

Über

die künstliche Darstellung
der tiefsten Kältegrade.

Von

Docent Dr. Ernst Lecher.

Vortrag, gehalten den 14. December 1887.

(Mit Experimenten.)

Mit fünf Abbildungen im Texte.

Das Thema, welches ich heute behandeln will: „Künstliche Darstellung der tiefsten Kältegrade“, ist als Vorlesungsstoff vielleicht etwas unpraktisch gewählt. Wenn selbst alle meine Versuche, Kälte zu erzeugen, gelingen, so sollte ich gerade deshalb die Erwartung aufgeben, Sie, verehrte Anwesende, für meinen Gegenstand zu erwärmen. Ich vertraue jedoch auf einen uns allen innewohnenden Trieb, Gedanken über den äußersten Anfang und das äußerste Ende der uns umgebenden Naturerscheinungen ganz besonders gerne nachzuhängen. Diese Grenzen unseres Erkennens und auch Könnens zu erweitern, dieses höchste Oben und tiefste Unten möglichst auszudehnen, war stets ein edles Ziel, dem die tüchtigsten der Forscher nachstrebten. Wir wollen heute — bescheiden, soweit dies Zeit, Ort und Mittel gestatten — hinunter in der Thermometerscala.

Wie erzeugen wir Kälte?

Indem wir das Entgegengesetzte thun von dem, was wir machen müssten, wenn wir Wärme erzeugen wollten.

Gestatten Sie mir daher zunächst, verehrte Anwesende, Ihnen einige Grundsätze der Wärmelehre ins Gedächtnis zurückzurufen.

Wie erzeugt man Wärme?

Die wilden Völker verschaffen sich ihr Feuer, indem sie trockenes Holz so lange gegen einander reiben, bis dieses sich entzündet. Wir thun dasselbe, doch haben wir durch praktische Einführung des Phosphors die zeitliche Dauer dieser Operation wesentlich verkürzt.

In beiden vorerwähnten Fällen entsteht die Wärme durch Reibung. Es sind aber noch unzählige andere Wärmewirkungen der Reibung bekannt: der Bohrer oder die Säge, die beim Gebrauche sich erhitzen, Wagenachsen, die heißlaufen u. s. w.

Überall verschwindet hier ein Theil der bewegenden Kraft und an ihrer Stelle tritt Wärme auf.

Während wir so die Wärme direct durch Bewegung erzeugten, können wir auch noch einen Umweg einschlagen und Wärme aus einer Bewegung entstehen lassen, welche zeitlich der Wärmewirkung lange vorausgegangen ist. Wenn ich ein Gewicht an die Decke dieses Saales hinaufschleppe, so leiste ich durch diese Bewegung eine bestimmte Arbeit, die, so lange das Gewicht ruhig oben ist, aufgespeichert bleibt, bis zu jenem beliebigen Momente, in dem ich das Gewicht wieder herunterstürzen lasse. Sie sehen in Ihrem Geiste das Gewicht immer schneller und schneller fallen, bis dasselbe schließlich auf den Boden aufschlägt und so die durch mein ursprüngliches Hinauftransportieren des Gewichtes erzeugte Arbeit und Bewegung — scheinbar — vernichtet wird. Bei näherem Zusehen werden wir finden, dass an Stelle der scheinbar

verloren gegangenen Arbeit eine Erwärmung des Gewichtes sowohl als auch der Aufschlagsstelle eingetreten ist. Hier sehen wir direct ein Gegeneinanderstürzen zweier Körper, wir sehen den Anprall des Gewichtes gegen den Boden und fühlen die daraus resultierende Erwärmung. Auf ähnliche Weise dürfte aller Wahrscheinlichkeit nach die kolossale Temperatur der Sonne zu erklären sein, indem die einzelnen Bestandtheile dieser Riesenkugel einstens aus unendlicher Entfernung gegeneinander gestürzt sind und auch in der Gegenwart noch immer enger gegeneinander rücken. Das Gleiche geschieht aber auch, obschon der Vorgang da in unendlich viele minimale Einzel-episoden aufgelöst wird, wenn ein Stück Holz im Ofen, die Kohle unter dem Dampfkessel oder der Leuchtstoff in unseren Lampen verbrennt. Auch hier stürzt ein Körper gegen einen zweiten; der Sauerstoff der Luft fällt von allen Seiten her gegen und in den verbrennenden Körper hinein; wir sehen dieses Hineinfallen nicht, wir können es nur erschließen; wohl aber sehen, fühlen wir den Erfolg, die Wärme, welcher durch dieses Zusammenfallen der Materie erzeugt wird. So entsteht Wärme.

