

PHYSIK UND CHEMIE.

NEUE FOLGE. BAND 64.

*1. Ueber die Wärmeemission des Steinsalzes;
von Max Abramczyk.*

Einleitung.

Das Steinsalz galt lange Jahre hindurch als ein Körper, der alle Arten von Wärme gleich gut hindurchlässt. Auch die Wärme, welche vom Steinsalz selbst ausgestrahlt wird, soll nach den Behauptungen von Melloni und Knoblauch¹⁾ ebenso ungehindert durch dasselbe hindurchgehen wie diejenige des berussten Kupfers.

Hiergegen erhob Magnus²⁾ den Einwand, dass wenn das Steinsalz für alle Wärmearten völlig diatherman sei, d. h. nichts absorbiert, es auch eine Emission haben müsse, die entweder gleich Null oder sicher sehr klein sei. Durch eine Reihe einwandfreier Versuche hat er darauf nachgewiesen, dass die Wärme, welche glatte klare Steinsalzplatten bei 150° C. ausstrahlen, vom Steinsalz in hohem Maasse absorbiert wird.³⁾ Dieser Widerspruch mit den Behauptungen der beiden obigen Forscher findet, wie Magnus gezeigt hat, darin seine Erklärung, dass beide bei ihren Versuchen niemals die Steinsalzwärme allein erhalten haben. Melloni verfuhr bei seiner Untersuchung der Diathermansie des Steinsalzes derart, dass er die strahlenden Platten auf die eine Fläche eines Würfels brachte, welcher durch Wasserdämpfe auf 100° C. erhitzt wurde, und beobachtete infolgedessen nicht nur die Steinsalzwärme, sondern auch die des Würfels. Es ist deshalb erklärlich, dass er das Steinsalz gleich gut durchlässig für sämtliche Wärmearten fand.

1) Melloni u. Knoblauch, Pogg. Ann. **139.** p. 150. 1870.

2) Magnus, Pogg. Ann. **139.** p. 432. 1870.

3) l. c. p. 445 ff.

Bei den Versuchen von Knoblauch war ein ähnlicher Fehler vorhanden. Seine strahlenden Steinsalzplatten wurden in einer nicht leuchtenden Weingeistflamme erhitzt. Er gab zwar an, dass seine Heizvorrichtung nicht zur Thermosäule strahlen konnte, doch scheint er sich später vom Gegentheil überzeugt zu haben, weil er die Einwände, welche Magnus gegen seine Versuchsanordnung erhob, unbeantwortet liess.

Magnus erwärmte seine Steinsalzplatten, welche an dünnen Platindrähten aufgehängt waren, in einem Strome heisser Luft und vermied bei seiner Anordnung sorgfältig alle Körper, welche irgendwie zur Thermosäule strahlen konnten. Er führte auch den Nachweis, dass warme Luft, selbst wenn sie mit Wasserdampf gesättigt ist, nicht merklich strahlt, eine Angabe, welche ich nur bestätigen kann. Wie sich erwarten liess, war die Emission des Steinsalzes, seiner geringen Absorption entsprechend, sehr klein; sie betrug nur 12 Proc. von der des berussten Kupfers.

Um festzustellen, wie sich das Steinsalz gegen die eigene Steinsalzwärme verhält, brachte Magnus Platten von verschiedener Dicke in den Weg der Strahlen. Er beobachtete, wie schon erwähnt, dass die Steinsalzwärme in hohem Grade vom Steinsalz absorbiert wird, und zwar um so stärker, je grösser die Dicke der absorbirenden Schicht ist. Allein dies hatte seine Grenze, denn bei einer Dicke der absorbirenden Platte von 20 mm blieb die Durchlässigkeit constant, auch wenn die Dicke vervierfacht wurde. Magnus schliesst daraus, dass das Steinsalz mindestens zwei Arten von Wärme aussenden müsse, eine nämlich, die in hohem Maasse absorbiert wird, und die er die „eigentliche Steinsalzwärme“ nennt. Die andere dagegen wird vom Steinsalz nicht oder nur sehr wenig absorbiert weil sie durch eine 80 mm dicke Platte in gleichem Grade wie durch eine solche von 20 mm Dicke geht. Bei diesen Versuchen betrug die Dicke des strahlenden Steinsalzes 2,5 mm. Als dickere Platten zur Emission gebracht wurden, strahlten dieselben nicht nur mehr Wärme aus als dünnere, sondern diese Wärme wurde auch in grösserem Verhältniss vom Steinsalz hindurchgelassen. Magnus erklärt dies in der Weise, dass durch die grössere Dicke die „eigentliche Steinsalzwärme“ nicht vermehrt würde, dagegen aber derjenige Theil, welcher

vom Steinsalz gut hindurchgelassen wird. Die vom Steinsalz auch in grösserer Dicke nicht merklich absorbirte Wärmeart beträgt nach Magnus 20 Proc. der gesammten Strahlung. Trotzdem hält Magnus die Wärme des Steinsalzes für monothermisch, gerade wie sein „Dampf“ monochromatisch ist.

Alle seine Versuche beziehen sich auf Steinsalz von 150°C. , auch giebt er an, dass die Qualität der Wärme sich nicht änderte, wenn er mit der Temperatur auf 110°C. herunterging. Die Werthe der Durchlässigkeit blieben dieselben.

Baur¹⁾ schliesst aus Versuchen, dass der Absorptionscoefficient²⁾, wenn die Temperaturdifferenz zwischen emittirender und absorbirender Platte von 270°C. auf 75°C. heruntergeht, wächst und wahrscheinlich einen sehr hohen Werth erreicht, wenn die Temperaturdifferenz gleich Null geworden ist. Er ist der Ansicht, dass die von Magnus als „zweite Wärmeart“ angegebene Strahlung nicht von Verunreinigungen im Steinsalz herrührt.

Bei Baur's Versuchen, zu welchen ein verhältnissmässig unempfindliches Bolometer — Galvanometer benutzt wurde, liegt der Verdacht vor, dass seine Beobachtungen nicht einwandfrei sind, weil die von ihm angegebenen Zahlen zu gross sind.

Der Zweck der folgenden Arbeit war, die demnach noch nicht erledigten Fragen zu prüfen, nämlich:

1. Ist anzunehmen, dass die Steinsalzwärme monochromatisch ist?
2. Falls sie sich nicht als solche erweist, wie weit können Verunreinigungen des Steinsalzes dieses Verhalten erklären?
3. Convergirt der Absorptionscoefficient für abnehmende Temperaturdifferenz gegen einen ausserordentlich hohen Werth?

Beschreibung der Apparate und Versuchsanordnung.

Das Galvanometer.

Als Galvanometer diente ein solches von du Bois und Rubens, dessen vier Spulen auf 80 Ohm Widerstand geschaltet waren. Es wurde das kleinste Magnetsystem benutzt, bei welchem aber der Spiegel durch einen grösseren von 10 mm

1) Baur, Wied. Ann. 19. p. 20. 1883.

2) Der Absorptionscoefficient ist ohne Berücksichtigung der Reflexion berechnet.

Durchmesser ersetzt war. Da das System hierdurch schwerer war als im normalen Zustande, so war es nicht möglich, auf mehr als 7 sec Schwingungsdauer zu astasiren. Um trotzdem eine möglichst grosse Empfindlichkeit zu erhalten, wurde die Scala 5 m vom Instrument entfernt aufgestellt und ihr Spiegelbild mit einem stark vergrössernden Fernrohr beobachtet. 1 Scth. entsprach im Maximum einem Strom von $1,2 \cdot 10^{-10}$ Amp. Die meisten Beobachtungen wurden bei einer Empfindlichkeit von $2,6 \cdot 10^{-10}$ angestellt, andere bei noch geringerer Empfindlichkeit.

Das Bolometer.

Das Bolometer wurde mit Rücksicht auf spätere Untersuchungen möglichst klein construirt. Es war im wesentlichen nach dem Verfahren von Lummer-Kurlbaum hergestellt und unterschied sich von diesem nur durch die Art der Befestigung der Gitter an den Rähmchen. Die Art des Ankittens der Gitter an den Rahmen, wie dies bei Lummer-Kurlbaum geschieht, entsprach nicht den Anforderungen, welche ich an meine Bolometer stellte, da dieselben später auf ca. 200° C. erhitzt werden sollten.

Die Bolometer sind folgendermaassen beschaffen. Aus Platinsilberblech wurde ein Gitter von 10 Streifen geschnitten, welche 0,5 mm breit und, abgesehen von den Knotenpunkten, 10 mm lang waren. Die Streifen hatten einen Abstand von 0,5 mm, sodass die gesammte absorbirende Oberfläche nicht ganz einen Quadratcentimeter betrug. Diese Gitter wurden auf einen Rahmen von Serpentin¹⁾ aufgesetzt, mit Kolophoniumlösung provisorisch an diesen befestigt und gerade gerichtet. Sodann wurden die Knotenpunkte der Streifen mit Hülfe zweier Platten aus Serpentin, welche auf die Rahmen genau abgeschliffen waren und an diesen angeschraubt werden konnten, fest an die entsprechenden Leisten des Rahmens angepresst. Hierdurch waren die Gitter in ihrer Lage sicher fixirt.

