem Verhältniß von 5, diese in dem von 14 Proc. durch ein zweites grünes Glas hindurch.

Die Sonnenstrahlen wurden der Reihe nach durch ein dunkelrothes, hellrothes, grünes, blaues, gelbes, farbloses, schwarzes undurchsichtiges Glas, Gyps, Alaun, Kalkspath und Steinsalz hindurchgelassen, oder gelangten direct zur Thermosäule. Es fragte sich, ob Steinsalz, in den Gang dieser verschiedenartigen Strahlen eingeschaltet, allen einen gleichmäßigen Durchlaß gestatten würde.

Diese Methode bietet vor der ersteren den wesentlichen Vortheil dar, daß sie den Sonnenstrahlen ihre parallele Richtung läßt und damit die ganze, vorher von der Divergenz der Strahlen herrührende Nebenwirkung vermieden wird. Die Ausbreitung der Strahlen beim Reguliren der ersten constanten Ablenkung, welche durch Verengerung oder Erweiterung eines Spalts mittelst Mikrometerschraube bewirkt wurde, war nie eine solche, daß beim

1) Monatsber. d. Berl. Acad. 1845, S. 170. — *De calore radiante disquisitiones cet. p.* 54 sqq. — Pogg. Annal. LXV, 581 ff.; LXXI, 1 ff.; CL, 179 ff.; CLX, 595 ff.

schwunden. Mit dem 17^{mm} dicken Steinsalz ließen sich diese Versuche nicht anstellen, weil es unmöglich war, eine Anordnung zu treffen, bei der nicht die Blendungen unmittelbar einen Theil der Strahlen auf eine ungehörige Weise zurückhielten, während sie doch nur die gedachte Nebenwirkung verhindern sollten.

Bei dem älteren, 4^{mm}, 4 dicken Steinsalz blieben die Verschiedenheiten auch unter Anwendung der Blendungen bestehen.

Die vorher wahrgenommenen Verschiedenheiten, wie sie bei dem gewöhnlichen Verfahren aufgetreten, waren sonach auf eine bloße *Richtungsverschiedenheit* der zu den Steinsalzen gelangenden Wärmestrahlen zurückzuführen. Die vom Platin und schwarzen Glanzpapier reflectirten mochten so wenig vom Parallelismus abweichen, daß sie gar nicht die Seitenwände der Steinsalzparallelepipeda trafen. Die bei der intensiven Reflexion vom Metall erforderliche Schmälerung des in das Zimmer eintretenden Strahlenbündels beschränkte sie bei jenem um so mehr auf die Mitte der zu durchdringenden Platte und in diesem Falle war es daher auch ohne Einfluß, ob die Steinsalze mit den Blendungen versehen wurden oder nicht. Je diffundirender aber die raue Fläche und je größer die Ausbreitung des auf sie fallenden Strahlenkegels war, um so sicherer erreichten die Strahlen die Seitenwände der Steinsalzstücke, die sie nun, nach Beschaffenheit ihrer mehr rauhen oder glatten Flächen diffus oder unter bestimmtem Winkel in die Säule hineinreflectirten. Es leuchtet ein, wie sich auch hierbei, unter der Gleichmäßigkeit des Verfahrens, eine gewisse Uebereinstimmung besonderer Fälle ergeben konnte, wie aber unter so mannigfachen Bedingungen eine einfache Beziehung zu der Dicke der Steinsalzstücke nicht zu erwarten war, wenn zwar im Allgemeinen eine größere Dicke dem betreffenden Vorgange günstiger war, als eine geringere, wie eine längere Röhre einflußreicher als eine kurze.

Jedenfalls übten die klaren Steinsalzplatten an sich keine ungleiche Absorption auf die so verschiedenartigen, diffus

reflectirten Wärmestrahlen aus, während dieß bei jedem anderen bisher untersuchten diathermanen Körper der Fall war ¹⁾.

Die Frage nach der Ursache der bei dem *trüben Steinsalz* fortbestehenden Verschiedenheiten blieb noch als eine ungelöste übrig.

2. Ein zweites Mittel, verschiedenartige Wärme sich zu verschaffen, besteht darin, die Sonnenstrahlen *durch ungleiche diathermane Schirme hindurchgehen* zu lassen. So ist z. B. die durch ein rothes Glas hindurchgestrahlte Sonnenwärme von der durch ein grünes Glas gegangenen verschieden, und diese ungleiche Beschaffenheit beider bewirkt, daß sie einen zweiten diathermanen Schirm, wenn derselbe überhaupt eine auswählende Absorption auf sie ausübt, in ungleichem Verhältniß durchdringen. So gehen jene in dem Verhältniß von 73, diese in dem von 63 Proc. der einfallenden Strahlen durch ein zweites rothes Glas; dagegen jene in dem Verhältniß von 5, diese in dem von 14 Proc. durch ein zweites grünes Glas hindurch.

Die Sonnenstrahlen wurden der Reihe nach durch ein dunkelrothes, hellrothes, grünes, blaues, gelbes, farbloses, schwarzes undurchsichtiges Glas, Gyps, Alaun, Kalkspath und Steinsalz hindurchgelassen, oder gelangten direct zur Thermosäule. Es fragte sich, ob Steinsalz, in den Gang dieser verschiedenartigen Strahlen eingeschaltet, allen einen gleichmäßigen Durchlaß gestatten würde.

Diese Methode bietet vor der ersteren den wesentlichen Vortheil dar, daß sie den Sonnenstrahlen ihre parallele Richtung läßt und damit die ganze, vorher von der Divergenz der Strahlen herrührende Nebenwirkung vermieden wird. Die Ausbreitung der Strahlen beim Reguliren der ersten constanten Ablenkung, welche durch Verengerung oder Erweiterung eines Spalts mittelst Mikrometerschraube bewirkt wurde, war nie eine solche, daß beim

1) Monatsber. d. Berl. Acad. 1845, S. 170. — *De calore radiante disquisitiones cet. p.* 54 sqq. — Pogg. Annal. LXV, 581 ff.; LXXI, 1 ff.; CI, 179 ff.; CIX, 595 ff.

Einstellen der Steinsalzstücke deren Seitenwände hätten getroffen werden können. Die zuvor nothwendigen Blendungen wurden daher jetzt als überflüssig fortgelassen. Somit war auch kein Hinderniß, das Steinsalz in beliebiger Dicke der Prüfung zu unterwerfen. Die Verschiedenartigkeit der demselben gebotenen Wärmestrahlen konnte bei dieser Versuchsreihe nicht als geringer denn bei der vorigen betrachtet werden.

Folgendes sind die (streng nur für ein und dasselbe Steinsalz vergleichbaren) Werthe, welche die Beobachtung ergeben hat.

Steinsalz von der Dicke:	Verhältnis der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangen, nach der Durchstrahlung von:											
	bei direkter Sonnen- wärme.	dunkelro- them Glase.	hellrothem Glase.	grünem Glase.	blauem Glase.	gelbem Glase.	farblosem Glase.	schwarzem Glase.	Gyps.	Alaun.	Kalkspath.	Steinsalz (von der Dicke)
mm 6,0	100:83	83	83	82	82	82	82	82	83	82	83	mm (13,5) 83
mm 5,0	100:90	90	90	89	90	90	90	89	90	90	90	mm (4,4) 90
mm 13,5	100:88	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	mm (5,0) 87
mm 17,0	100:94	94	95	94	95	94	94	94	95	94	94	mm (6,0) 94

Aus diesen Zahlen geht aufs Unzweideutigste hervor, daß die klaren Steinsalzstücke alle diese verschiedenartigen Wärmestrahlen auf völlig gleiche Weise hindurchlassen, sie mögen direct von der Sonne kommen, oder irgend einen diathermanen Schirm durchstrahlt haben.

Das trübe Steinsalz ist, als nicht dazu gehörig, von dieser Uebersicht ausgeschlossen worden.

Es liegt in den eben erhaltenen Resultaten eine neue Bestätigung dafür, daß die oben gedachten, bei den klaren Steinsalzen aufgetretenen, Verschiedenheiten in der That nur von jener Nebenreflexion herrührten.

3. Um die Untersuchung möglichst zu erschöpfen, wandte ich auch noch das dritte Verfahren an, welches ungleichartige Wärmestrahlen liefert, indem ich mit *Strahlen verschiedener Wärmequellen* experimentirte. Es lag hierin zugleich eine Verfeinerung der Prüfung, indem auf solche Weise die *größtmöglichen Unterschiede in den Eigenschaften der Wärmestrahlen* in den Bereich derselben aufgenommen wurden. Ein, wenig über 100° C. erbitzter, Metallcylinder, von dem nur eine einzige Art Wärmestrahlen ¹⁾ ausgeht, auf der einen, und die Sonne mit einer unendlichen Mannigfaltigkeit von Strahlen ²⁾ auf der andern Seite bilden die Extreme, deren man sich überhaupt bedienen kann. Ein Vergleich des Durchgangs dieser Strahlen ist überdies beim Steinsalz noch nicht angestellt worden. Als eine zwischen ihnen stehende Wärmequelle wurde noch die Argand'sche Lampe ohne Glasylinder hinzugenommen.

Freilich trat hier der Einfluß der Divergenz der von den mehr oder minder entfernten irdischen Quellen ausgehenden Wärmestrahlen wieder in seiner ganzen Stärke hervor und hätte die größte Verwirrung in den Resultaten

1) *De calore radiante disquisitiones* cet. p. 95. — Monatsber. d. Berl Acad. 1846, S. 365. — Pogg. Annal. LXXI, 61; CI, 194.

2) Pogg. Annal. CI, 181, 195; CIX, 601. — Eine Mannigfaltigkeit, welche bei den Versuchen weder durch den unvermeidlichen *Heliostatenspiegel* (Pogg. Ann. CI, 189 — 191), noch durch ein zum Schutz gegen Windstöße bisweilen in der Fensterlade angebrachtes dünnes *Glimmerblatt* (Pogg. Ann. CIX, 601, 602) beeinträchtigt wurde,

und die vollständigste Täuschung über die eigentlichen Absorptionsverhältnisse herbeigeführt, wäre er nicht durch besondere Vorkehrungen beseitigt worden. An einem zwischen Wärmequelle und Thermosäule aufgestellten, in der Höhe beider durchbrochenem Metallschirm wurde auf Seiten der ersteren eine 171^{mm} lange, innen mit schwarzem Papier bekleidete Röhre angebracht, um durch sie alle von der Axe wesentlich abweichenden Strahlen entweder direct auszuschliessen oder nach dem Eintritt möglichst zu absorbiren. Auch die Säule wurde noch mit einem 70^{mm} langen metallenen Ansatzrohre versehen und erst auf dieses die vorbezeichnete Stanniolblendung aufgesetzt. Zwischen ihr und dem Metallschirm blieb ein Raum von 40^{mm} bis 50^{mm} zum Einschalten der Steinsalze frei, welche gleichfalls mit ihren Blendungen versehen wurden. Unter solchen Umständen gelangten auf so weitem, noch durch den Abstand der Wärmequelle von der geschwärzten Röhre verlängertem Wege nur Strahlen von hinreichend gleicher Richtung direct oder durch die Steinsalze zur Säule. Bei späterer Wiederholung der Versuche zeigte sich die Anbringung von drei, mit Ausschnitt versehenen Schirmen auf dem Wege der Wärmestrahlen auch ohne geschwärzte Röhre und ohne Blendung an den Steinsalzen als ausreichend. Wie vollständig beide Male der Zweck, jede innere Reflexion an den Seitenflächen der Steinsalze zu verhindern, erreicht war, geht unter Anderem daraus hervor, dafs bei einem 7^{mm} dicken Stück, welches die Form einer abgestumpften Pyramide erhalten, und daher wie ein, die Strahlen auffangender, Trichter hätte wirken können, es nach jenen Vorkehrungen ohne Einflufs war, ob die breitere oder schmalere Fläche den Wärmequellen zugekehrt wurde.

Die Ergebnisse der Beobachtung, welche (neben den obigen) aufser auf dieses 7^{mm} dicke noch auf ein 22^{mm},5 dickes Stück von Stafs furth ausgedehnt wurde, sind in der nachstehenden (unter so veränderten Umständen mit der vorigen nicht vergleichbaren) Uebersicht zusammengestellt.

Steinsalze von der Dicke:	Verhältnifs der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei:		
	der Sonne.	der Argand'schen Lampe.	dem heißen Metallcylinder.
mm			
6,0	100 : 77,5	77,0	77,5
5,0	100 : 83,0	83,0	83,0
7,0	100 : 79,0	79,0	79,0
13,5	100 : 77,5	78,0	78,0
22,5	100 : 68,5	69,0	68,5
17,0	100 : 73,0	73,0	73,0 ¹⁾

Sonach gingen auch die Strahlen der verschiedenartigsten Wärmequellen durch die klaren Steinsalze in ganz gleichem Verhältnifs hindurch.

Bei dem, zu den früheren Versuchen benutzten, trüben Steinsalze (von 4^{mm}, 4) Dicke behaupteten sich auch hier Verschiedenheiten.

Je mehr die erhaltenen Resultate den eigenen Erwartungen zuwiderliefen, um so fester begründete eine dieser Versuchsreihen nach der andern in mir die Ueberzeugung, daß Melloni's Ausspruch, wonach reines klares Steinsalz sich gegen strahlende Wärme bei der gewöhnlichen Temperatur wie ein farblos durchsichtiger Körper gegen Licht verhalte, in seiner ganzen Ausdehnung durch die

- 1) Die in den Tabellen mitgetheilten Zahlen sind arithmetische Mittel aus mehreren Beobachtungen. Nie ist ein Resultat als sicher betrachtet worden, wenn es nicht bei mindestens viermaliger Anstellung des Versuchs jedesmal sich bestätigt hatte. In den meisten Fällen ist es jedoch, wegen mehrfacher Vergleiche, oder wenn ihm ein besonderer Werth beigelegt wurde, oder weil es von den Behauptungen Anderer abwich, usw., wohl doppelt so oft wiederholt worden und so stellt (da jede Durchstrahlungs-Ermittelung vier besondere Beobachtungen erfordert (Pogg. Ann. LXXXV, 170; XCIII, 166; CI, 165) ein in den Tabellen aufgeführter Werth meist das Ergebnifs aus 32 einzelnen Ablesungen am Thermomultiplicator dar.

Erfahrung bestätigt sey. Gegenüber den anderen Behauptungen, welche ebenfalls auf Thatsachen sich stützen, werde ich zu den bereits angeführten, im Folgenden noch weitere Vorgänge mittheilen, welche derartige Beobachtungen herbeiführen, ohne zu den Schlüssen zu berechtigen, welche daraus gezogen worden sind.

Der Nachweis des gleichmäßigen Durchgangs jeder Art von Wärmestrahlen durch die geprüften Steinsalze liefs es von Interesse erscheinen, gerade an diesen und zwar namentlich den durch ihre Homogenität sich auszeichnenden Exemplaren von Stafs furth und Wilhelmsglück, *die Wärmeverhältnisse* zu untersuchen, *welche die verschiedenen Sonnenstrahlen getrennt von einander darbieten* würden.

Melloni ¹⁾, welcher das *Sonnenspectrum* zuerst mittelst eines *Steinsalzprismas* dargestellt hat, fand das *Wärmemaximum* jedesmal *im dunkeln Raum neben dem Roth*, jedoch seinen *Abstand* vom sichtbaren Theile an verschiedenen Tagen wegen des ungleichen absorbirenden Einflusses der Erd-Atmosphäre *nicht völlig constant*. Mit seinen Resultaten stimmen die seitdem von Franz ²⁾ und Müller ³⁾ angestellten und in ihren Messungen genauer mitgetheilten Versuche überein, deren erstere auch die in verschiedenen Jahres- und Tageszeiten *wechselnden Intensitäts-Verhältnisse* näher bezeichnen.

Um auf möglichst normale Verhältnisse rechnen zu können, wurden die Versuche in den Mittagsstunden eines vollständig wolkenfreien Julitages (17. Juli 1860) angestellt. Die von dem Heliostatenspiegel in horizontaler Richtung

1) *Compt. rend.* XVIII, 39. — (*Mém. de l'Acad.* XIV.) — *Inst.* No. 84, p. 410. — (*Le Temps* 12. Févr. 1833.) — (*Antologia di Firenze.*) — *Annal. de Chim. et de Phys.* LIII, 5; LX, 418; LXXII, 334. — *Pogg. Annal.* (XXVIII, 377); XXXV, 306, 307, 561; (XXXVI, 532); XXXVII, 489; (XXXIX, 557, 559); XXXXIX, 586; LXII, 22.

2) Programm des Berl. Gymnas. zum grauen Kloster 1858, S 11—14. *Pogg. Annal.* CXV, 269, 270, 275—279.

3) Einladungs-Programm der Univ. Freiburg 1858, S 31—33. — *Pogg. Annal.* CV, 350—352.

in das finstere Zimmer eintretenden Sonnenstrahlen wurden durch zwei, 93^{cm} von einander entfernte, von s'Gravesande'schen Schneiden gebildete Spalte hindurchgelassen, deren erster, in der Fensterlade befindlicher 1^{mm},8, der zweite 1^{mm},6 weit war. — 10^{cm} von dem letzteren war das Prisma, 40^{cm} von diesem die Thermosäule aufgestellt. Das prismatische Sonnenbild stand im Minimum der Ablenkung; die quadratische Säule war durch metallene, vorn auf beiden Seiten der Fassung angebrachte, Flügel bis auf 4^{mm} Breite begränzt und wurde durch das Spectrum hindurchgerückt, indem sie auf einer Bahn mit Mikrometerschraube jedesmal um die Strecke von 4^{mm} verschoben wurde, so dafs immer eine Stellung derselben unmittelbar an die vorhergehende sich anschlofs.

Die so bei einem *Prisma* von 60° *brechenden Winkels* aus *Stafsfurth's* *Steinsalz* erhaltenen Ablenkungen am *Multiplier* waren diese:

im Violett	0,25
» Blau	0,45
» Grün	0,60
» Gelb	0,70
» Orange	1,00
» Roth (bis zur Gränze) .	1,30
in der ersten dunklen Zone	1,70
» » zweiten » »	1,25
» » dritten » »	0,35

Bei den folgenden Versuchen wurde jedem der beiden Schlitzte eine Weite von 2^{mm} gegeben. Das eine der nun angewandten Steinsalze, gleichfalls aus Stafsfurth, hatte 40°, das andere von Wilhelmsglück 45° brechenden Winkels. Beide übertrafen das vorige an Klarheit, das letztere namentlich zeigte keine Spur einer diffundirenden Wirkung. Die Thermosäule war 70^{cm} vom Prisma entfernt. Die Angaben des Multipliers sind in der nachstehenden Uebersicht enthalten.

Steinsalz - Prisma von:	40°.	45°.	arith. Mittel.
in der zweiten Zone jenseit des Violett	0,00	0,25	0,13
» » ersten » (bis zur Gränze)	0,10	0,30	0,20
im Violett	0,50	0,50	0,50
» Indigo	0,80	0,75	0,78
» Blau	0,90	0,85	0,88
» Grün	1,05	0,95	1,00
» Gelb und Orange	2,00	1,20	1,60
» Roth (bis zur Gränze)	2,25	1,80	2,02
in der ersten dunkeln Zone jens. des Roth	2,50	2,50	2,50
» » zweiten » » » » »	2,20	1,75	1,98
» » dritten » » » » »	0,50	0,50	0,50
» » vierten » » » » »	0,25	0,25	0,25

Sonach trat bei allen diesen Steinsalzprismen das Wärmemaximum an derselben Stelle, nämlich bei den, durch die prismatische Zerlegung in die erste dunkle Zone neben dem Roth gelangenden, Wärmestrahlen auf; ein Resultat, welches, so weit es vergleichbar ist, mit denen von Melloni, Franz und Müller übereinstimmt. Zum Vergleich untersuchte ich an dem nämlichen Tage noch die Vertheilung der Wärme in einem, durch ein gleichseitiges Flintglasprisma dargestellten, Sonnenspectrum, dessen grössere Ausdehnung gestattete, die Thermosäule zu einer Breite von 7^{mm} den Strahlen zu öffnen, womit ein jedesmaliges Fortrücken um gleichfalls 7^{mm} zusammenhing. Dabei zeigte sich:

in der ersten dunkeln Zone neben dem Violett	0,25
im Violett	0,25
» Indigo	0,50
» Blau	0,60
» Grün	0,70
» Gelb und Orange	1,00
» Roth (bis zur Gränze)	1,25
in der ersten dunkeln Zone neben dem Roth .	1,25
» » zweiten » » » » »	1,00
» » dritten » » » » »	0,35
» » vierten » » » » »	0,25

wonach das *Wärmemaximum* dem *Roth* näher lag, als in dem Spectrum des Steinsalzprismas. *Innerhalb des sichtbaren Theiles stimmen*, wenn zwar das dickere Glas im Ganzen eine grössere Absorption ausübte, *die Wärmeverhältnisse beim Steinsalz- und Flintglasprisma überein*, wie aus der folgenden Reduction, in welcher die Wärme im Roth (bei jenem 2,02, bei diesem 1,25) gleich 100 gesetzt worden ist, und deren Abweichungen die Beobachtungsfehler nicht übersteigen, um so leichter zu ersehen ist.

	Spectrum des Prismas von	
	Steinsalz.	Flintglas.
Violett	25	20
Indigo	39	40
Blau	44	48
Grün	50	56
Gelb und Orange	79	80
Roth	100	100.

Aehnliches ist von Franz ¹⁾ am Flint- und von Müller ²⁾ am Crown Glas beobachtet worden. Es war dies auch nach einer früher von mir angestellten Untersuchung ³⁾ zu erwarten, nach welcher das Verhältniß der Temperaturen in den verschiedenen Theilen eines Sonnenspectrums (welches bis zum Auftreten der Fraunhofer'schen Linien rein dargestellt worden war) innerhalb des sichtbaren Farbenbildes ein und dasselbe blieb, durch welche farblose Substanz: Glas, Gyps, Alaun usw. die Strahlen auch hindurchgegangen seyn mochten, während es sich, gemäß dem Verhältniß der sichtbaren Strahlen zu einander, änderte, wenn eine farbige Platte auf ihrem Wege eingeschaltet

1) Programm des Berl. Gymn. z. gr. Kl. 1858, S. 12. — Pogg. Annal. CXV, 269, 270.

2) Einladungsprogramm der Univ. Freiburg 1858, S. 28 ff., besonders S. 33. — Pogg. Annal. CV, 347 ff., besonders 351.

3) Originalmittheilung in: Fortschr. der Phys. usw. i. J. 1847, S. 265, 266, woselbst sie von Denen, welche sich später mit derselben Frage beschäftigt haben, übersehen worden ist.

wurde; eine Beobachtung, welche von Masson und Jamin ¹⁾ so wie von Franz ²⁾ bestätigt worden ist.

II. Steinsalz mit matter Oberfläche, verglichen mit andern diffundirenden Substanzen.

Eine Untersuchung des *Durchgangs verschiedenartiger Wärmestrahlen durch mattes Steinsalz und andere, vermöge ihrer Oberflächenbeschaffenheit oder inneren Structur, trübe Medien* ist zuerst von Forbes ³⁾, dann auf Anlaß seiner Ergebnisse, von Melloni ⁴⁾ angestellt worden.

Beide stimmen hinsichtlich der *Thatsachen* darin überein, daß matte oder trübe Substanzen die Wärmestrahlen von niederer Temperatur oder geringerer Brechbarkeit reichlicher zu einem, hinter ihnen aufgestellten Thermoskop gelangen ließen, als die aus einer Wärmequelle höherer Temperatur stammenden oder stärker brechbaren. In Betreff der *Anschauung* des dabei stattfindenden Vorgangs weichen sie jedoch wesentlich von einander ab.

Forbes ist geneigt, eine durch die mechanische Structurveränderung bedingte, ungleiche Absorption der verschiedenartigen Wärmestrahlen ⁵⁾ anzunehmen, bei der vielleicht auch die Diffraction ⁶⁾ eine Rolle spiele, erklärt jedoch den in vieler Hinsicht dunkeln ⁷⁾ Gegenstand als nicht erschöpft, indem es ihm nicht gelungen sey, ein gemeinsames Princip zur Erklärung der mannigfachen, in seiner umfangreichen (auch auf Pulver, Gitter, Netze usw. ausgedehn-

1) *Comp. rend.* XXXI, 14.

2) *Pogg. Annal.* CI, 65—67. — Programm des Berl. Gymn. z. gr. Kl. 1858, S. 10.

