

lelepipedium von Glas erlösen läßt. Ich glaube diese Resultate, wenigstens als sehr wahrscheinlich, im Voraus ankündigen zu können, wegen der überraschenden und vielfältigen Aehnlichkeit zwischen den Farbenherscheinungen der senkrecht gegen die Axe geschnittenen Bergkrystall-Platten und denen, welche ich erhielt, als ich ein dünnes parallel der Axe geschnittenes Krystallblättchen zwischen zwei sich rechtwinklich kreuzende Glas-Parallelepipede legte, in denen polarisirtes Licht vor und nach seinem Durchgange durch das Krystallblättchen zwei vollständige Reflexionen erlitt, nach Ebenen, die mit dessen Hauptschnitt einen Winkel von 45° bildeten.

X. *Ueber die Gränze der Verdampfung;*
von Hrn. M. Faraday.

(Aus dem *Journal of the Royal Institution of Great Britain*, No. 1. p. 70., einer neuen Zeitschrift, welche an die Stelle des eingegangenen *Quarterly Journal of Science Literature and Art* getreten ist.)

Vor etwa vier Jahren wurde ich veranlaßt, einige Bemerkungen und Beobachtungen über das Daseyn einer Gränze der Verdampfung niederzuschreiben, welche mit einer Stelle in den *Philosophical Transactions* vom Jahre 1826 beehrt wurden *). Nach der Bekanntmachung dieser Versuche stellte ich über denselben Gegenstand einige andere an, welche aber zu ihrer Beendigung eine sehr lange Zeit erforderten. Der Zweck dieses kurzen Aufsatzes ist, einen Bericht von ihren Resultaten zu geben.

Es handelte sich ursprünglich darum: Ob es für die Kraft der Verdampfung eine bestimmte Gränze gebe. Wasser liefert bei 220° F. einen so kräftigen Dampf und in solcher Menge, daß er eine Dampfmaschine treibt; bei

*) Vergl. diese Annal. Bd. 85. S. 1.

P.

Annal. d. Physik. Bd. 95. St. 4. J. 1830. St. 8.

Mm

120° sendet es viel weniger aus; bei 40° erheben sich auch noch Dämpfe aus ihm, und selbst unter 32° F. fährt es als Eis noch fort zu verdampfen. Keine Kälte, sie sey nun natürlich oder künstlich, ist stark genug, die Verdampfung des Wassers zu hemmen oder an offener Luft einen feuchten Körper am Trocknen zu hindern.

Mehrere Physiker, selbst H. Davy und Dalton, waren der Meinung, dafs die Verdampfungskraft mit sinkender Temperatur zwar fortwährend abnehme, aber niemals gänzlich aufhöre, und dafs demnach ein jeder starrer oder flüssiger Körper eine Atmosphäre von seiner eigenen Substanz um sich habe und in die Nachbarschaft verbreite, eine Atmosphäre, die zwar desto unbedeutender werde, je starrer der Körper und je niedriger die Temperatur sey, so dafs sie bei unzähligen Substanzen, wie Erden, Metallen u. s. w., sich gänzlich aller Beobachtung entziehe, die aber doch in gewissen Fällen auf die Fortleitung der Electricität von Einflufs sey, oder, sich in die Atmosphäre erhebend, dort besondere und seltsame Resultate hervorbringen könne.

Der Zweck meines früheren Aufsatzes war, zu zeigen, dafs die Verdampfungskraft wirklich eine bestimmte Gränze habe, und, dafs es eine grofse Zahl von Substanzen gebe, die bei gewöhnlicher Temperatur vollkommen fix sind. Die Beweisgründe dafür wurden zuerst von der Schwerkraft hergenommen, wie sie Wollaston angewandt, um zu zeigen, dafs die Atmosphäre unseres Erdballs oben eine Gränze habe; und dann von der Cohäsionskraft. Jede derselben schien mir für sich hinreichend der Verdampfung eine Gränze zu stecken; und für die Hinlänglichkeit der letzteren Kraft führte ich in jenem Aufsatz mehrere Versuche an.