Fig. 1 zeigt eines dieser Gitter in natürlicher Grösse. Hierin sieht man bei *k* und *k'* zwei Contactklemmen, welche

1) Der Serpentin ist dem Schiefer vorzuziehen, weil er widerstandsfähiger ist, sich leicht bearbeiten lässt und electrisch gut isolirt. Nicht jeder Serpentin ist brauchbar, der von mir benutzte war von der Sächsischen Serpentinsteingesellschaft zu Zöblitz in Sachsen geliefert.

durch Anpressen an den Rahmen die Enden des Gitters gleichzeitig an diesem festhalten und so einen guten Contact sichern. Die stromzuführenden Drähte werden an den Contactklemmen befestigt. Bei i und i' hat der Rahmen ferner zwei Durchbohrungen, um ihn im Apparat befestigen zu können. Die Grösse des Rahmens betrug 18×18 mm, der Ausschnitt 10×12 mm. Nach dem Abätzen des Silbers war das Platin nur $\frac{1}{1000}$ mm dick, und der Widerstand ergab sich in Uebereinstimmung mit der Berechnung zu ca. 35 Ohm. Die beiden für die vorliegende Untersuchung benutzten Bolometer hatten 35,35 Ohm bez. 35,37 Ohm Widerstand.

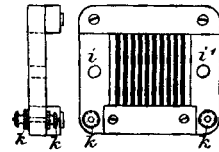


Fig. 1.

Eines dieser Bolometer wurde mehrere Stunden auf eine Temperatur von 200°C . erwärmt, um es auf seine Güte zu prüfen. Während der Erwärmung dehnten sich die Streifen aus, sodass sie nicht mehr genau in derselben Ebene lagen, nach dem Abkühlen kehrten sie wieder in ihre frühere

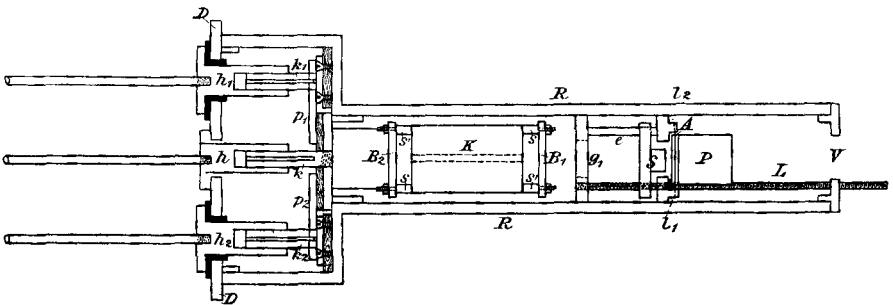


Fig. 2.

Lage zurück, und der Widerstand des Bolometers war nach den Versuchen der gleiche wie vorher. Die Bolometer können also bis 200°C . erhitzt werden, ohne Schaden zu nehmen.

Das der Strahlung ausgesetzte Bolometer war mit Russ geschwärzt worden.

Weitere Apparate.

Zwei solcher Bolometer B_1 und B_2 wurden, wie Fig. 2 und 3 zeigen, zu beiden Seiten eines 25 mm langen und 18 mm dicken runden Messingklotzes K befestigt, indem sie mit den

Durchbohrungen i und i' auf zwei Säulen s und s' geschoben wurden, welche in den Klotz K eingeschraubt waren. Wurde das Bolometer B_1 der Strahlung ausgesetzt, so war B_2 durch K vollkommen beschattet. Der Klotz ist ferner nahe dem Rande in seiner Längsrichtung durchbohrt, um dem vorderen Bolometer B_1 Strom zuführen zu können. Das eine Ende eines jeden Bolometers war mit K leitend verbunden. K selbst war auf einem 40 mm langen gewölbten Messingblech aufgeschraubt, welches an der runden, 8 mm langen Kapsel C angelöthet war. Der Deckel der Kapsel hat, wie in Fig. 4 ersichtlich, zwei Löcher, o und o' , durch welche, gut von C electricisch isolirt, die beiden Platindrähte d_1 und d_2 gehen, welche die beiden anderen Enden der Bolometerwiderstände mit den Kupfercontacten p_1 und p_2 verbinden, deren Form aus den Figuren ersehen werden kann. p_1 und p_2 sind durch eine Scheibe aus

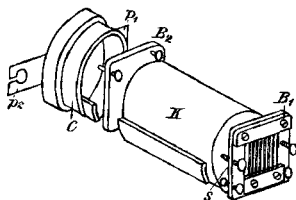


Fig. 3.

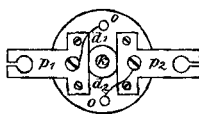


Fig. 4.

Vulcanfiber von C isolirt. In metallischer Verbindung mit C steht der in seiner Längsrichtung aufgeschlitzte Kupferstift k , welcher als Knotenpunkt der beiden an den Klotz gelegten Enden der Bolometer angesehen werden kann.

Der ganze in Fig. 3 abgebildete Apparat konnte in die 22 mm weite, 18 cm lange und 3 mm starke Messingröhre R (Fig. 2) hineingebracht werden, welche in eine 60 mm weite und 20 mm lange Büchse von 3 mm starkem Messingblech eingesetzt war. Hierbei griffen die Kupferplatten p_1 und p_2 über die in der Büchse befindlichen, gleichfalls aufgeschlitzten Kupferstifte k_1 und k_2 und standen so in guter Leitung mit diesen, welche sowohl voneinander als von der Büchse durch Vulcanfibre isolirt waren. k , k_1 , k_2 liegen in derselben Ebene. Von ihnen wird die Leitung durch die drei an dem Deckel D angeschraubten Kupferhülsen h , h_1 , h_2 abgenommen, in welche drei 60 cm lange, 2 mm dicke Kupferdrähte eingeschraubt sind,

die zu den Compensationswiderständen und der Brücke führen. Beim Einsetzen des Deckels D in die Büchse schieben sich die Hülsen h über die Kupferstifte k und bilden einen innigen Contact mit ihnen. Die Hülsen h_1 und h_2 sind von D isolirt.

Wie man sieht, gestattet die Construction, den Apparat leicht auseinander zu nehmen und zusammen zu setzen. Die ganze Contactvorrichtung ist, in Hinsicht auf spätere Versuche, bei welchen der Apparat auf höhere Temperatur gebracht werden soll, derart getroffen, dass Thermoströmen so sehr als möglich vorgebeugt wird. Es sind deshalb heterogene Metalle nach Möglichkeit vermieden, und sämtliche Kupferarmaturen aus einem und demselben Stück Kupfer herausgeschmiedet.

In die Röhre R konnte auf der anderen Seite bei V ein Apparat eingesetzt werden, welcher die absorbirenden Substanzen in Form von Platten enthielt. Um einwandfreie Resultate zu erhalten, ist es unbedingt nöthig, dass die absorbirenden Platten sich auf gleicher Temperatur wie das Bolometer befinden, dieses wurde durch die vorliegende Construction

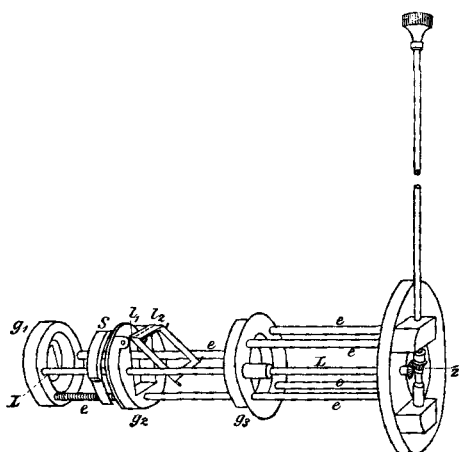


Fig. 5.

erreicht. Der Apparat ist in Fig. 5 dargestellt. Die drei Messingringe g_1 , g_2 , g_3 passen genau in die Röhre R und sind durch mehrere Messingstangen e fest miteinander verbunden. Ferner ist noch die Leitspindel L vorhanden, welche in g_1 und g_3 gelagert ist. Zwischen g_1 und g_2 trägt die Spindel den Support S , welcher durch Drehung von L um ihre Axe vor- oder rückwärts bewegt werden kann. g_2 dient zur Aufnahme der absorbirenden Platten und ist zu diesem Zweck mit Lagern l_1 und l_2 versehen. Die Kassetten (Fig. 6), welche die absorbirenden Substanzen enthalten, werden zwischen die Lager l_1 und l_2 gelegt, und ein Stift A durch letztere und die

Kassette geschoben, welcher als Drehungsaxe für dieselbe dient. Wird der Support durch Drehung der Spindel L nach g_2 hin bewegt, so drückt derselbe die Platte P in die Höhe und entfernt sie so aus dem Strahlengang, bei entgegengesetzter Drehung fällt die Platte durch ihr eigenes Gewicht herunter. g_3 ist noch vermittelt der Messingstangen e mit einer etwas grösseren Messingplatte verbunden, welche eine Zahnradübersetzung z trägt, mit Hülfe derer die Spindel L leicht und schnell gedreht werden kann, ohne dem Bolometer irgendwie mit der Hand zu nahe zu kommen, und so die Platten in den Strahlengang ein- und ausgeschaltet werden können. An g_1 und g_2 sind noch zwei Diaphragmen von 11×11 mm angebracht. Die Kassetten, in Fig. 6 verkleinert abgebildet, sind für Platten von der Grösse 15 mm im Quadrat und 1 bis 3 mm Dicke eingerichtet.