3) *Transact. of the Roy. Soc. of Edinburgh*, Vol. XV, pt. I. — *Proceedings of the Roy. Soc. of Edinburgh* 1840. — *Compt. rend.* X, 19. — *Pogg. Annal.* LI, 88, 387, 406.

4) *Compt. rend.* X, 537, 826. — *Annal. de Chim. et de Phys.* LXXV, 374. — *Pogg. Annal.* LIII, 47.

5) *Pogg. Annal.* LI, 90, 91, 103, 104—109.

6) *Pogg. Annal.* LI, 91, 92, 399.

7) *Pogg. Annal.* LI. 402.

ten) Versuchsreihe wahrgenommenen Erscheinungen aufzufinden ¹⁾).

Melloni behauptet dagegen, daß bei jenem Durchgange eine, auf auswählender Absorption beruhende, Aenderung nicht mit der Wärme vorginge ²⁾, vielmehr die Strahlen verschiedener Art durch einen und denselben diffundirenden Schirm nur eine ungleiche Zerstreuung erführen ³⁾ womit es zusammenhinge, daß das Thermoskop ein Mal von einer größeren, das andere Mal von einer geringeren Menge derselben getroffen würde.

Bei dieser Lage der Sache war es von Interesse, die Untersuchung wieder aufzunehmen, eine Untersuchung — so einfach sie auf den ersten Blick erscheint — der mühevollsten und zeitraubendsten Art, die ich je ausgeführt habe.

Es kam mir zunächst darauf an, mich über das Factum selbst zu unterrichten. Forbes und Melloni haben mit mattem Steinsalz und durch Hitze aufgeblätterttem so wie geritztem Glimmer bei Wärmequellen experimentirt, deren Extreme eine solche von 100° C. und eine Locatellische Lampe waren.

Um sowohl den Einfluß der *Oberfläche* als den einer *inneren Trübung* der Masse beurtheilen zu können, stellte ich Versuche mit homogenem Steinsalz bei mattgeschliffener Oberfläche, und mit polirtem Steinsalz bei innerer Trübung an: ferner mit farblosem Glase bei ein- und zweiseitig matter Oberfläche einerseits, mit Milchgläsern verschiedener Trübung von spiegelglatter Oberfläche andererseits. Auch wurde außer der Wärme eines dunkelheissen Metalls und der Lampe, die der Sonne bei den Versuchen benutzt.

Die Anordnung dieser war im Wesentlichen die oben (S.189, 190) beschriebene, nur wurde, um die irdischen Wärmequellen der Thermosäule mehr nähern zu können, die vor den diathermanen Platten befindliche 171^{mm} lange Röhre

1) Pogg. Annal. LI, 400, 405.

2) Pogg. Annal. LIII, 51.

3) Pogg. Annal. LIII, 48, 54, 56, 57, 59, 60.

mit einer ebenfalls innen geschwärzten von 92^{mm} Länge vertauscht.

Die Resultate der ersten Versuchsreihe sind in der nachstehenden Tabelle enthalten, in welcher die vor dem Einschalten der *matten oder trüben Steinsalze* am Thermomultiplicator beobachtete Ablenkung gleich 100 gesetzt und auf diesen Werth wieder die nach dem Einschalten wahrgenommene bezogen worden ist.

Steinsalze von folgender		Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei:	
Beschaffenheit.	Dicke.	der Sonne.	dem heißen Metallcylinder.
	mm		
innen klar, außen rauh.	6,0	100 : 55,5	72
innen trübe, außen polirt	25,0	100 : 50,0	57
dasselbe Stück, den Strahlen eine größere Dicke darbietend.	42,0	100 : 42,0	56
das ältere Stück, sowohl innen unklar, als außen uneben.	4,4	100 : 47,5	49

Durch rauhe wie durch trübe Steinsalze gehen also die Sonnenstrahlen in geringerem Maaße hindurch als die Strahlen einer Wärmequelle von etwa 100° C., der erste, bisher beobachtete Fall dieser Art, indem sonst immer die Sonnenstrahlen bei Weitem reichlicher als irgend andere, namentlich aber als dunkle Wärmestrahlen, die diathermanen Körper durchdringen.

Den Einfluß *verschiedenen Grades der Rauheit der Oberfläche* ermittelt die folgende Reihe, deren gleich dicke Platten aus demselben klaren Stück *Steinsalz* geschnitten sind.

Steinsalze von folgender		Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei:		
Beschaffenheit.	Dicke.	der Sonne.	der Argand'schen Lampe.	dem heißen Metallcylinder.
auf beiden Seiten natürliche Krystallflächen.	mm 6	100 : 79	79	79
auf einer Seite matt geschliffen.	6	100 : 47	69	74
auf beiden Seiten matt geschliffen.	6	100 : 27	60	69

Die vermehrte Rauheit der Oberfläche schwächt also in steigendem Maasse den Durchgang jeder Art von Wärmestrahlen, aber sie beeinträchtigt hierbei am meisten die Sonnenwärme, weniger die der Argand'schen Lampe, am wenigsten die Wärme des heißen Metallcylinders.

Das dadurch herbeigeführte zunehmende Ueberwiegen in der Durchstrahlung der letzteren tritt noch deutlicher hervor, wenn die Durchgänge der ersteren einander gleich z. B. alle gleich 100 gesetzt werden, wie dieß in der nachstehenden Reduction geschehen ist.

Steinsalze von folgender		Verhältniß der Wärmemengen, welche die Steinsalze durchstrahlen, bei:		
Beschaffenheit.	Dicke.	der Sonne.	der Argand'schen Lampe.	dem heißen Metallcylinder.
auf beiden Seiten natürliche Krystallflächen.	mm 6	100	100	100
auf einer Seite matt geschliffen.	6	100	147	158
auf beiden Seiten matt geschliffen.	6	100	223	256

Versuche, welche in derselben Absicht mit farblosem Glase von gleicher Masse und Dicke, bei verschiedener Rauheit angestellt worden sind, führten zu folgenden Resultaten:

Gläser von folgender		Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Glä- ser zur Thermosäule gelangten, bei:		
Beschaffenheit.	Dicke.	der Sonne.	der Argand'- schen Lampe.	dem heißen Metallcylinder.
auf beiden Seiten po- lirt.	mm 2	100 : 78	44	12
auf einer Seite matt geschliffen.	2	100 : 41	32	11
auf beiden Seiten matt geschliffen.	2	100 : 29	25	9

Da die Masse des Glases, wie aus der ersten Zahlenreihe ersichtlich, den verschiedenen Wärmestrahlen einen sehr ungleichen Durchgang und zwar in einem Sinne gestattet, welcher dem Einfluß der Rauheit der Oberfläche gerade entgegengesetzt ist, so muß jene thermochroische Wirkung des Glases zuvor eliminirt werden, um diesen für sich übersehen zu lassen. Es sind daher durch Gleichsetzen der Werthe jener ersten Zahlenreihe, diejenigen Verhältnisse ermittelt worden, welche sich ergeben hätten, wenn das farblose Glas an sich den Strahlen aller drei Wärmequellen eine ganz gleiche Durchstrahlung gewährte.

Gläser von folgender		Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, bei:		
Beschaffenheit.	Dicke.	der Sonne.	der Argand'- schen Lampe.	dem heißen Metallcylinder.
auf beiden Seiten po- lirt.	mm 2	100	100	100
auf einer Seite matt geschliffen.	2	100	138	174
auf beiden Seiten matt geschliffen.	2	100	154	203

So tritt auch hier die Wirkung der zunehmenden Rauheit in der bezeichneten Weise aufs Entschiedenste hervor.

Bei den *Milchgläsern*, mit gleicher glatter Oberfläche, aber von *verschiedener innerer Trübung* und ungleicher Dicke, bot es Schwierigkeiten dar, von vorn herein eine bestimmte Reihenfolge aufzustellen. Die Beurtheilung der

Trübung von optischer Seite bildete, mit Ausnahme der extremen Fälle, gar keinen sicheren Anhalt. So machte ich z. B. bei dieser Gelegenheit die mir neue und auffallende Erfahrung, dafs von zwei, auf einen nahen Gegenstand, z. B. eine Schrift, gelegten Milchgläsern das eine dieselbe viel undeutlicher durchblicken liefs als das andere, während, auf einen fernen Gegenstand gerichtet, gerade umgekehrt das letzte, anfangs durchsichtigere, entschieden trüber war als das erste. Eine Anordnung nach der Dicke hätte keinen Sinn gehabt, weil die dickeren zum Theil weniger trübe waren als die dünneren. Willkührlich wurden daher, nur um sie unterscheiden zu können, die betreffenden Milchgläser mit I, II, III und IV bezeichnet, in der Hoffnung, aus den thermischen Ergebnissen selbst einen Gesichtspunkt für ihre nachherige Anordnung zu gewinnen.

Der Gleichmäfsigkeit des Verfahrens halber, versah ich sie Anfangs, wie die Steinsalze und Gläser, auf jeder Seite mit einer Blendung. Bei einer controlirenden Versuchsreihe (wie auch in späteren Fällen) wurden diese jedoch fortgelassen, da sie bei den, die Thermosäule weit überragenden Platten als unnöthig erschienen und ihre Anbringung bei den kaum durchscheinenden möglicherweise Ungenauigkeiten herbeiführen konnte.

Beide Versuchsreihen sind in der nachstehenden Uebersicht enthalten.

Milchgläser.		Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Milchgläser					
		mit Blendungen			ohne Blendungen		
		zur Thermosäule gelangten, bei:					
No.	Dicke.	der Sonne.	der Argand'schen Lampe.	dem heißen Metallcylinder.	der Sonne.	der Argand'schen Lampe.	dem heißen Metallcylinder.
I.	^{mm} 1,00	100 : 22,0	39	14	100 : 25,0	45,5	17
II.	1,75	100 : 27,5	32	9	100 : 32,5	40,0	11
III.	1,20	100 : 27,5	39	14	100 : 32,5	45,5	17
IV.	1,50	100 : 17,0	30	9	100 : 21,0	36,0	11

Um diese complicirten Verhältnisse besser überblicken zu können, sind sie so reducirt worden, daß die jedesmal hindurchgelassene Sonnenwärme gleich 100 gesetzt worden ist. Sie stellen sich alsdann folgendermaßen dar:

Milchgläser.		Verhältniß der Wärmemengen, welche die Milchgläser mit Blendungen ohne Blendungen durchstrahlen, bei:					
No.	Dicke.	der Sonne.	der Ar- gand'- schen Lampe.	dem hei- ßen Me- tallcylin- der.	der Sonne.	der Ar- gand'- schen Lampe.	dem hei- ßen Me- tallcylin- der.
I.	^{mm} 1,00	100	177	64	100	182	68
II.	1,75	100	116	33	100	123	34
III.	1,20	100	142	51	100	140	52
IV.	1,50	100	176	53	100	171	52

Hieraus geht unverkennbar hervor, daß der Einfluß der Trübung, wenn er wie beim Steinsalz dahin wirkt, den Durchgang der Wärmestrahlen bei der Argand'schen Lampe mehr zu begünstigen als bei der Sonne und beim erhitzten Metallcylinder mehr als bei den beiden anderen Wärmequellen, das Milchglas No. II diesen Einfluß am wenigsten geübt hat, mehr No. III, noch mehr No. IV, und am meisten No. I. Es wird daher dem Vorigen entsprechen, sie in dieser Reihenfolge aufzuführen und um die Ungleichheit des Durchgangs der verschiedenen Wärmequalitäten zu eliminiren, die Werthe der ersten Reihe wieder gleich zu setzen. So gestalten sich die Verhältnisse wie folgt:

Milchgläser.		Verhältniß der Wärmemengen, welche die Milchgläser mit Blendungen ohne Blendungen durchstrahlen, bei:					
No.	Dicke.	der Sonne.	der Ar- gand'- schen Lampe.	dem hei- ßen Me- tallcylin- der.	der Sonne.	der Ar- gand'- schen Lampe.	dem hei- ßen Me- tallcylin- der.
	^{mm}						
II.	1,75	100	100	100	100	100	100
III.	1,20	100	122	155	100	114	153
IV.	1,50	100	152	161	100	139	153
I.	1,00	100	153	194	100	148	200

Hiernach stellt sich ganz dieselbe Gesetzmäßigkeit wieder heraus, wie sie bei den trüben Steinsalzen, und entsprechend bei Steinsalz und farblosem Glase für verschiedene Grade der Rauheit sich ergeben hatte. Ja die Steigerung, welche in jeder horizontalen und jeder verticalen Reihe auftritt, wäre durch noch höhere Zahlen vertreten gewesen, wäre nicht durch das Gleichsetzen der Werthe in der ersten Reihe, mit dem Antheil der auswählenden Absorption zugleich (unvermeidlicher Weise) der der Trübung des Milchglases II mit eliminirt worden. Jene Uebersicht sollte eigentlich den Einfluß der Trübung auf ein nicht milchiges Milchglas beziehen; so stellt sie nur die Wirkung der grösseren Trübung der Milchgläser III, IV und I im Vergleich mit II dar. Dafs in sämmtlichen, bei der Gleichartigkeit ihrer Masse, im Allgemeinen eine gleiche auswählende Absorption vorausgesetzt worden ist, wird um so weniger Anstofs erregen, wenn man einen Blick auf die ursprünglichen Beobachtungswerthe (S. 201) wirft, aus denen der gleichmäßige Charakter in der Durchstrahlung (z. B. die reichlichste bei der Argand'schen Lampe, weniger reichlich bei der Sonne, noch weniger beim erhitzten Cylinder) bei allen vier Milchgläsern aufs Deutlichste hervortritt.

Das gleiche Verhalten des Steinsalzes gegen jede Art von Wärmestrahlen gewährt bei dieser Untersuchung den grossen Vortheil, die Wirkung der mechanischen Verschiedenheiten unmittelbar übersehen zu lassen.

Mögen nun aber alle drei Wärmequellen, hinsichtlich der Durchstrahlung durch die glatte und ungetrübte Masse, einander so gleich stehen wie beim Steinsalz, oder die Sonne sich obenan stellen, wie beim farblosen Glase, oder die Argand'sche Lampe, wie beim Milchglase, die Gesamtheit der mitgetheilten Versuche hat, um es zusammenzufassen; erwiesen, dafs *jede mechanische Beschaffenheit, welche eine diffundirende Wirkung auf die Strahlen ausübt, sey es durch äussere Rauheit oder innere Trübung, an sich eine verhältnismässig grösste Hemmung den Sonnenstrahlen, eine geringere denen der Argand'schen Lampe, die ge-*

ringste denen des dunkelheissen Metallcylinders entgegenstellt.

Es ist hierin ein Mittel gegeben, selbst den Grad der Diffusion bei verschieden trüben Substanzen auf thermischem Wege zu ermitteln.

Die von Forbes und Melloni gemachten *Beobachtungen* sind hierdurch nicht allein bestätigt, sondern noch durch auffälligere Beispiele erweitert, auch in ihren Consequenzen als bewährt befunden worden.

Wie verhält es sich mit ihren *Erklärungen*?

Um die Bedingungen des Experiments für die Durchstrahlung auch von Seiten der Wärmequellen so ähnlich wie möglich zu machen, hatte ich bei dem Vergleich der frei brennenden Argand'schen Lampe und des durch eine andere erhitzen Eisencylinders die Flammengröße jener und die Temperatur dieses so regulirt, daß beide Wärmequellen etwa dieselbe Entfernung von der Thermosäule hatten, wenn sie, bei directer Einstrahlung, nach einander die nämliche Ablenkung am Multiplicator hervorbrachten. Nach dem Einschalten des auf einer Seite und des auf beiden Seiten matten Steinsalzes waren alsdann die verschiedenen, oben (S. 199) mitgetheilten Durchstrahlungen eingetreten.

Bei der Zusammenstellung der Argand'schen Lampe und der Sonne wurde jene in den Brennpunkt einer convexen Linse von Stäfsfurther Steinsalz gestellt, um ihren Strahlen möglichst die parallele Richtung der Sonnenstrahlen zu geben; ein anderes Mal diese durch eine concave Steinsalzelinse, deren virtueller Brennpunkt sich in der nämlichen Entfernung wie die Flamme befand, hindurchgelassen, um ihnen thunlichst die Divergenz der Lampenstrahlen zu theilen.

Immer erfolgten jedoch ganz dieselben, bei der Lampe und bei der Sonne verschiedenen, oben (S. 199) angeführten Durchgänge der Strahlen, die Linsen mochten angewandt werden oder nicht; es war also selbst ohne Einfluß, wenn, anstatt der divergirenden Strahlen der Lampe

und der parallelen der Sonne, jene möglichst parallel und diese divergent auf die matten Steinsalze fielen.

Sonach vereinigte sich Alles, die von Forbes gegebene Erklärung, wonach die, ihrer Natur nach, verschiedenen Wärmestrahlen von den diffundirenden Medien in ungleichem Verhältniß zurückgehalten und hindurchgelassen würden, als die richtige erscheinen zu lassen.

Ja eine solche auswählende Absorption schien noch durch die Erfahrung desselben Beobachters bestätigt zu werden, daß die Strahlen vor und nach ihrem Durchgange durch jene Schirme ein ungleiches Verhalten, z. B. eine ungleiche Fähigkeit, aufgeblätternen Glimmer oder berufltes Steinsalz zu durchdringen, zeigten ¹⁾.

Beide Ergebnisse (bei den verschiedenen Wärmequellen und bei der doppelten Durchstrahlung) sind auch nach Melloni's Regeln ²⁾ für die thermochroische Beschaffenheit eingeschalteter Schirme, bei einfacher directer Durchstrahlung, beweisend. In dem vorliegenden Falle, wo die Durchstrahlung eine diffuse ist, kann die Beweiskraft des ersten Vorgangs zweifelhaft seyn, die des letzteren wäre es sicher nicht, wenn nicht gerade die zur Prüfung angewandten Substanzen als ungeeignet zu betrachten wären.

Der Glimmer ist in seinem natürlichen Zustande ein, die verschiedenen Wärmestrahlen ungleich hindurchlassender Körper. Das Aufblättern in Folge des Erhitzens wirkt aber dem Charakter dieses Durchlasses, wie Forbes selbst gezeigt hat, gerade entgegen ³⁾ und erzeugt eine diffundirende Wirkung ⁴⁾. Aehnlich werden auch beim Steinsalz die Durchstrahlungsverhältnisse durch das Beruflsen geändert ⁵⁾, und der Gedanke, daß es alsdann wie rauhe Körper sich verhalten könne, ist von Forbes selbst angeregt

1) Pogg. Annal. LI, 90, 91, 105.

2) Thermochrose, 216—234.

3) Pogg. Annal. LI, 90, 97, 98, 109.

4) Melloni, Pogg. Annal. LIII, 58, 59. — Forbes, Pogg. Annal. LI, 96—100.

5) Siehe weiter unten, Abschnitt III: Berufltes Steinsalz.

worden ¹⁾). Derartige Substanzen vermögen aber offenbar die Frage nach einer in diffundirenden Körpern etwa stattfindenden auswählenden Absorption nicht zu entscheiden. Denn das Prüfungsmittel selbst würde mit allen den Zweifeln befaßt seyn, welche durch die Untersuchung beseitigt werden sollen. Nur homogene, klare Platten mit glatter Oberfläche, welche verschiedenen Wärmestralen einen ungleichen Durchgang gestatten, eignen sich zu diesem Zwecke. Auch ist es rathsam, als ersten Schirm raubes Steinsalz an-

Sonnenstrahlen	Diathermane Körper:	brauner Glimmer.	dunkelrothes Glas.	hellrothes Glas.
vor dem Durchgange	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der diathermanen Körper zur Thermosäule gelangten.	100 : 76	39	52
nach dem Durchgange durch das matte Steinsalz.		100 : 76	39	52

Bei keiner einzigen der hier zur Prüfung angewandten diathermanen Platten hat sich ein Unterschied in der Durchstrahlungsfähigkeit der Wärme vor und nach ihrem Durchgange durch das matte Steinsalz gezeigt. Das feinste Prüfungsmittel, dessen man sich zur Erforschung verschiedener Eigenschaften der Wärme bedienen kann, hat sie also *vorher und nachher als gleichartig* erwiesen. *Die mechanische Aenderung, welche die Diffusion hervorrief, hat demnach eine auswählende Absorption an dem betreffenden Schirm nicht zur Folge gehabt; und mithin ist einer solchen der ungleiche Durchgang der Strahlen verschiedener Wärmequellen bei jenen rauhen Körpern nicht zuzuschreiben.*

Auf den Vorgang in den, von Anderen noch nicht untersuchten, Milchgläsern soll später noch einmal zurückgekommen werden.

War somit wider Erwarten die Forbes'sche Erklärungsweise für die vorliegenden Fälle bei näherer Prüfung durch die Erfahrung nicht anerkannt worden, so gewann

1) Pogg. Annal. LI, 88 ff.

zuwenden, damit der Einfluss der mechanischen Beschaffenheit ganz allein sich geltend machen könne.

Es fragte sich jetzt, ob z. B. natürlicher (nicht aufgeblätterter) Glimmer, verschiedenfarbige Gläser, Gyps, Alaun, Kalkspath usw. *die durch zweiseitig mattes Steinsalz hindurchgegangenen Strahlen von den directen Sonnenstrahlen unterscheiden würden.*

Die Resultate der Beobachtung sind in der Tabelle enthalten.

grünes Glas.	blaues Glas.	gelbes Glas.	farblofes Glas.	schwarzes Glas.	Gyps.	Alaun	Kalkspath.
12	30	55	76	6	75	65	82
12	29	55	77	6	74	65	82

zuvörderst die Melloni'sche an Wahrscheinlichkeit, da sie von der jetzt als Thatsache nachgewiesenen Voraussetzung ausging, dass auch das raue Steinsalz allen Wärmearten einen Durchgang in gleichem Verhältniss gestatte. Es fragte sich, ob auch seine zweite Voraussetzung, die einer ungleichen Diffusion der verschiedenartigen Wärmestrahlen an einer und derselben rauhen Platte sich bestätigen würde.

Der Entscheidung näher zu kommen, wurde zuerst untersucht, *ob die Qualität der Wärmestrahlen überhaupt einen Einfluss auf die fragliche Erscheinung ausübe.*

Aus Obigem ist bekannt, dass die *aus einer zweiseitig matten Steinsalzplatte austretenden Sonnenstrahlen*, abgesehen von ihrer veränderten Richtung, sich in Nichts von den *directen* Strahlen unterscheiden. Anstatt der, in ihren Eigenschaften wesentlich abweichenden, Wärmestrahlen einer Lampe wurden sie daher mit den directen Sonnenstrahlen hinsichtlich ihres Durchgangs durch die matten Steinsalze, rauhen Gläser und Milchgläser verglichen. Die hierbei

sich ergebenden Beobachtungen sind (ganz in der bisherigen Weise und mit den erforderlichen Reductionen) zu der folgenden Uebersicht zusammengestellt.

Diathermane Körper.	Beschaffenheit.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der diathermanen Körper zur Thermosäule gelangten, bei den		Verhältniß der Wärmemengen, welche die diathermanen Körper durchstrahlen, bei den	
		directen	aus mattem Steinsalz austretenden	directen	aus mattem Steinsalz austretenden
		Sonnenstrahlen.		Sonnenstrahlen.	
Steinsalz.	auf einer Seite matt.	100 : 45,0	66,0	100	147
	auf beiden Seiten matt.	100 : 32,5	57,5	100	177
Glas.	auf einer Seite matt.	100 : 45,0	53,0	100	118
	auf beiden Seiten matt.	100 : 34,0	45,0	100	132
Milchglas.	II.	100 : 37,0	54,0	100	146
	I.	100 : 32,0	54,0	100	169

Hiernach zeigen sich auch bei ganz gleichartigen Wärmestrahlen Unterschiede, welche den vorher bei der Sonne und Lampe wahrgenommenen entsprechen.

