klassischen Malarialande unter den europäischen Reichen, an der tyrrhenischen Küste in Menge breitblättrige Gewächse (Encalyptus) gepflanzt, welche durch ihre grosse Wasserverdunstung den Sumpf trockneten und so einerseits der Anophelesbrut die Lebensbedingungen entzogen, andererseits trockenen, fruchtbaren Boden gewinnen liessen. Ist der Sumpf nicht ohne grosse Schwierigkeit trocken zu legen, so kann man das Wasser mit Giftstoffen versetzen (Malachitgrün), oder durch eine aufgegossene Ölschicht (Petroleum) von der Atmosphäre abtrennen: kommt die Larve zur Atmung an die Oberfläche, so erstickt sie an dem Öle; beides lässt sich aber wohl kaum in grosser Ausdehnung bewerkstelligen. Bei uns ist das Wechselfieber von ebenso geringer Gefährlichkeit wie die Schlafkrankheit: die Mücke fehlt bei uns, weil die Sümpfe, die ihre Larve benötigt, 20 ° Wärme haben müssen, und weil überdies sich wenig Sümpfe mehr vorfinden.

In den Tropen ist, neben der Malaria, ein anderes Insekt nicht wenig gefürchtet, die Stegomyia fasciata, welche in Südamerika, besonders an der brasilianischen Küste, die als Black, Vomito negro, Coup de barre u. a. m. bezeichnete Krankheit hervorruft. In Rio de Janeiro z. B., wo die Infektion in grosser Häufigkeit auftritt, entgehen die besser Situirten der Gefahr, indem sie in dem seuchefreien Petropolis Wohnung nehmen. Bei Tage ist nämlich keine Gefahr, das Insekt fliegt nur abends. Die Wechselverhältnisse zwischen Vomito negro und Stegomyia sind wohl bekannt, unbekannt ist aber noch der übertragene Parasit, er geht durch die Filter, da er viel kleiner ist als der der Malaria.

Nächste Sitzung am 21. Mai 1905.

*Bricher.*



# Das Gebiet der tiefen Temperaturen.

## Vortrag

von Dr. rer. nat. Eug. BISENIUS.

(Fortsetzung.)

Im Jahre 1845 war die Möglichkeit der Verflüssigung der meisten bis dahin bekannten Gase zur Tatsache geworden. Fast alle konnten sie in den flüssigen Zustand übergeführt werden, und nur wenige bildeten eine Ausnahme; es sind dies: Methan, auch Grubengas oder Sumpfgas genannt, Stickoxyd, Sauerstoff, Kohlenoxyd, Stickstoff und Wasserstoff.

Lange Zeit hindurch war man der Meinung, die Ver-

flüssigung jener sechs Gase sei überhaupt nicht zu erreichen und infolgedessen wurden sie als permanente, d. h. als beständige oder nicht verdichtbare Gase bezeichnet, im Gegensatze zu den übrigen, zu den sogenannten koërzibeln, d. h. bezwingbaren oder verdichtbaren Gasen, wo der betreffende Übergang verwirklicht worden war. Doch es war ein Irrtum, dem man sich hingegeben hatte, und der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts war es vorbehalten, die Verflüssigung jener widerspenstigen Gase zu erleben.

Faraday, wie bereits angegeben, rückte ihnen vergebens zu Leibe, obgleich das von ihm erreichte Temperaturminimum unter —100° lag und obwohl er Drucke bis zu 50 Atmosphären anwandte.

Nicht glücklicher war Natterer, dessen Versuche Anfang der fünfziger Jahre die Gewissheit brachten, dass auch mit dem gewaltigen Drucke von über 3000 Atmosphären jenen Unüberwindlichen nicht beizukommen sei.

Auch Andrews, welcher 1869 von neuem gegen die permanenten Gase heranzog, konnte nichts gegen sie ausrichten, und doch benutzte er als Kältemittel ein Bad fester Kohlensäure, welche unter geringem Drucke verdampfte und viel höhere Drucke als Faraday.

Wenn auch die Angriffe dieses Forschers scheiterten, so sind doch dessen Untersuchungen von weittragender Bedeutung für die spätere Zeit geworden, insofern er den Weg bahnte, welcher die glücklicheren Nachfolger zum Siege führen sollte. Bei seinen Arbeiten machte er nämlich die Entdeckung, dass der Temperatur ein entscheidender Einfluss bei der Verflüssigung der Gase zukomme. Er fand, dass über 31° die Verflüssigung der Kohlensäure unter keiner Bedingung zu bewerkstelligen sei, einen wie hohen Wert auch der angewandte Druck habe, und bald wies er nach, dass zu jedem Körper eine solche Temperatur gehöre, welche konstant, aber bei jeder Substanz verschieden sei. Diese Temperatur, oberhalb welcher es einfach unmöglich ist, irgend ein Gas in den flüssigen Zustand überzuführen, nannte er die kritische Temperatur oder den kritischen Punkt des Gases. Den kleinsten Druck, welchen man bei der kritischen Temperatur anwenden muss, bezeichnete er als kritischen Druck. Er ist gleich der Dampfspannung der Flüssigkeit bei jener Temperatur. Die Verflüssigung eines Gases ist demnach nur unter der Bedingung zu erreichen, dass das Gas unter seine kritische Temperatur abgekühlt und der Druck entsprechend gross gemacht werde. Je tiefer die Temperatur ist, desto geringere

Drucke sind natürlich erfordert. Kritische Temperatur und kritischer Druck wurden von der hervorragendsten Bedeutung für die zukünftige Forschung.