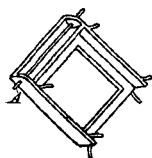


Fig. 6.

Die Bolometerröhre mit allen in ihr vorhandenen Einrichtungen passte in das Innere eines Mantels hinein, welcher eventuell durch Wasserdämpfe geheizt werden konnte, was aber im vorliegenden Falle nicht geschah. An dem Mantel konnte der in Fig. 7 dargestellte Wasserschirm befestigt werden. Derselbe besteht aus einem, zu einem Rohr N gebogenen Messigblech, in dessen Innerem durch die beiden 5 cm voneinander entfernten Wände w_1 und w_2 ein Raum abgetheilt ist, durch welchen beständig Wasser fliessen konnte. Ein Messing-

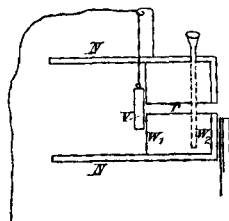


Fig. 7.

röhr r , welches durch eine Klappe v verschlossen werden konnte, durchsetzt den von w_1 und w_2 begrenzten Raum und gestattet die Belichtung des Bolometers. Die ganze in Fig. 7 abgebildete Vorrichtung will ich im Folgenden immer kurz als Schirm bezeichnen, denn sie diente dazu, das Bolometer vor fremder Strahlung zu schützen. War der Schirm am Schutzmantel befestigt, so blieb zwischen der Bolometerröhre und der Klappe v noch ein verfügbarer Raum, in welchen eine Schale mit Chlorcalcium gebracht werden konnte, um die Luft im Inneren des Apparates zu trocknen. Die Axe

des Rohres r fiel mit derjenigen der Bolometerröhre R zusammen, sodass nur nahezu parallele Strahlen zum Bolometer gelangen konnten.

Mit Hülfe dieses Schirmes war es möglich, das Bolometer angenähert auf constanter Temperatur zu erhalten und die fremde diffuse Strahlung, welche theils von der Heizvorrichtung, theils von den Zimmerwänden herrührte, zu beseitigen.

Unmittelbar vor dem Schirm stand die Heizvorrichtung, durch welche die strahlenden Körper erwärmt wurden. Sie bestand aus einem 30 cm langen Eisenblech, dessen Form aus Fig. 8 ersichtlich ist. Die beiden Lappen n und n' verhindern, dass die Verbrennungsgase der unter dem Blech stehenden Bunsenbrenner zum Bolometer strahlen können.

Jeder störende Einfluss derselben ist durch die Grösse des Heizbleches völlig beseitigt. Zum Erwärmen waren je nach der Temperatur ein oder zwei Brenner nöthig. Um möglichst gleichen Gasdruck zu haben, war ein Regulator in die Leitung eingeschaltet. Die Heizvorrichtung befand sich ungefähr 15 mm unterhalb der Oeffnung des Schirmes, und da sie nur 15 mm breit war, konnten keine Wärmestrahlen von ihr zum Bolometer gelangen. Trotz der Nähe der Flammen blieb die Temperatur des Schirmes genügend constant, was der Dicke der Wasserschicht zu verdanken ist.

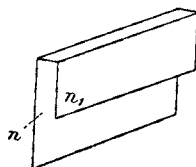


Fig. 8.

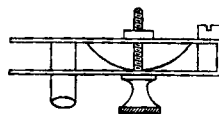


Fig. 9.

Die zu erwärmenden Steinsalzplatten wurden nicht direct auf das Heizblech gestellt, sondern waren von ihm durch eine Scheibe gut ausgeglühter Asbestpappe getrennt. Die Erwärmung geschah theils durch Leitung, theils durch den vom Blech aufsteigenden heissen Luftstrom. Dass letzterer nicht zum Bolometer strahlte, davon konnte man sich leicht durch Fortnehmen der strahlenden Platte überzeugen. Es fand dann bei Oeffnung der Verschlussklappe v keine Einwirkung auf das Bolometer statt.

Um die Temperatur der strahlenden Platte zu bestimmen, wurden zwei Messingklammern, Fig. 9, an dieselben angeschraubt, welche Hülsen zur Aufnahme der Thermometer besaßen. Die Temperatur wurde an beiden abgelesen, und falls

Unterschiede zwischen ihnen vorhanden waren, das Mittel aus beiden als richtig angenommen. Da die zur Strahlung benutzten Platten stets genügend gross waren, so konnten weder die Klammern noch die Thermometer zum Bolometer strahlen, sie waren aber noch insofern von Nutzen, als sie ein Umfallen des Steinsalzes unmöglich machten.

Die vollständige Versuchsanordnung ist aus Fig. 10 ersichtlich. *M* bedeutet den Schutzmantel, welcher die Bolometerröhre enthält, von welcher nur die drei Ableitungsdrähte r_1 , r_2 , r_3 sichtbar sind. Vorn am Mantel *M* ist der Schirm *S* aufgesetzt, welcher durch den Haken *h* an diesem festgehalten wird. Ferner sieht man noch in der Figur das Trichterrohr

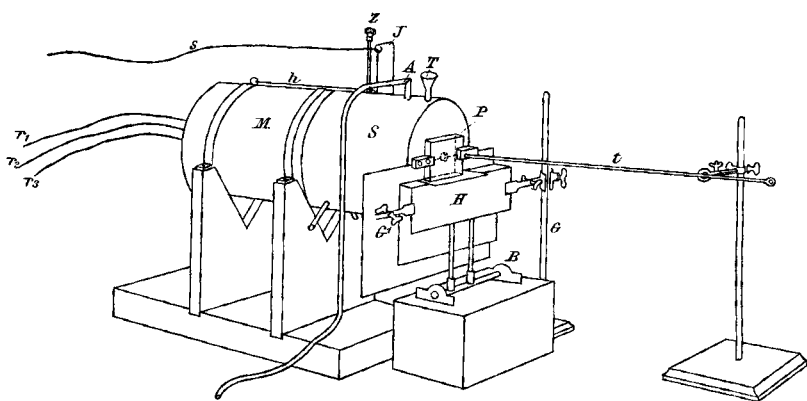


Fig. 10.

T und das Ablaufrohr *A*, durch welche das Wasser des Schirmes *S* beständig erneuert werden kann. Ueber den Bügel *J*, welcher am Schirm angelöthet ist, läuft die Schnur *s*, mit deren Hülfe die Klappe *v* geöffnet werden kann. Die Stange *z*, welche durch einen Schlitz im Schirm hindurchgeht, ist der Antrieb für die Zahnradübersetzung, durch welche die absorbirende Platte ein- und ausgeschaltet wird. Zwei Stativ *G* und *G'* (ist in der Figur nur angedeutet) halten das Heizblech *H*, unter welchem die beiden Bunsenbrenner *B* stehen. Auf dem Heizblech ist endlich die Steinsalzplatte *P* aufgestellt, welche mit den Klammern und Thermometern *t* versehen ist.

Die Brücke.

Die beiden Bolometer bilden zwei Zweige der Wheatstone'schen Brückencombination, die beiden anderen wurden aus Manganindrähten von gleichem Widerstand wie die Bolometer hergestellt. Um die Brücke stets auf Null einstellen zu können, war in den einen compensirenden Zweig ein Compensator eingeschaltet, welcher in Fig. 11 abgebildet ist. Derselbe besteht aus zwei 60 cm langen, 0,8 cm weiten Glasröhren r und r' , in welche die Drähte D_1 und D_2 eingekittet, und welche mit Quecksilber gefüllt sind. Sie werden durch die Korke k_1 und k_2 zusammengehalten. In beide Röhren tauchte der U-förmig gebogene, vollständig amalgamirte Messingdraht F , welcher durch den Glasstab S in ihnen verschoben werden konnte. Hierdurch konnte der Widerstand des einen Zweiges um kleine Beträge geändert, und die Brücke genau auf Null eingestellt werden. Die ganze Vorrichtung war in einen langen Holzkasten eingesetzt und mit Watte umgeben. Um den Stab S sicher verschieben zu können, ist über den Kork k_2 ein weites Glasrohr gestülpt, welches oben den Kork k_3 enthält, durch den der Stab S geht.