Und nun zum Gegenfalle, dem eigentlichen Thema des heutigen Abends.

Können wir die einzelnen Bestandtheile eines Körpers auseinanderfallen lassen, so entsteht Kälte.

Die passendsten Formen für dieses Auseinander-

theilen oder Zersplittern der Materie zu finden, ist Sache der Erfahrung.

Eine sehr bequeme Art, die möglich kleinsten Bestandtheile eines Körpers, die gegenseitig einander zustreben, auseinander zu bringen, ihren festen Zusammenhang zu lockern, haben wir, wenn wir den Körper in rascher Weise aus dem festen in den flüssigen Zustand überführen. Ich habe hier ein nach außen hin poliertes Metallgefäß, in welchem sich etwas Wasser befindet, und hier den Körper, dessen festen Zusammenhang ich zerstören will. Der Körper ist ein Salz, Salmiak genannt. Wenn ich dieses Salz in das Wasser hineinwerfe, so löst es sich auf. Die festen Theilchen des Salzes, die vorher, ich weiß nicht wann, zu jenem Zeitpunkte, als es dargestellt wurde, gegeneinander fielen, müssen jetzt auseinander. Seinerzeit beim Zusammenstürzen ist Wärme erzeugt worden, welche Wärme indessen längst, vielleicht schon vor Jahren, falls das Salz überhaupt schon so alt ist, durch Leitung nach außen hin verloren gieng. Wenn die Theilchen jetzt im Wasser sich lösen und auseinander gehen, wird ebendieselbe Wärmemenge, die beim Entstehen des Salzes erzeugt wurde, wieder vom Körper beansprucht werden, wenn seine Temperatur die gleiche bleiben soll. Nun steht aber dieses Metallgefäß hier auf einem schlecht leitenden Holzkistchen, die nöthige Wärme kann durch Leitung von außen her nicht rasch genug ins Gefäß gelangen, das Ganze kühlt sich ab. Die Temperatur des Gefäßes ist jetzt bereits unter Null. Der

Wasserdampf der Luft hat sich an der Spiegeloberfläche des Metalles niedergeschlagen und ist daselbst zu feinem Reif gefroren. Sie sehen wohl alle diesen weißen pelzigen Überzug? Die Kälte, die beim Auseinandergehen der Salztheilchen entstanden, ist negative Wärme und ebenso groß als jene Wärmemenge, welche entstehen würde, wenn ich die jetzt flüssigen Theilchen wieder so gegeneinander fallen lassen könnte, dass das ursprünglich feste Salz daraus entstünde.

Wir haben in diesem Versuche ein Beispiel einer sogenannten Kältemischung.

Eine noch größere Kälte werde ich erzeugen, wenn ich zwei feste Körper nehme, welche durch ihr Zusammenmischen zu einer Flüssigkeit werden. Ich habe hier als ersten festen Körper fein gestoßenes Eis und als zweiten fein gestoßenes Chlorcalcium. Wenn ich diese beiden Körper zusammenmische, so sinkt die Temperatur bis auf 15° unter Null. Ich stecke in die Mischung diese Glaskugel (A), deren Inneres durch einen Kautschukschlauch mit jener senkrechten Glasröhre (BB) in Verbindung ist. Das untere Ende der Glasröhre steckt in dieser rothen Flüssigkeit, und da die Luft in der kleinen Glaskugel sich stark abkühlt und zusammenzieht, steigt hier die Flüssigkeit immer höher und zeigt Ihnen allen deutlich die Wirkung dieser Kältemischung. Ich fürchte, dass ich mit diesem Prozesse weder praktischen Hausfrauen, noch unpraktischen Junggesellen etwas Neues gezeigt; denn dass Eis und gewöhnliches Kochsalz gemischt manch kunst-

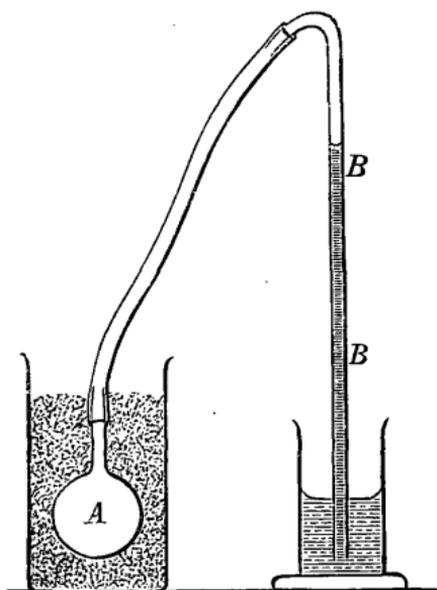


Fig. 1.