Es ergab sich, dafs, wenn auch Substanzen, wie Aether, Alkohol, Wasser, Jod u. s. w., durch keine Mittel ihrer Verdampfungskraft so gänzlich beraubt werden kön-

nen, daß sie nicht im leeren oder lusterfüllten Raum ein wenig Dampf aussenden, dennoch andere Körper vorhanden sind, wie Eisen, Silber, Kupfer, überhaupt die meisten Metalle und die Erden, welche unter den gewöhnlichen Umständen, d. h. unterhalb ihrer Verdampfungsgränze, durchaus fix sind, und überdies, daß wenige Körper ihre Verdampfungsgränze bei einer Temperatur liegen haben, die zu erreichen in unserer Macht stände. So ist das Quecksilber bei Temperaturen oberhalb 30° F. flüchtig, unterhalb 20° aber fix; und concentrirte Schwefelsäure, welche bei 600° F. siedet, ist fix bei den gewöhnlichen Temperaturen der Luft.

Es ist in Laboratorien bekannt, daß die Verdampfung eines Körpers so kräftig unterstützt werden kann, daß dadurch gewisse Destillationen möglich sind, welche sonst ganz fehlschlagen würden. Mehrere ätherische Oele, welche, wenn man sie für sich destilliren wollte, eine sehr hohe, zersetzend auf sie wirkende Temperatur erfordern würden, lassen sich, mit Wasser gemengt, bei viel niedriger Temperatur und unverändert überdestilliren.

Man hat die Annahme gemacht, daß der Wasserdampf, entweder durch eine Verwandtschaft zum Dampf des ätherischen Oels, oder auf irgend eine andere Weise, die Verdampfungskraft des Oels bei der angewandten Temperatur erhöhe, und es dadurch fähig mache überzudestilliren. Allein es unterliegt keinem Zweifel, daß, wenn Luft oder eine andere elastische Substanz in gleicher Menge und in gleicher Weise, wie der Wasserdampf, mit dem bis 212° erhitzen Oele in Berührung käme, sie nach wohl bekannten Gesetzen den Dampf des ätherischen Oels, vielleicht in eben so großer Menge, fortführen und übertreiben würde. Nur die Leichtigkeit, mit welcher der Wasserdampf, als überführendes Agens angewandt, sich verdichtet, gestattet auch jedem Theilchen des Oeldampfs sich zu verdichten, wogegen der bleibend elastische Zu-

stand der Luft eine gröfsere Portion des Oels in Dampfgestalt erhält, und daher die Ausbeute der Destillation verringert.

Es giebt indess einige Erscheinungen, welche für die Idee zu sprechen scheinen, dafs das Wasser hie und da die Verdampfung noch in einer andern Weise begünstige, als es, wie oben bemerkt, ein dem Wasserdampf gleiches Volumen Luft thun würde. Es war daher zu ermitteln, ob Substanzen, die, gemäß den obigen Betrachtungen und nach den hohen Temperaturen, bei welchen sie merklich verdampfen, als fix bei gewöhnlichen Temperaturen anzu sehen sind, wohl einen merklichen Grad von Flüchtigkeit erhalten würden, wenn man sie bei gewöhnlicher Temperatur mit Wasser oder seinem Dampf in Berührung setzt. Bekanntlich ist eine Theorie der Meteorsteine auf die Voraussetzung gegründet, dafs die in diesem enthaltenen erdigen und metallischen Stoffe als Dampf der Substanzen gleicher Natur auf der Erdoberfläche emporstiegen, dafs dieser zwar anfänglich ungemein verdünnte Dampf sich anhäufe, und, nachdem er durch einige natürliche Processe in den oberen Regionen der Atmosphäre verdichtet worden, die ungewöhnlichen Massen bilde, welche von Zeit zu Zeit auf die Erde fallen. Diese Theorie hat den merkwürdigen Umstand für sich, dafs, unter den vielen Substanzen, die bisher in den Meteorsteinen und dem Meteoreisen gefunden wurden, keine sind, die nicht auch auf unserer Erde angetroffen würden *); auch kann sie die dampfbildende Wirkung des Wassers, wenn es eine giebt, für sich in Anspruch nehmen, denn die Verdampfung des