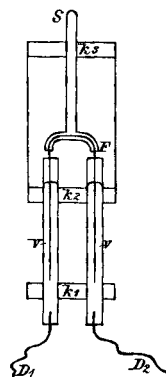


Fig. 11.

Der Compensator, sowie die übrigen Apparate standen so nahe am Fernrohr, dass sie zu erreichen waren, ohne dass man sich vom Platz zu erheben brauchte. Das Galvanometer konnte mittels einer Wippe leicht in die Brücke eingeschaltet werden, welche gleichzeitig durch Umlegen nach der anderen Seite die Empfindlichkeit zu messen gestattete, was während einer Versuchsreihe öfters geschah.

Der benutzte Hauptstrom betrug 0,04 Amp. Bei diesem Strome verhielt sich das Galvanometer vollkommen ruhig.

Das Steinsalz.

Zum Strahlen wurden Steinsalzplatten von verschiedener Dicke benutzt. Dieselben hatten eine Grösse von 45 mm im Quadrat, waren vollkommen klar und durchsichtig sowie frei

von Einschlüssen, die etwa für das blosse Auge sichtbar gewesen wären. Ausserdem waren sämtliche Platten planparallel geschliffen und auf beiden Seiten gut polirt. Es wurde besondere Sorgfalt darauf verwendet, das Steinsalz vor Feuchtigkeit zu schützen, und wurden die Platten aus diesem Grunde in Exsiccatoren über Chlorcalcium aufbewahrt. Um aber sicher zu gehen, dass sich nicht etwa, kurz bevor die Platten zum Versuch verwendet wurden, Feuchtigkeit auf ihnen niederschlagen konnte, wurden dieselben an einem wärmeren Orte aufbewahrt, als der war, welcher zur Beobachtung diente. Diese Vorsicht war unbedingt nöthig, weil eine auf der Oberfläche vorhandene Steinsalzlösung nicht nur diese beschädigt hätte, sondern auch das Emissionsvermögen bedeutend hätte ändern können. Dasselbe gilt auch von den zur Absorption benutzten Platten, dieselben waren nur 15 mm im Quadrat gross und 1 mm, 2 mm und 3 mm dick. Sie befanden sich in kleinen Rähmchen aus Messing und wurden mit Hülfe der Pincette in den Apparat eingesetzt. Es war auch erforderlich, die Platten sämtlich von Zeit zu Zeit frisch zu poliren¹⁾, wobei die Platten in Korkfassungen gesetzt wurden, welche, um das Zerkratzen zu vermeiden, mit Seide versehen waren.

Das Erhitzen der Platten musste langsam und vorsichtig vorgenommen werden, da das Steinsalz leicht zerspringt. Es war deshalb zweckmässig, die Untersuchung mit der Strahlung bei niederen Temperaturen zu beginnen, und allmählich während der Versuche die Temperatur zu steigern. Dieses Verfahren ist auch bei fast allen Versuchen beibehalten worden, und es ist mir beim Erhitzen keine Platte zersprungen. Weit gefährlicher dagegen ist das Abkühlen, bei welchem mehrere Platten Schaden genommen haben. Das Erwärmen des Steinsalzes geht nur langsam vor sich und erforderte stets eine Stunde Zeit, ehe die Temperatur so constant geworden war, dass an das Beobachten gedacht werden konnte. War die Luft im Zimmer ruhig, so blieb auch die Temperatur gut constant, war dies aber nicht der Fall, so schwankte sie

1) Als Polirmaterialien können vortheilhaft fein geschlemmtes Baryumsulfat, Flanell und Seide verwendet werden. Die Seide war gute weisse Atlasseide; es wurde stets in der Richtung des Striches der Seide polirt.

innerhalb mehrerer Grade auf und ab. Es war deshalb unbedingtes Erforderniss, jedem Luftzug vorzubeugen, weil sonst die Beobachtungen fehlerhaft wurden.

Aus dem oben Gesagten geht hervor, dass zu einer Beobachtungsreihe von 5 Punkten bei verschiedenen Temperaturen stets eine Zeit von 6 bis 7 Stunden erforderlich war, es setzte dies aber möglichst günstige Bedingungen voraus. War nämlich im Freien die Luft ruhig oder wenig bewegt, so reichte diese Zeit stets aus, herrschte aber eine stärkere Luftströmung oder gar heftiger Wind, so war das Beobachten sehr erschwert oder gänzlich unmöglich. Die Schuld hieran trug in den meisten Fällen das sehr empfindliche Bolometer, welches den Luftströmungen eine verhältnissmässig grosse Fläche darbot, und alle Schutzmaassregeln, welche getroffen wurden, konnten nicht verhindern, dass bei ungünstiger Witterung die Ruhelage des Galvanometers sich infolge der Luftströmungen über dem Bolometer beständig änderte oder hin- und herschwankte. Leider gab es im Laufe dieses Winters, während dessen die vorliegenden Versuche ausgeführt wurden, viele Tage, an welchen die Witterung für die Arbeit ungünstig war, sodass häufig vergeblich beobachtet wurde. Es wurden deshalb auch nur diejenigen Beobachtungen verwerthet, welche bei ruhigem Wetter angestellt waren.

Der erste Ausschlag des Galvanometers.

Vor Beginn der eigentlichen Versuche erschien es nöthig Gewissheit darüber zu erlangen, in welcher Beziehung der erste Ausschlag des Galvanometers zur Strahlung steht. Es muss zwar von vornherein zugegeben werden, dass dem ersten Ausschlag des Galvanometers eine Gesetzmässigkeit zu Grunde liegen muss, weil seine Beobachtung gut übereinstimmende Werthe liefert, doch ist sein Zusammenhang mit der Strahlung keineswegs so klar. Aus theoretischen Betrachtungen ergibt sich, dass der erste Ausschlag jedenfalls in keiner einfachen Beziehung zur Strahlung steht.

Hr. Rubens¹⁾ hat schon früher den Nachweis gebracht, dass die Temperaturerhöhung des Bolometers proportional ist

1) Rubens, Wied. Ann. **87**. p. 257. 1889.

der Energie der Strahlung, durch welche sie hervorgebracht wird, aber seine diesbezüglichen Betrachtungen rechtfertigen nicht, dass auch der erste Ausschlag des Galvanometers als Maass für die Energie der Strahlung gelten kann. Merri¹⁾ hat gezeigt, dass der erste Ausschlag in constantem Verhältniss zur definitiven Ablenkung der Galvanometernadel steht, und empfiehlt aus diesem Grunde, nur den ersten Ausschlag zu beobachten. Aus seiner Arbeit folgt ferner, dass die Ausschläge, welche man erhält, wenn das Bolometer gleiche Zeiten bestrahlt wird, den betreffenden Strahlungen proportional sind. Erfolgt der erste Ausschlag stets in derselben Zeit, so ist er demnach als ein richtiges Maass der auffallenden Energie zu betrachten.

Zur Prüfung wurden noch die nachstehenden Versuche angestellt. Eine Platte wurde auf eine bestimmte constante Temperatur erhitzt und in bestimmte Entfernung vom Bolometer gebracht. Es wurden sodann diejenigen Galvanometerausschläge abgelesen, welche man erhielt, wenn bei directer Strahlung das Bolometer 3 sec und 6 sec bestrahlt, und wenn der der Strahlung entsprechende erste Ausschlag beobachtet wurde. Das Gleiche wurde nach Einschaltung einer absorbirenden Platte ausgeführt. Der Sicherheit halber wurden mehrere Beobachtungsreihen bei verschiedenen Temperaturen angestellt. Der Ausschlag nach 3 sec war leichter und sicherer abzulesen als derjenige nach 6 sec, weil die Schwingungsdauer bei diesen Versuchen nur wenig mehr als 3 sec betrug. Die folgende Tabelle enthält einige Werthe, wie sie sich bei einer Emissionstemperatur von 54° C. ergaben.

	Directe Strahlung	Verhältniss	Durchgel. Strahlung	Verhältniss
3 sec	36		17,6	
6 sec	23	1,565	11,33	1,555
1. Ausschlag	41	1,780	20,25	1,780

Die erste und die dritte Columne enthalten die Galvanometerablenkungen der Strahlung durch Luft bez. Steinsalz für 3 sec, 6 sec und den ersten Ausschlag. In der zweiten und

1) Merri^t, Americ. Journ. of Science 41. p. 417. 1891.

vierten Columne sind die Verhältnisse dieser Zahlen angeführt. Die letzteren stimmen, wie man sieht, so gut überein, als man es nur verlangen kann. Der erste Ausschlag, verglichen mit demjenigen nach 6 sec, giebt sowohl beim Durchgang durch Luft als durch Steinsalz beidemal den Werth 1,78. Die Versuche wurden, wie schon erwähnt, bei verschiedenen Strahlungstemperaturen angestellt und lieferten stets gut übereinstimmende Werthe. Hieraus geht hervor, dass Strahlungen miteinander verglichen werden können, indem man sie gleiche Zeiten unter gleichen Bedingungen auf das nämliche Bolometer einwirken lässt, und ferner, dass bei meinem Instrument der erste Ausschlag stets in gleichen oder nahezu gleichen Zeiten stattfindet. Auch Lummer und Kurlbaum¹⁾ haben beobachtet, dass bei ihrem Bolometer der erste Ausschlag des Galvanometers stets in ungefähr 8 sec erreicht wurde.