aus dem flüssigen in den gasförmigen Zustand übergeht, so müssen die einzelnen Bestandtheile des Körpers, um in ihren neuen Zustand zu gelangen, sehr weit auseinander rücken. Ein Liter Wasser nimmt, wenn ich ihn hier verdampfe, in seinem gasförmigen Zustande einen tausendmal größeren Raum ein, und die Abkühlung bei einem solchen Prozesse ist demgemäß, da hier die einzelnen Bestandtheile des Körpers sehr weit auseinander rücken, eine ungemein große. Ein allbekanntes Beispiel hiefür ist folgendes: Wenn eine Stelle an der Haut, Ihrer Hand z. B., feucht ist, so erzeugt das Verdampfen des Wassers eine Abkühlung, welche Sie direct fühlen; wenn Sie auf die Stelle blasen, so wird dadurch, wie Sie alle wissen,

volles Küchenproduct in der gehörigen Weise kühlt, wissen die ersten, und dass man so Wein frappiert, die letzteren.

Außer dieser Methode der Kältemischungen gibt es eine zweite und viel wirksamere Methode, Kälte zu erzeugen, indem man nämlich den Process der Verdampfung oder Vergasung benutzt. Wenn ein flüssiger Körper verdampft, wenn er

trotz des warmen Hauches das Kältegefühl merklich gesteigert, weil der erzeugte Luftstrom die Verdampfung beschleunigt.

Ich werde Ihnen hier einen schönen Versuch zeigen, bei welchem in sehr sinnreicher Weise große Wassermassen möglichst rasch zum Verdampfen gebracht werden. Sie sehen da zunächst eine Flasche

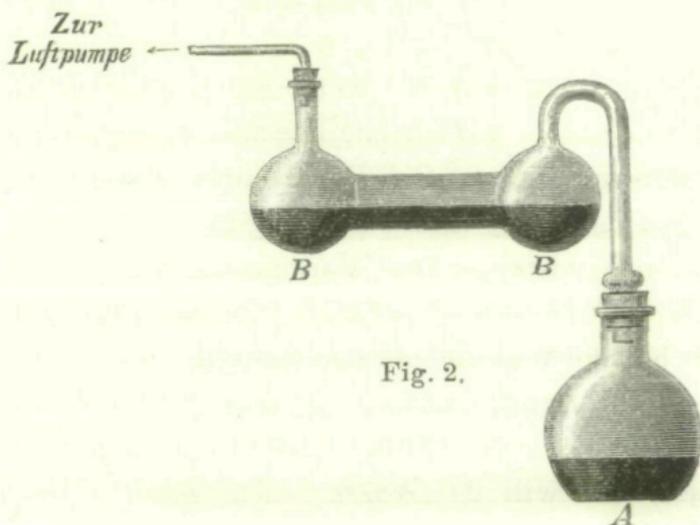


Fig. 2.

(A), in welcher das zu verdampfende Wasser sich befindet. Dass dieses Wasser unter gewöhnlichen Verhältnissen nur sehr langsam verdampft, wissen Sie alle; es würde vielleicht Monate dauern, bis die Verdampfung vollendet wäre. Das Wasser verdampft aber bedeutend rascher, wenn ich die Luft, welche von oben her auf die Wasseroberfläche drückt, entferne. Solches geschieht mit Hilfe dieser kräftigen Luftpumpe, welche ich jetzt durch meinen Gehilfen in Thätigkeit

setzen lasse. Wir haben inzwischen Zeit, uns die weiteren Einrichtungen genauer zu betrachten. Die Luft ist rasch entfernt; dafür aber füllt sich die Flasche so bald mit Wasserdampf, dass auch dieser die Neubildung von frischem Dampf hindern wird. Um diesen Wasserdampf schneller wegzubringen, als es durch die Pumpe allein geschehen könnte, befindet sich hier zwischen Wasserflasche und Luftpumpe auf dem Wege, welchen der Dampf zur Pumpe passieren muss, ein weiteres Glasgefäß (*BB*), welches theilweise mit einer Flüssigkeit, Schwefelsäure, gefüllt ist, die den Wasserdampf begierig aufsaugt. Mein Gehilfe arbeitet aus Leibeskräften; was er nicht allein zuwege bringt, soll die Schwefelsäure leisten. Die Verdampfung ist auch schon so lebhaft, dass das Wasser in unserer Versuchsflasche in heftige Wallung geräth. Sie sehen es kräftig aufkochen, und durch das rasche Verdampfen ist die Temperatur gewiss schon bis zum Gefrierpunkt gesunken. Noch aber will das Wasser nicht frieren. Ich vermüthe, dass der Grund darin liegt, dass die Oberfläche der Schwefelsäure durch das verschluckte Wasser mit einer dünnen Feuchtigkeitsschichte bedeckt ist. Ich schüttele den Apparat ein wenig und bringe so von unten herauf frische Schwefelsäure ins Spiel, und nun sehen Sie in der Versuchsflasche die Eisbildung von allen Seiten hervorschießen. Der Wasserdampf stürzt jetzt im zweiten Gefäße so energisch gegen die Schwefelsäure, dass er die Flüssigkeit kraterartig aushöhlt und die Schwefelsäure selbst durch den Anprall desselben

