ohne daß sich eine Spur von Stickstoffoxyd entwickelt; es bildet sich salpetrigsaures Salz. Das Stickstoffoxyd bildet also mit Salpetersäure eine Verbindung und keine Lösung. Diese salpetrige Säure ist es, welche, bei verschiedener Temperatur und unter den zur Löslichkeit geeigneten Umständen, die Oxydation der Metalle bewirkt. Man begreift sonach, daß das Platin zugleich mit dem Silber angegriffen wird, wenn man eine Legirung beider mit Salpetersäure behandelt. Was den allgemeinen Gang der beschriebenen Oxydationen betrifft, so erklärt er sich ohne Mühe. Die salpetrige Säure bildet mit Kupfer, Quecksilber und Silber salpetrigsaure Salze, die, in dem Maasse, wie sie sich bilden, von der Salpetersäure zerstört werden. Diese Zerstörung giebt Anlaß zur Entstehung von Stickstoffoxyd, welches, wiederum Salpetersäure vorfindend, abermals salpetrige Säure bildet; daraus entspringt ein neuer Angriff und eine neue Zerstörung. Diese auf dem ersten Blick so sonderbaren Fortpflanzungsphänomene kommen also auf den ganz einfachen Fall zurück, wo eine aus Stickstoff und Sauerstoff bestehende Säure ihren Sauerstoff den Metallen abtritt, und sie erfordern zu ihrer Erklärung nur die gewöhnlichsten Grundsätze der chemischen Verwandtschaft.

X. *Ueber die Langsamkeit der Verdampfung in glühenden Gefäßen;*

von *Hrn. Person in Rouen.*

(*Compt. rend. T. XV p. 492.*)

Wenn Wasser auf eine sehr heiße Fläche geschüttet wird, so sammelt es sich bekanntlich in abgerundeten Tropfen, die nur mit auffallender Langsamkeit verdunsten, selbst wenn die Fläche glühend ist. Aus den Ver-

suchen von Klaproth scheint sogar hervorzugehen, daß die Verdunstung desto langsamer geschieht als die Fläche heißer ist.

Man ist nicht einig über den Zustand der Flüssigkeit. Nach Rumford, Klaproth und Hrn. Laurent berührt sie die Fläche wie ein Wassertropfen auf Kienrufs ruht oder ein Quecksilbertropfen auf Glas. Nach der gewöhnlichen Meinung ist die Flüssigkeit von der Fläche geschieden; aber kein positiver Versuch hat diese Trennung bewiesen ¹⁾. Ich habe eine Vorrichtung erdacht, mittelst welcher man zwischen der Fläche und der Flüssigkeit hindurchsehen kann. Der Zwischenraum ist ein sehr bestimmbarer Bruch vom Millimeter. Man gewahrt, daß er zu- oder abnimmt, je nachdem die Temperatur der Fläche höher oder niedriger ist.

Es fragt sich nun: welche Kraft hält sonach die Flüssigkeit? Es kann nicht die Abstofsungskraft der Wärme seyn, wie einige Physiker glauben; denn die Molecularkräfte wirken nicht in merkliche Fernen. Insgeheim glaubt man, es sey die Kraft des Dampfs; eine Meinung, die dadurch bestätigt wird, daß die Erscheinung bei desto niedrigeren Temperaturen stattfindet, je flüchtiger die Flüssigkeit ist. In gewissen Fällen wird hier aber noch eine andere Kraft in's Spiel gesetzt. So z. B. findet die Erscheinung mit Wasser von 84° C. statt auf einer Fläche, die selber nicht 100° C. hat. Offenbar ist aber in diesem Fall die Kraft des Dampfs nicht fähig die Flüssigkeit zu tragen; diese wird alsdann von einem Gemenge von Luft und Dampf getragen. Die Vorgänge im Vacuo bestätigen diese, an sich schon einleuchtende Erklärung. Sobald die Flüssigkeit getrennt ist von der

1) Vielleicht kann man den von mir beschriebenen Versuch, gemäß welchem unter den genannten Umständen keine Elektrizitätsleitung zwischen Metall und Flüssigkeit stattfindet, als einen positiven Beweis der Art ansehen. S. Annal. Bd. LII S. 539. P.

Fläche, ist der Uebergang zu abgerundeten Tropfen eine ganz einfache Folge ihrer Anziehung auf sich selbst.

Die Temperatur der Flüssigkeit variirt mit der der Fläche. Wirft man ein Stückchen bei 95° C. schmelzbarer Legirung in den Wassertropfen, so hat man es in seiner Macht es zu schmelzen oder nicht, je nachdem man die Schale mehr oder weniger erhitzt. Mit sehr kleinen Thermometern fand ich 84° C. für die untere, und 100° C. für die obere Gränze. Auf einer fast ganz bedeckten Schale gelangt das Wasser auf 100° C., wenn die Oberfläche fast 360° C. hat.