Aus dem Vorstehenden folgt, dass der erste Ausschlag als ein Maass für die Strahlung angesehen werden kann. Er wurde immer benutzt.

Beobachtungen.

Ist die Steinsalzwärme monochromatisch?

Im Folgenden wurde zunächst untersucht, in welchem Maasse die Wärme, welche eine 7 mm dicke Steinsalzplatte bei verschiedenen Temperaturen aussendet, von Steinsalzplatten von 1, 2 und 3 mm Dicke durchgelassen wird. Zu diesem Zweck wurde zunächst der Galvanometerausschlag beobachtet, welcher sich bei der Strahlung durch Luft ergab, und gleich darauf die absorbirende Platte vorgeschaltet, welche sich auf derselben Temperatur wie das Bolometer befand. Aus zehn solchen Beobachtungen jederseits wurde der Mittelwerth genommen, und die durchgelassene Menge in Procenten der auffallenden berechnet. Die Temperatur des Bolometers sowie der absorbirenden Platte war bei sämtlichen Beobachtungen nahezu 15° C. und wurde, falls sie 1° oder 2° C. höher war, was im Laufe einer Beobachtungsreihe gewöhnlich eintrat, in der Weise auf 15° C. reducirt, dass der Ueberschuss über

1) Lummer und Kurlbaum, Wied. Ann. 46. p. 204. 1892.

15° C. von der Temperatur der emittirenden Platte abgezogen wurde, damit die Resultate vergleichbar waren.

Da die Untersuchungsmethode es nicht erlaubte, die absorbirenden Platten sofort auszuwechseln, so blieb stets während einer Beobachtungsreihe dieselbe absorbirende Platte vor dem Bolometer. Es war aber nicht möglich bei der nächsten Versuchsreihe mit einer dickeren Platte wiederum die gleichen Temperaturpunkte der strahlenden Platte zu erhalten wie bei der vorhergehenden, und mussten deshalb die Resultate durch die graphische Darstellung vergleichbar gemacht werden.

Die folgenden drei Tabellen geben die Resultate, wie sie bei der Strahlung einer 7 mm dicken Steinsalzplatte erhalten wurden, wenn Platten von 1, 2 und 3 mm absorbirten. Die Tabellen sind ohne Erläuterung verständlich. In der ersten, welche die Absorption einer 1 mm dicken Platte enthält, sind auch noch die Galvanometerausschläge bei directer Strahlung und nach Einschaltung der absorbirenden Platte angegeben. Die Temperatur derselben war 15° C.

Tabelle I.

Es strahlt 7 mm dickes Steinsalz.

Es absorbirt 1 mm dickes Steinsalz.

Temperatur der strahlenden Platte	27,5°	37,5°	52°	77,5°	101°
Galvanometerausschlag bei directer Strahlung	37,1	63,7	116,9	204,7	316,7
Galvan.-Ausschlag bei Absorption	15,0	30,8	59,3	107,6	171,8
Durchlässigkeit in Procenten	40,56	48,57	50,71	52,57	54,24

Es absorbirt 2 mm dickes Steinsalz.

Temperatur der strahlenden Platte	27,5°	35°	47,5°	77,5°	101,5°
Durchlässigkeit in Procenten	31,05	33,73	33,27	42,93	44,0

Es absorbirt 3 mm dickes Steinsalz.

Temperatur der strahlenden Platte	25°	34°	43°	53,5°	81°
Durchlässigkeit in Procenten	23,68	32,82	37,24	39,16	40,0

Wie man schon aus diesen Zahlen ersehen kann, nimmt die Durchlässigkeit mit abnehmender Temperatur des strah-

lenden Steinsalzes ab. Besser noch als diese Zahlen giebt die graphische Darstellung in der Fig. 12 ein Bild von der Abnahme der Durchlässigkeit mit der Temperatur. Bei allen drei Curven nimmt dieselbe anfänglich nur langsam und proportional mit der Temperatur ab. Von 50° C. aber findet diese Proportionalität nicht mehr statt, sondern die Durchlässigkeit nimmt schneller ab als die Temperatur, und zwar scheint die Abnahme umso beschleunigter zu werden, je geringer die Temperaturdifferenz zwischen emittirender und absorbirender Platte wird.

Die Curve III liegt der Curve II sehr nahe. Wenn die Steinsalzwärme einigermaassen homogen wäre, so müsste, dem Absorptionsgesetze entsprechend, die Entfernung grösser sein.

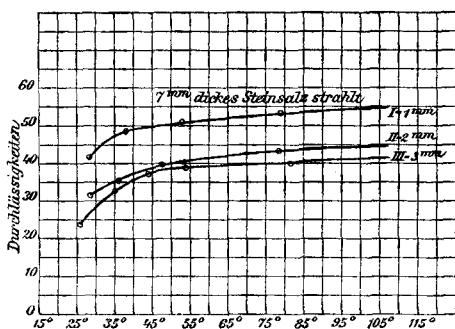


Fig. 12.

Berechnet man den Absorptionscoefficienten aus den Curven, so ergiebt sich kein constanter Werth für denselben.

Magnus hielt die Steinsalzwärme, wie schon in der Einleitung erwähnt, für „monothermisch“. Unter dieser Annahme hätte sich aus allen Beobachtungen für jede Temperatur ein constanter Absorptionscoefficient ergeben müssen. Da dies nicht der Fall war, wurden die Versuche mehrmals, auch mit den frisch polirten Platten, wiederholt. Aber auch ganz neue absorbirende Platten, welche aus dem reinsten Steinsalz, das erhältlich, hergestellt waren, entsprachen nicht den gehegten Erwartungen. In allen Fällen stimmten die Resultate mit den früheren gut überein.

Betrachtet man die Curven der 2- und 3 mm-Platte, so hat es den Anschein, als ob fast die gesamte absorbirbare

Wärme von der 2 mm dicken Platte bereits absorbirt ist, so dass für die 3 mm dicke Platte nur noch verhältnissmässig wenig übrig bleibt. Es wäre nun interessant gewesen, zu erfahren, wie sich eine 4 mm dicke Platte gegen die Steinsalzwärme verhält, ob diese etwa gar Resultate liefern würde welche mit denen der 3 mm dicken Platte übereinstimmen. Allein die Dimensionen meines Apparates gestatteten nicht mehr die Anwendung einer solchen Platte, weil die Bolometer-röhre zu eng war. Soviel aber sagen die Curven aus, dass die Wärme, welche die 7 mm dicke Steinsalzplatte aussendet, nicht homogen ist. Sie ist mindestens zweierlei Art und besteht aus einem Theil Strahlen, die vom Steinsalz stark absorbirt werden, und welche ich im Folgenden stets, mit Magnus, die „eigentliche Steinsalzwärme“ nennen werde, während der andere Theil vom Steinsalz gut hindurch gelassen wird, und als „zweite Wärmeart“ bezeichnet werden soll.

Auch aus den Beobachtungen von Magnus habe ich den Absorptionscoefficienten ausgerechnet, es ergab sich aber auch hier kein constanter Werth für denselben.

Wurde eine Steinsalzplatte von 5 mm Dicke zur Emission gebracht, so erhielt man Curven, aus denen der Absorptionscoefficient wieder inconstant hervorging. Ausserdem aber zeigte sich, dass die Durchlässigkeit bei allen drei Platten geringer geworden war. Dies stimmt vollkommen mit den Angaben von Magnus überein, nach welchen die Wärme, die von einer dickeren Platte ausgestrahlt wird, reicher an nicht absorbirbaren Strahlen sein soll, als die einer dünneren Platte. War die emittirende Platte nur 3 mm dick, so war die Durchlässigkeit noch geringer als im vorhergehenden Falle. Bei ca. 70° C. gingen von ihrer Wärme nur 33,5 Proc. im Mittel durch eine 3 mm dicke absorbirende Platte, während die nämliche Platte von der Strahlung einer 7 mm dicken Platte 40 Proc. hindurchliess.

Aus allen diesen Versuchen kann man schliessen, dass die Steinsalzwärme auch nicht angenähert monochromatisch ist.

Flüssigkeitseinschlüsse im Steinsalz und ihr Einfluss auf die Emission desselben.