so warm wird, dass ich diesen Theil des Apparates mit der bloßen Hand kaum mehr angreifen kann. Es hat sich jetzt bereits in der Versuchsflasche eine vollständige Eisdecke gebildet, unter welcher das Wasser lustig fortsiedet, und Sie hören jetzt einen Krach; die aufsteigenden Dampfblasen haben die Eisdecke gesprengt.

Wir haben hier im kleinen eine der vielen Methoden, wie man fabriksmäßig und sehr billig künstliches Eis erzeugt. Wir hätten zu diesem Zweck einfach die Apparate größer und stärker zu wählen und die Luftpumpe mittels einer Dampfmaschine in Bewegung zu setzen.

Bedeutend größere und raschere Abkühlungen können wir aber nach allem Vorangehenden erwarten, wenn wir statt Wasser irgend eine andere Flüssigkeit nehmen, welche leichter verdampft. Ich wähle als Beispiel den gewöhnlichen Äther, der schon bei 35° C. siedet. Wenn ich etwas Äther ausgieße, so verdampft die Flüssigkeit in wenigen Secunden, während derselbe Vorgang bei Wasser vielleicht einen halben Tag gedauert hätte. Die beim Verdampfen des Äthers entstehende Kälte zeigt hier der kleine Apparat. Dieses Glasgefäß (A) enthält Äther und ich blase mit Hilfe einer passenden Vorrichtung durch dieses Röhrchen Luft in den Äther hinein. Ebenso Sorge ich natürlich dafür, dass der weggeführte Ätherdampf seiner Feuergefährlichkeit wegen bis zum Schlusse der Vorlesung in sicherem Gewahrsam bleibe. Ferner sehen Sie hier in die Ätherflüssigkeit ein dünnes, unten geschlossenes

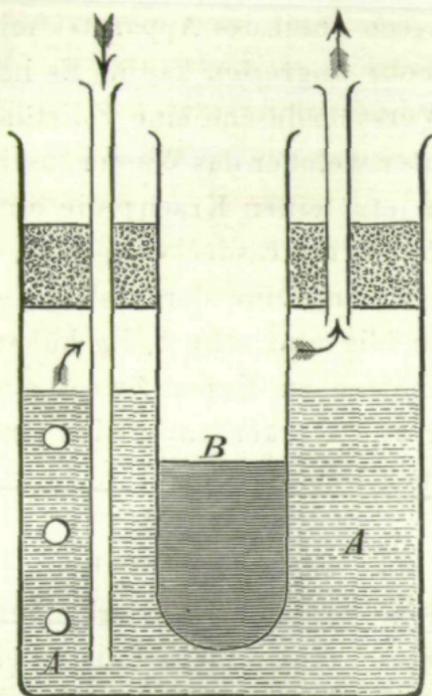


Fig. 3.

Glasröhrchen (B) hinabreichen, in welches ich Wasser hineingieße. Der ganze Apparat wirkt jetzt automatisch weiter und nach einigen Minuten ist das gesammte Wasser zu Eis gefroren.

Die zwei letzten Versuche, jener mit der Luftpumpe und dieser mit dem Äther, zeigten uns, welches ein starkes Abkühlungsmittel wir in dem Prozesse der Verdampfung besitzen. Äther wirkt schneller als Wasser,

weil er leichter verdampft; er siedet ja schon bei 35° C., Wasser erst bei 100° .

Nun sahen wir früher Wasser bei der Temperatur dieses Saales sieden, nachdem wir die darauf drückenden Luftmassen durch die Pumpe entfernt. Das zeigt uns, dass der Druck, unter dem ein Körper steht, bei den hier in Betracht kommenden Fragen von größter Wichtigkeit ist. Gestatten Sie mir daher eine kleine diesbezügliche Abschweifung, welche nicht unmittelbar von Kälteerzeugung handelt.