Die durch *polirtes und zweiseitig rauhes farbloses Glas* hindurchgegangenen Sonnenstrahlen sind ebenfalls unter sich von gleicher Qualität und daher zu der vorliegenden Untersuchung geeignet. Bei ihnen führte die Beobachtung zu nachstehenden Werthen:

Diathermane Körper.	Beschaffenheit.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der diathermanen Körper zur Thermosäule gelangten, bei den aus		Verhältniß der Wärmemengen, welche die diathermanen Körper durchstrahlen, bei den aus	
		klarem	mattem	klarem	mattem
		Glase austretenden Sonnenstrahlen.		Glase austretenden Sonnenstrahlen.	
Steinsalz.	auf einer Seite matt.	100 : 43	47	100	109
	auf beiden Seiten matt.	100 : 31	36	100	116
Glas.	auf einer Seite matt.	100 : 49	64	100	131
	auf beiden Seiten matt.	100 : 36	51	100	142
Milchglas.	II.	100 : 34	50	100	147
	I.	100 : 28	50	100	179

Um sicher zu seyn, daß die *auch hier auftretenden Unterschiede* wirklich einem eigenthümlichen, an das Wesen der matten oder trüben Substanzen geknüpften Vorgange, nicht aber zufälligen Nebenwirkungen zuzuschreiben seyen, wurden diese zweiten Schirme noch mit klaren Platten von glatter Oberfläche, z. B. Steinsalz und Gläsern, vertauscht. So ergab sich unter übrigens identischen Umständen Folgendes:

Diathermane Körper.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der diathermanen Körper zur Thermosäule gelangten, bei den aus	
	klarem	mattem
	Glase austretenden Sonnenstrahlen.	
Steinsalz.	100 : 78	78
farbloses Glas.	100 : 74	74
desgl., von anderer Glas- sorte und Dicke.	100 : 83	83
rothes Glas.	100 : 47	48

Diese Gegenversuche mit den klaren Schirmen, bei denen jene Unterschiede vollständig fehlen, bestätigen nicht allein die obige Ansicht, sondern beweisen zugleich die Gleichartigkeit der aus dem klaren und matten Glase austretenden Wärmestrahlen.

Es unterliegt also nicht dem mindesten Zweifel, daß ganz *dieselben Erscheinungen, welche die Strahlen verschiedenartiger Wärmequellen bei ihrem Durchgange durch rauhe und trübe Medien darbieten, auch an Strahlen gleicher Qualität auftreten können.*

Dabei waren die äußeren Anordnungen der betreffenden Versuchsreihen in allem Uebrigen genau die nämlichen: die geschwärzte Röhre vor den diathermanen Körpern befindlich, die Säule und die Steinsalze mit ihren Blendungen versehen, usw.

Auch die Melloni'sche Theorie stößt demnach auf Schwierigkeiten und Widersprüche mit der Erfahrung, indem sie von einer Ungleichartigkeit der Wärmestrahlen als der Bedingung einer ungleichen Zerstreuung durch die diffundirenden Platten ausgeht.

Sollte sie von dem Gesichtspunkte aus, daß die directen und die durch mattes Steinsalz oder rauhes Glas hindurchgegangenen Sonnenstrahlen wesentlich verschiedene Richtungen haben, vielleicht nur die Modification erleiden, daß anstatt der Qualität, die Richtung der Strahlen das Bestimmende für die an diffundirenden Medien erfolgende ungleiche Zerstreuung sey?

Es ist bereits oben (S. 204, 205) erwähnt worden, daß durch mattes Steinsalz ganz dieselbe Wärmemenge zur Thermosäule gelangte, die Sonnenstrahlen mochten parallel oder divergent auf dasselbe auffallen. Um die Frage nach dem *Einfluß der Strahlenrichtung* zu erschöpfen, stellte ich zwei Versuchsreihen an, bei deren einer ich durch *convexe und concave Steinsalzlinsen*, bei der andern durch *concave und convexe Spiegel* den Strahlen beliebig convergirende oder divergirende Richtungen ertheilte, um ihre Durchgänge durch

das Steinsalz unter sich und mit dem der parallelen Sonnenstrahlen zu vergleichen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung finden sich in der folgenden Tabelle.

Steinsalze.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei					
	durch eine Sammel- linse con- vergiren- den	directen paralle- len	durch eine Zer- streuungs- linse di- vergiren- den	durch einen Brenn- spiegel convergi- renden	durch ei- nen Plan- spiegel zurückge- worfenen parallelen	durch einen Zer- streuungs- spiegel divergi- renden
	Sonnenstrahlen.			Sonnenstrahlen.		
klar.	100 : 78	78	78,5	100 : 80	80	80
auf einer Seite matt.	100 : 43	43	43,0	100 : 50	50	50
auf beiden Seiten matt.	100 : 31	31	32,0	100 : 35	35	35

Es geht aus diesen (nur innerhalb einer und derselben Versuchsreihe vergleichbaren) Zahlen hervor, dafs, *so lange man es wenigstens mit einer Gruppe paralleler oder durch einen Punkt gehender Wärmestrahlen zu thun hat, der Durchgang derselben durch diffundirende Platten von der Richtung der einfallenden Strahlen unabhängig ist.*

Dafs dies innerhalb sehr weiter Gränzen gültig sey, ergab sich, als durch Rücken der Linsen oder der Spiegel oder durch Wechsel derselben von verschiedener Brennweite die grösste Mannigfaltigkeit in der Convergenz und Divergenz der Strahlen herbeigeführt wurde.

Erschien danach auch die angedeutete Modification der Melloni'schen Auffassungsweise als nicht mit der Erfahrung vereinbar, so entstand das neue Problem, ob überhaupt eine ungleiche Zerstreuung an den diffundirenden Körpern nachweisbar sey, und, wenn sie vorhanden, dieselbe in einem Sinne wirke, um daraus die gefundenen That- sachen ableiten zu können.

Seit ich das ungleiche Verhalten der matten und trüben Medien gegen die directen und die durch rauhes Steinsalz oder Glas hindurchgegangenen Sonnenstrahlen aufgefunden, hat es mir von Anfang an den Eindruck gemacht, als ob dieselben jene im Ganzen mechanisch mehr zurückhielten als diese. Aehnliches konnte bei den Strahlen der verschiedenen Wärmequellen, ganz unabhängig von einer auswählenden Absorption, stattgefunden haben.

Nach Melloni sollen die betreffenden diffundirenden Platten in allen Fällen gleiche Wärmeantheile hindurchlassen, die Strahlen ein Mal aber mehr zerstreuen als das andere Mal, und so die ungleiche Einwirkung auf die Thermosäule bedingen.

Bei dem Umstande, in der neuen Auffassungsweise von einem Manne mit dem Ansehn Melloni's abzuweichen, dem es überdies nicht mehr vergönnt ist, seine Ansicht selbst zu vertreten, erschien es um so wichtiger, eine sichere, auf unzweideutige Thatsachen gegründete, Entscheidung herbeizuführen.

Ich untersuchte daher auf thermischem wie auf optischem Wege die Ausbreitung der Strahlen vor und hinter den matten oder trüben Medien und fand hierbei gerade das Gegentheil von Dem, was die Melloni'sche Theorie erwarten liefs. Jeder kann sich in einem finsternen Zimmer, in welches die Sonnenstrahlen durch eine Oeffnung in der Fensterlade eintreten, davon überzeugen, dafs das auf einen weissen Schirm aufgefangene scharf begränzte Bild beim Einschalten eines Milchglases oder matten Glases entweder unmerklich oder jedenfalls weniger sich erweitert, als wenn der Versuch mit einer Lampe oder an deren Stelle mit einer von der Rückseite beleuchteten durchscheinenden Platte angestellt wird, wobei die Bilder meist ganz verwaschene Ränder erhalten. *Die Sonnenstrahlen, bei denen die geringere Einwirkung auf die Thermosäule beobachtet wird, werden also nicht mehr, sondern weniger zerstreut, als die der anderen Licht- und Wärmequellen.* Jeder wird aber gleichzeitig die Beobachtung machen, dafs die Sonnenstrahlen

verhältnißmäßig mehr als die der Lampe bei jenen Einschaltungen verdunkelt werden, ja in charakteristischen Fällen so schlagend, daß die intensivsten Sonnenstrahlen z. B. durch ein mattes farbloses Glas fast vollständig zurückgehalten werden, während die schwächeren der Lampe aufs Entschiedenste hindurchdringen ¹).

Der Vergleich der Ränder gelingt am besten, wenn die Oeffnung, durch welche die Strahlen in den dunkeln Raum eindringen, nur halb durch die diffundirende Platte verdeckt wird. Daß die verhältnißmäßig stärkere Verdunkelung des Sonnenbildes nicht auf einer, durch den Contrast beider Hälften hervorgerufenen, Täuschung beruht, davon kann man sich optisch überzeugen, wenn man die anfangs offen gelassene Hälfte durch einen undurchsichtigen Schirm verschließt.

Hatte sonach auch Melloni's Erklärungsweise sich nicht aufrecht erhalten lassen, so lag nach den gemachten Erfahrungen der Gedanke nahe, daß die in dem ersten matten Schirm hervorgerufene *Diffusion*, d. h. die Erzeugung einer Anzahl nach den verschiedensten Seiten hin sich ausbreitender Strahlengruppen die Bedingung für ihren reichlicheren Durchgang durch die zweiten rauhen oder trüben Platten enthalte, im Vergleich mit dem der, aus lauter parallelen Strahlen bestehenden, ursprünglichen Gruppe.

Es kam darauf an, ob dieses Princip auch bei genauerer Prüfung sich bewähren würde.

Ist die Erhöhung des Wärmedurchgangs durch die matten Steinsalze eine Folge der Diffusion der auf sie eindringenden Strahlen, so muß sie mit dem Grade dieser Diffusion im Verhältniß stehen. Nun ist aber die diffundirende Wirkung einer zweiseitig mattgeschliffenen Steinsalz- oder Glasplatte ohne Zweifel größer als die einer einseitig matten, die eines durchscheinenden Milchglases (No. V) grö-

1) Mir ist kein Beispiel bekannt, in dem die, durch die Schärfe der Umrisse bedingte, *Deutlichkeit* des hindurchgelassenen Bildes (aus der man sonst so geneigt ist, die Durchsichtigkeit eines Schirms zu beurtheilen) und dessen *Helligkeit* in so auffallender Weise *contrastirt*en.

fer als die eines mehr durchsichtig als durchscheinend zu nennenden (No. II). Es fragte sich, wie die Durchstrahlungsverhältnisse sich gestalten würden, wenn die directen und die aus den bezeichneten Substanzen, als ersten Schirmen, austretenden Sonnenstrahlen mit einander verglichen werden.

Steinsalze.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Ein- schalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei den			Verhältniß der Wärmemen- gen, welche die Steinsalze durchstrahlen, bei den		
	directen	aus einseitig zweiseitig mattem <i>Steinsalz</i> austretenden		directen	aus einseitig zweiseitig mattem <i>Steinsalz</i> austretenden	
		Sonnenstrahlen.			Sonnenstrahlen.	
klar.	100 : 79,0	79	79,0	100	100	100
auf einer Seite matt.	100 : 45,0	55	66,0	100	122	147
auf beiden Seiten matt.	100 : 32,5	40	57,5	100	123	177

Steinsalze.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Ein- schalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei den			Verhältniß der Wärmemengen, welche die Steinsalze durchstrahlen, bei den		
	directen	aus einseitig zweiseitig mattem <i>Glase</i> austretenden		directen	aus einseitig zweiseitig mattem <i>Glase</i> austretenden	
		Sonnenstrahlen.			Sonnenstrahlen.	
klar.	100 : 78	78	78	100	100	100
auf einer Seite matt.	100 : 47	51	60	100	109	128
auf beiden Seiten matt.	100 : 34	39	47	100	115	138

Steinsalze.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Ein- schalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei den			Verhältniß der Wärmemengen, welche die Steinsalze durchstrahlen, bei den		
	directen	aus		directen	aus	
		durch- sichtigem No. II	durch- scheinendem No. V		durch- sichtigem No. II	durch- scheinendem No. V
		<i>Milchglase</i> aus- tretenden			<i>Milchglase</i> aus- tretenden	
		Sonnenstrahlen.			Sonnenstrahlen.	
klar.	100 : 80	80	80	100	100	100
auf einer Seite matt.	100 : 43	64	75	100	149	174
auf beiden Seiten matt.	130 : 31	46	57	100	148	184

Vergleicht man diese Zahlen, wie sie in horizontaler Reihe neben einander stehen, so weisen sie aufs Unverkennbarste nach: 1) *dafs der Durchgang der Wärmestrahlen durch mattes Steinsalz gesteigert wird, in dem Maafse, als die Diffusion zunimmt, welche sie vorher erfahren*; 2) *dafs diese Steigerung bei dem zweiseitig matten Steinsalze verhältnismässig höhere Werthe annimmt, als bei dem einseitig matten.*

Die Prüfung wurde in gleicher Weise mit *matten Glasplatten* als zweiten Schirmen ausgeführt. Als erste Schirme dienten zunächst eine klare; dann eine, auf einer Seite sehr fein matt geschliffene; eine auf zwei Seiten fein matt und eine auf beiden Seiten grob geschliffene Glasplatte. Sodann wurden noch die directen Sonnenstrahlen mit den durch ein klares farbloses Glas, das Milchglas No. II und das No. V hindurchgegangenen zusammengestellt.

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Ein- schalten der Gläser zur Ther- mosäule gelangten, bei den aus				Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, bei den aus			
	klarem	einseitig sehr fein matt	zwei- seitig matt	zwei- seitig rauh	klarem	einseitig sehr fein matt	zwei- seitig matt	zwei- seitig rauh
	<i>Glase</i> austretenden Sonnen- strahlen.				<i>Glase</i> austretenden Sonnen- strahlen.			
klar.	100:74	74	74,0	74	100	100	100	100
auf einer Seite matt.	100:49	49	58,0	64	100	100	118	131
auf beiden Seiten matt	100:36	36	43,5	51	100	100	121	142

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Ein- schalten der Gläser zur Ther- mosäule gelangten, bei den				Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, bei den			
	directen	klarem farblo- sem	aus durch- sichti- gem No. II <i>Milchglase</i> austretenden Sonnenstrahlen.	durch- schei- nen- dem No. V	directen	klarem farblo- sem	aus durch- sichti- gem No. II <i>Milchglase</i> austretenden Sonnenstrahlen.	dur h- schei- nen- dem No. V
klar.	100:77	76	76	76	100	100	100	100
auf einer Seite matt.	100:44	44	53	70	100	100	120	159
auf beiden Seiten matt.	100:34	34	42	55	100	100	124	162

In der ersten dieser beiden Versuchsreihen hatte sich der Einfluß der nur auf einer Seite sehr fein matt geschliffenen Glasplatte der Beobachtung entzogen; in der zweiten hatte das zufällig bei der Prüfung angewandte Glas der directen so wie der durch ein anderes Glas und die Milchgläser gegangenen Sonnenwärme eine gleiche Durch-

strahlung gestattet. Indem so die auswählende Absorption sich nicht geltend machte, trat sehr vortheilhaft auch in diesem Falle, wie in den übrigen, die Wirkung der ungleichen Diffusion ungetrübt hervor.

Gegenüber den *Milchgläsern* ist es um so nothwendiger, bei den ungleichen Diffusionsgraden, Strahlen von gleicher Wärmequalität einfallen zu lassen, weil keine Substanz bekannt ist, welche eine gleiche auswählende Absorption wie jene ohne deren Trübung besäße, und die sonst, wie neben den matten Gläsern das klare, zur Elimination der auswählenden Absorption benutzt werden könnte. Es sind daher als erste Schirme nur die Steinsalze und Gläser von verschiedener Rauheit angewandt worden; als zweite aber dienten, wegen ihrer großen Verschiedenheit der inneren Trübung, die Milchgläser II und V.

Milchgläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Milchgläser zur Thermosäule gelangten, bei den aus			Verhältniß der Wärmemengen, welche die Milchgläser durchstrahlen, bei den aus.		
	klarem	einseitig mattem	zweiseitig mattem	klarem	einseitig mattem	zweiseitig mattem
	<i>Steinsalz</i> austretenden Sonnenstrahlen.			<i>Steinsalz</i> austretenden Sonnenstrahlen.		
No. II.	100 : 30	45	46	100	150	153
No. V.	100 : 14	32	38	100	229	271

Milchgläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Milchgläser zur Thermosäule gelangten, bei den aus			Verhältniß der Wärmemengen, welche die Milchgläser durchstrahlen, bei den aus		
	klarem	einseitig mattem	zweiseitig mattem	klarem	einseitig mattem	zweiseitig mattem
	<i>Glase</i> austretenden Sonnenstrahlen.			<i>Glase</i> austretenden Sonnenstrahlen.		
No. II.	100 : 30	37	47,0	100	123	157
No. V.	100 : 15	21	27,5	100	140	183

Wie zu erwarten, gehen die Strahlen jedesmal durch eine einseitig matte Platte schlechter hindurch als durch eine klare, durch eine zweiseitig matte schlechter als durch eine einseitig matte; durch das trübere Milchglas No. V schlechter als durch das weniger trübe No. II. Die Verluste aber, welche die parallelen und die aus dem einen oder andern rauhen Schirm austretenden Strahlen bei diesem zweiten Durchlaß erleiden, sind nicht dieselben. Was in dieser Hinsicht an den einzelnen matten Steinsalzplatten beobachtet worden, hat sich an jedem matten Glase und Milchglase bestätigt. Was aber dort für die besonderen ersten diffundirenden Schirme an den in verticaler Linie stehenden Zahlen sich nur andeutet, tritt hier aufs Entschiedenste hervor, nämlich: 1) *daß für einen und denselben Diffusionsgrad der Durchgang der Wärmestrahlen durch die matten oder trüben Medien, im Vergleich mit dem der parallelen Strahlen, verhältnißmäßig, desto weniger vermindert wird, je matter oder trüber dieses Medium ist; 2) daß diese Verminderung bei einer mehr diffusen Gruppe weniger beträgt als bei einer minder diffusen.*

Die auf gleiche (mit 100 bezeichnete) Durchgänge der parallelen Strahlen reducirten Werthe lassen dieß in Form der Steigerung, welche hier, wie in den horizontalen, so auch in den verticalen Reihen auftritt, aufs Deutlichste erscheinen.

Hatte das oben aufgestellte Princip bei *verschiedenen Diffusionsgraden gleichartiger Wärmestrahlen* sich bewährt, so mußte es auch bei den *verschiedensten Wärmequalitäten*, sofern ihre *Diffusion* als *gleich* angenommen werden durfte, bestätigt werden.

Nach dem optischen Verhalten hielt ich ein rauhes Steinsalz, eine raue farblose Glasplatte und das Milchglas No. I als gleich diffundirend. Die folgende Prüfung erwies aber die aus ihnen austretenden Sonnenstrahlen als thermisch verschieden, in sofern sie, wie die folgenden Werthe ergeben, ein rothes, gelbes Glas und Kalkspath in ungleichem Verhältniß durchdringen.

Diathermane Körper.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der diathermanen Körper zur Thermosäule gelangten, bei den aus		
	rauhem Steinsalze	rauhem Glase	Milchglase No. I
	austretenden Sonnenstrahlen.		
rothes Glas.	100 : 57	50	68
gelbes Glas.	100 : 63	61	76
Kalkspath.	100 : 82	88	81

Die Prüfung mittelst einer zweitig matten Steinsalz- und einer derartigen farblosen matten Glasplatte, denen zur Controlle je eine klare Platte gleichen Materials beigegeben wurde, liefs aber bei allen drei diffundirenden Schirmen eine *gleiche Steigerung des Durchgangs* im Vergleich mit dem der directen parallelen Sonnenstrahlen wahrnehmen. Ein Blick auf die nachstehenden, nur innerhalb der Beobachtungsfehler von einander abweichenden, Werthe läfst darüber keinen Zweifel.

Diathermane Körper.	Beschaffen- heit.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der diathermanen Körper zur Thermosäule gelangten, bei den			
		directen	aus rauhem Steinsalze	aus rauhem Glase	Milchglase No. I
		austretenden Sonnenstrahlen.			
Steinsalz.	klar.	100 : 77	77	77	77
	auf beiden Seiten matt.	100 : 28	41	41	41
Glas.	klar.	100 : 76	76	78	75
	auf beiden Seiten matt.	100 : 29	41	41	39

Es liegt hierin zugleich eine neue Bestätigung der *Unabhängigkeit dieses Vorgangs von der Qualität der strahlenden Wärme.*

Um vor dem Einschalten der matten oder trüben Medien stets eine und dieselbe Ablenkung am Thermomultiplikator hervorzubringen, war entweder vor oder hinter dem ersten diffundirenden Schirm ein Spalt mit Mikrometerschraube angebracht, auch wohl der Schirm selbst etwas hin und her gerückt worden, um die Einwirkung auf die Thermosäule genau zu reguliren. Es hatte dabei nicht anders geschehen können, als dafs die von der Sonne beschienene Fläche des ersten Schirms ihre *Gröfse*, *Form* und *Entfernung* mannigfach gewechselt hatte. Den etwaigen Einfluß dieser Nebenumstände beurtheilen zu können, unterwarf ich sie einer besonderen Prüfung.

Die *Gröfse* der bestrahlten Fläche wurde dadurch beliebig verändert, dafs die Sonnenstrahlen bei ihrem Eintritt in das finstere Zimmer durch eine convexe Glaslinse gebrochen und in dem so entstehenden Strahlenkegel der betreffende diffundirende Schirm der Spitze oder der Basis mehr genähert wurde. So konnte der beleuchteten Scheibe ein Durchmesser von 3 bis 55 Millimetern gegeben werden. Die Versuche wurden mit mehr oder minder matten Glasplatten und dem Milchglase No. II als ersten, dem einseitig und zweiseitig matten Steinsalz als zweiten Schirmen angestellt, und führten zu den in der Tabelle enthaltenen Beobachtungen.

Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei den											
Steinsalze.	direc- ten Son- nen- strah- len.	aus der con- vexen Glas- linse allein	aus der convexen Glaslinse und								
			sehr fein mattem		mattem		rauhem		No. II Milch- glase		
			Glase								
			austretenden Sonnenstrahlen.								
			4mm	50mm	3mm	55mm	4mm	50mm	3mm	55mm	
											Durch- messer.
auf einer Seite matt.	100:43	43	45	43	47	47	55	55	64	64	
auf beiden Seiten matt.	100:31	31	32	31	36	36	44	44	46	46	

Es geht aus diesen Zahlen hervor, daß bei einem und demselben Schirme die Verschiedenheit in der Gröfse der zur Geltung kommenden Fläche keinen Einfluß auf die Durchstrahlungsverhältnisse ausgeübt hat.

Verschiedene Formen mit einander zu vergleichen, wurden Milchgläser so mit Stanniol belegt, daß an ihnen nur eine kreisrunde Scheibe und ein ihr an Oberfläche gleicher Ring frei blieb und diese nach einander der Sonnenwärme zur Durchstrahlung dargeboten.

Die erhaltenen Werthe zeigen, daß auch diese Verschiedenheit den zweiten Durchgang unberührt liefs.

Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei den						
Steinsalze.	directen	aus dem Milchglase No. III austretenden		directen	aus dem Milchglase No. IV austretenden	
	Sonnenstrahlen.			Sonnenstrahlen.		
		Scheibe.	Ring.		Scheibe.	Ring.
klar.	100 : 80	80	80	78	78	78
auf beiden Seiten matt.	100 : 33	49	47	31	48	48

In gleicher Weise erschienen diese Verhältnisse, wenigstens innerhalb der Gränzen der angestellten Versuche, von der Entfernung der ersten diffundirenden Fläche unabhängig.

Es war von Interesse, auch die Wirkung derjenigen Rauheit zu prüfen, welche durch Aufstreuen eines Pulvers auf eine glatte und klare diathermane Platte hervorgerufen wird.

Zu dem Ende bestäubte ich eine Platte farblosen Glases mit Samen *Licopodii* in immer dicker werdenden Schichten, und untersuchte die Durchstrahlung der durch sie gegangenen Sonnenstrahlen durch mattes Steinsalz. Das Ergebniss ist in der nachstehenden Zusammenstellung enthalten.

Steinsalze.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei den			
	aus dem klaren Glase allein	aus dem mit <i>Licopodium</i> bestäubten Glase bei		
		dünnster Schicht	dickerer Schicht	dickester Schicht
	austretenden Sonnenstrahlen.			
klar.	100 : 71	71	71	71
auf einer Seite matt.	100 : 43	43	43	42
auf beiden Seiten matt.	100 : 26	28	27	26

Danach hat sich *kein Unterschied in dem Verhalten der aus dem klaren und aus dem bestäubten Glase austretenden Wärmestrahlen gegenüber den matten Schirmen* herausgestellt. Auch bei noch dicker aufgestreuter Schicht trat keine, über die Beobachtungsfehler hinausgehende, Verschiedenheit ein. Dieses Resultat ist in sofern bezeichnend, als es lehrt, wie in der bloßen Rauheit der Oberfläche nichts Bestimmendes für die in Rede stehende Verhältnisse liegt. Sofern dieselbe nicht eine Diffusion hervorruft, ist sie für diese ohne Einfluß.