Steinsalz enthält, wie dem Mineralogen bekannt, mikroskopische, ungleichmässig durch die Masse vertheilte Flüssig-

keitseinschlüsse. Diese werden auch zur Emission des Steinsalzes beitragen, und da die von ihnen ausgestrahlte Wärme vermuthlich eine ganz andere Zusammensetzung hat, wie die des Steinsalzes, da sie ferner in verschiedenen Stücken auch eine andere Vertheilung besitzen, war es denkbar, dass die als „zweite Wärmeart“ angegebene Strahlung von diesen unsymmetrisch angeordneten Flüssigkeitseinschlüssen herrühren konnte. Wahrscheinlich bestehen dieselben nur aus Steinsalzlösung, welche ein viel höheres Emissionsvermögen für Wärme hat als das Steinsalz und sich deshalb, auch in sehr geringen Mengen im Steinsalz vorhanden, schon bemerkbar machen kann. Es müssten demnach schon Spuren von Wasser, welche man zwischen zwei Steinsalzplatten bringt, die Emission derselben erheblich beeinflussen.

Um diese Frage zu entscheiden, wurde aus zwei Steinsalzplatten von 45×25 mm Grösse und 3 mm Dicke ein capillarer Trog in der Weise verfertigt, dass zwischen beide Platten zwei schmale 45 mm lange und $\frac{1}{10}$ mm dicke Glimmerstreifen gebracht wurden. Die Platten wurden sodann mit etwas Siegellack zusammengekittet, welcher an einigen Punkten des Randes der Platte aufgetragen wurde, die nicht zum Bolometer strahlen konnten. Um den Trog mit Wasser zu füllen, war es nur nöthig, ihn mit dem einen Ende ein wenig in Wasser zu tauchen, es stieg dann dasselbe capillar in ihm auf.

Dieser Trog wurde auf 40° C. erwärmt und in eine bestimmte Entfernung vom Bolometer gebracht. Die Resultate, welche dabei gefunden wurden, sind in der nachstehenden Tabelle wiedergegeben. Die Dicke der absorbirenden Platte betrug 3 mm.

Tabelle II.

	Strahlung durch Luft	Strahlung durch 3 mm Steinsalz	Durchlässigkeit in Procenten
Trog ohne Wasser	90,8	50	55
Trog mit Wasser	133,7	95,2	71,2

Diese Zahlen zeigen deutlich den Einfluss des Wassers auf die Emission des Steinsalzes. Der Zuwachs, welchen die

durchgelassene Strahlung erfahren hat, ist fast der gleiche wie derjenige der Gesamtstrahlung. Man sieht daraus, dass die vom Wasser ausgestrahlte Wärme, welche fast 50 Proc. der Steinsalzwärme beträgt, vom Steinsalz vollkommen durchgelassen wird. Es dürfte wohl von Interesse sein, hier mitzutheilen, dass diese Wärme von einer Wassermenge ausgestrahlt wurde, welche kaum 40 mg übersteigen dürfte. Ich halte es deshalb für möglich, dass die von Magnus zuerst beobachtete „zweite Wärmeart“ des Steinsalzes nur von dem Wasser herrührt, welches in feiner, erst bei starker mikroskopischer Vergrösserung wahrnehmbarer Vertheilung in ihm enthalten ist.

Der Einfluss der Dicke auf das Emissionsvermögen des Steinsalzes.

A. Dickere Platten.

Um noch genau festzustellen, welchen Einfluss die Dicke des strahlenden Steinsalzes auf dessen Emissionsvermögen ausübt, wurden folgende Versuche angestellt. Es wurde die Strahlung zweier gleich dicker und gleichbeschaffener Steinsalzplatten untersucht. Mir standen zwei solche Platten von 3 mm Dicke und 45×22 mm Grösse zur Verfügung, welche durch Zerspringen einer Platte von 45×45 mm entstanden waren und daher möglichst gleichartige Beschaffenheit erwarten liessen. Beide Platten waren für das Auge vollkommen rein und ferner planparallel. Wurden die Platten aufeinander gelegt und im durchgehenden Lichte betrachtet, so war eine Trennungsfläche auch dann nicht wahrzunehmen, wenn man in schräger Richtung hindurchsah, was wohl als ein Beweis für die gute ebene Beschaffenheit der Flächen gelten kann.

Es wurde zunächst die Strahlung einer jeden Platte für sich beobachtet, wenn sie in gleicher Entfernung vom Bolometer sich befanden, und die Durchlässigkeit ihrer Wärme durch eine 3 mm dicke Steinsalzplatte untersucht. Die Platten standen dabei mit ihrer langen Seite aufrecht, sodass die strahlende Fläche nur 22 mm breit war. An ihrem oberen Ende war eine Messingklammer mit Hülse zum Einstecken des Thermometers befestigt. Es war durch die Art der Aufstellung dafür Sorge getragen, dass nur der mittlere Theil der

Platte zum Bolometer strahlen konnte, und dass ein Strahlen der Klammer und des Thermometers ausgeschlossen war. Die Platten waren stets vertical und parallel dem Bolometer gestellt, auch war alles aufgeboten, um die Beobachtungen unter möglichst gleichen Bedingungen machen zu können.

Zum Unterschiede mögen im Folgenden die beiden Platten mit I und II bezeichnet werden und entsprechend die Gesamtstrahlung beider mit I vor II bez. II vor I. Es möge hierbei noch erwähnt werden, dass, wenn beide Platten zusammenstrahlten, der Abstand der Fläche der vordersten Platte vom Bolometer wieder der gleiche war wie bei der Strahlung der einzelnen Platten.

Die folgende Tabelle enthält die Ergebnisse, wie sie gefunden wurden, wenn die strahlenden Platten die Temperatur 69°C . hatten, und das Bolometer sich auf 15°C . befand. Es sind hier zum besseren Vergleich auch noch die Galvanometerausschläge bei directer Strahlung und nach Absorption angegeben.

Tabelle III.

	Strahlung durch Luft	Strahlung durch 3 mm Steinsalz	Durchlässigkeit in Procenten
Platte I	118,3	39,4	33,3
Platte II	122,3	41,7	34,09
I vor II	122,4	47,3	38,64
II vor I	126,9	51,9	40,10

Wie die Galvanometerausschläge bei der Strahlung durch Luft zeigen, verhalten sich beide Platten nahezu gleich. Die Gesamtstrahlung der beiden Platten ist etwas grösser als die der einzelnen Platten, aber ihre Zusammensetzung muss eine andere sein, denn während von der Wärme, welche Platte I allein zum Bolometer strahlt, 33,3 Proc. von der absorbirenden Platte durchgelassen werden, ist die Durchlässigkeit um mehr als 5 Proc. gestiegen durch Hinzufügen der Platte II. Das gleiche Resultat ergibt sich auch, wenn zur Platte II die Platte I gestellt wird, doch beträgt hier der Zuwachs mehr als 6 Proc.

Man kann diese Versuche so deuten, dass die „eigentliche Steinsalzwärme“ schon ihr Maximum erreicht hat, wenn

die emittierende Platte 3 mm dick ist, während die „zweite Wärmeart“, für welche das Steinsalz einen sehr kleinen Absorptionscoefficienten besitzt, mit zunehmender Dicke der emittierenden Platte wächst.

B. Dünnere Platten.

Wir haben in den vorhergehenden Abschnitten Gründe kennen gelernt, weshalb die von dickeren Platten ausgestrahlte Wärme nicht als homogen betrachtet werden kann. Weiter aber folgt aus ihnen, dass man von einer dünnen Steinsalzplatte eine Emission zu erwarten hätte, welche vorzugsweise nur die „eigentliche Steinsalzwärme“ enthält. Es wird sich

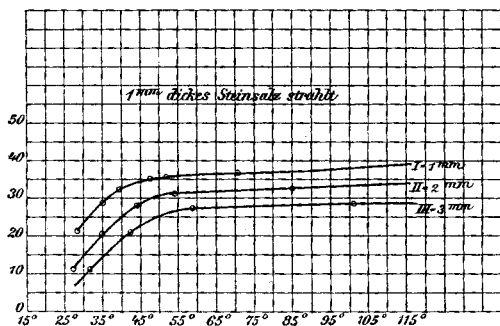


Fig. 12.

deshalb empfehlen, die strahlenden Platten so dünn als möglich zu machen.

Die Herstellung einer solchen Steinsalzplatte aber, wie sie zu den hier auszuführenden Versuchen besonders geeignet wäre, stösst bei der leichten Zerknirschlichkeit des Materials auf grosse Schwierigkeiten. Es ist erforderlich, die strahlenden Platten ziemlich gross zu machen, um die Strahlung fremder Körper vermeiden zu können. Ich war deshalb zufrieden, als ich schliesslich eine Platte von 45×30 mm Grösse und 1 mm Dicke erhalten konnte. Dieselbe wurde mit dem schmalen Ende in Kork gefasst, um sie leichter handtiren und sicherer ausstellen zu können.