Infolge dieser wichtigen Resultate kam man zur Einsicht, weshalb die sogenannten permanenten Gase jeder Versuchsanordnung bisher Trotz geboten hatten; man hatte sie eben nicht einer genügend tiefen Temperatur ausgesetzt. Der einzuschlagende Weg, welcher zum Ziele führen sollte, war gezeigt, und nach mehr als dreissigjährigem Stillstande krönte der Erfolg die Bemühungen und Anstrengungen der Forscher, die sich Andrews' Arbeiten zu eigen gemacht hatten. Es handelte sich nicht so sehr darum, hohe Drucke herzustellen, als tiefe Kältegrade zu erzielen. Die siebziger Jahre des verflossenen Jahrhunderts leiteten eine neue Periode der Kälteforschung ein.

Im Jahre 1877 besiegelten Pictets Versuche in Genf und diejenigen Cailletets in Paris fast gleichzeitig das Schicksal der vermeintlich permanenten Gase. Das Los ihrer Vorgänger mussten sie teilen.

Pictet verband hohe Drucke mit bisher unerreichten tiefen Temperaturen. Lehnen wir unsere Betrachtung an den Sauerstoff an. Das in einer starken eisernen Retorte durch Erhitzen von Kaliumchlorat gewonnene Gas wurde in einer mit dem Entwicklungsgefäss verbundenen starkwandigen Kupferröhre durch eigenen Druck auf 450—500 Atmosphären zusammengepresst und durch eine umständliche Versuchsanordnung einer äusserst tiefen Temperatur ausgesetzt. Als Kühlmittel diente flüssige, unter der Luftpumpe siedende Kohlensäure, die ihrerseits durch flüssiges, im Vakuum zum Verdampfen gebrachtes Schwefeldioxyd stark abgekühlt und folglich in genügenden Mengen im flüssigen Zustande gehalten werden konnte. Auf diese Weise gelang es Pictet, infolge beschleunigter Verdunstung, Temperaturen von —130° zu erhalten. Als er nach beendeter Operation einen Hahn an der Kupferröhre öffnete, entwich ein undurchsichtiger Flüssigkeitsstrahl von bläulicher Farbe; es war nichts anders als der verflüssigte Sauerstoff.

Cailletet wandte ein bisher in der Kältetechnik noch nicht benutztes Prinzip an. Die zwei Methoden der Kälteerzeugung, mit denen wir bis jetzt Bekanntschaft gemacht haben, die Auflösung fester Körper, welche als Schmelzung betrachtet wurde und die Verdampfung von Flüssigkeiten, beruhen auf der Wärmeabsorption, die zur Leistung von innerer Arbeit in Anspruch genommen wird. Die Wärme

wird eben verbraucht beim Übergang des Stoffes aus dem festen in den flüssigen, respectiv aus dem flüssigen in den gasförmigen Formzustand. Cailletet hingegen bediente sich zur Abkühlung der sehr bedeutenden Wärmeabsorption, welche bei plötzlicher Ausdehnung der Gase auftritt, da sie alsdann äussere Arbeit gegen den atmosphärischen Druck zu leisten haben. Den in einer engen, dickwandigen Glasröhre mittelst der Druckpumpe zusammengepressten Sauerstoff kühlte er zuvörderst durch flüssigen Schwefeldioxyd ab und brachte ihn alsdann auf einen Druck von 300 Atmosphären. Hierauf öffnete er rasch einen Hahn und liess so einen Teil des Gases, ohne Wärmeaustausch mit der Umgebung, in die Luft ausströmen. Bei dieser plötzlichen Druckbefreiung war in der Röhre ein deutlicher Nebel zu bemerken; der Sauerstoff hatte demnach aufgehört, durchsichtig, d. h. gasförmig zu sein, er musste sich folglich verflüssigt haben. Der Nebel bestand aus kleinen Tröpfchen flüssigen Sauerstoffs.

Der Sprung war getan. Nichts stand der Verflüssigung der sog. permanenten Gase mehr im Wege. Doch die Flüssigkeit konnte nur in geringen Mengen erhalten werden und sie hatte keinen Bestand. Sie bildete sich unter dem Auge der Gasbändiger, um sogleich wieder den ruheloseren gasförmigen Zustand anzunehmen. Pictet und Cailletet war es beschieden gewesen, nach Andrews' grundlegenden Arbeiten den Stein wieder ins Rollen gebracht zu haben, und ein beträchtliches Stück Weges war zurückgelegt worden. Doch ein weiterer Fortschritt blieb zu machen. Vor Pictet waren die sog. permanenten Gase nur als rasch vorübergehende Flüssigkeiten aufgetreten und vor Cailletet sogar nur als Nebel. Die Aufgabe war nicht vollständig gelöst. Es musste sich darum handeln, jene Gase im Banne des unfreiwillig angenommenen Zustandes zu erhalten; der Nebel sollte zur Flüssigkeitswolke verdichtet werden. Es musste das Bestreben darauf gerichtet sein, dauernd zu beobachtende Flüssigkeiten im statischen Zustande zu erlangen, und zwar in genügend grossen Mengen, um sie praktisch verwerten zu können, speziell im Hinblick auf die Verfolgung der Bahn zum absoluten Nullpunkte.

(Fortsetzung folgt.)