Auf die Abwesenheit einer solchen in dem vorliegenden Falle deutet aber auch das Ergebniß eines von Meloni ¹⁾ angewandten Verfahrens hin, indem das bestäubte Glas, in den Gang der Sonnenstrahlen eingeschaltet und daselbst hin und her gertückt, abweichend von den matten und trüben Medien, keine Aenderung in den Angaben des Thermomultiplicators herbeiführt, während diese beim Annähern an die Säule eine gesteigerte Wärmewirkung erkennen lassen. Es ist sonach etwa einem Siebe vergleichbar. In gleicher Weise bestätigt die optische Untersuchung, daß eine Diffusion bei keiner Dicke der Bestreuung eintritt. Das Pulver bewirkt nur eine Beugung der Strahlen, welche durchweg ihren Charakter beibehält. Während demnach auch diese Beobachtungen das Princip von der Dif-

1) *Annal. de Chim. et de Phys.* LXXV, 376. — Poggend. *Annal.* LIII, 49 ff.

fusion der Strahlen bestätigen, beseitigen sie zugleich die von Forbes angeregten Zweifel, wie weit die Diffraction dabei mitwirke, und lösen in Verbindung mit dem Vorhergehenden alle die Schwierigkeiten, welche die mannigfachen und scheinbar widersprechenden, von Forbes an Pulvern, Gittern, Netzen usw. gemachten Erfahrungen auf diesem Gebiete zurückgelassen.

Die mitgetheilten Wahrnehmungen und die daran sich knüpfenden Betrachtungen führten mich auf eine neue Untersuchung, nämlich die des *Durchgangs der von verschiedenen glatten oder rauhen Oberflächen zurückgeworfenen Wärmestrahlen durch matte und trübe Medien*.

Die Sonnenstrahlen wurden zuerst an *gleichartigen Körpern von ungleichem Grade der Rauheit* reflectirt, an polirtem und mattgeschliffenem *Platin*, polirtem und mattem *Golde* und *Silber* von drei so verschiedenen Oberflächen, daß die eine hoch polirte fast schwarz, die andere matte grau und die dritte mattere weiß erschien. So, bald unter bestimmtem Winkel und unter sich parallel, bald diffus reflectirt, gelangten sie, der Reihe nach, zur Thermosäule, vor welcher nach einander das einseitig und das zweiseitig matte *Steinsalz* eingeschaltet wurden. Bei den thermischen Eigenschaften dieser Substanz war es von keiner weiteren Bedeutung, daß nur die vom polirten und rauhen Platin zurückgeworfenen Wärmestrahlen als gleichartig ¹⁾, die vom Gold und Silber bei ungleicher Oberfläche reflectirten aber als unter sich verschiedenartig ²⁾ zu betrachten waren.

Unter Anwendung der mehrgedachten Vorsichtsmaßregeln hat die Beobachtung zu folgenden Werthen geführt, welche, wie bisher, den Durchgang durch jene Schirme auf die vor dem Einschalten wahrgenommene, gleich 100 gesetzte Wärmemenge beziehen; sodann diese Durchgänge unter sich vergleichen, wobei, dem Vorigen entsprechend,

1) Pogg. Annal. Cl, 183, 188, 201, 211, 213.

2) Pogg. Annal. Cl, 183, 188, 196, 197, 212, 213.

die der parallelen Sonnenstrahlen mit 100 bezeichnet worden sind.

Steinsalze.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, nach der Reflexion von: <i>Platin</i> bei polirter rauher Oberfläche.		Verhältniß der Wärmemengen, welche die Steinsalze durchstrahlen, nach der Reflexion von: <i>Platin</i> bei polirter rauher Oberfläche.	
auf einer Seite matt.	100 : 49,5	59,0	100	119
auf beiden Seiten matt.	100 : 30,0	40,5	100	135

Steinsalze.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, nach der Reflexion von: <i>Gold</i> bei polirter rauher Oberfläche.		Verhältniß der Wärmemengen, welche die Steinsalze durchstrahlen, nach der Reflexion von: <i>Gold</i> bei polirter rauher Oberfläche.	
auf einer Seite matt.	100 : 49	57	100	116
auf beiden Seiten matt.	100 : 34	42	100	124

Steinsalze.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, nach der Reflexion von: <i>Silber</i> bei polirter matter rauher Oberfläche.			Verhältniß der Wärmemengen, welche die Steinsalze durchstrahlen, nach der Reflexion von: <i>Silber</i> bei polirter matter rauher Oberfläche.		
auf einer Seite matt.	100 : 45,5	56,5	68	100	124	149
auf beiden Seiten matt.	100 : 32,0	40,5	57	100	127	178

Interessant ist es, hier zu verfolgen: 1) wie der Durchgang der Wärmestrahlen durch ein und dasselbe matte Steinsalz zunimmt, je rauher die reflectirende Fläche; 2) wie der Durchgang der an einer und derselben rauhen Fläche zurückgeworfenen Strahlen, im Vergleich mit denen an der polirten, weniger abnimmt, je matter das hindurchlassende Steinsalz.

Als verschiedene reflectirende Körper von ungleicher Oberfläche dienten polirtes Platin und Gyps.

Steinsalze.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, nach der Reflexion von:		Verhältniß der Wärmemengen, welche die Steinsalze durchstrahlen, nach der Reflexion von:	
	polirtem Platin.	Gyps.	polirtem Platin.	Gyps.
auf einer Seite matt.	100 : 49,5	70	100	141
auf beiden Seiten matt.	100 : 30,0	50	100	167

Der Unterschied in dem Verhalten der *parallel* und der *diffus* zurückgeworfenen Wärmestrahlen tritt hier in gleicher Weise hervor.

Entsprechende Versuche wie mit dem Steinsalz wurden mit dem ein- und dem zweiseitig matten Glase angestellt. Reflectirt wurde die Wärme von polirtem Platin oder Silber und rauhem Platin, ferner von polirtem Platin und weißer Seide, von polirtem Silber und Gyps. Hier kommt in Betracht, daß nur beim Platin die Qualität der von der rauhen und von der spiegelnden Oberfläche zurückgeworfenen Wärmestrahlen dieselbe ist. Bei der Seide sowohl wie beim Gyps unterscheidet sie sich von der am polirten Metall reflectirten; und in Folge dessen ist schon der Durchgang durch die Glasmasse selbst in beiden Fällen ein verschiedener¹⁾. Um diesen Einfluß von dem der matten Beschaffenheit der Gläser trennen zu können, mußte denselben

1) Pogg. Annal. CIX, 595 ff.

das klare polirte Glas von gleicher Dicke beigegeben werden.
Hierbei lieferte die Beobachtung folgende Resultate:

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, nach der Reflexion von:		Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, nach der Reflexion von:	
	polirtem <i>Platin</i> oder <i>Silber</i> .	rauhem <i>Platin</i> .	polirtem <i>Platin</i> oder <i>Silber</i> .	rauhem <i>Platin</i> .
klar.	100 : 72	72	100	100
auf einer Seite matt.	100 : 48	56	100	117
auf beiden Seiten matt.	100 : 36	44	100	122

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, nach der Reflexion von:		Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, nach der Reflexion von:	
	polirtem <i>Platin</i> .	weißem <i>Tafft</i> .	polirtem <i>Platin</i> .	weißem <i>Tafft</i> .
klar.	100 : 72	80	100	100
auf einer Seite matt.	100 : 47	62	100	119
auf beiden Seiten matt.	100 : 32	44	100	124

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, nach der Reflexion von:		Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, nach der Reflexion von:	
	polirtem <i>Silber</i> .	<i>Gyps</i> .	polirtem <i>Silber</i> .	<i>Gyps</i> .
klar.	100 : 72	84	100	100
auf einer Seite matt.	100 : 47	72	100	131
auf beiden Seiten matt.	100 : 34	59	100	149

Oder, wenn die reducirten (die auswählende Absorption ausschließenden) Werthe in gemeinsamer Uebersicht nach dem Grade der Rauheit der reflectirenden Körper zusammengestellt werden:

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, nach der Reflexion von:			
	polirtem Platin oder Silber.	rauhem Platin.	weißem Taft.	Gyps.
klar.	100	100	100	100
auf einer Seite matt.	100	117	119	131
auf beiden Seiten matt.	100	122	124	149

Aus dieser Tafel erhellet hinsichtlich des Grades der S. 225 gedachten Zunahme, 1) wie die Steigerung des Durchgangs der von verschieden rauhen Flächen zurückgeworfenen Wärmestrahlen desto höhere Werthe annimmt, je matter der eingeschaltete diathermane Schirm; 2) wie die relative Steigerung dieses Durchgangs durch die verschieden matten Schirme (auf die von polirtem Metall zurückgeworfenen Strahlen bezogen) durch desto höhere Werthe hindurchgeht, je rauher die reflectirende Fläche.

Bei den Milchgläsern II und V, von denen das letztere trüber als das erste, wurden polirtes Silber, raubes Platin, weißer Atlas und Gyps als reflectirende Körper angewandt. Die Ergebnisse waren:

Milchgläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Milchgläser zur Thermosäule gelangten, nach der Reflexion von:				Verhältniß der Wärmemengen, welche die Milchgläser durchstrahlen, nach der Reflexion von:			
	polirtem Silber.	rauhem Platin.	weißem Atlas.	Gyps.	polirtem Silber.	rauhem Platin.	weißem Atlas.	Gyps.
No. II.	100 : 35,0	41	45	53	100	117	129	151
No. V.	100 : 18,5	26	36	43	100	141	195	232

Von den zurückgeworfenen Sonnenstrahlen sind nur die vom polirten Silber und rauben Platin ¹⁾, so wie die von weißer Seide und Gyps ²⁾ reflectirten unter sich als thermisch gleichartig zu betrachten. Die innerhalb dieser, paarweise zusammengestellten, Gruppen an den Milchgläsern auftretenden erheblichen Durchstrahlungsunterschiede sind demnach nur eine Folge der ungleichen Rauheit der reflectirenden Flächen, und so ergibt sich, *dafs ganz dieselben Erscheinungen, welche an den äußerlich matten Schirmen wahrgenommen werden, an den innerlich trüben in erhöhtem Maafse sich geltend machen.*

Bei dem Vergleich der von den Metallen und der von Seide und Gyps reflectirten Wärmestrahlen der Sonne ist zu berücksichtigen, dafs die letzteren die Eigenschaft besitzen, durch alle bisher zur Prüfung angewandten diathermanen Substanzen besser hindurchzugehen als erstere ³⁾. Es ist also mehr als wahrscheinlich, dafs sie in ähnlicher Weise die Masse des Milchglases, auch wenn dieselbe nicht trübe wäre, reichlicher durchstrahlen würden als jene. Um aber den Einfluß dieser qualitativen Verschiedenheit der Strahlen ermitteln und von den wirklich beobachteten Werthen in Abzug bringen zu können, welche ihn und denjenigen der mechanischen Trübung zusammen enthalten, würde es eines nicht trüben Milchglases bedürfen. Setzt man alle, dem weniger trüben Milchglase II angehörigen Werthe einander gleich, um auf sie die von No. V zu beziehen, so eliminirt man mit der Wirkung der auswählenden Absorption zugleich die der Trübung des ersteren, und derartige Zahlen, wie sie hier folgen, können alsdann nur den überwiegenden Einfluß der Trübung in No. V über den in No. II darstellen.

1) Pogg. Annal. CI, 179 ff.

2) Pogg. Annal. CIX, 595 ff.

3) Pogg. Annal. CIX. 597.

Milchgläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche die Milchgläser durchstrahlen, nach der Reflexion von:			
	polirtem Silber.	rauhem Platin.	weißem Atlas.	Gyps.
No. II.	100	100	100	100
No. V.	100	121	151	154

Wenn man bedenkt, daß die hier zur Geltung kommende Wirkung der mehr oder minder rauhen reflectirenden Flächen wesentlich darin besteht, die ursprünglich parallelen Strahlen, von einer Anzahl von Punkten aus, nach den verschiedensten Seiten hin mehr oder minder zu zerstreuen, so wird man auf *denselben Gesichtspunkt* geführt, von welchem aus die Wirkung der matten und trüben Schirme sich hatte betrachten lassen und *das bei der Durchstrahlung aufgestellte Princip der Diffusion erhält so bei der Reflexion eine erweiterte Bedeutung.*

Dasselbe wird durch einen Versuch bestätigt, welcher für die betreffende Frage auch auf jenem Gebiete, wenn zwar in anderem Sinne, charakteristisch gewesen. Eine *kochpolirte Metallplatte* wird durch das *Aufstreuen eines Pulvers, wie Semen Licopodii*, zweifellos diffundirender. Ist jene Auffassung die richtige, so müssen die von der bestäubten Fläche mehr oder minder diffus reflectirten Sonnenstrahlen besser durch mattes Steinsalz hindurchgehen, als die von dem Metallspiegel parallel zurückgeworfenen. Daß dies in der That der Fall ist, geht aus den folgenden Zahlen unzweideutig hervor.

Steinsalze.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, nach der Reflexion von:		Verhältniß der Wärmemengen, welche die Steinsalze durchstrahlen, nach der Reflexion von:	
	polirtem Metall.	mit Licopodium bestäubtem Metall.	polirtem Metall.	mit Licopodium bestäubtem Metall.
klar.	100 : 80	80	100	100
auf einer Seite matt.	100 : 50	68	100	136
auf beiden Seiten matt.	100 : 35	59	100	169

Um, bei der Neuheit der gewonnenen Resultate, dieselben gegen jeden Einwand sicher zu stellen, welcher etwa dagegen erhoben werden könnte, schien es mir, nach der mitgetheilten Berücksichtigung aller auf die Anordnung der Versuche bezüglichen Umstände, erforderlich, auch die Angaben des dabei benutzten *Thermomultipliers* einer besonderen Prüfung zu unterwerfen.

Bekanntlich sind die Angaben der Galvanometernadel nur innerhalb gewisser, bei verschiedenen Instrumenten ungleicher, Gränzen den sie erzeugenden Kräften proportional. Ueber diese Gränzen hinaus sind jene höheren Ablenkungen verhältnißmäfsig zu klein. Die Folge davon ist, dafs, wenn eine niedere auf eine höhere bezogen wird, die Division der ersteren durch die letztere aufangs das richtige Verhältnifs der dabei wirksamen Kräfte darstellt, dann eine zu hohe Zahl liefert. Nur wenn beide Angaben des Instruments einander sehr nahe stehen, wird der Bereich der Theilung, innerhalb dessen die Grade abgelesen werden, ohne Einflufs seyn; z. B. bei dem Vergleich der Ablenkungen vor und nach dem Einschalten des vorzüglichst diathermanen und daher die Abweichung der Nadel sehr wenig vermindernenden Steinsalzes. Die Verhältnifszahl wird aber um so mehr zu hoch erscheinen, je gröfser der Unterschied der beiden Ablesungen ist, wie es z. B. der Fall, wenn nach einer, die Nadel über die Proportionalitätsgränze hinaus treibenden directen Strahlung auf die Thermosäule, die eingeschaltete Substanz nur einen geringen Antheil der betreffenden Wärme hindurchläfst. Die Versuche haben dies vielfach bestätigt.

Während alle diese Bemerkungen von keinem wesentlichen Belang für die Beobachtungen sind, welche einem und demselben matten oder trüben Medium angehören, z. B. die bei dem Steinsalz wahrgenommene, in den Tabellen in horizontaler Linie dargestellte Steigerung, so sind sie doch geeignet, Mißtrauen gegen diejenigen anzuregen, welche auf verschiedene Schirme sich beziehen, z. B. die Steigerung, welche in den verticalen Reihen der Uebersichten auftritt.

Hier liegt der Fall vor, wo eine kleiner und kleiner werdende Ablenkung auf eine grössere bezogen wird. Ueberschritt die Beobachtung die Gränze der Proportionalität zwischen Wärmestrahlung und galvanometrischer Ablenkung, so mußte dieser Umstand allein schon höhere und höhere Zahlen herbeiführen. Es fragt sich, ob eine derartige künstliche Steigerung der betreffenden Werthe die Erscheinung in den vorliegenden Fällen getrübt hat.

Die Untersuchung wird sich am besten durch Mittheilung der Beobachtungen selbst erläutern lassen.

Bei dem ersten Verfahren wurden die directen Sonnenstrahlen mit den durch die Milchgläser II und V hindurchgegangenen, hinsichtlich ihres Verhaltens gegen das klare und die matten Steinsalze, verglichen. Zunächst wurde, der bisher stets befolgten Methode gemäß, vor dem Einschalten der letzteren jedesmal eine constante Ablenkung durch directe Strahlung auf die Thermosäule, z. B. von $9^{\circ},5$ herbeigeführt. Das Zwischenstellen der Steinsalze bewirkte alsdann die in der folgenden Tabelle verzeichneten Verminderungen jener Ablenkung.

Steinsalze.	Directe Sonnenstrahlen.		Sonnenstrahlen, austretend aus dem Milchglase			
			No. II.		No. V.	
	Ablenkung		Ablenkung		Ablenkung	
	ohne	bei	ohne	bei	ohne	bei
Einschaltung der Steinsalze.						
klar.	9,5	7,5	9,5	7,5	9,5	7,75
auf einer Seite matt.	9,5	4,5	9,5	5,5	9,5	6,00
auf beiden Seiten matt.	9,5	2,5	9,5	3,5	9,5	4,50

Bei der vorzunehmenden Prüfung wurden nun, anstatt die Angaben des Instruments vor dem Einschalten einander gleich zu machen, durch Reguliren der betreffenden Wärmemenge, die nach dem Einschalten auftretenden als gleich hergestellt, darauf das Steinsalz entfernt und abgewartet,

welche Ablenkung sodann durch die unmittelbar eindringenden Strahlen erfolgen würde. Dabei wurde, wie anfangs von den höchsten, jetzt von den niedrigsten Werthen ausgegangen; ferner um Alles möglichst zu vertauschen und die Gränzen der Versuchsreihen zu umfassen, bei der ersten Gruppe der ursprünglich geringste Werth der letzten $4^{\circ},5$; bei dieser der anfänglich kleinste der ersten Gruppe $2^{\circ},5$ zu Grunde gelegt; bei der mittleren $3^{\circ},5$ belassen. So ergab sich:

Steinsalze.	Directe Sonnenstrahlen.		Sonnenstrahlen, austretend aus dem Milchglase			
			No. II.		No. V.	
	Ablenkung		Ablenkung		Ablenkung	
	ohne	bei	ohne	bei	ohne ²	bei
Einschaltung der Steinsalze.						
klar.	5,63	4,5	4,75	3,5	3,50	2,5
auf einer Seite matt.	9,50	4,5	6,50	3,5	4,37	2,5
auf beiden Seiten matt.	16,50	4,5	10,25	3,5	6,00	2,5

Hier wird natürlich die Ablenkung nach Entfernen des zweiseitig matten Steinsalzes am beträchtlichsten, die Möglichkeit, die Proportionalitätsgränze zu überschreiten, also bei diesem Versuche am größten. Zudem übertrifft diese Ablenkung die der ersten Versuchsreihe, während andere wiederum auf niedrigere Grade sich beschränken. Aus der vorher angestellten Betrachtung folgt, dafs, wenn die Eigenthümlichkeit des Instruments einen störenden Einfluß ausübt, dieser jetzt nur dahin wirken kann, das Verhältnifs der Zahlen z. B. beim zweiseitig matten Steinsalz vor und nach der Einschaltung noch zu vergrößern, das beim klaren Steinsalz dagegen zu verkleinern. Ehe dieses Verhältnifs gebildet werden kann, ist noch zu berücksichtigen, dafs die angeführten, direct beobachteten Grade nicht immer die Wirkungen der strahlenden Wärme allein darstellen,

indem die Multiplicatornadel nach Abschlufs derselben höchst selten (wie zufällig bei der ersten Reihe) auf dem Nullpunkt der Theilung steht. So stellte sie sich z. B. beim letzten Versuch, nach Zurückhalten der Wärmestrahlen durch einen doppelten Metallschirm, auf $-0^{\circ},5$; und von diesem wahren Nullpunkt aus gerechnet, ist sonach für 6 als eigentliche Ablenkung $6^{\circ},5$ und für 2,5, 3° zu setzen. Auf solche Weise im Einzelnen berichtigt und alsdann in der üblichen Weise auf einander bezogen, gestalten sich die Werthe und ihre Verhältnisse wie folgt:

Steinsalze.	Direkte Sonnenstrahlen.		Sonnenstrahlen, austretend aus dem Milchglase				Direkte Sonnenstrahlen.		Sonnenstrahlen, austretend aus dem Milchglase			
	Ablenkung		No. II.		No. V.		Ablenkung		No. II.		No. V.	
	ohne	bei	ohne	bei	ohne	bei	ohne	bei	ohne	bei	ohne	bei
	Einschaltung der Steinsalze.											
klar.	9,5	7,5	9,5	7,5	9,5	7,75	5,63	4,5	5,00	4	3,75	3
auf einer Seite matt.	9,5	4,5	9,5	5,5	9,5	6,00	9,50	4,5	6,75	4	4,87	3
auf beiden Seiten matt.	9,5	2,5	9,5	3,5	9,5	4,50	16,50	4,5	10,50	4	6,50	3

Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei den

Steinsalze.	direkten Sonnenstrahlen.		aus dem Milchglase				direkten Sonnenstrahlen.		aus dem Milchglase			
			No. II.		No. V.				No. II.		No. V.	
			austretenden Sonnenstrahlen.		austretenden Sonnenstrahlen.				austretenden Sonnenstrahlen.		austretenden Sonnenstrahlen.	
klar.	100 : 79		100 : 79		100 : 82		100 : 80		100 : 80		100 : 80	
auf einer Seite matt.	100 : 47		100 : 58		100 : 63		100 : 47		100 : 59		100 : 62	
auf beiden Seiten matt.	100 : 26		100 : 37		100 : 47		100 : 27		100 : 38		100 : 46	

Die Uebereinstimmung der Zahlen beider Reihen ist offenbar so vollständig, wie sie sich irgend erwarten läßt.

Bei einer zweiten Controle wurden die von polirtem Silber und von weißem Atlas zurückgeworfenen Sonnenstrahlen durch klares und die beiden matten farblosen Gläser hindurchgelassen. Für eine constante Ablenkung anfangs vor, dann nach dem Einschalten erhält man folgende Werthe:

Gläser.	Sonnenstrahlen, reflectirt von				Sonnenstrahlen, reflectirt von			
	polirtem Silber.		weißem Atlas.		polirtem Silber.		weißem Atlas.	
	Ablenkung		Ablenkung		Ablenkung		Ablenkung	
	ohne	bei	ohne	bei	ohne	bei	ohne	bei
	Einschaltung der Gläser.				Einschaltung der Gläser.			
klar.	10,5	6,50	10,5	8,50	6,00	3,5	7,93	6,75
auf einer Seite matt.	10,5	5,25	10,5	7,55	7,37	3,5	9,45	6,75
auf beiden Seiten matt.	10,5	3,50	10,5	6,75	10,17	3,5	10,25	6,75

nach der dem wahren Nullpunkt entsprechenden Berichtigung:

klar.	9,75	6,50	12	8,50	5,25	3,5	9,43	6,75
auf einer Seite matt.	9,75	5,25	12	7,55	6,62	3,5	10,95	6,75
auf beiden Seiten matt.	9,75	3,50	12	6,75	9,42	3,5	11,75	6,75

oder, in ihrem Verhältniß zu einander:

klar.	100 : 67	100 : 71	100 : 67	100 : 72
auf einer Seite matt.	100 : 54	100 : 63	100 : 53	100 : 62
auf beiden Seiten matt.	100 : 36	100 : 56	100 : 37	100 : 57

Auch hier bleiben die Resultate unverändert.