Folgenden Versuch wollen wir zuerst an der Tafel machen; was uns daran experimentell neu ist,

hoffe ich in experimentell anderer, dem Wesen nach aber identischer Form heute noch nachzutragen. Es seien hier vier gleiche cylindrische Glasgefäße, unten

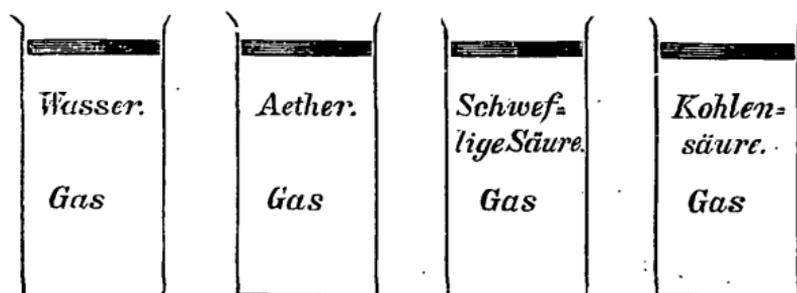


Fig. 4.

zugeschlossen, während der obere Deckel sich hineinschieben lasse. — In den Gefäßen seien der Reihe nach Wasser, Äther, schweflige Säure und Kohlensäure. Die Temperatur aller Apparate sei die des Saales, etwa 20° C., die vier Apparate stünden überdies in einem Raume, wo die Luft ganz ausgepumpt sei. Ferner nehmen wir noch an, dass der obere Deckel kein Gewicht habe und dass dessen Querschnitt genau ein Quadratcentimeter sei.

Auf jedem dieser Deckel liege ein Gewicht von 1 Gramm. In diesem Falle sind alle vier Körper Gase. Wenn ich nun auf alle vier Deckel gleiche, aber immer größere Gewichte auflege, so wird der Deckel über Wassergas am meisten hineingedrückt, der über Kohlensäure am wenigsten. Bei einem Drucke von etwa 25 Gramm würden wir den Deckel in den ersten Cylinder tief eingedrückt sehen und statt des Wassergases

flüssiges Wasser. Bei einem Drucke von 1 Kilogramm wäre dasselbe auch beim Äther eingetreten, dann bemerkten wir auch, dass das Äthergas flüssig geworden. Dieser Moment, wo der Deckel (von 1 Quadratcentimeter) durch 1 Kilogramm niedergedrückt wird, ist jenem Zustande entsprechend, in welchem wir hier an der Erdoberfläche und am Grunde des riesigen Luftoceans leben, denn die Luftmasse über uns drückt in diesem Betrage auf alle Körper. Es ist somit bloßer Zufall, bedingt durch die Schwere unserer Atmosphäre, dass uns Wasser und Äther zunächst im flüssigen Zustande entgegentreten.

Legen wir noch stärkere Gewichte auf, und zwar etwa $2\frac{1}{2}$ Kilogramm, so wird auch die schweflige Säure zur Flüssigkeit und schließlich bei 60 Kilogramm auch die Kohlensäure. Wir sehen somit, dass diese und noch viele andere Gase durch entsprechenden Überdruck zu Flüssigkeiten werden, während andererseits unsere gewöhnlichen Flüssigkeiten schon durch den gewöhnlichen Luftdruck aus Gasen zu Flüssigkeiten geworden sind.

Diese vielleicht etwas schwierigen, aber für ein Verständnis vorliegenden Gebietes unerlässlichen Auseinandersetzungen gelten zunächst nur für eine bestimmte Temperatur, d. h. die eben gegebenen Zahlen werden bei Temperaturen, welche höher oder niedriger sind als die unseres Saales, unrichtig. Diesen wichtigen Punkt wollen wir uns für später aufheben.

Dass Wasser (um so leichter Äther) durch Weg-

nahme des Druckes vergast, haben wir gesehen. Dass umgekehrt schweflige Säure durch Zusammenpressen sich verflüchtigt, zeigt dieser Apparat. Dieses eiserne Gefäß enthält Quecksilber. Durch den oberen Deckel des Apparates führen luftdicht bis fast zum Grunde des Gefäßes drei Glasröhren. Die mittlere hohe ist oben offen, die kleine links enthält Kohlensäure, die kleine rechts schweflige Säure. Zunächst steht das Ganze unter dem gewöhnlichen Luftdrucke. Wenn ich nun mit der hier stehenden Verdichtungspumpe das Quecksilber in die Röhren hinaufpresse, so steigt das Quecksilber in der mittleren Röhre sehr hoch und zeigt mir durch seine Höhe den erreichten Druck an. Jetzt steht es fast 3 Meter hoch, und Sie