Die Relation zwischen der Temperatur des Wassers und der, der fast mit Flüssigkeit bedeckten Oberfläche ist:

$$\tau = t + [0,0225(t + 75)]^4.$$

Wenn nur sehr wenig Wasser vorhanden ist, kann man dessen Temperatur aus der Zeit der Verdampfung ableiten. Man hat:

$$t = 169,6 \sqrt[4]{\frac{R}{\tau}} - 75.$$

R ist der Radius des Tropfens in Centimetern, τ die Zeit der Verdampfung in Secunden; hat man $\tau < 377 R$, so ist die Temperatur wenigstens 100°.

Ist das Wasser unter 100° C. und die Fläche sehr heifs, so begreift man, dafs der Dampf unter der Flüssigkeit eine Kraft von einer Atmosphäre annehmen könne. Ist z. B. das Wasser auf 95°,5 C. und die Fläche ungefähr auf 320° C., so würde diefs hinreichen, dem Dampf eine Kraft von 1 $\frac{1}{4}$ Atmosphäre zu geben, sobald er sich nicht ausdehnen kann. Daraus folgt, dafs er unter der Flüssigkeit wohl eine Kraft von 1 Atmosphäre annehmen kann. Wenn aber das Wasser 90° C. hat, ist die Fläche beinahe in der Temperatur, auf welche der Dampf gebracht werden müfste, damit er, wäre er eingeschlossen, eine Kraft von einer Atmosphäre annehmen könnte.

Da er nicht genau unter der Flüssigkeit ist, so folgt, daß bei dieser Temperatur die Dazwischenkunft der Luft durchaus nothwendig ist.

Allgemein glaubt man, daß bei den Versuchen, die uns beschäftigen, das Wasser nicht sieden könne; allein das ist ein Irrthum. Ich habe sowohl in kleinen Tiegeln über der Weingeistlampe, als in großen in einer Esse das Sieden hervorgebracht, und dieß Sieden läßt sich nicht verwechseln mit dem, welches man bei Berührung erlangt. Außer dem ganz anderen Ansehen der Flüssigkeit ist die Zeit der Verdampfung nicht dieselbe. Für 4 Grammen z. B. findet man 75 Secunden ohne Contact und 15 Secunden mit demselben. Um das Sieden hervorzubringen bedarf es einer desto höheren Temperatur, je kleiner die Tropfen sind; und ein Grund davon liegt sichtlich in der Anziehung der Flüssigkeit auf sich selbst, denn aus der Convexität der Oberfläche erfolgt ein desto größerer Druck als der Krümmungshalbmesser kleiner ist.

Um die Langsamkeit der Verdampfung zu erklären, setzte Rumford voraus, daß ein großer Theil der einfallenden Wärme reflectirt werde; allein nach den Versuchen von Melloni hält die Reflexion nur etwa 0,04 von der einfallenden Wärme zurück. Nach Hrn. Pouillet könnte es geschehen, daß ein Theil der einfallenden Wärme durch die Flüssigkeit ginge, ohne sie zu erwärmen. Hr. Pouillet stellt übrigens diese Meinung nur als zweifelhaft auf, hinzufügend, daß der Gegenstand neue Versuche erfordere. Hr. Péclet giebt sie als sicher, und versucht damit sogar die Versuche von Klaproth zu erklären, bei denen in einem erkaltenden Gefäße die letzten Tropfen weniger lange verweilen als die ersten; aus Hrn. Melloni's Versuchen geht aber hervor, daß ein Tropfen Wasser von 2 Millim. kaum 0,06 der von einem glühenden Metalle ausstrahlenden Wärme durchläßt; für größere Tropfen ist der Wärmedurchgang fast

Null. Wenn man also zu Messungen übergeht, zeigt sich, daß die aus der Transmission der Wärme gezogene Erklärung ganz unzulänglich ist. Was die Versuche von Klaproth betrifft, so sagen wir hier bloß, daß alle Tropfen, vielleicht mit Ausnahme des ersten, zuletzt das Metall berührten; der erkaltete Theil des Gefäßes konnte sich genugsam wieder erwärmen, damit der folgende Tropfen nicht unmittelbar berührte; allein der Contact stellte sich natürlich schneller ein bei den letzten als bei den ersten Tropfen. Wenn kein Contact stattfindet, verweilen die Tropfen immer desto länger als die Fläche weniger heiß ist.

Wir bemerken hier, daß die Verdampfung bei dem in Rede stehenden Phänomen nicht so langsam ist als man gemeiniglich glaubt; man kann sogar sagen, daß es keinen Dampfkessel gebe, in welchem sie so rasch sey. Denkt man sich einen kleinen kubischen Tiegel von 1 Centimeter Seite und beständig gefüllt, so verdampft in der Minute ungefähr 1 Gramm Wasser, vorausgesetzt, die Verdampfung geschehe wie im besten Dampfkessel. In demselben Gefäße wird man ohne Contact leicht eine doppelte Menge verdampfen, wenn man dahin gelangt, die Wände z. B. auf 1000° C. zu halten.