Legt man der constanten Angabe nach dem Einschalten nicht (wie so eben) die jeder Reflexion zugehörige eigene geringste Zahl, sondern die bei der anderen erhaltene; also bei der Zurückwerfung vom Silber die beim Atlas beobachtete zu Grunde und umgekehrt, so ergibt sich:

Gläser.	Sonnenstrahlen, reflectirt von				Sonnenstrahlen, reflectirt von			
	polirtem Silber.		weißem Atlas.		polirtem Silber.		weißem Atlas.	
	Ablenkung		Ablenkung		Ablenkung		Ablenkung	
	ohne	bei	ohne	bei	ohne	bei	ohne	bei
	Einschaltung der Gläser.				Einschaltung der Gläser.			
klar.	10,5	6,5	10,5	8,5	10,50	6,5	5,18	4,4
auf einer Seite matt.	10,5	5,5	10,5	7,5	12,00	6,5	6,25	4,4
auf beiden Seiten matt.	10,5	4,4	10,5	6,5	15,13	6,5	7,45	4,4
nach der dem wahren Nullpunkt entsprechenden Berichtigung:								
klar.	10	6,5	12	8,5	10,00	6,5	6,18	4,4
auf einer Seite matt.	10	5,5	12	7,5	11,50	6,5	7,25	4,4
auf beiden Seiten matt.	10	4,4	12	6,5	14,63	6,5	8,45	4,4
oder, in ihrem Verhältniß zu einander:								
klar.	100 : 65		100 : 71		100 : 65		100 : 71	
auf einer Seite matt.	100 : 55		100 : 62		100 : 57		100 : 61	
auf beiden Seiten matt.	100 : 44		100 : 54		100 : 44		100 : 52	

Bei dieser veränderten Combination, welche die Beobachtungsgränzen noch mehr erweiterte, trat ebenso wenig eine mehr als zufällige Erhöhung oder Erniedrigung der nach der ursprünglichen Methode erhaltenen Verhältnißzahlen ein.

Noch entscheidender aber war eine andere Prüfung, welche mit directen und durch das Milchglas I hindurchgegangenen Sonnenstrahlen, unter Anwendung der Milchgläser II und V als zweiter Schirme, ausgeführt wurde. Hier wurde bei der diathermaneren Platte II mit höheren, von directer Einstrahlung diffuser Wärme herrührenden Ablenkungen experimentirt, als bei dem weniger diathermanen Milchglase V und so der Erhöhung der Verhältnißzahl bei letzterem durch die Nichtproportionalität der galvanometrischen Ablenkungen gerade entgegengewirkt. Die Beobachtung ergab im Vergleich mit den durch das übliche Verfahren gelieferten Werthen:

Milchgläser.	Directe Sonnenstrahlen.		Sonnenstrahlen, austretend aus dem Milchglase No. I.		Directe Sonnenstrahlen.		Sonnenstrahlen, austretend aus dem Milchglase No. I.		Directe Sonnenstrahlen.		Sonnenstrahlen, austretend aus dem Milchglase No. I.	
	ohne	bei	Ablenkung	ohne	ohne	bei	Ablenkung	ohne	ohne	bei	Ablenkung	ohne
	Einschaltung der Milchgläser.				Einschaltung der Milchgläser.				Einschaltung der Milchgläser.			
No. II.	16,5	6,4	16,5	11,50	11,5	4,13	11,5	7,5	30,5	11,50	10,5	6,75
No. V	16,5	3,5	16,5	7,75	6,5	1,50	6,5	2,6	37,0	7,75	7,5	3,35
nach der dem wahren Nullpunkt entsprechenden Berichtigung:												
No. II.	15	5,15	15	10,25	10	3,28	10	6,75	29,0	10,00	9	6,0
No. V.	15	2,25	15	6,50	5	0,75	5	2,10	35,5	6,25	6	2,6
oder, in ihrem Verhältniss zu einander:												
No. II.	100	34	100	68	100	33	100	67,5	100	34	100	67
No. V.	100	15	100	43	100	15	100	42,0	100	18	100	43

Mit einer einzigen Ausnahme, in welcher die Ablenkung ohne Einschaltung auf 37° , also jedenfalls über die Proportionalitätsgränze ¹⁾ hinausging, *stimmen auch hier die entsprechenden Verhältnisse, so mannigfach die Höhen der galvanometrischen Angaben sind, aus denen sie hervorgegangen, aufs Vollständigste überein.*

In keinem der vorher mitgetheilten, und hier am Durchstrahlungs- wie am Reflexionsverfahren, für jede einzelne in Betracht kommende matte oder trübe Substanz geprüften, Werthe hat also die Eigenthümlichkeit des Instruments irgendwie die erhaltenen Resultate beeinflusst oder gar begünstigt.

Es steht also von keiner Seite her das leiseste Bedenken dem *Diffusionsgesetze* entgegen, wonach die — in Folge der Durchstrahlung oder der Reflexion — *diffuse Wärme* 1) *desto reichlicher durch diffundirende Schirme hindurchgeht, je diffuser ihre Strahlen*; 2) *im Vergleich mit den parallelen Strahlen, je diffundirender die Schirme.*

Diese Ergebnisse leiten nun auch auf den richtigen Weg zum Verständniß derjenigen, bisher noch unerklärten, Durchstrahlungserscheinungen, welche die Wärme verschiedener Quellen darbietet, und von denen die vorliegende Untersuchung ausging.

Wie ein diffundirender Schirm Strahlen liefert, die von einer Anzahl von Punkten ausgehend, nach den verschiedensten Seiten hin gerichtet sind, so ist dieß bei jeder Wärmequelle der Fall. Bei einer irdischen kommen diese nach allen Seiten sich ausbreitenden Strahlen zur Geltung, bei der Sonne hat der Versuch nur mit parallelen Strahlen zu thun. *Es ist daher dem Vorstehenden vollkommen entsprechend, wenn die Strahlen irdischer Wärmequellen durch rauhe und trübe Medien reichlicher hindurchgehen als die Sonnenstrahlen.*

Einer näheren Untersuchung bedarf nur noch das Ver-

1) 25° bei dem angewandten Multiplicator, nach einer späterhin an demselben vollzogenen Graduierung.

halten *verschiedener irdischer Wärmequellen*. Welchen Einfluss haben bei ihnen die innere Beschaffenheit, die äußeren Verhältnisse derselben, ihr Abstand, die besonderen Umstände des Experiments usw. auf die Durchstrahlung durch die diffundirenden Schirme?

Ich verglich unter einander eine gewöhnliche Alkoholflamme, eine solche, deren Docht mit Kochsalz eingerieben war, und ein Stück Steinsalz, das durch eine Alkoholflamme erhitzt wurde, welche selbst aber diesmal durch einen Metallschirm gegen die Thermosäule verdeckt war. Ferner stellte ich eine Alkoholflamme ohne und eine mit rothglühendem Platin; eine Wasserstoffflamme ohne und mit hineingehaltener und dadurch weißglühender Kreide zusammen. Wie die Helligkeit, so nahm auch das Wärmeausstrahlungsvermögen durch die erhitzten festen Körper zu. Als Auhalt zum Vergleich der Versuche verschiedener Tage wurde jedesmal eine Argand'sche Lampe ohne Glaszylinder hinzugefügt. Auf diese bezogen, stellen die Werthe der folgenden Tabelle die Durchstrahlung der Wärme der genannten Quellen durch klares, einseitig und zweiseitig mattes *Steinsalz* dar.

Steinsalze.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei:							
	der Alkoholflamme allein.	der Alkoholflamme mit Kochsalz.	dem erhitzten Steinsalz.	der Alkoholflamme		der Wasserstoffflamme		der Argand'schen Lampe.
				allein.	mit glühendem Platin.	allein.	mit glühender Kreide.	
klar.	100:79	79,5	78,5	79	78,5	79	79	79
auf einer Seite matt.	100:66	66,0	66,0	66	66,0	66	66	66
auf beiden Seiten matt.	100:54	54,5	54,0	54	52,0	54	54	54

Es ist demnach kein Unterschied in der Durchgangsfähigkeit der Strahlen dieser, *ihrer ganzen Natur, namentlich ihrem Ausstrahlungsvermögen nach, so verschiedenartigen Wärmequellen* durch die Steinsalzplatten wahrzunehmen.

Ebenso wenig traten Unterschiede auf, als die Wärmestrahlen von der metallischen oder der mit Ruß oder Glas bekleideten Fläche eines, mit heißem Wasser gefüllten, Leslie'schen Würfels ausgingen.

Um so überraschender war es mir, eine von Forbes¹⁾ zuerst an aufgeblätterttem Glimmer, dann am Steinsalz gemachte Beobachtung bestätigt zu finden, wonach die Wärme einer mit einem Glasylinder versehenen Lampe in geringerem Verhältniß als die einer frei brennenden durch die matten Substanzen hindurchstrahlte. Die folgende Uebersicht enthält die näheren Data bei den obigen Steinsalzen.

Steinsalze.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei der Argand'schen Lampe	
	ohne	mit
	Glasylinder.	
klar.	100 : 87	86,0
auf einer Seite matt.	100 : 70	62,5
auf beiden Seiten matt.	100 : 60	50,5

Forbes²⁾ bringt diesen Vorgang mit der größeren Brechbarkeit der durch Glas hindurchgedrungenen und demgemäß von rauhen Körpern leichter absorbirbaren Strahlen in Zusammenhang; mir war derselbe nach den gemachten Erfahrungen völlig räthselhaft.

Um darüber ins Klare zu kommen und zugleich die Versuche möglichst umfassend anzustellen, zog ich, neben der Argand'schen Lampe ohne und mit Glasylinder, auch eine solche mit einer Glocke von Milchglas, ferner eine sogenannte Moderateurlampe ohne und mit Glasylinder, mit mattgeschliffener Glaskugel, sowie mit Cylinder und Kugel in den Vergleich. Ueberdies änderte ich die Methode des Versuchs ab. Bei der vorigen war die constante Ablenkung am Thermomultiplikator vor jeder Einschaltung

1) Pogg. Annal. LI, 89, 97, 98, 99, 100, 104, 105, 109.

2) Pogg. Annal. LI, 90, 92 — 97, 100, 103, 106.

einer Steinsalzplatte durch Hin- und Herrücken der Wärmequelle oder Höher- und Niedrigerschrauben der Flamme herbeigeführt worden. Jetzt wurde, ähnlich wie bei den Versuchen mit Sonnenstrahlen, ein Schirm mit Spalt vor der Wärmequelle aufgestellt und, indem dieser eine gleichbleibende Entfernung von der Thermosäule und eine unveränderte Flammengröße belassen wurde, die zur Säule gelangende Wärmemenge durch die mittelst einer Mikrometerschraube fein zu corrigirende Spaltbreite regulirt. Waren durch diesen Spalt und die Blendung vor der Thermosäule schon die zu der letzteren gelangenden Strahlen begränzt, so wurden sie dies noch mehr durch eine zwischen ihnen an einem dritten durchbrochenen Schirm angebrachte (bereits oben erwähnte) Röhre, welche, innen geschwärzt, die Nebenstrahlen absorbiren sollte. Auf diese Weise waren, bei den ungleich beschaffenen und verschiedenen geformten Glashüllen und den sehr ungleich ausstrahlenden Wärmequellen, möglichst identische äußere Verhältnisse herbeigeführt worden.

Die Beobachtung aber ergab unter diesen Umständen die in der nachstehenden Tafel aufgeführten (an die erste Tabelle sich anschließenden) Werthe:

Steinsalze.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei:						
	der Argand'schen Lampe			der Modérateur-Lampe			
	ohne Glascylinder.	mit Glascylinder.	mit Milchglas- glocke.	ohne Glascylinder.	mit Glascylinder.	mit mattgeschliffener Glaskugel.	mit Glascylinder und Kugel.
klar.	100:79	79	79,0	79	79	79	79
auf einer Seite matt.	100:66	66	65,5	67	66	66	66
auf beiden Seiten matt.	100:54	54	54,0	54	54	54	54

Die vorher wahrgenommenen Unterschiede sind jetzt vollständig verschwunden. Sie können also in einer ungleichen

Brechbarkeit der directen und der durch Glas hindurchgegangenen Wärmestrahlen ihren Grund nicht gehabt haben.

Es wurden nun demselben Verfahren diejenigen Wärmequellen unterworfen, welche unter den irdischen in jeder Hinsicht die größten Verschiedenheiten darbieten: die freibrennende Argand'sche Lampe und der dunkle erhitzte Metallcylinder. Das Ergebniss war folgendes:

Steinsalze.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei:	
	der Argand'schen Lampe.	dem heißen Metallcylinder.
klar.	100 : 79	79
auf einer Seite matt.	100 : 66	66
auf beiden Seiten matt.	100 : 54	54

Die vielbesprochene Verschiedenheit in der Durchstrahlung der Wärme dieser Quellen, welche die ganze Untersuchung veranlaßt und deren Erklärung sie sich als Ziel gesetzt hatte, ist jetzt unter den Händen verschwunden.

Bei der Wichtigkeit dieser Beobachtung ist sie wiederholentlich von mir controlirt worden und habe ich mich dabei überzeugt, daß selbst die geschwärzte Röhre und die Blendungen an den Steinsalzen nicht durchaus erforderlich sind, vielmehr drei hinter einander aufgestellte durchbrochene Schirme genügen, um jene Gleichheit herbeizuführen.

Die ungleiche Temperatur der Wärmestrahlen, worauf man die gedachte Verschiedenheit auch zu beziehen gesucht hat, kann also, eben so wenig wie die anderen, bereits einzeln beseitigten Gesichtspunkte, einen Erklärungsgrund für dieselbe abgeben.

Unseren Erfahrungen nach, ist für den Durchgang durch die matten Steinsalze das wesentlich Bestimmende, ob parallele oder von einer größeren oder geringeren Anzahl von Punkten ausgehende, mehr oder minder mannigfach gerichtete Strahlen auf dieselbe auffallen. Gehen bei einer irdischen Wärmequelle von jedem Punkte schon Strahlen nach

allen Richtungen aus, so kann das Hinzufügen eines neuen ausstrahlenden Körpers, wie bei der ersten, oder das Umgeben mit einem matten oder Milchglase, wie bei der letzten Versuchsreihe, keinen Einfluss auf die in Rede stehenden Erscheinungen ausüben. Ist die Anordnung der Versuche so getroffen, dass jene Bestrahlungsverhältnisse gleich sind, so geht durch das nämliche Steinsalz stets derselbe Wärmeantheil hindurch, die Wärmequellen mögen im Uebrigen beschaffen seyn, wie sie wollen.

Bei andern Körpern als beim Steinsalz, welche nicht wie dieses gegen die Art der Wärmestrahlen („die Wärmefarbe“) gleichgültig sind, ist dies natürlich nicht der Fall. Das Einzige, was bei ihnen, z. B. den matten Gläsern und den Milchgläsern, sich erwarten lässt, ist, dass bei Anwendung der drei durchbrochenen Schirme die Durchgänge der Wärme der Argand'schen Lampe und des erhitzten Metallcylinders durch die matten und trüben Medien sich gerade so zu einander verhalten wie bei einer klaren Platte gleicher Substanz. So weit die Versuche reichen, hat die Annäherung an dieses constante Verhältniss sich nicht verkennen lassen. Es ist hier der Weg angezeigt, die auswählende Absorption eines Milchglases, abgesehen von seiner mechanischen Trübung, den betreffenden Wärmequellen gegenüber, kennen zu lernen.

Die Richtigkeit der bezeichneten Auffassungsweise wird durch den *Einfluss* bestätigt, *welchen jede Aenderung in der Anstellung der Versuche auf die Durchstrahlungserscheinungen ausübt.*

Die folgenden Tabellen enthalten einige charakteristische Beispiele dieser Art. Die erste stellt die Fälle einander gegenüber, in deren einem die mit ihrer Blendung versehene Thermosäule ohne weitere Vorkehrung den Wärmestrahlen ausgesetzt war, im anderen die drei durchbrochenen Schirme angewandt wurden. Die vor der Säule einzuschaltenden Steinsalze waren mit ihren Blendungen versehen.

Steinsalze.	Verhältnifs der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei:			
	der Argand'schen Lampe,	dem heißen Metallcylinder,	der Argand'schen Lampe,	dem heißen Metallcylinder,
	ohne besondere Vorkehrung.		bei drei durchbrochenen Schirmen	
klar.	100 : 84,5	84,0	79	78,5
auf einer Seite matt.	100 : 65,5	79,5	72	72,0
auf beiden Seiten matt.	100 : 50,5	75,5	60	60,0

Die bekannte Ungleichheit der Durchstrahlung und das Verschwinden derselben sind hierin bezeichnend.

Die Gleichheit der Durchstrahlung erhält sich bei Hinzufügung der kurzen (92^{mm} langen) geschwärzten Röhre, doch läßt eine längere (von 171^{mm}) wieder Unterschiede auftreten:

Steinsalze.	Verhältnifs der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei:			
	der Argand'schen Lampe,	dem heißen Metallcylinder,	der Argand'schen Lampe,	dem heißen Metallcylinder,
	bei kurzer geschwärzter Röhre.		bei langer geschwärzter Röhre.	
klar.	100 : 79	79	78,5	78,5
auf einer Seite matt.	100 : 66	66	69,0	78,0
auf beiden Seiten matt.	100 : 54	54	57,0	67,0

Der Grund dieser Verschiedenheit ist in einer, durch die längere Röhre bedingten, sehr ungleichen Stellung der beiden Wärmequellen, vielleicht auch zum Theil in dem Umstande zu suchen, daß dieselbe die flach auffallenden Strahlen nicht vollständig absorbirte.

Eine 171^{mm} lange, innen mit weißem Papier bezogene, Röhre und eine ebenso lange von polirtem Metall, so wie

ein polirter Metallkegel stellten die Gleichheit wieder her, bewirkten aber Durchgänge von unter sich sehr ungleichem absolutem Betrage.

Steinsalze.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei:					
	der Argand'schen Lampe, bei weißer Röhre.	dem heißen Metallcylinder, bei weißer Röhre.	der Argand'schen Lampe, bei polirter Röhre.	dem heißen Metallcylinder, bei polirter Röhre.	der Argand'schen Lampe, bei polirtem Kegel.	dem heißen Metallcylinder, bei polirtem Kegel.
klar.	100 : 74	74	79	79	95,5	95,5
auf einer Seite matt.	100 : 73	73	71	71	87,5	87,5
auf beiden Seiten matt.	100 : 59	59	66	66	75,0	75,0

Es war hierin ein Mittel gegeben, durch Anbringung z. B. des metallenen Kegels bei den Strahlen der Argand'schen Lampe, (wodurch nichts an ihren Eigenschaften geändert wird) die ursprüngliche Erscheinung in dem Grade umzukehren, dafs, an Stelle der Wärme des erhitzen Metallcylinders, vielmehr die der Lampe reichlicher als die andere durch die matten Steinsalzplatten hindurchging. Freilich ist dabei zu berücksichtigen, dafs bei dieser Gelegenheit auch die Durchstrahlung durch das klare Steinsalz vermehrt wird, und dafs eine solche, allen gemeinsame Steigerung zuvor in Abrechnung zu bringen wäre, ehe weitere Schlüsse auf das besondere Verhalten gegen die matten Steinsalze gezogen werden könnten. Um derartige, auf alle Platten bezügliche Wirkungen von den, den matten ausschliesslich zukommenden unterscheiden oder etwaige Nebeneinflüsse beurtheilen zu können, ist eben das klare Steinsalz stets den übrigen beigegeben worden. Fälle, in denen dieses für sich schon Unterschiede bei verschiedenen Wärmequellen zu erkennen gab, sei es ohne Blendung vermöge einer inneren Reflexion oder sei es in Folge der Blendung durch ein ungleiches Zurückhalten der Strahlen, konnten bei den Vergleichen gar nicht in Betracht kommen.

Eine Frage bot hier noch ein besonderes Interesse dar. Es war eine einfache Folgerung des allgemeinen, von uns für die Durchstrahlung durch matte Substanzen aufgefundenen, Princip, daß bei einer und derselben Wärmequelle das Durchstrahlungsverhältniß am größten bei unmittelbarer Nähe derselben, im Minimum bei unendlicher Ferne stattfinden müßte. War es möglich, eine derartige Aenderung mit dem Abstände der nämlichen Wärmequelle schon innerhalb des Bereiches der Versuche wahrzunehmen?

Die Thermosäule wurde, wie bisher, mit ihrem 70^{mm} langen Ansatzrohre, welches die Blending trug, versehen; etwa 40^{mm} von dieser, um für das Einschalten der Steinsalze Raum zu lassen, der durchbrochene Schirm mit der geschwärzten Röhre aufgestellt und vor der letzteren eine und dieselbe Wärmequelle in wechselnder Entfernung. Diese aber wurde von der Röhre an bis zu der Mitte der sichtbaren Flamme oder beim dunkeln erhitzten Cylinder bis zu dessen Vorderfläche gemessen. Um durch directe Einstrahlung auf die Thermosäule immer die nämliche Ablenkung am Multiplicator hervorzubringen, wurde die betreffende Flamme beim Annähern verkleinert, beim Entfernen vergrößert. Die Durchstrahlungsverhältnisse gestalteten sich alsdann bei der frei brennenden, der mit einem Glas-cylinder und der mit dem Metallcylinder versehenen Lampe wie folgt:

Steinsalze	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei:							
	der Argand'schen Lampe, bei				der Argand'schen Lampe mit Glascy- linder,		dem heißen Metalleylin- der,	
	kurzer		langer		bei kurzer geschwärzter Röhre,			
	geschwärzter Röhre,							
	40mm	120mm	30mm	120mm	30mm	145mm	50mm	150mm
	Entfernung.				Entfernung.			
klar.	100 : 81,5	82	78,0	78,0	80,0	80,0	82	81,0
auf einer Seite matt.	100 : 76,0	71	72,5	65,5	75,0	67,5	75	75,0
auf beiden Seiten matt.	100 : 66,0	54	62,0	54,0	62,5	51,5	71	62,5

Die Abnahme des Durchstrahlungsverhältnisses durch die matten Schirme mit der Zunahme der Entfernung der Wärmequellen hat sich über Erwarten deutlich bei jeder einzelnen derselben herausgestellt.

Man konnte selbst hoffen, auf diese Weise, bei vollkommen constanter Durchstrahlung durch das klare Steinsalz, eine Umkehr der Durchstrahlungsverhältnisse bei den trüben Exemplaren eintreten zu sehen. Da die Werthe getrennter Abtheilungen der obigen Tabelle nicht zusammenstellbar sind, so mußte eine neue Versuchsreihe zum Vergleiche der verschiedenen Wärmequellen in gedachter Rücksicht vorgenommen werden.

Die Ergebnisse derselben bei frei brennender Argand'scher Lampe und erhitztem Metalleycylinder waren folgende:

Steinsalze.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei:			
	der Argand'schen Lampe,	dem heißen Metalcy- linder,	der Argand'schen Lampe,	dem heißen Metalcy- linder,
	bei kurzer geschwärtzter Röhre,			
	220mm	30mm	50mm	130mm
	Entfernung.			
klar.	100 : 79	79	80	79
auf einer Seite matt.	100 : 65	78	77	71
auf beiden Seiten matt.	100 : 53	69	70	64

In der That, *der bloße Wechsel des Abstandes der Wärmequellen hat die Strahlen der Argand'schen Lampe und des heißen Metalcyinders ihre Rollen, den matten Steinsalzen gegenüber, vollständig vertauschen lassen.* Während, der ursprünglichen Entdeckung gemäß, bei fernstehender Lampe eine geringere Durchstrahlung ihrer Wärme als der des nahen Cylinders durch jene Platten erfolgt, übertrifft dieselbe bei nahegerückter Lampe den Durchgang der Wärme des fernerer Cylinders.

Ein Uebelstand des bisherigen Verfahrens bestand darin, daß die Ausdehnung der Flamme und die Temperatur des Metalls geändert wurden; ein Wechsel, welcher nur in sofern weniger schädlich war, als die Art, wie derselbe vorgenommen wurde, dem erwarteten und erhaltenen Resultate entgegenwirkte.

Um ihn zu beseitigen, erzielte ich die Constanz der anfänglichen Ablenkung am Multiplicator dadurch, daß ich, beim Näherrücken der unveränderten Wärmequelle, einen regulirbaren Gegenstrom durch das Instrument hindurchgehen ließ. Das eigentliche Experiment wurde jetzt auf keine Weise beeinträchtigt und es war auch bei naher Wärmequelle möglich, die Ablenkungen innerhalb derjenigen Grenzen zu halten, für welche sie den erzeugenden Kräften als proportional betrachtet werden konnten. Das obige Resultat ist auf diese Weise vollständig bestätigt worden.