Die Temperaturmessung geschah durch ein seitlich an die Platte angelegtes Thermometer. Die Anwendung einer Messingklammer, wie solche bei den Versuchen mit dickeren

Platten vortheilhaft benutzt wurde, um die Temperatur zuverlässiger bestimmen zu können, war hier nicht mehr möglich, da beim Einpassen in dieselbe die Platte sicher zerbrochen wäre.

Die Curven I, II und III in Fig. 12 stellen die Durchlässigkeit in Procenten der directen Strahlung dar als Function der Temperatur. Die markirten Punkte sind beobachtet, und durch diese eine möglichst ungezwungene Curve gelegt. Die römischen Ziffern beziehen sich auf die absorbirenden Platten: I = 1 mm, II = 2 mm, III = 3 mm.

Bei allen drei Curven nimmt die Durchlässigkeit bis zu ungefähr 50° C. der strahlenden Platte proportional der Temperatur ab. Von 50° C. an aber bekommen die Curven auf einmal eine Biegung, und die Absorption nimmt schneller zu als die Temperatur abnimmt. Die Curven konnten nur bis zu einer Temperatur von 27° C. herunter beobachtet werden, weil die Intensität der Strahlung bei geringeren Temperaturdifferenzen zwischen der strahlenden Platte und dem Bolometer als 12° C. so schwach war, dass sich der Galvanometerausschlag nach der Absorption nicht mehr richtig feststellen liess. War die Temperatur des emittirenden Steinsalzes 27° C., diejenige des Bolometers 16° C., so erhielt man bei directer Strahlung auf das Bolometer im Mittel noch 19,6 Scth. Ausschlag, nach Einschaltung einer absorbirenden Platte aber von 2 mm Dicke im Mittel nur noch 2,3 Scth. Dies dürfte wohl als die Grenze der zulässigen Beobachtungen angesehen werden.

In den folgenden Tabellen sind die Beobachtungen wiedergegeben, die erste enthält noch die Galvanometerausschläge.

Tabelle IV.

Es strahlt 1 mm dickes Steinsalz.
Es absorhirt 1 mm dickes Steinsalz.

Temperatur der strahlenden Platte	28°	35°	39°	51,5°	72°
Galv. Ausschlag bei directem Strahl	22,6	46,7	63,7	90	124,3
Desgl. nach Absorption	4,93	13,55	21,05	32,1	45,5
Durchlässigkeit in Procenten	21,4	29,01	33	35,66	36,6

Es absorhirt 2 mm dickes Steinsalz.

Temperatur der strahlenden Platte	27°	35°	44°	54°	85°
Durchlässigkeit in Procenten	11,51	20,49	28,3	30	32

Es absorbirt 3 mm dickes Steinsalz.

Temperatur der strahlenden Platte	31,5°	42,5°	59°	101°
Durchlässigkeit in Procenten	11,33	21,5	27,19	28,08

Wegen der Unsicherheit, welche die Temperaturbestimmung mit sich brachte, wäre es mir lieb gewesen, die Versuche nochmals zu wiederholen. Leider ging die strahlende Platte bei diesen Versuchen entzwei, sodass es nur möglich war, vier Punkte der Curve III zu ermitteln. Aber auch diese vier Punkte geben schon genügend Aufschluss, denn durch ihre Verbindung entsteht eine Curve, welche den beiden anderen vollkommen ähnlich ist.

Aus diesen Curven ist der Absorptionscoefficient von 10^0 zu 10^0 ausgerechnet worden. Die Berechnung erstreckt sich von 105^0 C. bis herunter zu 28^0 C., dabei konnten einige Werthe aus den Curven extrapolirt werden, weil die Durchlässigkeit oberhalb 50^0 C. fast genau proportional der Temperatur des strahlenden Steinsalzes sich ändert. Die Werthe sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Tabelle V.

Temperatur	105^0	95^0	85^0	75^0	65^0	55^0	45^0	35^0	28^0
α aus Platte I u. II	0,1585	0,1603	0,1506	0,1524	0,1515	0,1412	0,1778	0,3469	0,5376
α aus Platte I u. III	0,1553	0,1527	0,1493	0,1457	0,1427	0,1360	0,1824	0,3535	0,5243

Die Uebereinstimmung kann mit Rücksicht auf die Fehler, welche die Temperaturbestimmung mit sich bringt, als eine gute bezeichnet werden. Der Absorptionscoefficient ist von 105^0 — 55^0 C. wesentlich constant. Von 50^0 C. abwärts aber beginnt er schnell zu wachsen und beträgt bei 28^0 C. schon 0,5376.

Die Strahlung der 1 mm dicken Platte muss, nach diesen Ergebnissen zu schliessen, wesentlich homogener sein als die der dickeren Platten. Indess völlig homogen, d. h. dass sie Wärme von nur einer Wellenlänge aussendet, kann sie nicht sein, wie wir aus dem folgenden ersehen werden.

Der Reflexionscoefficient des Steinsalzes für
Steinsalzwärme.

Um noch besser einen Einblick in die Qualität der vom Steinsalz ausgestrahlten Wärme zu bekommen, empfiehlt es sich, auch die Reflexion aus den in den Curven enthaltenen Daten auszurechnen.

Bezeichnet D die Intensität der nach Durchgang durch eine d mm dicke Platte übrig gebliebenen Strahlung, J die Intensität der auffallenden Strahlung, α den Absorptionscoefficienten, so besteht die Beziehung:

$$D = J \cdot \frac{(1-r)(1-r')}{1-r'^2 \cdot e^{-2\alpha d}} \cdot e^{-\alpha d},$$

wo r den an der vorderen, r' den an der hinteren Fläche reflectirten Bruchtheil bedeutet. Man kann ohne besonderen Fehler $r = r'$ setzen, wodurch die Gleichung sich vereinfacht. Hierbei ist vorausgesetzt, dass die Strahlen senkrecht auffallen, dass sämtliche Platten planparallel sind, und die von der absorbirenden Platte zurückgeworfenen Strahlen von der emittirenden wieder völlig absorbirt werden.

In dieser Weise sind die in der folgenden Tabelle enthaltenen Daten für $d = 1$ mm berechnet worden, indem für α der Mittelwerth der in Tab. V gegebenen Zahlen genommen wurde.

Tabelle VI.

Temp. d. strahl. Platte	105°	95°	85°	75°	65°	55°	45°	35°	28°
Reflexion in Proc. der directen Strahlen	36,48	36,47	37,86	38,30	38,96	39,95	38,75	38,22	40,41

Wie man aus diesen Werthen ersieht, ist die Reflexion ziemlich beträchtlich und wächst etwas mit abnehmender Temperatur.

Es ist neuerdings von Nichols¹⁾ nachgewiesen worden, dass der Quarz für solche Wärmestrahlen ein hohes Reflexionsvermögen besitzt, welche seinem Absorptionsstreifen im Ultrath entsprechen. Das Gleiche gilt auch für andere Substanzen,

1) Nichols, Wied. Ann. 60. p. 401. 1897.

wie dies Rubens und Nichols¹⁾ gezeigt haben. Da nun von der Steinsalzstrahlung ein grosser Theil ca. 40 Proc., reflectirt wird, so gewinnt es den Anschein, dass die Strahlung einen grossen Theil derjenigen Wellenlängen enthält, welche dem Absorptionsstreifen im Ultraroth angehören. Je niedriger die Temperatur des Steinsalzes ist, um so relativ reicher wird die Strahlung an solchen Wellenlängen sein, wie sich dies aus der zunehmenden Reflexion ergibt.

Der übrig bleibende Theil der Strahlen, welcher von der Reflexion nicht betroffen wird und in das Steinsalz eindringt, wird gut von ihm hindurchgelassen. Diese Strahlen gehören wahrscheinlich einem anderen Spectralgebiet an und haben eine kürzere Wellenlänge als diejenigen, von denen oben die Rede war.

Die in der letzten Tabelle enthaltenen Werthe für die Reflexion stimmen mit den von Magnus²⁾ gefundenen nicht überein; sie sind dreimal grösser als diese. Magnus hat seine Reflexion direct bestimmt. Der beträchtliche Unterschied der von mir berechneten und von ihm beobachteten Zahlen erklärt sich möglicherweise daraus, dass Steinsalzplatten sich niemals so eben schleifen lassen, um sämmtliche auf ihnen auffallende Strahlen regelmässig reflectiren zu können. Ein Theil wird infolge der Oberflächenbeschaffenheit diffus reflectirt.

Der Einfluss der Oberflächenbeschaffenheit auf das Emissionsvermögen des Steinsalzes.

