Gesetzen der Wärmestrahlung hervorgeht, dadurch erklärt und auf ihre wahre Ursache zurückgeführt wird.

(Schluss im nächsten Heft.)

III. *Ueber den angeblichen Einfluss von Rauheit und Glätte auf das Wärme-Ausstrahlungsvermögen der Körperflächen;*

von Hrn. Melloni.

(*Compt. rend. T. VII p. 298.*)

Misst man die Intensität der Wärmestrahlung, welche von zwei Seiten eines mit kochendem Wasser gefüllten Metallgefäßes ausgeht, deren eine wohl polirt und glänzend ist, während die andere, zuvor auch polirt, aber hernach mehr oder weniger entweder mit Schmirgel, oder dem Grabstichel, oder der Feile geritzt worden ist, so findet man, dass die geritzte Fläche immer mehr Wärme ausstrahlt, als die glänzende, zuweilen noch über das Verhältniss 2 : 1 hinaus. Daraus hat man gefolgert, dass die Unebenheiten oder Raubheiten in der Oberfläche der Körper die Eigenschaft besäßen, den Austritt der Wärme zu erleichtern. Ich beehre mich hier, der Academie eine Reihe von Versuchen im Auszuge mitzuthemen, aus denen, wie mir scheint, klar hervorgeht, dass jener Schluss durchaus irrig ist, dass wohl die Natur der Oberfläche beiträgt, die Menge der von einem heißen Körper ausgesandten Wärme abzuändern, der Zustand der Oberfläche aber keinen Einfluss darauf hat.

Zuvörderst muss ich bekennen, dass mir, ungeachtet der Autorität grosser Namen, der Einfluss der Politur auf die Ausstrahlung der Wärme immer sehr zweifelhaft erschienen ist. Man sagt: die innere Wärme er-

leide, indem sie den Körper verläßt, dieselbe Flächenwirkung, welche sie erfährt, wenn sie auf dem Wege der Strahlung in dieselbe eindringt. Es sey; allein, warum sollten die kleinen *Spiegelflächen*, welche durch das Ritzen der Oberfläche erzeugt werden, weniger Wärme nach innen reflectiren als die *polirte Fläche aus Einem Stück*? Man nehme einen Kasten aus Messing, der zwei polirte und an der Luft schwach angelaufene Seiten habe, und mache auf eine dieser Seiten mit dem Grabstichel eine Reihe paralleler Furchen. Diese Furchen werden gewiß glänzender seyn als das Uebrige der Fläche, und dennoch sendet die geritzte Fläche mehr Wärme aus als die glatte. Schon vor etwa zwei Jahren zeigte ich diesen Einwurf, so wie einige andere Versuche, den damals in Paris anwesenden HH. Bache, Henry und Locke, ausgezeichneten Professoren der Physik aus Nordamerika. Gegenwärtig, da mir die Frage wohl entschieden zu seyn scheint, lasse ich die indirecten Einwürfe bei Seite, und schreite unmittelbar zur Auseinandersetzung der Resultate, die zu einem directen Beweis führen.

Ich nahm ein kubisches Gefäß von Kupfer, dessen vier Seitenflächen wohl geebnet waren; ich liefs von außen an die Ecken und Ränder des Bodens kleine federnde Klammern löthen, um damit Platten von zwei bis drei Linien Dicke dicht gegen das Gefäß halten zu können. Hierauf verschaffte ich mir zwei Plattenpaare, eins von Gagat und das andere von Elfenbein, und befestigte sie an den Seiten des Gefäßes. Die Platten eines jeden Paares waren in allen Stücken einander vollkommen gleich, mit Ausnahme des Zustandes der äußeren Fläche, die bei der einen wohl geebnet und glänzend, bei der andern matt und durch Schwirgel geritzt war. Als ich die Wärmemengen, welche von den beiden polirten Seiten, nach Füllung des Gefäßes mit heissem Wasser, ausgesandt wurden, genau mit dem Ther-

momultiplikator maß, und sie mit den von den entsprechenden geritzten Flächen ausgestrahlten verglich, konnte ich nur Unterschiede von einem oder zwei Hunderteln wahrnehmen, bald auf der einen, bald auf der andern Seite. Das Mittel aus zwanzig und einigen Versuchen gab mir eine Verschiedenheit, die kaum auf einige Tausendstel stieg, und also ganz zu vernachlässigen war.