Bei Weitem vorzuziehen aber ist es, die constante Ablenkung bei directer Einstrahlung durch einen entsprechenden Widerstand zu bewirken, weil hier der Ausgangspunkt der galvanometrischen Angaben fast unverrückt bleibt, während er sich durch den Gegenstrom bis zu 13,5 Graden verschob. Um noch näher an die Thermosäule heran zu gelangen, wurde die geschwärzte Röhre fortgelassen, die Entfernungen der Wärmequellen von dem an seiner Stelle belassenen durchbrochenen Schirme aus gemessen. Bei dem größeren Abstände war gar kein Widerstand, bei dem geringsten bis zu 40 Windungen eines auf eine Serpentinwalze von 70^{mm} Durchmesser gewickelten, 0,25^{mm} dicken Neusilberdrahts eingeschaltet.

Die unter solchen Umständen bei gleichbleibender Gröfse und Temperatur der Wärmequellen sich ergebenden Durchstrahlungsverhältnisse stellt die folgende Uebersicht dar.

Steinsalze.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei:							
	der Argand'schen Lampe				dem heißen Metallcylinder,		der Argand'schen Lampe,	dem heißen Metallcylinder,
	ohne		mit					
	40mm	220mm	40mm	220mm	50mm	400mm	30mm	340mm
	Entfernung.				Entfernung.		Entfernung.	
klar.	100:80	79	82	79	81	80	81	80
auf einer Seite matt.	100:74	64	73	64	79	66	75	64
auf beiden Seiten matt.	100:73	55	71	55	79	55	74	60

Diese Werthe sind in mehrfacher Beziehung von Interesse. Zunächst zeigen sie den *Einfluss der Entfernung der Wärmequelle* in jedem einzelnen Falle und die dadurch bewirkte *Umkehr der Durchstrahlungsverhältnisse bei der Lampe und dem heißen Cylinder in gesteigertem Maasse*.

Es ist dabei zu bemerken, dass der Einfluss des Entfernens bei dem letzteren, wie bei dessen größerer Ausdeh-

nung vorherzusehen, weniger als bei der Flamme sich geltend macht. Derselbe kann daher auch weiter als diese von der Thermosäule entfernt seyn, ohne dafs darum seine Wärmestrahlen schon schlechter als die der Lampe durch die matten Steinsalze hindurchgingen. Bei der geringeren Intensität einer dunkeln Wärmequelle ist im Allgemeinen die Wahrscheinlichkeit immer für das Eintreten der von Forbes entdeckten Erscheinung.

Vollkommen verständlich wird jetzt auch eine Erfahrung, welche mich früher oftmals beunruhigt hatte. Bei dem Beginn einer Versuchsreihe gelang das Forbes'sche Experiment vortrefflich: die Strahlen des Metallcylinders gingen bedeutend besser als die der Lampe durch die trüben Platten hindurch; je öfter dasselbe aber wiederholt wurde, desto mehr schwand es Einem unter den Händen und nach stundenlanger Benutzung der Lampe war es oft kaum möglich, die ursprüngliche Erscheinung mit Sicherheit wieder hervorzurufen! Natürlich: die offene Flamme brannte mit ihrem verkohlenden Dochte allmählich immer schlechter, auch wurde die Temperatur der Umgebung allmählich höher und die Rückseite der Thermosäule immer wärmer; die Lampe mußte daher der Säule und den Steinsalzen näher und näher gerückt werden und so geschah es, dafs der Durchgang ihrer Strahlen beständig reichlicher, dem der Wärme des Cylinders immer ähnlicher wurde. Günstiger gestalteten sich die Verhältnisse, als ich die Versuche in neuester Zeit mit einem, durch Gas gespeisten Argand'schen Brenner und einem, durch eine Gasflamme erhitzten Metallcylinder wiederholte.

Die Umkehr der betreffenden Durchstrahlungen beseitigt vollends jede frühere, an den ursprünglichen Versuch speciell geknüpft Theorie.

Dasselbe gilt von den Seite 240 erwähnten, bei der Argand'schen Lampe ohne und mit *Glascylinder* beobachteten Verschiedenheiten. Mit Letzterem ist sie in der Regel ferner als ohne denselben aufzustellen, um die nämliche Ablenkung am Thermomultiplicator hervorzubringen,

daher der Durchgang ihrer Strahlen geringer. Die S. 241 beschriebene, für die Beurtheilung des Vorhandenseyns einer auswählenden Absorption normalste Methode mit den drei durchbrochenen Schirmen hatte sie bereits verschwinden sehen. Die letzten S. 249 mitgetheilten Beobachtungen aber lassen die Verschiedenheiten in entgegengesetztem Sinne auftreten, indem die Wärme der ferner stehenden Argand'schen Lampe ohne Cylinder eine geringere Durchstrahlung als die der näheren mit Glascylinder darbietet.

Die direct nachgewiesene Abnahme des die trüben Medien durchdringenden Anthells der Strahlen mit der Entfernung der Wärmequelle bildet auch den unmittelbaren Uebergang zu der so überraschend geringen, bei Benutzung der Sonne wahrgenommenen Durchstrahlung (S. 198 u. ff.). Es ist nicht zu bezweifeln, dafs bei den matten Steinsalzen der Contrast in dem Verhalten der Wärme des dunklen Cylinders und derjenigen der Sonne nur in dem ungleichen Abstände beider zu suchen ist und bei Annäherung der Sonne verschwinden würde. Eine durch Linsen bewirkte, von endlicher Ferne aus stattfindende Divergenz der Strahlen würde eine wirkliche Annäherung nicht ersetzen. Denn die blofse *Divergenz von einem Punkte aus* bedingt (nach S. 211) keine Erhöhung des Durchgangs. Es bliebe, wie bei dem Vergleich mit der *Diffusion*, auch hier noch der Unterschied zwischen Einheit und Mehrheit.

Vergleicht man die, verschiedenen diffundirenden Schirmen angehörigen, Zahlen mit einander, so ersieht man, dafs sie bei naher Wärmequelle einander näher stehen, als in den Fällen der fern herkommenden Strahlen. So gehen z. B. (nach der Tabelle S. 249) die von dem 50^{mm} entfernten Metallcylinder ausgesandten Wärmestrahlen in dem gleichen Verhältnifs: 79 von 100 der auffallenden Menge sowohl durch das einseitig wie durch das zweiseitig matte Steinsalz hindurch, dagegen bei 400^{mm} Abstand des heifsen Metalls durch jenes 66, durch dieses 55 von 100. *Bei verschiedenen matten oder trüben Substanzen nimmt also die Durchstrahlung mit der Entfernung des ausstrahlenden Kör-*

pers in ungleichem Verhältniss ab und zwar desto schneller, je diffundirender der betreffende Schirm ist. Hiernach findet auf thermischem Wege auch das oben (S. 201) beschriebene optische Räthsel seine einfache Lösung.

Schliesslich möchte ich noch hinzufügen, dass eine früher (S. 221) gemachte Bemerkung, wonach das Hin- und Herrücken eines ersten diffundirenden Schirms ohne merklichen Einfluss auf die Durchstrahlung durch einen zweiten sich erwiesen, nicht mit dem zuletzt aufgestellten Satze im Widerspruch steht, indem sowohl die damalige Methode des Experimentirens, bei welcher noch ein Metallschirm mit Spalt in den Gang der Strahlen eingeschaltet wurde, eine andere, als auch der Wechsel der Entfernung in viel engere Gränzen eingeschlossen war. Dass übrigens der Einfluss des Abstandes der Wärmequelle, wo er bei dem Durchstrahlungsverhältniss sich geltend machte, in der That an das Wesen der matten und trüben Schirme gebunden war, hat, neben dem Verhalten des klaren Steinsalzes, eine mit den verschiedensten glatten und klaren Substanzen angestellte Reihe von Gegenversuchen bestätigt, welche bei jeder Entfernung eine gleiche Durchgangsfähigkeit der Wärmestrahlen erkennen liess. Es ist dabei zweckmässig, so grosse diathermane Platten anzuwenden, dass sie die Oeffnung der Thermosäule hinreichend überragen, um die Blendungen unnöthig zu machen.

Wenn andererseits den trüben Medien constante Absorptionsverhältnisse nicht zuzuschreiben sind, vielmehr die Methode des Experimentirens an den Ergebnissen den wesentlichsten Antheil hat, so erhellt unmittelbar, welche Vorsicht bei dem Vergleiche der einzelnen Beobachtungen und bei der Deutung dieser Thatsachen geübt werden muss.

III. Berufstes Steinsalz.

Melloni) hat bekanntlich zuerst die Beobachtung gemacht, dass mit Rufs überzogenes Steinsalz, abweichend von

- 1) *Compt. rend.* IX, 315; X, 537 ff. — *Ann. de Chim. et de Phys.* LXXII, 40; LXXV, 379. — *Thermochrösc.* 281 — 288, 302, 307 — 313. — *Pogg. Annal.* XLVIII, 329, 330; XLIX, 577 — 580; LIII, 52.

allen bis dahin von ihm untersuchten Substanzen, den Wärmestrahlen niederer Temperatur oder geringerer Brechbarkeit einen reichlicheren Durchgang als denen höheren Wärmegrades und gröfserer Brechbarkeit gestatte. Forbes¹⁾; ich²⁾ selbst, später Volpicelli³⁾ und Tyndall⁴⁾ haben diese Erscheinung bestätigt gefunden. Widersprochen ist derselben nur von Zantedeschi⁵⁾ und Fusinieri⁶⁾, von denen der Erstere jedoch neuerdings⁷⁾ eine, seiner früheren entgegengesetzte, mit Melloni's übereinstimmende Beobachtung mittheilt und der Letztere überhaupt kein Experiment für seine Behauptung in Anspruch nimmt.

Forbes⁸⁾ erblickte in jenem Vorgange einen ähnlichen Fall wie den von ihm aufgefundenen des reichlicheren Durchlasses der bezeichneten Strahlen durch Platten mit rauher Oberfläche. Später⁹⁾ neigt er sich zwar Melloni's Auffassungsweise zu, wonach die Rufsschicht vermöge ihrer inneren absorbirenden Beschaffenheit, nicht vermöge ihres mechanischen Gefüges wirke, findet indess seine Zweifel nicht vollständig gehoben. Matthiessen¹⁰⁾ ist ebenfalls der Meinung, dafs, auf Steinsalz ausgebreiteter, Rufs wegen Mangels an Politur mehrere Auslegungen zulasse.

Es ist mir in der vorliegenden Untersuchung darauf an-

- 1) *Trans. of the Roy. Soc. of Edinb. Vol. XV, pt. I. — Compt. rend. X, 19. — Pogg. Annal. LI, 100, 101, 102, 105, 403.*
- 2) *De calore radiante disquisitiones cet. p. 19. — Pogg. Annal. LXX, 226.*
- 3) *Compt. rend. XXXV, 954.*
- 4) *Philos. Magaz. 4th series, XXIV, 283, 284. — Pogg. Annal. CXVI, 18, 19.*
- 5) *Racc. fis. chum. ital. II, 293 — 297, besonders 296, 304. Cenni di alcuni studi sperimentali fatti nell' Agosto e Settembre del 1848 in Firenze p. 6.*
- 6) *Annali delle Scienze del Regno Lombardo Veneto 1841, p. 227. (Racc. II, 282.)*
- 7) *Sitzungsber. der kais. Acad. zu VVien XXIV, 47 — 49.*
- 8) *Pogg. Annal. LI, 90, 99, 100.*
- 9) *Pogg. Annal. LI, 103, 398.*
- 10) *Compt. rend. XVI, 763. — Pogg. Annal. LIX, 171.*

gekommen, zu ermitteln, ob, der Melloni'schen Behauptung nach, das berufste Steinsalz eine *auswählende*, namentlich auf Strahlen geringerer Brechbarkeit gerichtete *Absorption* ausübe oder, der ursprünglichen Forbes'schen Ansicht gemäß, die an ihm wahrgenommene Erscheinung durch die *mechanische Beschaffenheit der Oberfläche* bedingt und somit der an rauhen Schirmen beobachteten vergleichbar sey.

Um dasjenige berufste Steinsalz, welches dieser Prüfung unterworfen werden sollte, zunächst in Betreff der Haupterscheinung kennen zu lernen, so wie die bisherigen Facta durch Hinzufügung der Sonnenwärme zu vervollständigen, verglich ich die Durchstrahlungen durch ein, auf einer Seite ziemlich dick berufstes, Stück Steinsalz bei der Sonne, der Argand'schen Lampe und dem dunkeln erhitzten Cylinder. Diese Durchstrahlungen, auf die gleich 100 gesetzte, zur Vorderfläche jener Platte gelangende Wärmemenge bezogen, finden sich in der nachstehenden Tabelle.

Diathermaner Körper.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten des berufsten Steinsalzes zur Thermosäule gelangten, bei:		
	der Sonne.	der Argand'schen Lampe.	dem heißen Metallcylinder.
berufstes Steinsalz.	100 : 1,4	12	23

Die Unterschiede in dem Durchlaß der Wärme der Sonne und des heißen Metallcylinders schloß sich den größten bisher beim berufsten Steinsalz bekannten an.

Der Frage nach dem Vorhandenseyn einer *auswählenden Absorption* bei Letzterem näher zu treten, liefs ich nach einander lauter parallele, in ihren Eigenschaften aber sich unterscheidende, Wärmestrahlen, wie sie beim Einschalten verschiedenartiger diathermaner Körper: Gläser, Gyps, Alaun, Kalkspath, Glimmer in den Gang der Sonnenstrahlen erhalten werden, auf das berufste Steinsalz auffallen und untersuchte, ob dieses ihnen den Durchlaß in ungleichem oder allen in gleichem Verhältniß gestatten würde. Demselben wurde noch eine Platte braunen Glimmers so

wie ein mattes Steinsalz beigegeben, von denen die erstere ihm hinsichtlich der Farbe, das letztere in der Rauheit der Oberfläche vergleichbar war.

Die beobachteten Durchgänge sind in den folgenden Zahlen vertreten.

Diathermane Körper.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der diathermanen Körper zur Thermosäule gelangten, nach der Durchstrahlung von:										
	Steinsalz oder bei directer Sonnenwärme.	dunkelrothem Glase.	hellrothem Glase.	grünem Glase.	blauem Glase.	gelbem Glase.	farblosem Glase.	Gyps.	Alaun.	Kalkspath.	drei Platten braunen Glimmers.
berufstes Steinsalz.	100 : 1,6	3,6	3,4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,4	3,6
brauner Glimmer.	100 : 72	79	76	72	71	79	71	72,0	71	70	79
rauhes Steinsalz.	100 : 33	34	34	33	34	34	33	33,5	32	32	34

Ein Blick auf diese Tafel zeigt, daß das berufste Steinsalz in seinem Verhalten gegen verschiedenartige Wärmestrahlen dem braunen Glimmer, nicht dem rauhen Steinsalz sich anschließt, indem es wie jener z. B. die aus den rothen Gläsern und den Glimmerplatten austretenden Strahlen besser hindurchläßt, als die directen oder durch andere Medien hindurchgegangenen; während das rauhe Steinsalz früheren Beobachtungen entsprechend) jeder Art von Wärme einen gleichen Durchgang gestattet.

Zur Controle stellte ich noch eine zweite Versuchsreihe an, bei der das berufste Steinsalz als erster Schirm diente, die andern diathermanen Platten aber an seine Stelle als zweite Schirme traten, um die Sonnenstrahlen vor und nach ihrem Durchgange durch jenes zu prüfen. Es wurden hierbei nur diejenigen ausgewählt, welche dem Vorigen nach, überhaupt Unterschiede erwarten ließen, die rothen Gläser und der Glimmer. Von Letzterem wurden, der Reihe nach, eine, zwei und drei Platten hinter einander angewandt. Die Beobachtung ergab:

Sonnenstrahlen	Diathermane Körper:	Gläser		Glimmer		
		hell-roth.	dunkel-roth.	eine Platte.	zwei Platten.	drei Platten.
vor dem Durchgange	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der diathermanen Körper zur Thermosäule gelangten.	100 : 51	34	58	50	26
nach dem Durchgange durch das berufste Steinsalz.		100 : 57	44	59	59	43

Diese im ersten und zweiten Falle hindurchgestrahlten Wärmemengen verhalten sich zu einander, wie folgt:

vor dem Durchgange	Verhältniß der Wärmemengen, welche die diathermanen Körper durchstrahlen.	100	100	100	100	100
nach dem Durchgange durch das berufste Steinsalz.		112	129	102	118	165

Sonach ergibt sich, 1) dafs die durch berufstes Steinsalz hindurchgegangenen Wärmestrahlen (in vollständigem Einklange mit dem Vorhergehenden) verhältnismäfsig reichlicher durch rothes Glas und braunen Glimmer hindurchdringen als die directen Sonnenstrahlen; 2) dafs diese Unterschiede desto gröfser sind, je intensiver das rothe Glas gefärbt, und je dicker die prüfende Glimmerplatte ist.

Andererseits prägen sich die bei *ungleich stark berufsten Steinsalzplatten* an den nämlichen diathermanen Körpern auftretenden Unterschiede desto deutlicher aus, je dicker die aufgetragene Rufsschicht ist, wie die folgenden Beobachtungen und ihre Reductionen darthun.

Sonnenstrahlen nach dem Durchgange durch:	Diathermane Körper:	dunkelrothes Glas.	drei Platten braunen Glimmers.
klares	Verhältnifs der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der diathermanen Körper zur Thermosäule gelangten.	100 : 34	26,0
dünn berufstes		100 : 44	30,5
dick berufstes Steinsalz.		100 : 44	43,0
klares	Verhältnifs der Wärmemengen, welche die diathermanen Körper durchstrahlen.	100	100
dünn berufstes		129	117
dick berufstes Steinsalz.		129	165

Der Inhalt der Melloni'schen Ansicht, dafs berufstes Steinsalz eine auswählende Absorption auf Wärmestrahlen verschiedener Brechbarkeit ausübe, ist somit als eine That-sache nachgewiesen worden.

War auch die zweite Behauptung Melloni's richtig, wonach diese Wirkung ausschliesslich bei jenem Körper in Betracht komme, und eine Diffusion, wie Forbes sie vorausgesetzt, nicht vorhanden sey ¹⁾)?

Melloni hat dies aus einer Beobachtung gefolgert, welche darin besteht, dafs jeder von ihm untersuchte matte

1) Pogg. Annal. LIII, 52.

Poggendorff's Annal. Bd. CXX.

Schirm (wie schon oben S. 222 bemerkt) beim Annähern an die Thermosäule eine erhöhte Wärmewirkung zur Folge hatte, während polirte Platten bei jedem Abstände die Ablenkung am Thermomultiplicator ungeändert ließen, das Letztere aber beim Hin- und Herrücken des beruften Steinsalzes der Fall war ¹⁾). Doch sagt er selbst von einem Versuche, daß die Einwirkung auf das Thermoskop beim Nähern und Entfernen der in Rede stehenden Substanz »*beinahe constant*« geblieben sey ²⁾) und ist damit nicht jeder Zweifel an der Möglichkeit einer Diffusion gehoben.

Nachdem ich seine Versuche wiederholt und bestätigt, aber eine gewisse Schwierigkeit darin gefunden hatte, bei diesem Hin- und Herrücken immer identische Stellen der nicht völlig gleichmäßig beruften Platten von den Strahlen bescheinen zu lassen, schien es mir nicht ohne Interesse, auch die von mir aufgefundenen Methoden zur Ermittlung des Vorhandenseyns einer *Diffusion* auf den vorliegenden Fall anzuwenden.

Zugleich wünschte ich auf eine sichere Weise die Frage zu beantworten, ob die behauptete Diffusion, wenn sie beim beruften Steinsalz überhaupt auftritt, dem Steinsalz (von dem ich voraussetze, daß es vor dem Berufen von derselben frei war) oder dem Ruß zuzuschreiben wäre, dem ersteren etwa in Folge des Beschlagens beim Hineinhalten in die rußende Flamme, dem letzteren wegen seiner rauhen Oberfläche. Zu dem Ende stellte ich dem beruften Steinsalz beruhtes Glas an die Seite, bei dem an ein Angreifen und Mattwerden der Glasmasse selbst durch den Proceß des Berufsens nicht zu denken war.

Die beiden einfachsten der in dem vorigen Abschnitt besprochenen, hier anzuwendenden Verfahren lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

1) Hat man zwei Systeme gleichfarbiger Wärmestrahlen sich verschafft, deren eines aus lauter parallelen, das andere aus diffusen besteht, wie solche einerseits in den

1) Pogg. Annal. LIII, 52. — Thermochrose, 283.

2) Pogg. Annal. LIII, 54.

directen Sonnenstrahlen, andererseits beim Durchgange derselben durch rauhes farbloses Steinsalz oder durch Reflexion an rauhem Platin erhalten werden, und schaltet den zu untersuchenden Körper in den Gang dieser Strahlengruppen ein, welche zuvor durch directe Einwirkung auf die Thermosäule, der Reihe nach, dieselbe Ablenkung am Multiplicator hervorgebracht hatten, so wird diese Ablenkung entweder beide Male um gleich viel vermindert werden, oder bei den diffusen Strahlen in Folge eines reichlicheren Durchgangs derselben höher bleiben, als bei den parallelen. In diesem Falle ist die betreffende eingeschaltete Platte eine diffundirende.

2) Läßt man die Sonnenstrahlen durch die zu prüfende Substanz als ersten Schirm hindurchgehen und untersucht ihre Durchstrahlung durch eine, als zweiten Schirm aufgestellte, matte farblose Steinsalzplatte; bewirkt alsdann durch die directen Sonnenstrahlen dieselbe ursprüngliche Ablenkung am Thermomultiplicator und schaltet wieder das Steinsalz ein, so gehen die Strahlen entweder in beiden Fällen in gleichem Verhältniß durch dasselbe hindurch oder bei Anwendung der fraglichen Substanz reichlicher als bei den directen Sonnenstrahlen. Das Letztere wäre entscheidend für eine an jener stattgehabte Diffusion. An Stelle des matten Steinsalzes kann auch eine andere raue Platte, z. B. mattes Glas, angewandt werden, wenn die zu vergleichenden Strahlengruppen der Art sind, daß sie durch eine nicht raue Platte jener Substanz in gleichem Verhältniß hindurchgehen würden.

Bei Befolgung der ersten Methode haben die Versuche zu nachstehenden Resultaten geführt:

Schirme.	Beschaffenheit.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Ein- schalten der Schirme zur Thermo- säule gelangten, bei den	
		directen	aus zweiseitig rau- hem Steinsalz aus- tretenden
		Sonnenstrahlen.	
Steinsalz.	klar, vor dem Berufen.	100 : 85	85,0
	dasselbe, beruft.	100 : 11	11,5
	unberuft, auf beiden Seiten matt.	100 : 33	59,5
Glas.	klar, vor dem Berufen.	100 : 78	78,0
	dünn beruft.	100 : 9,5	9,5
	dick beruft.	100 : 4,8	4,8
Glimmer.	braun.	100 : 53	53

Aus dem Vergleich der neben einander stehenden Zahlen geht unverkennbar hervor, daß die berufenen Platten Unterschiede, wie die matten sie darbieten, nicht auftreten lassen. Die unbedeutende, im Durchgange der parallelen und diffusen Wärmestrahlen durch das berufte Steinsalz wahrgenommene, Verschiedenheit verschwindet fast gegen die beim unberufenen, auf beiden Seiten matten, also zweifellos diffundirenden Steinsalz beobachtete. Bei dem mit Ruß bekleideten Glase ist keine Spur einer solchen bemerkbar. Es verhält sich wie der, ihm an Farbe gleichende, nicht aufgeblätterte und sicher nicht diffundirende Glimmer.

Aehnliches wie hier nach der diffusen Durchstrahlung durch das erste raue Steinsalz wurde nach diffuser Reflexion von rauhem Platin beobachtet, als die so zerstreuten Strahlen mit den von hoch polirtem Silber parallel zurückgeworfenen in ihrem Durchgange durch berufte Platten (denen wieder zur Controle die nämlichen vor dem Berufen und eine matte, so wie 8 Platten braunen Glimmers beigegeben waren) verglichen wurden.

Als, dem zweiten Verfahren gemäß, diese mit Ruß be-

deckten Körper die Stelle der ersten, und raue Steinsalze und matte Gläser die der zweiten Schirme einnahmen, ergaben sich die in der folgenden Tabelle enthaltenen Werthe.

Um ganz sicher zu seyn, daß die Qualität der Wärmestrahlen keinen Einfluß ausüben könne, stellte ich die aus den beruften Platten austretenden Strahlen nicht mit den directen zusammen, sondern mit den durch eine Anzahl brauner Glimmerplatten gegangenen und in Folge dessen mit jenen eine, wenn nicht absolut gleiche, doch gegen Steinsalz und Glas analog sich verhaltende, Wärmefarbe besitzenden Sonnenstrahlen.