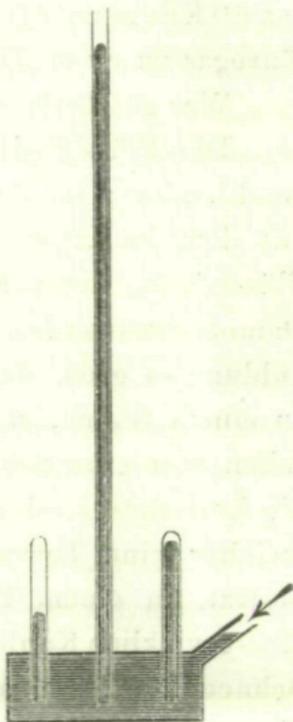


Fig. 5.

sehen, dass die schweflige Säure beinahe ganz verschwunden, und ich, hier in der Nähe, sehe die daraus entstandene Flüssigkeit. Die Kohlensäure hingegen in der andern Röhre hat diesem Drucke noch Widerstand geleistet. Auch wage ich den Druck nicht zu vermehren, aus Angst, den Apparat zu zersprengen.

Hingegen habe ich hier in diese eiserne Flasche Kohlensäure in großen Mengen hineingepresst, und

wenn wir in das Innere dieser Flasche sehen könnten, würden wir sie zum größten Theile mit einer lichten Flüssigkeit angefüllt erblicken; es ist bei einem Druck von 60 Kilogramm per Quadratcentimeter auch Kohlensäuregas zu einer Flüssigkeit verdichtet worden.

Was geschieht nun, wenn ich diese Flasche öffne?

Die Flüssigkeit wird durch die Öffnung herausgeschleudert; im Saale ist der Druck im Vergleiche mit dem im Innern der Eisenflasche sehr klein, die Flüssigkeit, ihrer Fessel entledigt, stäubt rapid zu Dampf auseinander und dementsprechend ist die Abkühlung so groß, dass die nicht verdampfende Masse zu einem feinen, schneeweißen Körper gefriert. Sie sehen hier eine Schneewolke viele Meter weit durch die Luft sausen. Ich fange diesen Kohlensäureschnee, welcher eine Temperatur von etwa 80° unter Null besitzt, in einem Tuchbeutel auf. Dass die schöne Masse wirklich Kohlensäure ist und nicht gewöhnlicher Schnee, lässt sich sofort zeigen. Ich nehme ein wenig dieser Substanz und halte sie unter das Wasser dieses Glascylinders; es steigen die einzelnen Blasen des Gases rasch im Wasser in die Höhe, und ein über die Mündung des Gefäßes gehaltenes Licht verlöscht aus Mangel an Sauerstoff.

Da steht noch der Apparat, mit welchem wir schweflige Säure verdichtet. Früher haben wir mit einer Verdichtungspumpe gearbeitet. Jetzt will ich etwas von unserem Kohlensäureschnee hineinstecken und den Hahn schließen. Die Kohlensäure verdampft

bei der Saaltemperatur sehr schnell und das sich entwickelnde Gas drückt das Quecksilber des Instrumentes in die Höhe. Schon ist der Druck auf die 3 Atmosphären von vorhin gestiegen. In ziemlich ähnlicher Weise, durch directe Verbindung mit der Eisenflasche verwendet man comprimierete Kohlensäure, um Bier aus dem im Keller liegenden Fasse in den Schankraum hinaufzupressen, wobei auch noch die chemischen Wirkungen des Gases dem Biere zum Vortheile gereichen.

Ebenso kann der Druck comprimierter Kohlensäure bei Dampffeuerspritzen verwendet werden, um den Wasserstrahl in den ersten Momenten hinauszuschleudern, bis der Kessel die nöthige Hitze erreicht; man braucht auf diese Weise die Kessel nicht Tag und Nacht geheizt zu erhalten, um die Spritze stets für den Gebrauch bereit zu haben. Freilich wäre so ein fortwährender Betrieb durch Kohlensäure auf der Brandstätte ebenso kostspielig als umständlich. Ich habe hier ein kleines Glasmodell einer solchen Spritze. Stecke ich etwas Kohlensäure hinein, so wird der Druck in diesem Gefäße gar bald so groß, dass die vorher in den Apparat gefüllte Flüssigkeit hinausgespritzt wird. Der Strahl ist zu dünn, als dass Sie ihn sehen könnten. Ich nahm deswegen nicht Wasser, sondern leicht brennbares Benzin und kann daher diesen Benzinstrahl selbst anzünden. Wir haben hier eine wirkliche „Feuer“-Spritze. Die Sache sieht etwas gruselig aus, und in der That brennt bereits ein Theil des Benzins hier auf dem Experimentiertische. Ich nehme jedoch eine Handvoll

meines Kohlensäureschnees, streue ihn über die „wabernde Lohe“ und im selben Augenblicke ist das Feuer erstickt; in Kohlensäure ist ja eine Verbrennung unmöglich.