Bei diesem Versuch könnte man vielleicht einwenden, daß, ungeachtet der Vorsicht, die Platten mit dem Gefäß in Contact zu halten, keine Sicherheit da war, daß die Platten eines jeden, dem Versuch unterworfenen Paares die nämliche Temperatur besaßen. Um diesen Einwurf abzuwenden, liefs ich aus einem kleinen Marmorblock ein kubisches Gefäß verfertigen, dessen Wände vollkommen gleich dick, aber auswendig verschiedenartig bearbeitet waren; die erste Wand war glatt und glänzend, die zweite auch eben, aber matt, die dritte nach Einer Richtung gefurcht, und die vierte nach zwei rechtwinklichen Richtungen gefurcht. Dennoch strahlte das mit heißem Wasser gefüllte Gefäß gleiche Wärmemengen durch seine vier Seiten aus.

Es scheint also, daß der mehr oder weniger unregelmäßige Zustand der Oberfläche keinen Einfluß auf das Ausstrahlungsvermögen ausübt, sobald der strahlende Körper nicht metallischer Natur ist.

Nun überzog ich eine der Seiten meines Marmorgefäßes, so wie eine der Platten eines jeden Paares, das zu dem vorherigen Versuch angewandt worden, mit Kienrufs. Da das Ausstrahlungsvermögen des Kienrufs gewöhnlich durch 100 ausgedrückt wird, so konnte ich leicht, durch folgweise Vergleiche, die Zahlen bestimmen, welche dasselbe Vermögen für das Elfenbein, den Gagat und den Marmor vorstellen. Für alle drei lag es zwischen 93 und 98. Nun könnte man vielleicht sagen, daß, wenn bei den angewandten Substanzen der Einfluß der Unpolitur Null sey, dieß davon herrühre, daß

deren Ausstrahlungsvermögen an der Gränze des Maximums liege, wo kaum eine Vermehrung eintreten könne, weil die aussendende Fläche dem Austritt der Wärme kein Hinderniß mehr in den Weg lege, während bei den, von dieser Gränze sehr entfernten Metallen eine Veränderung des Oberflächenzustandes nothwendig ihren ganzen Einfluß ausüben, und sie durch eine starke Veränderung in der ausgesandten Wärme wahrnehmbar machen müsse.

Obgleich diese Folgerung auf einer reinen Hypothese beruht, nämlich auf der, daß der Kienrufs dem Ausstrahlen der Oberfläche keinen Widerstand entgegenstelle, und daß überdies das Ausstrahlungsvermögen der angewandten drei Substanzen einerseits entfernt genug von 100 sey, um die erzeugten Veränderungen wahrnehmen zu lassen, und andererseits eine solche Stärke habe, daß es bei der geringsten Änderung in seinem Werthe den ganzen Abstand von jener Zahl überspringen müsse; so wollen wir doch für einen Augenblick die nicht metallischen Substanzen verlassen, und die Frage bei denjenigen Körpern, bei denen sie entsprungen ist, zu lösen suchen.

Kupfer, Zink, Zinn und Weißblech, die einzigen Metalle, die meines Wissens bisher zu den anfangs beschriebenen Versuchen angewandt sind, überziehen sich, bei Aussetzung der Luft, schnell mit einer leichten Oxydschicht, die unsichtbar ist, sich aber durch gewisse elektrische Erscheinungen auf eine sehr augenfällige Weise nachweisen läßt. Nun ist bekanntlich das Ausstrahlungsvermögen bei den Oxyden weit stärker als bei den Metallen. Es könnte demnach geschehen, daß die geritzte Oberfläche, da sie der Luft eine größere Zahl von Berührungspunkten darbietet, sich rascher als die polirte oxydirte und ihr Strahlungsvermögen bloß vermöge der Oxydation erhöhte, ohne daß die mehr oder weniger unregelmäßige Anordnung der Oberflächentheilchen einen directen Antheil daran hätten.