Die Physiker, welche sich mit der Verdampfung der Flüssigkeiten auf nicht von ihnen benäht werdenden Flächen beschäftigt haben, sprechen nur von der strahlenden Wärme. Allein die elastischen Flüssigkeiten geben 80 Mal mehr Wärme als die Strahlung bei etwa 200° C.; der Vorsprung bleibt auch jenseits der Rothgluth; erst gegen 900° C. stellt sich Gleichheit ein. Folgende zwei Versuche beweisen, daß die strahlende Wärme nur eine secundäre Rolle spielt.

1) In einer blanken und einer mit Kienrufs überzogenen Silberschale geschieht die Verdampfung bei 3 oder 400° C. nahe in gleicher Zeit, obwohl die strahlende Wärme in dem einen Fall fünf bis sechs Mal größer ist als in dem andern.

2) In einem tiefen Tiegel und in einer fast ebenen Schale, beide zur Rothgluth gebracht, die ich auf nicht höher als 7 bis 800° C. setze, geschieht die Verdampfung fast in derselben Zeit, obwohl die strahlende Wärme in dem Tiegel fast doppelt so groß ist als in der Schale.

Ohne einen neuen Versuch zu machen, läßt sich die Wärme bestimmen, welche die Flüssigkeit in einem verschlossenen und auf einer festen Temperatur gehaltenen Tiegel durch Strahlung empfängt. Da nämlich die Flüssigkeit die Wände nicht berührt und isolirt in der Mitte einer Hülle sich befindet, so sind die von Dulong und Petit entdeckten Gesetze anwendbar.

Die empfangene Wärme ist genau die, welche eine Oberfläche gleich der der Flüssigkeit ausgeben kann; sie hängt nicht von den Dimensionen des Tiegels ab. Nimmt man den Tropfen als sphärisch und alle Wärme als zur Verdampfung verwandt, so giebt eine sehr einfache Integration:

$$\tau = \frac{6kr}{c}.$$

τ ist die Zeit der Verdampfung in Secunden; k ist die Wärme zur Verdampfung von 1 Grm. Flüssigkeit; 543 Einheiten für Wasser, nach Dulong, 208 für Alkohol, 91 für Aether, nach Despretz; r ist der Radius des Tropfens in Millimetern; c ist die von 1 Quadratcentimeter in der Minute unter den stattfindenden Umständen ausgegebene Wärme. Dulong und Petit's Versuche mit einem versilberten Thermometer, das 1500 Grm. Quecksilber enthielt, geben $c = 0,1785 a'(a^2 - 1)$, wo t die Temperatur der Flüssigkeit und $t + \vartheta$ die der Hülle ist.

Experimentirt man mit Tiegeln, die in einer festen Temperatur gehalten werden, und mit so kleinen Mengen Flüssigkeit, daß diese Temperatur nicht geändert wird, so findet man, wie die Formel angiebt, daß die Verdampfungszeit proportional ist dem Radius des Tropfens oder der Kubikwurzel aus dem Gewicht der Flüssigkeit.

sigkeit; sie ist auch proportional der Verdampfungswärme der verschiedenen Flüssigkeiten. Aus derselben Pipette gegeben, dauert demnach ein Tropfen Alkohol nur $\frac{2}{3}$ so lange als ein Tropfen Wasser, und ein Tropfen Aether nur halb so lange als ein Tropfen Alkohol. Schreitet man indeß zu einer Prüfung, d. h. mißt man die Zeit der Verdampfung eines gegebenen Gewichts Flüssigkeit in einem auf bekannte Temperatur gehaltenen Tiegel, so findet man die von der Erfahrung gelieferte Zeit immer viel kürzer als sie nach der Formel seyn sollte. In niedrigen Temperaturen ist der Unterschied ungeheuer; und noch bei 800° C. geht er vom Einfachen aufs Doppelte, so daß jetzt die Schwierigkeit darin besteht, nicht die Langsamkeit, sondern die Schnelligkeit der Verdampfung zu erklären. Durch Abänderung des Coëfficienten 0,1785, der hier das Strahlungsvermögen mißt, gelangt man nicht zu einem guten Resultat, und man wird daher zu der Annahme geführt, daß die Flüssigkeit noch andere als strahlende Wärme empfangt.