*) Dieser sehr merkwürdige Umstand ist kein *Beweis* dafür, dafs die Meteorsteine auf irgend eine Weise auf unserm Planeten entstanden sind; können wir aber aus andern Gründen zeigen, dafs sie fremden Ursprungs sind, so würde diels zu dem Schlusse führen, dafs die Substanzen, welche zum Bau der Erde gedient haben, dieselben sind, wie die, aus denen das ganze übrige Weltall besteht.

Wassers ist eine der wichtigsten, ausgedehntesten und ununterbrochensten Operationen, die zwischen der Erdoberfläche und der sie umhüllenden Atmosphäre vor sich gehen.

Im Herbst 1826 reinigte ich mehrere mit Stöpsel versehene Flaschen sorgfältig, auch schmolz ich einige Röhren an einem Ende zu, die als kleinere Gefäße in die Flaschen gestellt werden sollten. Dann brachte ich gewisse Substanzen in die Röhren, und Auflösungen von andern in die Flaschen. Die Röhren wurden auf solche Weise gestellt, daß nur auf dem Weg der Verdampfung von einer Substanz etwas zu der anderen gelangen konnte. Die Flaschen wurden darauf verstüpselt, sorgfältig überbunden, und in einen dunklen Schrank gestellt, wo sie, abgerechnet einige gelegentliche Untersuchungen, beinahe 4 Jahre ruhig stehen gelassen wurden.

No. 1. Die Flasche enthielt eine klare Lösung von schwefelsaurem Natron mit einem Tropfen Salpetersäure, die Röhre dagegen Krystalle von Chlorbarium. Mehr als die Hälfte des Wassers war mittelst Verdampfung in die Röhre übergegangen und hatte hier über den Krystallen eine Lösung von Chlorbarium gebildet; allein sie sowohl wie die zurückgebliebene Lösung von schwefelsaurem Natron war vollkommen klar. In keiner von beiden fand sich auch die geringste Spur von schwefelsaurem Baryt, so daß weder das Chlorbarium noch das schwefelsaure Natron mit dem Wasser schien verflüchtigt worden zu seyn.

No. 2. Die Flasche enthielt eine Lösung von salpetersaurem Silber, die Röhre geschmolzenes Chlornatrium. Das Wasser war gänzlich vom Silbersalz zum Kochsalz übergegangen; allein keines von beiden enthielt eine Spur von Chlorsilber. Es war also weder salpetersaures Silber mit dem Wasser destillirt, noch Chlornatrium zu dem Silbersalz übergegangen.

No. 3. In der Flasche: eine Lösung von Chlorcalcium; in der Röhre: Krystalle von Oxalsäure. Hier war

das Wasser beim Chlorcalcium geblieben. Als die Oxalsäure in die Röhre geschüttet wurde, lag sie locker auf einander, zahlreiche Zwischenräume in sich fassend, und, einen Zoll unter dem oberen Rande der Röhre, eine sehr unregelmäßige Oberfläche bildend. In den Zwischenräumen zeigte sich nichts Besonderes; allein oben hatte sichtlich eine Sublimation der Oxalsäure statt gefunden, denn es hatten sich auf den Krystallen und auf dem Glase neue Krystalle in außerordentlich dünnen und farbenspielenden Blättchen gebildet. Sie erhoben sich in der Röhre nicht weiter als bis zum Niveau des meist hervorragenden Theils der ursprünglichen Oxalsäure. Ueber dieser war keine Sublimation sichtbar; es schien vielmehr als hätten die höchsten Theile der Säure Dämpfe ausgehaucht, die niedersanken und auf den in der Nähe darunter liegenden Flächen Krystalle bildeten, aber als sey kein Dampf zu dem oberen Theil der Röhre empor gestiegen. Bei Untersuchung der Lösung durch einen oder zwei Tropfen reinen Ammoniaks, fand sich, daß ein geringer Niederschlag von oxalsaurem Kalk entstand. Der Versuch zeigt also, daß die Oxalsäure bei gewöhnlichen Temperaturen flüchtig ist, und daß sie nicht bloß Krystalle in der Röhre gebildet hatte, sondern auch zu der Lösung des Chlorcalciums übergegangen war.

