Das Gebiet der tiefen Temperaturen.

Vortrag

von Dr. rer. nat. Eug. BISENIUS.

(Fortsetzung.)

Diese verschiedenen Bedingungen erfüllen die von Dewar hergestellten Flaschen, welche unter dem Namen „Dewar'sche Gefässe" bekannt sind. Es sind offene, doppelwandige Glasgefässe von birnförmiger Gestalt. Da sie birnförmig sind, besitzen sie einen engen Hals; demnach ist die freie Oberfläche vermindert und folglich die Verdunstung beschränkt. Sie sind ferner doppelwandig und der Mantelraum ist luftleer, da bekanntlich das Vakuum den besten Schutz gegen Wärmeleitung darstellt. Dazu ist die Aussenseite der inneren Wand mit einem Quecksilber- oder Silberspiegel belegt, wodurch die Wärmestrahlung auf ein Minimum reduziert wird. Gewöhnlich pflegt man die Flaschen mit einem Pflocke loser Baumwolle zu verschliessen. Verdunstung findet freilich, allerdings in geringem Masse, fortwährend an der Oberfläche statt; doch durch die Verdunstung wird der Flüssigkeit Wärme entzogen; es wird also Kälte erzeugt, welche nur das Flüssigbleiben der tieferen Schichten befördern kann. Bei solcher Anordnung kann 1 Liter flüssige Luft, trotz ihrer ungeheuern Neigung, in den gasförmigen Zustand zurückzukehren, bis 14 Tage lang hindurch aufbewahrt werden, ehe sie vollständig der Verdampfung anheimgefallen ist.

Das zweite Problem, die Verflüssigung grosser Mengen, besonders des Sauerstoffs und des Stickstoffs und speziell der Luft, wurde etwas später gelöst und zwar fast gleichzeitig von Linde, Tripler, Dewar und Hampson in den Jahren 1895 und 1896. Es gelang jenen Kälteforschern in grossem Massstabe die sogenannten permanenten Gase, vor allem die Luft, jedoch mit Ausnahme des Wasserstoffs, zu verflüssigen. Die sinnreichste und einfachste der Kältemaschinen, welche von jenen Männern erbaut worden sind, ist wohl die von Linde in München.

Linde macht Verwendung von einem Prinzip, welches 1864 von William Thomson und Jonle gefunden und bisher zur Gewinnung grosser Kältegrade noch nicht benutzt worden war. Zur Verflüssigung eines Gases bedient er sich nämlich der Abkühlung, die beim Ausströmen desselben Gases erfolgt. Wenn ein Gas, wie die Luft, aus einem Raume von höherem Drucke durch ein Ventil in einen solchen von niedrigerem

Drucke ausströmt, so dehnt es sich aus, wobei die gegenseitige Anziehung der kleinsten Gasteilchen, der Molekülen, teilweise überwunden werden muss. Zu dieser inneren Arbeit wird nun Wärme verbraucht und es findet notwendigerweise eine Abkühlung des Gases statt. Sie ist um so bedeutender, je grösser der Druckunterschied und je tiefer die Temperatur ist. Da sie an sich nicht bedeutend genug ist, um einen hinreichenden Temperaturfall zu erzielen, werden die Wirkungen einer grossen Anzahl von Ausströmungen derart vereinigt, dass die eben ausgeströmte Gasmenge zur Vorkühlung der folgenden benutzt wird. Auf diese Weise sinkt die Temperatur immer tiefer, bis sie endlich zur Verflüssigung des Gases genügend ist.

Die Luft wird angesaugt und durch dreistufige Kompression auf einen hohen Druck gebracht, wobei ein von kaltem Brunnenwasser durchströmter Kühler die infolge der Gasverdichtung erzeugte Wärme aufnimmt. Da die atmosphärische Luft stets Feuchtigkeit mit sich führt, ist es unbedingt nötig, dass sie davon befreit und vollständig getrocknet werde ehe sie weiter geht, denn sonst würde, bei der bald eintretenden niedrigen Temperatur, der Wasserdampf erstarren und folglich die Röhren der Maschine verstopfen. Hierauf gelangt das Gas in einen Luftkühlapparat. Das spiralförmig gewundene Rohr, welches es herbeiführt, ist in ein weiteres Rohr geschoben. Dieses ist in entgegengesetzter Richtung von kalter Luft durchströmt, welche den Weg durch die ganze Maschine zurückgelegt hat und auf dem Rückgange begriffen ist, um bald wieder in den Kompressionsapparat einzutreten. Endlich tritt die Luft in den wichtigsten Teil der Maschine ein, in den sogenannten Gegenstromapparat. Er besteht aus drei spiralförmig gewundenen u. ineinanderliegenden Kupferrohren. Der Einfachheit halber soll der Verlauf so dargestellt werden, als ob die Spirale nur aus zwei Rohren bestände. Das innere Rohr ist durchzogen von der Luft, welche aus dem Kompressionsapparate kommt. Am unteren Ende strömt sie durch ein Drosselventil in ein Sammelgefäss aus, wobei sie sich, wie vorhin bemerkt, abkühlt. Von hier aus tritt diese abgekühlte Luft den Rückgang an; sie durchzieht das äussere Rohr, aber in entgegengesetzter Richtung, wie die eben zugeführte Luft. Da sie kälter ist, entzieht sie der ankommenden Luft Wärme und diese kühlt sich folglich ab, um bald darauf durch Ausströmen noch eine tiefere Temperatur anzunehmen. Die abgehende Luft dient, da sie ihre Kältewirkung nicht vollständig verloren hat, weiterhin zur Abkühlung, wie wir