Man sieht nicht sogleich, wie die elastischen Flüssigkeiten hier Wärme geben können, denn die von den Wänden erhitzte Luft oder der von denselben erhitzte Dampf kann kaum die Flüssigkeit berühren. Allein es ist nicht einmal nöthig, daß eine elastische Flüssigkeit mit einer Fläche in Berührung komme, um ihr Wärme zu ertheilen. Stellt man eine Weingeistlampe unter eine kalte Schale, so sieht man unter der ganzen Schale einen dunklen Zwischenraum von 3 bis 4 Millimetern; die Wärme, welche die Theilchen zum Glühen bringt, gelangt also zur Schale auf andere Weise als durch Berührung ¹⁾. Der dunkle Zwischenraum nimmt ab in dem Maasse als die Temperatur der Fläche steigt.

Es sey c' die Wärme, welche die elastischen Flüssigkeiten

1) Das scheint indeß sehr zweifelhaft; denn der dunkle oder vielmehr nichtleuchtende Zwischenraum ist doch mit Kohlensäure und Wasserdampf im erhitzten Zustande erfüllt.

sigkeiten durchschnittlich in einer Minute unter den Umständen des Versuchs einem Quadratcentimeter geben. Setzt man:

$$\tau = \frac{6kr}{c+c'}$$

so kann man c' bestimmen. Dieses Maafs in gewissen Fällen annehmend, habe ich gefunden, dafs c' von der Form $n\vartheta^b$ war, worin n eine Constante $=0,507$ und b auch eine Constante $=0,92$, und ϑ der Unterschied zwischen der Temperatur der Fläche und der der Flüssigkeit.

n und b wurden an einem Wassertropfen von 12 Milligrammen bestimmt, allein diese Gröfsen sind für andere Mengen und andere Flüssigkeiten beinahe dieselben, weil zuvor der Versuch gegeben hat:

$$\tau : \tau' :: r : r' \quad \text{und} \quad \tau : \tau' :: k : k'.$$

Die vollständige Formel ist:

$$\tau = \frac{kr}{0,0297 a' (a^{\vartheta} - 1) + 0,084 \vartheta^{0,92}}.$$

Hat man z. B. einen Wassertropfen von 12 Milligrammen, so zeigt die Formel, dafs er 97", 70", 32", 16" zur Verdampfung gebraucht, sobald der Tiegel von 200°, 300°, 500° und 800° C. ist; und wirklich ergibt sich dies Resultat mit solcher Annäherung, dafs man natürlich auf die Idee kommt, dies Verfahren zur Messung hoher Temperaturen anzuwenden. Und da diese Formel sich auch für andere Flüssigkeiten als Wasser bestätigt, so könnte man auf diese Weise die Verdampfungswärme vieler neu entdeckter Flüssigkeiten messen, die man oft nur in sehr geringen Mengen besitzt.

Durch die Methode der Mengungen maafs man die Temperatur der Gefäße, in welcher die Verdampfung geschah. Es ist zu bemerken, dafs der von der Verdampfung herrührende Wärmeverlust sehr gering ist, besonders in hohen Temperaturen, weil das Gefäß in die Flüssigkeit kommt ohne sie zu berühren.

Die Temperaturen wurden auf das Luftthermometer bezogen, mittelst einer Tafel, welche die specifische Wärme des Silbers bis zu dessen Schmelzpunkt giebt.

Man thut wohl zu bemerken, daß in mehreren Lehrbüchern der Physik eine Methode zur Elimination einer unbekannten specifischen Wärme angegeben wird, die aber unrichtig ist. Man kann allgemein beweisen, daß diese Methode genau dieselben Resultate liefert, wie wenn man die specifische Wärme constant setzte.

XI. Ueber die Identität der verschiedenen leuchtenden, wärmenden und chemisch wirkenden Strahlen; von Hrn. Melloni.

(*Compt. rend. T. XV p. 454.* — Vergl. *Annal. Bd. LVI S. 574.*)

Dies ist der Titel einer Abhandlung, die Hr. Melloni am 2. Febr. d. J. in der K. Academie der Wissenschaften zu Neapel gelesen und vor Kurzem in einem Exemplar an die (Pariser) Academie übersandt hat. Der Verf. erklärt sich darin für einen entschiedenen Anhänger der Undulationstheorie; nach ihm ist die *Emissionstheorie nicht mehr haltbar*. Folgendes sind die Schlüsse seiner Arbeit.

Licht, Wärme und chemische Wirkungen sind die Aeußerungen der Aether-Undulationen, welche die Sonnenstrahlung ausmachen. Die dunklen, mit chemischer oder thermischer Wirkung begabten Undulationen sind den leuchtenden vollkommen ähnlich; sie weichen nur in Länge von ihnen ab. Dieses unterscheidende Kennzeichen gehört aber nur der *Species*, nicht dem *Genus* an; und zwischen einem dunklen, chemischen oder thermischen Strahl und einem leuchtenden findet eine eben so große Verschiedenartigkeit statt als zwischen zwei