No. 4. In der Flasche: halb Schwefelsäure und halb Wasser; in der Röhre: krystallisirtes Kochsalz. Kein Wasser war zu dem Salze übergegangen. Nach Oeffnung der Flasche wurde die klare verdünnte Schwefelsäure auf Chlorwasserstoffsäure geprüft; allein es war keine Spur von ihr zu finden. Mithin war unter diesen Umständen kein Chlornatrium verflüchtigt worden.

No. 5. In der Flasche: eine Lösung von Chlorcalcium; in der Röhre: Krystalle von oxalsaurem Ammoniak. Das oxalsaurer Ammoniak schien ganz unverändert geblieben zu seyn. Die Lösung des Chlorcalciums war vollkommen klar; als aber ein wenig reines Ammoniak hin-

zugesetzt wurde, entstand ein sehr schwacher Niederschlag von oxalsaurem Kalk.

No. 6. In der Flasche: etwas Kalilösung; in der Röhre: arsenige Säure in Stücken und Pulver. Diese Flasche wurde wegen ihres Ansehens im October 1827 geöffnet, blieb aber dann drei Jahre lang ungestört stehen. Die arsenige Säure war allem Ansehen nach unverändert geblieben. Die Kalilösung war trübe und unrein. Bei chemischer Untersuchung zeigte sich, daß sie stark auf das Glas gewirkt hatte. Sie hatte so viel Kieselerde gelöst, daß sie, auf Zusatz einer Säure, eine weiche Gallerte bildete; auch hatte sie Bleioxyd gelöst, doch war keine Spur von arseniger Säure in derselben, so daß diese Substanz, obgleich sie bei 600° reichlich verfliegt, im Beiseyn von Wasserdampf und Luft in gewöhnlichen Temperaturen keinen Dampf geliefert hatte.

No. 7. enthielt, des Vergleiches wegen, ein wenig von der zu diesen Versuchen angewandten Schwefelsäure.

No. 8. In der Flasche: halb Schwefelsäure und halb Wasser; in der Röhre: Stücke von Salmiak. Beim Oeffnen der Flasche sahen die Salmiakstücke ganz unverändert aus: es war um sie her keine Feuchtigkeit, noch schienen sie mir irgend zerfallen zu seyn. Die verdünnte Schwefelsäure, mit schwefelsaurem Silber untersucht, gab keine Spur von Salzsäure, so daß das Salmiak, unter diesen Umständen, fix zu seyn scheint.

No. 9. In der Flasche: eine Lösung von schwefelsaurem Eisenoxyd; in der Röhre: Krystalle von Kaliumeisencyanür. Beide waren unverändert. Es war kein Berlinerblau zu sehen, weder bei den Krystallen noch in der Lösung. Keins dieser Salze hatte sich verflüchtigt.

No. 10. In der Flasche: etwas Kalilösung; in der Röhre: Stücke Calomel. Hier hatte das Kali auf das Glas gewirkt, wie in No. 6.; allein hinsichtlich der Flüchtigkeit des Calomels war nicht die geringste Spur zu entdecken. Es fand sich in der Kalilösung weder schwar-

zes Oxyd, noch irgend eine andere Substanz, welche die Annahme erlaubt hätte, dafs Calomel übergegangen wäre.