Ich sagte früher, dass dieser Kohlensäureschnee eine Temperatur von etwa 80° unter Null habe. Nun werden Sie sich wahrscheinlich schon gewundert haben, dass ich einen so kalten Körper ruhig in die Hand nehme, ohne irgend ein Schmerzgefühl zu äußern oder zu empfinden. Der Grund hiervon ist ein ganz eigenthümlicher. Wenn ich diesen Schnee auf meine Hand lege, so verdampft derselbe so rasch, dass sich zwischen meiner Haut und der kalten Kohlensäure eine isolierende Dampfschicht bildet, welche hindert, dass die Kälte bis zu meiner Haut dringen kann. Nur wenn Sie diesen Kohlensäureschnee, von welchem ich nun einige Portionen im Saale cursieren lassen will, mit zwei Fingern zusammendrücken, empfinden Sie einen stechenden Schmerz, welcher dem Gefühle beim Anfassens eines sehr heißen Körpers ähnelt. Die Dampfschicht, welche unsere feste Kohlensäure umgibt, verhindert auch eine energischere Kältewirkung derselben.

Ich mische darum den Schnee mit Äther. Der so entstehende Brei ist für Abkühlungsversuche allgemein geeignet; ein Thermometer, welches ich hier hineinstecke, zeigt jetzt wirklich eine Temperatur von -79° . Es ist dieses Thermometer selbstverständlich nicht mit Quecksilber gefüllt, denn letzteres würde schon lange früher festgefroren sein.

Ich nehme dieses kleine Glasgefäß, gieße Quecksilber hinein und stecke von oben her einen Holzstab in das flüssige Quecksilber; nun gieße ich rund herum und darüber etwas von meinem Äther-Kohlensäurebrei. Das Quecksilber erstarrt und ich hebe dasselbe sammt dem Gläschen an dem eingefrorenen Holzstabe in die Höhe. Auch wenn ich das Gläschen mit einem Hammer zerschlage, hält der Quecksilberklumpen immer noch fest an dem Holzstäbchen. Ich schneide mit einem Messer etwas von dem Quecksilber herunter oder hämmere es zu einer Platte aus. Sie sehen, es verhält sich ganz wie etwa Zinn oder ein anderer fester Körper. Tauche ich den Quecksilberklumpen in dies Glasgefäß, so wird die verhältnismäßig höhere Temperatur des Wassers den eingetauchten Körper schmelzen. Schon rieseln einzelne Quecksilbertropfen herunter und jeder bildet im Wasser eine kleine Eisrinne. Jetzt ist wohl das ganze Quecksilber abgetropft und ich kann die an meinem Holzstäbchen angefrorenen Eiszapfen hier in die Höhe heben.

Ich will Ihnen noch einen weiteren Versuch zeigen, welcher zu den brilliantesten aus dem ganzen Gebiete der Experimentalphysik gehört.

Ich mache mittels einer Gasflamme einen kleinen Platintiegel glühend und werfe meinen kalten Kohlensäurebrei in dieses glühende Gefäß hinein; dort, wo das Gemisch an dem glühenden Tiegel anliegt, findet eine rapide Verdampfung statt, so dass nun wieder zwischen der heißen Gefäßwand und dem kalten Kohlen-

säuregemisch sich eine Wärme isolierende Gasschicht bildet. Der Platintiegel außen glüht und drinnen haben wir trotzdem eine Temperatur tief unter Null. Ich gieße weiter in einen kleinen Eisenlöffel etwas Quecksilber und führe dies Quecksilber so in den Platintiegel ein. Von allen Seiten schlagen die Flammen empor und trotzdem ziehe ich jetzt aus dem Innern dieser Flamme mein Quecksilber in gefrorenem Zustande hervor. Eine moderne Auflage der biblischen drei Jünglinge im Flammenofen!

Nach all den bereits erörterten Ideen dürften wir noch tiefere Temperaturen erwarten, wenn wir ein Gas comprimieren, das zur Verflüssigung einen noch größeren Druck beansprucht als Kohlensäure. Ein solches Gas wäre z. B. Stickoxydul oder Äthylen.