Um zu sehen, ob diese Erklärung haltbar sey, brauchte man nur mit Gold und Platin zu experimentiren, und das habe ich auch gethan. Allein die geritzten Platin- und Goldplatten gaben mir immer eine weit stärkere Wärmeausstrahlung als die ungeritzten.

Was für eine Veränderung ist es nun, die nach Entfernung der Oxydation und des Einflusses der Politur bei nicht metallischen Substanzen, bei Metallen die mehr oder weniger starke Veränderung der Oberflächenschicht begleiten kann?

Keine andere, meines Erachtens, als eine Veränderung in der Härte oder Dichtigkeit. In der That sind Gagat, Elfenbein, Marmor, Substanzen, die fast ganz der Zusammendrückbarkeit ermangeln, oder wenigstens die Abänderungen in Dichte und Härte, die man ihnen durch eine mechanische Kraft einprägen kann, nicht dauernd behalten. Sie werden auch in Platten zerschnitten, ohne dabei irgend einen Druck zu unterliegen. Die Metalle dagegen sind zusammendrückbar, und die im Handel vorkommenden Platten von ihnen wurden entweder durch Hämmern oder Walzen, also mittelst eines starken Drucks gefertigt. Die Erfahrung lehrt uns endlich, daß solche Platten und Drähte eine größere Dichte und Härte haben als das gegossene Metall. Wer sagt uns, daß diese Zunahme von Härte und Dichte in der ganzen Masse gleichförmig vertheilt sey? Ist es nicht vielmehr wahrscheinlich, daß, während des Walzens, die Oberfläche einen größeren Druck und eine stärkere Verdichtung als das Innere erleide, und demnach die Platte sich gleichsam eingeschlossen befinde, zwischen zwei Krusten von größerer Härte und Dichte als das Innere?

Dies gesetzt, so ist klar, daß durch das Ritzen der Oberfläche einer Platte weniger dichte und weniger harte Theile entblößt werden. Wirft man nun einen Blick auf die Tafeln über das Ausstrahlungsvermögen der Körper, so gewahrt man leicht, daß dasselbe im Allgemei-

nen sich umgekehrt wie die Dichtigkeit verhält. Nehmen wir, nach Analogie, an, daß dasselbe Gesetz auch für die verschiedenen Verdichtungsgrade einer und derselben Substanz gültig sey, so werden wir schliessen müssen, daß das Ausstrahlungsvermögen einer Platte durch das Furchen ihrer Oberfläche wachsen muß. Fügen wir noch hinzu, daß die Theilchen der äußersten Schicht, nach Zerreißung ihrer gegenseitigen Spannung, sich ausdehnen und durch Verringerung der Dichtigkeit ein Ausstrahlungsvermögen erlangen müssen, daß sich mehr dem der weicheren Schichten des Innern nähert.

Wenn dem so ist, so folgt: 1) daß eine polirte Platte eines gegebenen Metalls eine desto größere Wärmemenge ausstrahlt als die Dichtigkeit und Härte ihrer Oberflächenschichten geringer ist; 2) daß in dem Fall einer geringeren Dichte oder Härte die von der Rauheit erzeugte Zunahme des Absorptionsvermögens kleiner ist als die, welche man erhält, wenn die Platte dichter und härter ist.

Fast ist es unnöthig hinzuzufügen, daß man bei Prüfung dieser theoretischen Folgerungen kein Metall anwenden dürfe, welches sich bei einer etwas hohen Temperatur oxydirt; denn eine Platte aus einem solchen Metalle besitzt eine Neigung ihr Ausstrahlungsvermögen zu erhöhen, und dieses variirt von einem Augenblick zum andern mit dem Zustande der Oberflächenschichten, desto mehr als diese Schichten weicher und zertheilter sind.