No. 11. In der Flasche: Kalilösung; in der Röhre: Stücke von Aetzsublimat. Hier hatte das Kali wie vorhin gewirkt; auch war Kohlensäure durch den Stöpsel eingedrungen, so dafs das Kali nicht mehr kaustisch war; es waren aber deutliche Anzeigen von Sublimation des Quecksilberchlorids da, und kleine Krystalle von denselben fanden sich selbst unten an dem Stöpsel der Flasche sitzend. Mithin ist der Aetzsublimat in gewöhnlichen Temperaturen flüchtig.

No. 12. u. 13. In den Flaschen: Lösung von chromsaurem Kali; in der einen Röhre: gepulvertes Chlorblei, in der andern: Krystalle von salpetersaurem Blei. In beiden Versuchen hatte das chromsaure Kali auf das Blei des Glases gewirkt und dasselbe gelb und trübe gemacht, so dafs sich über die Unflüchtigkeit der Bleisalze nicht entscheiden liess.

No. 14. In der Flasche: Lösung von Jodkalium; in der Röhre Chlorblei. Beide waren unverändert geblieben. Die Lösung des Jodkaliums war vollkommen klar und farblos, und keine Spur vom Chlorblei übergegangen.

No. 15. In der Flasche: Lösung von Chlorcalcium; in der Röhre: Krystalle von kohlensaurem Natron. Ein Theil des Wassers war zu dem kohlensauren Natron übergegangen; allein dieses, wie die zurückgebliebene Lösung von Chlorcalcium, war vollkommen klar. Von keinem Salze hatte sich demnach etwas verflüchtigt.

No. 16. In der Flasche: verdünnte Schwefelsäure; in der Röhre: Stücke von salpetersaurem Ammoniak. Das Letztere war ein wenig feucht. Die Säure zeigte bei Untersuchung einen Gehalt von Salpetersäure, während die Probesäure No. 7. ganz frei von derselben war. Es scheint demnach, als sey das salpetersaure Salz in gewöhnlichen

Temperaturen flüchtig; doch ist es eben so möglich, daß in demselben eine langsame Zersetzung statt fand, und so Salpetersäure oder deren Elemente übergingen.

No. 17. In der Flasche: Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd; in der Röhre: Krystalle von Kaliumeisencyanür. Die Krystalle hatten das Wasser meist von dem Kupfersalz angezogen; allein die Lösung des Kalisalzes besaß, wie die des Kupfersalzes, ihre eigenthümliche Farbe. Keins war gebräunt, mithin auch keins der Salze verflüchtigt worden.

No. 18. In der Flasche: Lösung von essigsaurem Blei; in der Röhre: Jodkalium. Das Bleisalz war nun trocken, indem das Jodkalium alles Wasser an sich gezogen hatte; auch bildete dieß eine braune Lösung mit einem Gehalt von freiem Jod. Wahrscheinlich war ein wenig Essigsäure übergegangen und hatte diese Veränderung im Jodkalium erzeugt. Es war kein Jodblei in der Röhre zu sehen, wohl aber in der Flasche, sehr wahrscheinlich in Folge der Verdampfung des freien Jods aus der Lösung in der Röhre.

Es ist demnach, wie aus diesen Versuchen erhellt, kein Grund da zu glauben, daß Wasser oder sein Dampf denjenigen Substanzen Flüchtigkeit, selbst im schwächsten Grade, ertheile, welche für sich ihre Verdampfungsgränze oberhalb der gewöhnlichen Temperaturen liegen haben, und eben so wenig kann also eine in der Natur vorkommende Verdampfung Wirkungen der Art in der Atmosphäre erzeugen.

Es erhellt ferner, daß salpetersaures Ammoniak, Quecksilberchlorid, Oxalsäure und vielleicht oxalsaures Ammoniak zu den Substanzen gehören, die in gewöhnlichen Temperaturen Dampf entwickeln.