Es schien mir von Interesse zu sein, zu untersuchen, ob das Emissionsvermögen des Steinsalzes eine Aenderung erfährt, wenn die Oberflächenbeschaffenheit geändert wird. Derartige Versuche sind, soviel ich weiss, bisher beim Steinsalz noch nicht vorgenommen worden. Beim Platin hat Magnus³⁾ nachgewiesen, dass die Oberflächenbeschaffenheit zwar auf die Quantität der ausgestrahlten Wärme einen Einfluss hat, dass aber das Verhältniss der von einer absorbirenden Platte durchgelassenen Strahlung zur Gesamtstrahlung

1) Rubens u. Nichols, Wied. Ann. **60**. p. 418. 1897.

2) Magnus, Pogg. Ann. **139**. p. 558. 1870.

3) Magnus, Pogg. Ann. **124**. p. 476. 1865.

trotzdem denselben Werth ergibt.¹⁾ Die Versuche wurden von ihm in der Weise angestellt, dass zuerst die Emission der glatten polirten Platte, darauf diejenige nach Mattirung untersucht wurde.

In gleicher Weise verfuhr auch ich beim Steinsalz. Das Mattiren der Oberfläche geschah auf feinstem Schmirgelpapier, doch wurden die Platten nachher von anhaftenden Staubtheilchen mittels Flanell- und Seidenlappen befreit. Es war ferner dafür Sorge getragen, dass die Bedingungen in beiden Fällen die gleichen waren. Nach dem Mattiren war die Oberfläche der Platte zwar noch glatt, aber nicht mehr durchsichtig, sondern nur durchscheinend.

In nachfolgender Tabelle sind die Resultate enthalten, wie sie sich bei einem Versuche mit einer 3 mm dicken emittirenden Platte ergaben, wenn eine ebenso dicke Platte absorbirte. Die Temperatur betrug 46° C.

Tabelle VII.

	Galvanischer Aus- schlag bei directen Strahlen	Galvanischer Aus- schlag nach Absorption	Verhältniss
Platte polirt	119,5	39,45	32,9
Platte mattirt	118,85	39,7	33,36

Die Zahlen sind die Mittel aus zehn Beobachtungen. Die Werthe der directen Strahlung, sowie der nach Absorption restirenden weichen nur unerheblich voneinander ab. Auf das procentische Verhältniss macht sich dies schon etwas bemerkbar, doch dürfte auch hier die Abweichung die zulässige Grenze nicht überschreiten.

Es geht also aus obigem hervor, dass die Oberflächenbeschaffenheit weder auf die Qualität noch auf Quantität der ausgestrahlten Wärme einen Einfluss hat. Praktisch wird man es stets vorziehen, polirte Platten zum Strahlen zu verwenden, weil man geringe Verunreinigungen der strahlenden Oberfläche auf polirten Platten leichter als auf mattirten wahrnehmen, und sich so vor Versuchsfehlern schützen kann.

1) Eine Ausnahme macht der Alaun, welcher die Wärme des platinirten Platins schlechter hindurchlässt, als die des glatten Platins.

Die Strahlen des umgeschmolzenen Chlornatriums.

Die gute Durchlässigkeit des Steinsalzes für die meisten Wärmearten wird vielfach seiner chemischen Zusammensetzung zugeschrieben. Da die gleichen Erscheinungen wie am Steinsalz auch bei vielen Verbindungen der Halogene mit einwerthigen Elementen im grösseren oder geringeren Maasse beobachtet werden, so scheint wohl die Annahme berechtigt, dass die gute Diathermansie dieser Körper in erster Linie ihrer chemischen Zusammensetzung zu verdanken ist, weniger aber ihrer mechanischen Beschaffenheit. Hierfür könnte wohl auch der Umstand sprechen, dass gegossene Platten aus Chlor- und Bromsilber, wie solche Magnus¹⁾ bei seinen Versuchen benutzte, dem Steinsalz in ihrem Verhalten durchaus ähnlich sind.

Da nun das Steinsalz an dem Uebelstande leidet, dass es stets Wasser, wenn auch nur in geringen Mengen, enthält; wodurch die von ihm ausgestrahlte Wärme mindestens zweierlei Art ist, so schien es möglich, dass man sich in der Weise ganz reine Steinsalzwärme verschaffen könnte, dass man Platten aus gegossenem chemisch reinen Chlornatrium zum Strahlen benutzte.

Zu diesem Zweck wurde Chlornatrium puriss. in einer Platinschale mit Hülfe zweier Gebläse geschmolzen und auf ein reines Platinblech gegossen, dessen Ränder zu einem Kasten umgebogen waren. Ich hoffe in ähnlicher Weise, wie dies Schulz-Sellack²⁾ beim Chlorsilber gethan hat, durch langsames Abkühlen der geschmolzenen Masse gute, einigermaassen cohärente Platten zu erhalten, welche frei von Sprüngen wären. Dies bestätigte sich jedoch nicht. Dagegen lieferte das entgegengesetzte Verfahren, die Schmelze schnell abzukühlen, brauchbare Platten. Der einzige Uebelstand, den auch diese Platten besaßen, bestand darin, dass ihre Oberfläche gewölbt war. Die Dicke der Platten betrug im Mittel kaum 3 mm.

Diese Platten wurden bei verschiedenen Temperaturen zum Strahlen gebracht und die Absorption ihrer Wärme durch

1) Magnus, Pogg. Ann. **139**. p. 451. 1870.

2) Schulz-Sellack, Pogg. Ann. **139**. p. 440. 1870.

3 mm dickes Steinsalz untersucht, es war dieselbe Platte, welche schon zu allen früheren Versuchen gedient hatte. Die Resultate waren höchst überraschend. Die Wärme, welche das gegossene Chlornatrium ausstrahlt, ist nicht nur viel intensiver als die einer zwei- bis dreimal so dicken Steinsalzplatte, sondern seine Durchlässigkeit ist auch eine ganz andere. Von der Wärme, welche eine solche Platte bei 35° C. ausstrahlte, gingen durch die absorbirende Platte 78 Proc. hindurch. Wurde die Temperatur auf 50° C. gebracht, so nahm die Durchlässigkeit auf 81,3 Proc. zu.

Um sicher zu gehen wurden die Versuche nochmals mit einer zweiten Platte aus anderem Chlornatrium purissimum wiederholt, welches umkrystallisirt war. Es konnte jedoch keine Abweichung constatirt werden. Man erhielt nicht nur dieselben Werthe der Durchlässigkeit, sondern auch die Galvanometerausschläge, welche beide Platten beim Strahlen auf das Bolometer ergaben, waren genau die gleichen. Da eine fremde Strahlung nicht vorhanden war, so blieb kein Zweifel darüber, dass das gegossene Chlornatrium wesentlich andere Eigenschaften besitzt als das krystallisirte Steinsalz.

Gegossene Platten aus Chlorkalium, welches im krystallisirten Zustande, als Sylvin, bei 150° C. nach Magnus Wärme aussendet, von welcher 61 Proc. durch eine 2 mm dicke Platte aus Steinsalz hindurchgehen, zeigten ein ähnliches Verhalten wie die gegossenen Chlornatriumplatten. Von ihrer Wärme bei 30° C. liess die 3 mm dicke Platte 73,3 Proc. hindurch, bei 50° C. waren es sogar 76,6 Proc.

Dieselben Ergebnisse, welche beim gegossenen Chlornatrium erhalten wurden, müssten sich auch beim Steinsalz wiederfinden, wenn dieses in gleicher Weise geschmolzen und gegossen wird. Eine 8 mm dicke Platte aus reinem Steinsalz wurde bezüglich der Wärme, welche sie bei 50° C. ausstrahlt, untersucht. Durch die 3 mm dicke Platte gingen bei dieser Temperatur 38,3 Proc. Hierauf wurde die Platte umgeschmolzen und die Schmelze wie in der früheren Weise auf Platin gegossen und schnell abgekühlt. Die Platte war jetzt ein Drittel so dick wie die ursprüngliche Krystallplatte, aber sie strahlte schon bei einer Temperatur von 35° C. mehr Wärme aus, als im früheren Zustande, auch wurden von der

gleichen absorbirenden Platte statt der 38,3 Proc. bei 50° C. jetzt 80,7 Proc. hindurchgelassen.

Die Durchlässigkeiten gegossener Platten mit denen vom krystallisirten Steinsalz zu vergleichen war nicht möglich, da dieselben theils wegen ihrer inneren, theils wegen ihrer äusseren Beschaffenheit die auffallende Strahlung zerstreuten.

Einen Schluss aus den zuletzt mitgetheilten Thatsachen zu ziehen, unterlasse ich daher vorerst.

Zum Schlusse erlaube ich mir noch meinem hochverehrten Lehrer, Hrn. Prof. Dr. F. Braun, auf dessen Anregung die vorliegende Untersuchung angestellt wurde, auch an dieser Stelle für die werthvollen Rathschläge, welche er mir zu Theil werden liess, meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Strassburg i. E., Phys. Inst. d. Univ., Juli 1897.

(Eingegangen 22. Januar 1898.)