Nun ist aber der Druck in unseren Kohlensäureflaschen wohl 10 mal so stark als in irgend einem Dampfkessel. Der Ort, an dem ich hier experimentiere, ist infolge verschiedener technischer Mängel wohl nicht geeignet, Ihnen noch die Wirkung stärker comprimierter Gase vorzuführen, mit Ausnahme einer einzigen, die ich lieber nicht zeige: es könnte nämlich bei Anwendung noch stärkerer Drucke vielleicht doch irgend eine unliebsame Explosion sich ereignen.

Nur noch einige kurze, aber wichtige Bemerkungen über den Einfluss der Temperatur auf den Vorgang der Verflüssigung. Noch steht hier die Zeichnung von vorhin an der Tafel. Bei den Drucken, welche ich damals als zur Condensierung nothwendig nannte,

bemerkte ich ausdrücklich, dass diese Zahlen nur für die Temperatur dieses Saales Giltigkeit hätten.

Wenn wir die Temperatur tiefer gewählt hätten, so wäre eine Verflüssigung viel leichter eingetreten. Hätten wir hingegen eine Temperatur von über 30°C ., so wäre z. B. Kohlensäure selbst durch den stärksten Druck nicht zu einer Flüssigkeit geworden. Diese Temperatur von 30°C . ist die sogenannte kritische Temperatur der Kohlensäure. Überhalb dieser kritischen Temperatur erscheint Kohlensäure selbst bei Anwendung des stärksten Druckes nicht in flüssiger Form. Schweflige Säure ist, wie wir schon gesehen, leichter condensierbar, ihre kritische Temperatur ist $+155^{\circ}\text{C}$.

Nun liegt aber für einige Gase, für Kohlenoxyd, Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, diese kritische Temperatur sehr tief, jedenfalls unter 156°C . unter Null. Wenn ich daher bei gewöhnlicher Temperatur ein derartiges Gas noch so sehr zusammenpresse, werde ich nicht im Stande sein, es zu verflüssigen. Alle derartigen Versuche schlugen fehl und man hat daher seinerzeit diese Körper permanente Gase genannt. — Heutzutage jedoch presst man zuerst ein leicht condensierbares Gas, z. B. Äthylen, zur Flüssigkeit zusammen, entspannt dasselbe rasch und diese plötzliche Verdampfung, dieses rasche Auseinandergehen der Theilchen erzeugt eine solche Kälte, dass man jetzt ein noch schwerer condensierbares Gas, dessen kritischer Punkt so tief liegt, zur Flüssigkeit zusammendrücken kann. Auf

diesem Wege ist es einer Reihe von Forschern so ziemlich gleichzeitig gelungen, auch die sogenannten permanenten Gase zu verflüssigen.

Hat man ein so schwer zu verflüssigendes Gas, z. B. unsere atmosphärische Luft, zur flüssigen Form zusammengedrückt und lässt man nun diese Flüssigkeit durch Wegnahme des Druckes plötzlich verdampfen, so streben die — in so kräftiger Weise zusammengezwungenen — Theilchen dieser Körper in ebenso mächtiger Weise auseinander, und die dadurch erzeugte Kälte ist eine ganz enorme.

Wenn flüssige Luft rasch unter den gewöhnlichen Atmosphärendruck gesetzt wird, so vergast oder siedet sie bei ungefähr -200° C. Könnte ich umgekehrt Luft bis zu 200° C. abkühlen, so würde sie schon bei gewöhnlichem Drucke flüssig werden.

Die auf unserer Erde beobachteten Temperaturen der äußeren atmosphärischen Luft liegen zwischen -68° C. und $+54^{\circ}$ C. Würde diese Temperatur von -68° C. um ebenso viel weiter fallen, als sie hinauf zunehmen kann, so würde somit unsere Atmosphäre einfach zufrieren. Ein organisches Leben wäre dann nach unserer gegenwärtigen Auffassung wohl kaum möglich. Vielleicht lässt sich der absolute Mangel einer Atmosphäre am Monde einfach durch dessen tiefere Temperatur erklären. Einem solchen Erstarrungstode gehen wir auch wahrscheinlich langsam entgegen, aber — — — sehr langsam!

Glücklich der, den keine nähere Sorge quält!

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1888

Band/Volume: [28](#)

Autor(en)/Author(s): Lecher Ernst

Artikel/Article: [Über die künstliche Darstellung der tiefsten Kältegrade. 151-172](#)