Schirme.	Beschaffenheit.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Schirme zur Thermosäule gelangten, bei den aus				
		braunen Glimmerplatten	beruften Steinsalz	zweiseitig rauhem Steinsalz	dünn beruften Glase	dick beruften Glase
austretenden Sonnenstrahlen.						
Steinsalz.	klar.	100 : 82	82	82	82	82
	rauh.	100 : 42	42	63	42	42
	rauher.	100 : 25	25	42	25	25
Glas.	klar.	100 : 57	57	57	57	56,5
	auf einer Seite matt.	100 : 36	36	48	36	36,0
	auf beiden Seiten matt.	100 : 24	25	37	25	24,0

Diese Prüfung bestätigt die *Abwesenheit der Diffusion bei dem beruften Steinsalz und beruften Glase*. Denn sie läßt keine Erhöhung des Durchgangs der von ihnen hindurchgelassenen Strahlen durch die matten Schirme, im Vergleich mit den durch braunen Glimmer hindurchgegangenen und jedenfalls parallelen Sonnenstrahlen, wahrnehmen, während eine solche doch so deutlich bei denjenigen hervortritt, welche das (als Gegenversuch den ersten Schirmen hinzugefügte) raue Steinsalz durchdrungen haben und dadurch sicher diffus geworden sind.

Ein, beim Einschalten der beruften Platten in die Strahlen irdischer Wärmequellen, constantes, namentlich von der Entfernung der Wärmequelle unabhängig befundenes Durchstrahlungsverhältniß beweist (nach S. 252) das Nämliche.

Auch die zweite Behauptung Melloni's, welche bei dem regelrecht beruften Steinsalz die Diffusion in Abrede stellt, ist also thatsächlich erhärtet.

Die, abweichend von dem Mitgetheilten, von Forbes beobachtete Thatsache, daß unter Umständen Wärmestrahlen, welche durch rauhes Steinsalz oder andere diffundirende Platten gegangen, besser als die directen, ein beruftes Steinsalz durchdringen, und umgekehrt¹⁾, ist mir nicht unbekannt geblieben, vielmehr durch mannigfache Erfahrungen, welche mich zuerst auf dieselben Schlüsse, wie Forbes, hinwiesen, bestätigt worden.

Ihre wahre Deutung aber ist nicht die bisherige. Sie kann von einer Diffusion des beruften Steinsalzes herrühren, deren Ursache aber nicht die raue Oberfläche der Rußschicht, sondern die Beschaffenheit des Steinsalzes ist, welches, wenn es nicht vorher bereits diffundirend wirkte, durch den Proceß des Berufsens so angelaufen und trübe geworden ist, daß es die austretenden Strahlen zerstreut. Jene Erscheinung kann aber möglicher Weise auf einem ganz anderen, von der Diffusion völlig unabhängigen, Vorgange beruhen, welcher in dem IV. Abschnitt dieser Untersuchung näher besprochen werden soll

Soviel steht nach den angeführten Ermittlungen fest, daß *das normale berufte Steinsalz in dem an sich klaren, farblosen und polirten Steinsalz eine für verschiedene Wärmestrahlen indifferente Unterlage, in dem Ruß einen auswählend absorbirenden, aber nicht diffundirenden Ueberzug besitzt, ganz so wie Melloni es von Anfang an aufgefaßt hat.*

1) Pogg. Annal. LI, 90, 91, 105.

Dieses Ergebnifs gab mir zu einer sich nahe anschliefsenden Untersuchung Anlaß, welche zugleich der vorliegenden als Controle dienen konnte.

Vor einer Reihe von Jahren ¹⁾ habe ich nachgewiesen, daß Metalle in dünnen Schichten diatherman ²⁾ seyen und gewisse unter ihnen, wie Gold und Silber, eine auswahlende Absorption ³⁾ auf die sie durchstrahlende Wärme ausuben. Die Metallschichten bildeten Ueberzüge von Glasern, wie vorher die Rufsschichten die der Steinsalze und Glasplatten. Es war von Interesse, ob hier der Charakter der Durchstrahlung der nämliche gewesen, d. h. ob die Warmestrahlen auch bei ihrem Durchgange durch die Metalle, wie bei dem durch Ruß, ihre parallele Richtung beibehalten.

Die Prüfung mittelst des matten Steinsalzes war zur Entscheidung dieser Frage geeignet.

Nachdem die directen so wie die von den Metallen: Gold, Silber, Platin hindurchgelassenen Sonnenstrahlen stets eine constante Ablenkung am Thermomultiplicator hervorgebracht hatten, wurden nach einander ein klares, ein einseitig und ein zweiseitig mattes Steinsalz eingeschaltet. Zum Vergleich wurde den metallisch überzogenen Glasern noch ein, gelbe Strahlen hindurchlassendes, blaue reflectirendes Glas, welches auch früher ⁴⁾ mit jenen zusammengestellt worden war, ferner zur Controle, ein diffundirender Schirm, und zwar ein, mit gleicher gelber Farbe durchsichtiges, mattes Steinsalz hinzugefügt.

Es kam darauf an, ob die aus den Metallen austretenden Warmestrahlen in demselben Verhältniß wie die directen, oder, entsprechend den aus dem diffundirenden Schirm austretenden, besser als diese durch die prüfenden Platten hindurchgehen wurden. Die Beobachtung ergab:

1) Pogg. Annal. Cl, 161.

2) Ebend. 163.

3) Ebend. 173.

4) Ebend. 177.

Verhältniß der Warmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosaula gelangten, bei den						
Steinsalze.	directen	Gold	Silber	aus		mattem Steinsalze
				Platin	gelb-blauem Glase	
klar.	100 : 74	74	74	74	74,0	74
auf einer Seite matt.	100 : 50	47	50	49	50,0	64
auf beiden Seiten matt.	100 : 31	31	31	31	31,5	47

Aus diesen Zahlen erhellt zuversichtlich, daß die Warmestrahlen vor und nach ihrem Durchgange durch die fraglichen Körper in gleichem Grade die Fähigkeit besitzen, die matten Steinsalze zu durchdringen, und sich hierin von denen unterscheiden, welche das diffundirende Steinsalz durchdrungen, und dadurch die Eigenschaft, die zweiten reichlicher zu durchstrahlen, erlangt haben.

Weder die Metalle noch das blau-gelbe Glas üben demnach eine diffundirende Wirkung auf die, durch sie hindurchgehenden Warmestrahlen aus.

Es liegt in allem Dem zugleich ein neuer Beweis dafür, daß die Rauheit der Oberfläche allein nicht bestimmend für eine diffuse Durchstrahlung ist.

IV. Weitere Untersuchungen über die Diffusion der Warmestrahlen.

I.

Die in dem Vorstehenden beschriebenen Verfahren geben die Mittel an die Hand, wie den *Diffusionsgrad* verschiedener diathermaner Körper, so auch den *einer und derselben rauhen oder truben Platte bei verschiedenen Einfallswinkeln* der gegen sie gerichteten Strahlen zu ermitteln.

Zum Vergleich wählte ich die dem Versuch zu Gebote stehenden Extreme, nämlich den Fall, in welchem die Son-

nenstrahlen einen Winkel von 90° und den, in welchem sie 20° mit den betreffenden Schirmen bildeten.

Als solche dienten bei der ersten Versuchsreihe ein klares *Steinsalz* mit glatter Oberfläche, ein auf einer Seite fein mattgeschliffenes, ein auf beiden Seiten mattes und ein auf beiden Seiten grob geschliffenes Stück. Als prüfende zweite Platten wurden wieder das klare, das einseitig und das zweiseitig matte *Steinsalz* angewandt. Die Beobachtung ergab:

Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosaula gelangten, bei den aus folgenden <i>Steinsalzen</i> :										
Steinsalze.	directen	klarem		einseitig fein matten		zweiseitig matten		zweiseitig rauhem		Sonnenstrahlen.
		unter		unter		unter		unter		
		90°	20°	90°	20°	90°	20°	90°	20°	
		austretenden								
klar.	100:73	73	73	73	73	73	73	73	73	
auf einer Seite matt.	100:50	49	48	53	57	60	68	58	63	
auf beiden Seiten matt.	100:27	28	28	30	39	38	52	39	44	

Da die Reichlichkeit der Durchstrahlung durch die zweiten Schirme bezeichnend ist für die an den ersten stattgehabte Diffusion, die dem Neigungswinkel 20° angehörigen Zahlen bei den matten *Steinsalzen* aber ohne Ausnahme größer sind als die der senkrechten Incidenz entsprechenden, so ist ersichtlich, wie die auf die Strahlen ausgeübte Diffusion in dem Maße zunimmt, als der Winkel, welchen sie mit dem matten Schirm einschließen, kleiner wird.

Wie diese Zunahme bei den verschieden rauhen Schirmen sich gestaltet, geht noch deutlicher hervor, wenn, wie in der folgenden Tabelle, die für 90° beobachtete Durchstrahlung jedesmal gleich 100 gesetzt wird.

Steinsalze.	Verhältniß der Wärmemengen, welche die Steinsalze durchstrahlen, bei den aus folgenden <i>Steinsätzen</i> :							
	klarem		einseitig fein mattem		zweiseitig mattem		zweiseitig rauhem	
	unter		unter		unter		unter	
	90°	20°	90°	20°	90°	20°	90°	20°
	austretenden Sonnenstrahlen.							
klar.	100 : 100		100 : 100		100 : 100		100 : 100	
auf einer Seite matt.	100 : 100		100 : 108		100 : 113		100 : 109	
auf beiden Seiten matt.	100 : 100		100 : 130		100 : 137		100 : 113	

Die gedachte, mit der Neigung zusammenhängende Steigerung der Diffusion wird hiernach durch eine größere Rauigkeit der Oberfläche anfangs begünstigt, dann aber, nachdem ein gewisser Grad erreicht ist, wieder beeinträchtigt.

Noch entschiedener tritt dies bei einer zweiten Beobachtungsreihe hervor, welche mit klarem, fein mattem und auf einer, wie auf beiden Seiten gröber matt geschliffenem Glase, unter gleichen Neigungswinkeln wie vorher, ange-
stellt wurde.

Steinsalze.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosaule gelangten, bei den aus folgenden <i>Gläsern</i> :							
	klarem		einseitig mattem		einseitig rauhem		zweiseitig rauhem	
	unter		unter		unter		unter	
	90°	20°	90°	20°	90°	20°	90°	20°
	austretenden Sonnenstrahlen.							
klar.	100:75	75	75	75	75,0	75,0	75	75
auf einer Seite matt.	100:50	50	54	60	58,5	69,5	65	65
auf beiden Seiten matt.	100:28	28	32	38	37,0	48,0	47	47
Steinsalze.	Verhältniß der Wärmemengen, welche die Steinsalze durchstrahlen:							
	klar.		klar.		klar.		klar.	
	auf einer Seite matt.		auf einer Seite matt.		auf einer Seite matt.		auf einer Seite matt.	
	auf beiden Seiten matt.		auf beiden Seiten matt.		auf beiden Seiten matt.		auf beiden Seiten matt.	
klar.	100 : 100		100 : 100		100 : 100		100 : 100	
auf einer Seite matt.	100 : 100		100 : 111		100 : 119		100 : 100	
auf beiden Seiten matt.	100 : 100		100 : 119		100 : 130		100 : 100	

Auch hier nimmt die diffundirende Wirkung des matten und des rauheren Glases den flacher auffallenden Strahlen gegenüber zu, und zwar bei diesem in höherem Maasse als bei jenem; aber bei dem, am Ende der Reihe stehenden, rauhesten Glase ist dieser Unterschied wieder vollständig verschwunden und ebenso wenig vorhanden wie bei der, den Anfang bildenden, polirten Platte.

Unter den *Milchgläsern* wurden zu ersten Schirmen die ausgewählt, welche von den bisher untersuchten die geringste, eine mittlere und die größte Diffusion zu erkennen gegeben hatten: die Milchgläser II, I und V. Die bei ihnen erhaltenen Werthe waren folgende:

Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei den aus folgenden <i>Milchgläsern</i> :								
Steinsalze.	klarem Glase		durchsichtigem No. II		durchsichtigem bis durchscheinendem No. I		durchscheinendem No. V	
	unter 90° 20°		unter 90° 20°		unter 90° 20°		unter 90° 20°	
	austretenden Sonnenstrahlen.							
klar.	100:74	74	73,0	73,0	76,0	76,0	73,5	73,5
auf einer Seite matt.	100:48	48	52,5	56,5	62,5	63,5	60,5	60,5
auf beiden Seiten matt.	100:30	30	34,5	37,5	38,0	39,5	41,0	41,0

Verhältniß der Wärmemengen, welche die Steinsalze durchstrahlen:				
Steinsalze.	klar.	auf einer Seite matt.	auf beiden Seiten matt.	
	100 : 100	100 : 100	100 : 100	100 : 100
	100 : 100	100 : 108	100 : 102	100 : 100
	100 : 100	100 : 109	100 : 104	100 : 100

So hat in gleicher Weise bei den durch innere Trübung wie bei den durch Rauheit der Oberfläche mehr und mehr diffundirenden Medien der Wechsel der Neigung anfangs einen mit der Diffusion wachsenden, dann wieder verschwindenden Einfluß.

Bei einer, anstatt mittelst Durchstrahlung, durch Reflexion

an rauhen Flächen bewirkten Diffusion nimmt diese, nach früheren Erfahrungen¹⁾ für die flacher auffallenden Strahlen ab und giebt immer mehr einer spiegelnden Reflexion Raum. Es war danach vorherzusehen, daß die unter sehr kleinem Winkel mit der reflectirenden Fläche zurückgeworfenen Strahlen, wie die parallelen, weniger reichlich durch die matten Steinsalze hindurchgehen würden, als die bei gröfserem Winkel. Die Beobachtung hat dies bestätigt: der Wechsel der Neigung in gleichem Sinne wie vorher hatte hier in gedachter Beziehung gerade den entgegengesetzten Erfolg.

2.

Im Laufe dieser Untersuchungen hatte sich mir eine Frage aufgedrängt, deren Beantwortung nach allem Bisherigen von besonderer Wichtigkeit erschien. Es ist oben (S. 206, 207) nachgewiesen worden, daß das Rauhmachen der Oberfläche bei der dort geprüften Platte ohne jeglichen Einfluß auf die Qualität der durch sie hindurchgehenden Wärmestrahlen geblieben war. Durfte dieser Satz verallgemeinert werden? Oder *gibt es Grade der Rauigkeit, bei denen, ganz abgesehen von jedem Vorgange im Innern der Substanz, die bloße mechanische Beschaffenheit der Oberfläche eine »Färbung« der hindurchstrahlenden Wärme herbeiführt?*

Die Analogie in dem Verhalten der matten und trüben Medien, bei deren letzteren die mechanische Ursache der Trübung eine auswählende Absorption bedingt, legte diese Vermuthung nahe und optische Vorgänge machten sie um so wahrscheinlicher. Das vorhandene Material bot eine große Mannigfaltigkeit der verschiedenartigsten Oberflächen-Beschaffenheit von der unbedeutendsten Blindheit derselben an bis zu der größten Rauheit dar.

Von allen diesen Stufen wurden Exemplare ausgewählt und die Beschaffenheit der aus ihnen austretenden Wärmestrahlen an ihrer Fähigkeit, diathermane Körper zu durchdringen, geprüft. Unter den letzteren erwies eine voraus-

1) Pogg. Annal. Cl, 201—207; CLX, 605, 606.

gehende Untersuchung rothe und gelbe Gläser für den vorliegenden Zweck als die geeignetsten.

Die folgende Tabelle enthält die an einer Reihe von *Steinsalzen* wahrgenommenen Resultate.

Diathermane Körper.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der diathermanen Körper zur Thermosäule gelangten, bei den						
	directen	aus folgenden <i>Steinsalzen</i> :					
		klarem farblo- sem	angelau- fenem gelbli- chem	mattm orange- farbe- nem	einseitig mattm gelbli- chem	zwei- seitig mattm gelbli- chem	zwei- seitig rauhem farb- losem
austretenden Sonnenstrahlen.							
dunkelrothes Glas.	100 : 41,5	41,5	43	52,5	50	47,0	41,5
hellrothes Glas.	100 : 56,0	57,0	56	71,5	61	56,0	56,0
gelbes Glas.	100 : 55,5	55,5	61	73,5	64	61,5	55,5

Hiernach dringen die aus den vorliegenden matten Steinsalzen hervorgehenden Wärmestrahlen durch rothes und gelbes Glas reichlicher als die directen Strahlen oder die durch Steinsalz mit glatten oder mit rauhen Oberflächen hindurchgegangen.

Es ergibt sich somit die interessante *Thatsache*, daß es zwischen der glatten und der zweiseitig rauhen Oberfläche Zustände giebt, in Folge deren die aus den betreffenden Steinsalz-Platten austretenden Wärmestrahlen andere Eigenschaften zeigen, als die auf sie einfallenden.

Durch diese mechanische Aenderung der Oberfläche kann also das, seiner Masse nach, »thermisch farblose« Steinsalz den verschiedenen Wärmestrahlen gegenüber, in einen farbigen Körper verwandelt werden; aber diese Erscheinung ist dermaßen an bestimmte Grade der Rauigkeit gewiesen, daß eine Steigerung derselben das Steinsalz wieder ebenso »thermisch farblos« werden läßt wie dasjenige mit polirter

Oberfläche. Die Tabelle stellt in anschaulicher Weise sowohl die Zunahme wie die allmähige Abnahme jenes Verhaltens bei vermehrter Raubigkeit der Oberfläche dar.

Ein Einfluß der Neigung einer und derselben Steinsalzplatte gegen die Sonnenstrahlen auf die gedachten Erscheinungen war nicht wahrzunehmen.

Bei einer mit *Gläsern* von ungleicher Oberflächenbeschaffenheit angestellten Versuchsreihe ergaben sich nachstehende Beobachtungen:

Diathermane Körper	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der diathermanen Körper zur Thermosäule gelangten, bei den					
	directen	aus folgenden <i>Gläsern</i> :				
		klarem farblosem	fein mattem gellichem	mattem orangefarbenem	einseitig rauhem farblosem	zweiseitig rauhem farblosem
		austretenden Sonnenstrahlen.				
dunkelrothes Glas.	100 : 45	45	52	59,0	45	45,0
hellrothes Glas.	100 : 60	60	67	70,0	60	60,5
gelbes Glas.	100 : 58	58	69	71,5	58	58,0

Auch hier tritt in einzelnen Fällen eine *relative Verbesserung des Durchgangs durch die rothen und gelben Gläser* beim Vergleich mit den directen Sonnenstrahlen unverkennbar hervor. Aber *dieser, bei ganz gleichartiger innerer Beschaffenheit der ersten Gläser, nur durch die matte Oberfläche hervorgerufene Einfluß verschwindet wieder bei den rauheren Platten.*

Auch bei diesen Schirmen erlitten die angeführten Werthe bei einem Wechsel des Einfallswinkels der Strahlen keine nachweisbare Aenderung.

Die Durchstrahlung durch *Milchgläser* welche bei gleicher glatter Oberfläche verschiedene Grade innerer Trübung darboten, führte zu folgenden Zahlen:

Diathermane Körper.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der diathermanen Körper zur Thermosäule gelangten, bei den aus folgenden <i>Milchgläsern</i> :					
	directen	durch- sichtigem orange- farbenem No. II	durch- sichtigem orange- farbenem No. III	durch- scheinendem rothem No. IV	durch- scheinendem rothem No. I	noch we- niger durch- scheinendem gelbem No. V
		austretenden Sonnenstrahlen.				
dunkelrothes Glas.	100 : 44	65,0	65,0	70,5	70,5	65
hellrothes Glas.	100 : 57	79,0	79,0	79,0	79,0	79
gelbes Glas.	100 : 55	78,5	78,5	78,5	78,5	78

Der Unterschied in dem Verhalten der Wärmestrahlen vor und nach ihrem Durchgange durch die ersten Schirme ist bei diesen (ebenfalls nach ihrem Diffusionsvermögen geordneten) trüben Medien *noch bedeutender* als bei den matten. Es fehlt hier zwar, um die Wirkung der mechanischen Trübung auf die »Färbung« direct übersehen zu können, wieder an einer Substanz, welche, ohne trübe zu seyn, die Absorption der Masse des Milchglases besäße. Doch ist aus dem ziemlich indifferenten Verhalten einer ähnlichen Substanz, wie des klaren Glases, und Allem, was bisher über die trüben Medien bekannt geworden, zu schließen, daß jene, als auswählende Absorption sich geltend machende Erscheinung hier mehr dem Einfluß der mechanischen Trübung als dem einer ursprünglichen Absorption der Masse zuzuschreiben sey.

Diese Versuche bestätigen übrigens, was oben (S. 203) vorausgesetzt wurde, daß nämlich die auswählende Absorption der Milchgläser I, II, III und IV im Wesentlichen als gleichartig anzusehen sey. Denn das hellrothe und das gelbe Glas unterscheiden sie gar nicht von einander und nur das dunkelrothe weist einen geringen Unterschied in

der Durchstrahlung der von II und III und der von IV und I austretenden Wärmestrahlen nach.

Eine wechselnde Neigung der Platten gegen die Strahlen liefs keine merkliche Verschiedenheit in der Beschaffenheit der durch sie hindurchgegangenen Wärme erkennen.

Diese Ergebnisse fordern zu einem Rückblick auf die, im zweiten Abschnitt unserer Untersuchung, welcher vom Steinsalz mit matter Oberfläche und andern diffundirenden Substanzen handelt, hingestellten Sätze auf. Es ist damals ausdrücklich (namentlich Seite 206) hervorgehoben worden, dafs die Forbes'sche Erklärungsweise, welche von einer, den rauhen Platten eigenthümlichen, auswählenden Absorption ausgeht, bei den dort betrachteten Durchstrahlungserscheinungen an diesen Medien nicht zutreffend sey. Einen besonderen Stützpunkt hatte diese Behauptung darin gefunden, dafs an dem damals untersuchten rauhen Steinsalz überhaupt keine auswählende Absorption vorhanden gewesen.

Es fragt sich, ob jetzt, da eine solche in besonderen Fällen in der That aufgefunden, diefs einen Grund zu einer anderen, als der damaligen Auffassungsweise abgeben oder die Allgemeinheit der in jenem Abschnitt aufgestellten Diffusions-Gesetze beeinträchtigen könne.

Vor Allem mufs darauf aufmerksam gemacht werden, *dafs es sich bei den in Rede stehenden rauhen und trüben Medien um zwei ganz verschiedene, völlig unabhängige und von einander zu trennende, Erscheinungen handelt: die jedesmal vorhandene Diffusion und die bisweilen auftretende auswählende Absorption.*

Nun ist in dem ganzen *Abschnitt II* nicht ein auf die Diffusion bezüglicher Versuch enthalten, welcher nicht mit Platten von solcher Rauheit darstellbar wäre, an denen keine Spur einer auswählenden Absorption wahrnehmbar ist, und Alles, was aus jenen Beobachtungen abgeleitet worden, behält demnach seine volle Gültigkeit.

Somit hat es nur ein secundäres und für die vorliegenden Experimente specielles Interesse zu wissen, ob und wie

weit die zufällig angewandten diffundirenden Platten nebenbei eine auswählende Absorption gezeigt haben. Die Ermittlung hat darüber in Bezug auf die wiederholentlich angewandten Steinsalze und Gläser Folgendes ergeben. Das klare und das zweiseitig raue Steinsalz erwiesen sich (nach S. 188, 189; 206, 207, 255, 256 und 269) von einer derartigen Wirkung frei; das einseitig matte, mit gelblicher Farbe durchsichtige aber übte (nach S. 269) eine ungleiche (z. B. die rothes und gelbes Glas durchdringende Wärme weniger berührende) Absorption auf die verschiedenen Strahlen aus. Die matten (in der Tabelle S. 270 als ein- und zweiseitig rau bezeichneten) Gläser lassen wieder nichts der Art erkennen, indem die aus ihnen austretenden Wärmestrahlen gleiche Eigenschaften mit den aus dem klaren Glase hervorgehenden besitzen. Die Milchgläser kommen hier nicht in Betracht, da der Anteil ihrer unvermeidlichen auswählenden Absorption bei der Reduction der Beobachtungen in der S. 203 besprochenen Weise eliminirt worden ist.