Ein starker Schlag oder ein langsamer Druck sind die beiden Mittel, durch die man die Dichtigkeit der Metalle, im starren Zustande, mehr oder weniger abändern kann. Ich liefs daher aus recht reinem Silber vier Platten verfertigen, zwei stark gehämmert und zwei gegossen, in ihren Sandformen sehr langsam erkaltet; aus diesen Platten bildete ich die Seiten eines viereckigen Kastens mit metallischem Boden, und damit sie dabei nicht in ihrer Dichte oder Härte geändert würden, lötbete ich

sie mit einem leichtflüssigen Loth zusammen. Vor der Verknüpfung waren diese Platten schon mit Bimsstein und Kohle polirt, ohne Hammer und Glättstahl. Darauf wurde eine der gegossenen und eine der gehämmerten Platten mit grobem Schmirgelpapier in einer Richtung stark gerieben; die Seiten, welche ihren Glanz behalten hatten, spiegelten scharfe und starke Bilder, die geriebenen dagegen nur matte und streifige. Das so zubereitete Silbergefäß wurde mit heißem Wasser gefüllt und jede seiner vier Seiten folgeweise gegen die Oeffnung des thermo-elektrischen Apparats gedreht. Die dadurch erzeugten Abweichungen des Galvanometers waren folgende:

10°	bei der gehämmerten und polirten Seite	
18	- - gehämmerten und geritzten	-
13,7	- - gegossenen und polirten	-
11,3	- - gegossenen und geritzten	-

Vergleicht man die vier Strahlungen mit einander, so sieht man, 1) daß im polirten Zustande das *gegossene* Metall etwa *ein Drittel* mehr giebt als das *gehämmerte*, was den angekündigten Einfluß der geringeren Dichte beweist; 2) daß der Einfluß der Streifen auf beide Arten von Platten nicht bloß in der Stärke verschieden ist, wie wir es vorhergesehen, sondern auch im *Sinn*. Denn das *gehämmerte* Silber erfährt durch die Wirkung des Schmirgels eine *Verstärkung* seines Strahlungsvermögens um *vier Fünftel*, das *gegossene* dagegen eine *Schwächung* um *ein Fünftel*.

Diese unerwartete Thatsache, welche unwidersprechlich die Wahrheit unseres Fundamentalsatzes beweist, erklärt sich vollkommen durch die Theorie, welche wir so eben auseinandergesetzt haben; denn der Druck eines harten Körpers, wie der Schmirgel, gegen die weiche Oberfläche des gegossenen Silbers comprimirt und verdichtet, wenn auch nur wenig, die geriebenen Theilchen und macht den Boden der auf der einen Fläche hervor-

gebrachten Furchen härter als die übrige Oberfläche der entsprechenden Platte.

Ich bedauere, nicht eben so auch mit Gefäßen von Gold oder Platin haben experimentiren zu können, bei denen aller Wahrscheinlichkeit nach, wegen der großen Dichtigkeitsverschiedenheit dieser Metalle im geschmolzenen und geschmiedeten Zustande, die erwähnten Erscheinungen in einem weit bedeutenderem Grade aufgetreten seyn würden.

Wenden wir uns nun wieder zu den ersten Versuchen von Leslie, so sehen wir, daß die verschiedenen Metallplatten, mit denen er experimentirte, ihm beständig ein größeres Ausstrahlungsvermögen gaben, wenn sie rau und uneben waren, als glatt und polirt. Hienach schien nichts natürlicher als die Annahme, daß bei den Erscheinungen der Wärmeausstrahlung neben der Qualität der Oberflächenschichten auch der Grad der Politur, wenigstens bei den Metallen, von Einfluß sey. Diefs war auch der Schluß, den man aus den Beobachtungen Leslie's zog, und dennoch war diese so einfache und scheinbar so directe Folgerung nicht richtig.

IV. *Untersuchungen über die Wärme;* *von J. D. Forbes.*

Professor der Physik an der Universität zu Edinburg.

(Auszug aus der in den *Transact. of the R. Society of Edinburgh* (Vol. *XIV*) enthaltenen und vom Verf. übersandten Abhandlung ¹⁾).

I. Ueber die ungleiche Polarisirbarkeit der verschiedenen Wärmearten.

In meinem ersten Aufsatz sprach ich die Meinung aus, daß die Wärme, je nach ihrer Quelle, ungleich polarisirt-

1) Diese Abhandlung bildet die dritte Reihe der Untersuchungen des