gesehen, und beginnt alsdann von neuem den Kreislauf. Im Gegenstromapparate wird demnach kontinuierlich die herankommende Luft durch die eben ausgeströmte abgekühlt. Bei der Fortsetzung des Verfahrens sinkt die Temperatur immer tiefer; die kritische Temperatur wird erreicht und überschritten: die Verflüssigung beginnt und im Sammelgefäss sammelt sich die flüssige Luft an. Sie stellt eine leicht bewegliche, durch feste Kohlensäure schwach getrübte und erst nach dem Filtrieren klare, hellblaue Flüssigkeit dar, die wie bereits bemerkt, bei — 191° siedet. Sie ist reicher an Sauerstoff als die gewöhnliche Luft, da Stickstoff schneller als Sauerstoff verdampft. Was die grossen Vorteile der Luftverflüssigungsmaschine von Linde ausmacht, ist, dass sie gestattet, in beliebigen Mengen Luft zu verflüssigen, ohne Anwendung der kostbaren und schwer zu handhabenden Kühlmittel; nur Kraft ist erforderlich.

Der Hauptsache nach besteht die atmosphärische Luft aus etwa 4 Teilen Stickstoff und 1 Teil Sauerstoff. Als weitere Bestandteile kommen in Betracht wechselnde Mengen an Wasserdampf und geringe Mengen an Kohlensäure, ferner Spuren anderer Gase, zu denen, wie die letzten Jahre gezeigt haben, auch der Wasserstoff zu rechnen ist und unter welchen besonders Salpetersäure, Ammoniak und Ozon hervortreten, Staubteilchen und Mikroorganismen. Im Jahre 1894 teilten zwei Engländer, Rayleigh und Ramsay, der wissenschaftlichen Welt mit, dass sie in der Luft ein bisher unbekanntes Gas entdeckt hätten: das Argon. Das Jahr 1895 brachte die Auffindung eines neuen Luftbestandteils durch Ramsay; es ist das Helium. Diese beiden Gase sind nur in sehr geringen Mengen in der Luft vorhanden und es liess sich erwarten, dass mit ihnen die Reihe der sogenannten Edelgase nicht abgeschlossen sei. Nachdem nun die Verflüssigung der Luft in grossem Massstabe und ihre Aufbewahrung geglückt waren, vermochte Ramsay seine Studien fortzusetzen. Da flüssige Luft in kondensiertem Zustande ist, war es leichter möglich, in ihr Spuren noch nicht bekannter Gase aufzudecken als in der gasförmigen. Ramsay stützte sich auf ein Verfahren, welches in der Industrie zur Verwendung kommt, um ein flüssiges Gemisch in seine Bestandteile zu trennen: auf die fraktionierte Destillation. Er liess flüssige Luft nach und nach wegkochen und untersuchte die leichter und die schwerer flüchtigen Anteile, wobei es ihm gelang, die Gegenwart neuer, bisher ungeahnter Gase nachzuweisen. Es sind: das Neon, welches in den niedrig siedenden Anteilen aufgefunden wurde, das Krypton und das

Xenon, welche beide in den schwerer flüchtigen Anteilen anzutreffen sind. Wären diese 5 Gase, Xenon, Krypton, Argon, Neon und Helium zu der Zeit Faradays bekannt gewesen, so wären sie zweifellos zu den sogenannten permanenten Gasen gezählt worden. Ihre kritischen Punkte und Siedepunkte liegen sehr tief. So siedet das Xenon bei — 109°, Krypton bei — 152°, Argon bei — 187°, Neon bei — 239° und Helium tiefer als — 264°. Was die Verflüssigung dieses letzten Gases betrifft, so konnte sie bis heute nicht bewerkstelligt werden, so dass es jetzt noch ein permanentes Gas bildet.

Zu den Gasen, deren Entdeckung den letzten Jahrzehnten des vergangenen Jahrhunderts angehört, ist auch das Fluor zu rechnen, welches 1886 von Moissan in Paris isoliert wurde und das sich durch starke chemische Reaktionen auszeichnet. Lange vorausgeahnt war die Darstellung eines solchen Körpers, aber die Geburtswehen waren äusserst heftig; endlich jedoch, im Jahre 1886 erblickte das Fluor als Gas das Licht der Welt. Seine Verflüssigung fällt viel später, in das Jahr 1897. Zwei Spezialisten vereinigten ihre Arbeitskraft und Sachkenntnis, Moissan, Spezialist in der chemischen Praxis des Fluors, und Dewar, der bedeutendste Kältetechniker der Jetztzeit. Flüssiges Fluor bildet eine klare, leicht bewegliche Flüssigkeit von gelber Farbe, die bei — 187° unter dem atmosphärischen Drucke siedet.

(Schluss folgt.)

Kurzer Bericht

über den

I. internat. Schulhygiene-Kongress,

Nürnberg, April 1904

von Dr. Ernest FELTGEN.

(Fortsetzung.)

Dr. Sickinger-Mannheim sprach über die *Organisation grosser Volksschulkörper nach der natürlichen Leistungsfähigkeit der Kinder*. Redner möchte die Schulkinder nicht nur auf ihre körperliche, sondern auch auf ihre geistige Arbeitsleistung geprüft wissen, um eine *Auslese* unter denselben vornehmen