Dazu kommt, dafs die fragliche Beschaffenheit eines Schirmes überhaupt in allen den Fällen gleichgültig ist, in denen Strahlen gleicher Qualität auf ihn einfallen. Bei dem Vergleich verschiedenartiger Wärmequellen kann die »Farbigkeit« z. B. des einseitig matten Steinsalzes wohl eine Modification einzelner absoluter Zahlenwerthe der von ihm hindurchgelassenen Wärmemengen bedingen, die Erscheinungen im Ganzen aber weder herbeiführen noch umstofsen. Wie verschwindend dieser Einfluss neben den Wirkungen der Diffusion gewesen seyn mufs, geht unter Anderem daraus hervor, dafs (wie an gedachter Stelle ausführlich dargestellt worden) die eigenthümlichen Durchstrahlungsverhältnisse matter und trüber Substanzen genau den Diffusionsgraden sich anschliessen, die auswählende Absorption aber diesen nicht entspricht, z. B. jene Erscheinungen weniger charakteristisch bei dem einseitig matten als bei dem zweiseitig rauhen Steinsalz sich geltend machen, bei welche

die auswählende Absorption vollständig wieder verschwunden ist.

In dem *Abschnitt III*, welcher sich mit dem beruften Steinsalz beschäftigt, kann die Farbigkeit der matten Steinsalze eine gewisse Bedeutsamkeit gewinnen, weil hier erst durch sie Unterschiede hervorgerufen werden können, welche sonst ganz fehlen würden.

Die durch farbiges Steinsalz hindurchgegangenen und darum von den directen sich unterscheidenden Sonnenstrahlen werden von den beruften (eine auswählende Absorption ausübenden) Platten in anderem Verhältniß als die directen hindurchgelassen. Ebenso werden Strahlen, welche aus beruften Platten austreten, farbiges Steinsalz in anderem Maafse durchdringen als die directen. In welcher Weise, belegen die aus den Versuchen hervorgegangenen Zahlen:

Steinsalze.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der beruften Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei den	
	directen	aus zweiseitig matten orange-farbenem Steinsalz austretenden
	Sonnenstrahlen.	
dünn beruft.	100 : 24,5	37,0
dick beruft.	100 : 10,5	17,5

Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der farbigen Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei den						
Steinsalze.	directen	dünn beruften Steinsalz	dick beruften Steinsalz	aus	dünn beruften Glase	dick beruften Glase
				klarem		
				austretenden		
Sonnenstrahlen.						
einseitig matt, gelb	100 : 45,0	53	63,5	43,5	52	57,5
zweiseitig matt, orange.	100 : 28,5	36	42,5	29,0	39	45,5

Da hiernach die vorliegende auswählende Absorption in dem Sinne wirkt, den Durchgang durch irgend einen dieser Schirme zu *erhöhen*, sobald die Strahlen bereits durch einen anderen derselben gegangen sind, gerade so wie dies (nach S. 258, 259) auch bei diffundirenden Platten der Fall ist, so lag es nahe, diese beiden Erscheinungen mit einander zu verwechseln und bei den beruften Platten eine Diffusion vorauszusetzen, wo (nach S. 260—262) keine vorhanden war.

Die beruften Substanzen mit rauher Oberfläche haben hier keine andere Bedeutung als braune, glatte Glimmerplatten und das matte, gelbe Steinsalz spielt hier, den in allen Gruppen parallelen Sonnenstrahlen gegenüber, keine andere Rolle als ein gelbes Glas mit polirter Oberfläche.

3.

Wie stellen sich nun zu den gewonnenen Resultaten frühere Beobachtungen und Behauptungen?

Aus dem Abschnitt I der vorliegenden Abhandlung ergibt sich, daß reines *Steinsalz* alle Arten von Wärmestrahlen in gleichem Maasse hindurchläßt. Es war danach mehr als wahrscheinlich, daß gewöhnliches *Kochsalz* sich ähnlich verhalten werde. Indefs erfahren wir darüber von *Melloni*¹⁾ nur, daß dasselbe fast alle Wärmestrahlen auffange, eine Erscheinung, welche Derselbe dem eigenthümlichen Gefüge einer derartigen Platte zuschreibt.

Durch die Güte des Herrn Prof. Heintz war mir *chemisch reines geschmolzenes Kochsalz* zu Theil geworden, welches ein von Rissen durchzogenes Aggregat theils klarer, theils weiß durchscheinender Stücke bildet. Wurde dies, der Reihe nach, in den Gang der Strahlen der Sonne, einer Argand'schen Lampe und des dunkeln erhitzten Metallcylinders eingeschaltet, so zeigten sich, bei gleicher auffallender Wärme, folgende Durchstrahlungen:

1) Pogg. Annal. XXXV, 298.

Diathermaner Körper.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten des Kochsalzes zur Thermosäule gelangten, bei:		
	der Sonne.	der Argand'schen Lampe.	dem heißen Metallcylinder.
geschmolzenes Kochsalz.	100 : 11	25	34

Diese bedeutenden Unterschiede rühren gleichwohl nicht

Sonnenstrahlen	Diathermane Körper:	brauner Glimmer. (3 Platten.)	dunkelrothes Glas.	hellrothes Glas.
vor dem Durchgange	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der diathermanen Körper zur Thermosäule gelangten.	100 : 37	42	57
nach dem Durchgange durch das geschmolzene Kochsalz.		100 : 37	42	57

Ein über die Beobachtungsfehler hinaus gehender Unterschied ist in diesen Zahlenreihen nicht wahrzunehmen.

Deutete schon der Charakter der mitgetheilten Durchstrahlungen auf eine am geschmolzenen Kochsalz stattfindende *Diffusion* hin, so wurde eine solche durch die *specielle Untersuchung zur Gewisheit* erhoben.

Denn erstens dringen die durch mattes Steinsalz gegangenen Sonnenstrahlen reichlicher als die directen durch die fragliche Masse hindurch:

Diathermaner Körper.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten des Kochsalzes zur Thermosäule gelangten, bei den	
	directen	aus einseitig mattem Steinsalz austretenden Sonnenstrahlen.
geschmolzenes Kochsalz.	100 : 15	28

Zweitens verbessert die Durchstrahlung durch das Kochsalz die Durchgangsfähigkeit der Strahlen für mattes Steinsalz und zwar für ein zweiseitig mattes in höherem Maasse als für ein einseitig mattes:

von einer auswählenden Absorption des Kochsalzes auf die verschiedenen Strahlen her.

Denn, werden die letzteren nach ihrem Durchgange durch das Kochsalz mittelst diathermaner Körper geprüft, so zeigen sie noch genau dasselbe Verhalten, wie die directen Strahlen vorher; wie aus dem nachstehenden Vergleich der gefundenen Werthe erhellt.

grünes Glas.	blaues Glas.	gelbes Glas.	farblo- ses Glas.	schwar- zes Glas.	Gyps.	Alaun.	Kalk- spath.
13	37	58	76	6	78	69	82
13	37	58	77	6	80	68	82

Steinsalze.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Steinsalze zur Thermosäule gelangten, bei den		Verhältniß der Wärmemengen, welche die Steinsalze durchstrahlen, bei den	
	directen	aus dem Kochsalz austretenden	directen	aus dem Kochsalz austretenden
	Sonnenstrahlen.		Sonnenstrahlen.	
auf einer Seite matt.	100 : 45	70	100	156
auf beiden Seiten matt.	100 : 25	45	100	180

Jedes der beiden, S. 258, 259 aufgestellten Kriterien weist somit die diffundirende Wirkung des geschmolzenen Kochsalzes nach.

Der oben aufgestellte Satz kann also dahin verallgemeinert werden, daß überhaupt reines Chlornatrium ein (nach den bisherigen Erfahrungen allein stehender) für die strahlende Wärme farbloser Körper ist; und daß, wo in dem Durchgange der Wärmestrahlen durch ein solches Verschiedenheiten auftreten, sie nicht der chemischen Natur dieser

Substanz, sondern nur dem mechanischen Gefüge zuzuschreiben sind, welches sie diffundirend, bisweilen auch answählend absorbent macht.

Welche Umstände sind es nun gewesen, die bei meinen eigenen früheren, S. 179 citirten, S. 182 und 185 bestätigten Beobachtungen den ungleichen Durchgang der Wärme durch Steinsalz bedingt und über die wahre Natur desselben getäuscht hatten? Die sämtlichen, in Zahlen mitgetheilten, Versuchsreihen sind mit dem nämlichen Stück Steinsalz von 4^{mm},4 Dicke angestellt worden, und wurde dies daher jetzt einer näheren Prüfung unterzogen.

Zunächst ergab die, durch Gefälligkeit des Hrn. Prof. Heintz vorgenommene chemische Analyse, daß das betreffende Exemplar, wenn zwar von anderen fremdartigen Stoffen frei, doch mehr als 2 Proc. *schwefelsauren Kalk* enthielt. Der Letztere fand sich überdies zum Theil in Form feiner Körnchen durch die Masse vertheilt und erzeugte dadurch eine schwache *Trübung* derselben. Allmähig war auch unter dem Einfluß der Feuchtigkeit eine *matte Oberfläche* entstanden.

Die Vermuthung, das fragliche ältere Stück Steinsalz werde in Folge dessen eine *diffuse Durchstrahlung* zeigen, wurde bei der Untersuchung vollständig bestätigt. Denn, wird dasselbe als erster Schirm den Sonnenstrahlen ausgesetzt und die hinter demselben austretenden Strahlen mit den directen verglichen, so zeigen sie durch matte Steinsalze wie matte Gläser einen entschieden reichlicheren Durchgang als die parallelen Strahlen; wie die folgende Tabelle im Einzelnen nachweist.

Diather- mane Körper.	Beschaffen- heit.	Verhältniß der Wärme- mengen, welche vor und nach dem Einschalten der diathermanen Körper zur Thermosäule gelang- ten, bei den		Verhältniß der Wärmemengen, welche die diather- manen Körper durchstrahlen, bei den	
		directen	aus dem äl- teren Stein- salz aus- tretenden	directen	aus dem äl- teren Stein- salz aus- tretenden
		Sonnenstrahlen.		Sonnenstrahlen.	
Steinsalz.	klar.	100 : 81	81	100	100
	auf einer Seite matt.	100 : 53	57	100	108
	auf beiden Seiten matt.	100 : 29	36	100	124
Glas.	klar.	100 : 70	70	100	100
	auf einer Seite matt.	100 : 45	52	100	116
	auf beiden Seiten matt.	100 : 35	48	100	137

Oder, wird die zu prüfende Platte als zweiter Schirm hinter einem rauhen, thermisch farblosen Steinsalz, oder, der Reihe nach, hinter einem klaren, einseitig und zwei-seitig rauhen Glase eingeschaltet, so läßt sie die diffusen Strahlen, dem Grade der Rauheit entsprechend, besser hin-durchgehen als die parallelen. Dasselbe gilt von den an rauhen Flächen diffus reflectirten, im Vergleich mit den an polirter Oberfläche parallel zurückgeworfenen Sonnenstrah-len, unter denen die von rauhem Platin und von polirtem Silber reflectirten, als im Uebrigen gleichartig, gewählt wurden.

Die nachfolgende Tabelle enthält die Belege zu dem eben Gesagten.

Diather- maner Körper.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten des älteren Steinsalzes zur Thermosäule gelangten, bei den						
	directen	zweisei- tig rau- hem Steinsalz	aus			von	
			klarem	einseitig rauhem Glase austretenden	zweisei- tig rau- hem	polirtem Silber	rauhem Platin
						zurückgeworfenen	
das ältere Steinsalz.	100 : 44	60	45	65	76	44	47

Auch bei dem, S. 222 und 257, 258 gedachten Melloni'schen Verfahren, die Diffusion zu ermitteln, trat die erwartete Erscheinung ein, indem, bei einer Annäherung jenes, von der Sonne beschienenen Steinsalzes um 44 Centimeter an die Thermosäule, eine Erhöhung der galvanometrischen Ablenkung von 6°,5 auf 26°,5 erfolgte, während bei gleicher Verschiebung einer klaren Glasplatte, die Ablenkung von 51° unverändert blieb.

Die gelbliche Färbung, welche das Steinsalz in Folge der inneren Trübung und äusseren Mattheit der Oberfläche angenommen, machte es nach den obigen Erfahrungen wahrscheinlich, dafs neben der Wirkung des schwefelsauren Kalks auch diese mechanische Beschaffenheit zur Erzeugung einer *auswählenden Absorption* in ihm beigetragen haben möchte. Das nachfolgende Ergebnifs der mit rothen und gelben Gläsern angestellten Prüfung erweist diefs als eine Thatsache.

Diathermane Körper.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der diathermanen Körper zur Thermosäule gelangten, bei den	
	directen	aus dem älteren Steinsalz austretenden
		Sonneustrahlen.
dunkelrothes Glas.	100 : 44,0	48,0
hellrothes Glas.	100 : 59,5	65,0
gelbes Glas.	100 : 56,5	59,5

Die Zahlen lassen keinen Zweifel darüber, daß die Wärmestrahlen nach ihrem Durchgange durch das betreffende Steinsalz in anderem Grade die Fähigkeit besitzen, diathermane Körper zu durchdringen, als vorher.

Nach diesen Ermittlungen sind die früheren Beobachtungen, welche theils als anscheinende Widersprüche (S. 179), theils als ungelöste Räthsel (S. 186, 191, 198) stehen geblieben, die nothwendige, leicht zu übersehende Folge jener chemischen und mechanischen Unreinheit des bei den Versuchen zufällig angewandten Steinsalz-Exemplares.

Schwefelsaurer Kalk hat die Eigenschaft, die von den verschiedensten Körpern zurückgeworfenen Wärmestrahlen besser hindurchzulassen als die unreflectirten¹⁾. Gleiches bewirken eine matte Oberfläche und eine innere Trübung des diathermanen Schirms, allen diffus reflectirten Strahlen gegenüber²⁾. So unterstützt sich das Vorhandenseyn Beider, hier eine äußerlich Dem täuschend ähnliche Erscheinung (S. 182, 183) hervorzubringen, was bei den gleichzeitig angestellten Versuchen an chemisch reinen, klaren Steinsalzen die Folge einer inneren Reflexion gewesen, von deren Einfluß bei dem vorliegenden Stück nicht die Rede seyn konnte.

Der Gehalt an schwefelsaurem Kalk war der Grund, weshalb bei Anwendung verschiedener Wärmequellen die Strahlen einer Argand'schen Lampe reichlicher als die einer Quelle von 100° durch die Steinsalzplatte hindurchgingen³⁾. Die mechanische Beschaffenheit wiederum bedingte den geringeren Durchgang der parallelen Sonnenstrahlen im Vergleich mit den allseitig von nahen Punkten her eintreffenden Strahlen des heißen Metallcylinders⁴⁾. Hier aber wirken die chemische und die mechanische Un-

1) *De calore radiante disquisitiones cet. p.* 61—84, 98—100. — Pogg. Annal. LXXI, 12—44, 62—67; CIX, 597, 599, 603.

2) Diese Abhandlung S. 223—229.

3) *De calore radiante disquisitiones cet. p.* 46, 72. — Pogg. Annal. LXX, 360; LXXI, 28, 29.

4) Diese Abhandlung S. 198, 238.

reinheit des Stücks einander entgegen, indem auch die Sonnenwärme an sich schwefelsauren Kalk besser durchdringt als die dunkle Wärme, und daher der verhältnißmäßig geringe, bei der Durchstrahlung beider (S. 198) beobachtete Unterschied.

Der Beachtung werth ist auch der Umstand, daß *Steinsalze, bei der leichten Angreifbarkeit ihrer Substanz, im Laufe der Zeit ihre Eigenschaften, ja selbst von entgegengesetzter Seite her ändern können*. Eine klare, thermisch farblose Platte mit polirten Flächen kann durch bloßes Anlaufen und Mattwerden ebensowohl wie ein zweiseitig rauhes, nicht minder farbloses Stück, bei dem die Feuchtigkeit die Rauheit mildert, thermochroisch werden. Die Erfahrung hat dies mehrfach bestätigt.

Vereinigten sich so in eigenthümlicher und um so belehrenderer Weise schon an diesem einen Stück alle hier in Betracht kommenden Momente: die *besondere chemische Zusammensetzung, eine matte Oberfläche, innere Trübung, die auswählende Absorption*, deren jede für sich ausreicht, eine von dem normalen Verhalten des Steinsalzes abweichende Erscheinung herbeizuführen, so kann es um so weniger Wunder nehmen, wenn die verschiedenen Exemplare verschiedener Beobachter nicht übereinstimmende Resultate geliefert haben.

Weit entfernt, die früher aufgestellten Facta in Zweifel zu ziehen, wird die Gesammtheit dieser Darstellung sie vielmehr bestätigen und erklären. Aber sie wird auch gezeigt haben, daß nicht alle zu den Schlüssen berechtigten, welche daraus gezogen worden sind, *indem nicht der inneren Natur des Steinsalzes zuzuschreiben war, was, wenn nicht fremden Beimengungen, ihrer mechanischen Beschaffenheit zugehörte, und auch dem Einfluß dieser eine andere Deutung zu geben war, als die bisherige*.

Theoretische Schwierigkeiten stellen sich dem Verständniß keines der gewonnenen Resultate entgegen, auch nicht des neuen, aus dem Diffusionsgesetz hervorgegangenen, allgemeinen Satzes, wonach Strahlengruppen, die von einer

Anzahl von Punkten nach den verschiedensten Seiten hin ausgehen, matte und trübe Medien reichlicher durchdringen, als parallele oder durch einen Punkt gehende Strahlen; ferner, daß der Verlust, welchen sie bei dem Durchgange durch ungleich diffundirende Schirme im Vergleich mit dem der parallelen erleiden, in dem Maafse sich vermindert, als die rauhe Oberfläche dieser Schirme eine gröbere wird.

Die hauptsächlichsten Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung lassen sich folgendermaßen zusammenstellen:

I.

1) Das chemisch reine klare Steinsalz läßt alle Arten von Wärmestrahlen in gleichem Verhältniß hindurchdringen, die Verschiedenheit der Strahlen mag davon herrühren, daß dieselben:

- a) von ungleichartigen Körpern diffus reflectirt, oder
- b) von verschiedenen diathermanen Körpern hindurchgelassen, oder
- c) von ungleichartigen Wärmequellen ausgegangen sind.

2) Bei dieser, gegen alle elementaren Strahlen auf gleiche Weise geübten Absorption bestätigt sich, daß in dem Sonnenspectrum eines Steinsalzprismas das Wärmemaximum in den dunkeln Raum jenseits des Roth fällt; innerhalb des sichtbaren Theiles die Wärmeverhältnisse bei einem Steinsalz- und einem Flintglasprisma übereinstimmen.

II.

1) Durch rauhes wie durch trübes Steinsalz gehen die Wärmestrahlen der Sonne in geringerem Maafse hindurch als die einer Argand'schen Lampe, diese in der Regel in geringerem Maafse als die Strahlen einer Wärmequelle von 100° C.

Die Vermehrung der Rauheit schwächt die Durchstrahlung jeder Art von Wärme, aber sie beeinträchtigt hierbei am meisten die Sonnenwärme, weniger die der Lampe, am wenigsten die einer dunkeln Wärmequelle.

2) Abgesehen von der auswählenden Absorption der Substanz, übt bei matten Gläsern die rauhe Oberfläche, bei Milchgläsern die innere Trübung entsprechende Einflüsse aus.

3) Diese Erscheinungen sind weder (mit Forbes) auf eine, die qualitativ verschiedenen Wärmestrahlen ungleich betreffende Absorption, noch (mit Melloni) auf eine, mit der Wärmefarbe zusammenhängende ungleiche Zerstreuung in den matten und trüben Medien, wodurch sie von dem Thermoscop mehr oder minder abgelenkt würden, zurückzuführen. — Auch ist die Rauheit der Oberfläche an sich, oder die Richtung der von einem einzigen Punkt ausgehenden Strahlen nicht das Bedingende.

4) Die in Folge der Durchstrahlung durch matte oder trübe Schirme oder der Reflexion von rauen Flächen diffuse Wärme strahlt desto reichlicher durch diffundirende Schirme, *a*) je diffuser ihre Strahlen, *b*) im Vergleich mit parallelen Strahlen, je diffundirender die Schirme.

5) Ueberhaupt ist das wesentlich Bestimmende bei dem Durchgange durch jene Schirme, ob parallele oder von einer größeren oder geringeren Anzahl von Punkten mehr oder minder mannigfach gerichtete Strahlen auf dieselben auffallen.

6) Für eine und dieselbe Wärmequelle nimmt, Dem entsprechend, das betreffende Durchstrahlungsverhältniß (ungeachtet einer constanten, direct auf die Platten auffallenden Wärmemenge) mit der Entfernung der ersteren ab, und zwar desto schneller, je diffundirender der Schirm.

7) Durch geeignete Anordnung der Versuche ist es möglich, den unter 1) angeführten reichlicheren Durchgang der Wärmestrahlen von 100° im Vergleich mit denen der Lampe verschwinden zu lassen, ja selbst das Umgekehrte: eine reichlichere Durchstrahlung der Lampenwärme herbeizuführen.

III.

1) Bei dem Durchgange der strahlenden Wärme durch mit Rufs bedecktes Steinsalz findet eine (von Melloni behauptete) auswählende Absorption ohne Diffusion statt.

Eine (von Forbes vermuthete) diffundirende Wirkung tritt niemals vermöge der rauhen Oberfläche der Rufsschicht, bisweilen in Folge eines Anlaufens der Steinsalzplatte, bei dem Vorgange des Berussens ein.

2) Bei der Durchstrahlung durch dünne, auf Glas aufgetragene Metallschichten erfolgt die Erstere, ohne die Letztere.

3) Das Vorhandenseyn einer, bei der Durchstrahlung sich vollziehenden, auswählenden Absorption wird am sichersten durch die Ermittlung erkannt, ob die Wärme vor und nach ihrem Durchgange durch die fragliche Substanz ihre Durchgangsfähigkeit, ändern (klaren) diathermanen Körpern (mit glatter Oberfläche) gegenüber, ungeändert beibehält oder wechselt.

4) Eine diffundirende Wirkung wird am besten durch folgende zwei Mittel geprüft:

a) Läßt man Sonnenwärme durch den betreffenden Schirm hindurchstrahlen und vergleicht die hindurchgelassenen mit den directen Strahlen, so zeigen beide Gruppen entweder einen gleichen oder die erstere einen reichlicheren Durchgang durch matte farblose Steinsalze als die letztere. In diesem Falle ist die zu untersuchende Platte eine diffundirende.

b) Geht von zwei thermisch gleichfarbigen Strahlengruppen, deren eine aus parallelen, die andere aus diffusen Strahlen besteht, die letztere besser durch die zu prüfende Substanz hindurch, so ist diese eine diffundirende.

Es ist in diesem Verfahren auch der Weg angezeigt, verschiedene Diffusionsgrade (innerhalb weiter Gränzen) mit einander zu vergleichen.

IV.

1) a) Bei Verkleinerung des Winkels, welchen die Wärmestrahlen mit einer matten oder trüben Platte bilden, wächst im Allgemeinen die auf sie ausgeübte Diffusion. Diese Steigerung mit dem Neigungswechsel nimmt anfangs mit der allgemeinen diffundirenden Beschaffenheit des Schirms

zu, dann aber wieder in dem Maafse ab, dafs bei sehr rauhen und hinreichend trüben Platten, ebenso wenig wie bei klaren, ein Unterschied des Verhaltens der bei verschiedener Neigung hindurchgehenden Strahlen unter sich wahrzunehmen ist.

b) Eine durch Zurückwerfung an rauhen Flächen bewirkte Diffusion nimmt dagegen für die flacher auffallenden Strahlen ab und geht immer mehr in eine spiegelnde Reflexion über.

2) Zwischen der glatten und zweiseitig rauhen Oberfläche giebt es Zustände, in Folge deren, ganz abgesehen von jedem Vorgange im Innern der Substanz, die blofse mechanische Beschaffenheit der Oberfläche eine »Färbung« der hindurchgestrahlten Wärme herbeiführt.

3) Es müssen demnach an den betreffenden rauhen und trüben Medien die jedesmal vorhandene Diffusion und die bisweilen auftretende auswählende Absorption in ihren Wirkungen von einander unterschieden werden.

4) Geschmolzenes Kochsalz bewirkte eine Diffusion, aber keine Wärmefärbung.

5) Ein älteres Stück Steinsalz erwies sich chemisch und mechanisch unrein und übte sowohl eine diffundirende Wirkung wie eine auswählende Absorption aus. Derartige Zustände erklären die bei verschiedenen Versuchen mit Steinsalz erhaltenen, von einander abweichenden Beobachtungen.