

OVER DE VERTRAGINGEN
IN HET
SMELT-, VRIES- EN KOOKPUNT DER LIGCHAMEN,
MET DE
DAARUIT VOORTVLOEIJENDE BELANGRIJKE VER-
SCHIJNSELS EN TOEPASSINGEN;
DOOR
D'. VAN DEN BROEK.

Zoo als bekend is, treft men de stoffen in de natuur aan in drie verschillende moleculaire of dusgenaamde aggregatie-toestanden: als vast ligchaam, als vocht en als lucht. Dat dezelfde stof beurtelings in een dezer drie toestanden kan voorkomen, en van den eenen in den anderen kan overgaan, weet ook iedereen; want dit is ons onder zoo vele andere stoffen op eene groote schaal door het water geleerd, over welks vast en glinsterend spiegelvlak men zich dan eens op schaatsen voort beweegt, terwijl het een andermaal als damp, d. i. als luchtvormige stoom; zelf het middel is om ons met groote snelheid door zijne eigene baren voort te drijven, of met den spoortrein in korten tijd verbazende afstanden te doen doorloopen. En eindelijk is het ook voor niemand een geheim, dat dit alles afhankelijk is van de mindere of meerdere hoeveelheid warmte, die aangevoerd of onttrokken wordt; dat zij het alleen is, die de vaste stoffen doet smelten en de vochten doet verdampen en koken ¹⁾, benevens dat het kouder worden den

¹⁾ In het gewone leven noemt men alles damp, hetgeen de lucht benevelt, zoo als de mist, de damp boven weiden en sloten, de dampzuilen uit onze theeketels en lokomotieven, de kolendamp, veendamp enz. De natuurkundige daarentegen noemt damp de luchtvormige toestand van ieder ligchaam, hetwelk bij de gewone temperatuur en veeltijds ook bij nog hoogere tegelijk als een vocht bestaat, zoo als water-, alkohol-, etherdamp enz. Als zoodanig komen de dampen in al hunne

damp weer tot den toestand van vocht doet gecondenseerd of verdigt worden¹⁾, en dit ten slotte op nieuw doet bevriezen of tot den vasten toestand doet terugkeeren.

Verder is nog tamelijk algemeen bekend, dat deze overgang van den eenen aggregatie-toestand in den anderen voor ieder ligchaam plaats heeft op eene bepaalde temperatuur, en alle stoffen een dusgenaamd eigen smeltpunt en kookpunt hebben; maar het zij mij vergund de veronderstellingen aangaande de meer algemeene bekendheid met hetgeen het onderzoek dezer overgangen ons heeft geleerd hierbij te laten berusten, en hier eene korte schets te laten volgen van de voornaamste feiten, die daaromtrent in de wetenschap staan opgeteekend.

Bij het smelten door de warmte en omgekeerd het weder vast worden of bevriezen door afkoeling, heeft men als hoofdwetten algemeen aangenomen:

physische eigenschappen geheel met de dampkringslucht en andere luchten of gassen overeen, oefenen zij eveneens eene drukking of spanning naar alle zijden uit, zijn zij even onzichtbaar wanneer zij kleurloos, en alleen zichtbaar, doch insgelijks geheel doorzigtig, wanneer zij gekleurd zijn, zoo als dit ook met chloorgas en enkele andere luchten het geval is. In den gewonen waterdamp en den mist is het water daarentegen niet luchtvormig, maar door afkoeling tot den toestand van vocht gecondenseerd; en vormt volgens sommigen mikroskopisch kleine blaasjes, zoo als zeepbellen in het groot, volgens anderen dropjes, die in den dampkring zweven. Hieraan geeft hij den meer passenden naam van nevel; terwijl hij het rook noemt, ingeval het vaste zwevende deeltjes zijn, zoo als bij den kolen- en veenrook. Was een stoomketel van glas, dan zou men daarin boven het water niets bespeuren, omdat de stoom eene geheel onzichtbare lucht is. Laat men hem daarentegen, door de veiligheidsklep te openen, in de koudere buitenlucht uitstroomen, dan wordt een groot gedeelte daarin tot nevel gecondenseerd, en deze stelt den zichtbaren stoomstraal daar.

¹⁾ Behalve door afkoeling wordt een damp ook tot een vocht gecondenseerd door zamendrukking; terwijl deze daarentegen niet in staat is een vocht tot den vasten toestand te doen overgaan. Deze omstandigheid, benevens dat de dampen ook door afkoeling weer vochten worden, stelde vroeger het verschil tusschen dampen en de eigenlijke luchten of gassen daar, die men niet in den vocht- of vasten toestand kende. Later heeft men echter geleerd door veel sterker afkoeling en aanzienlijker drukking ook het grootst aantal gassen tot vechten en zelfs tot vaste stoffen te condenseren, zoodat er tegenwoordig slechts 5 zijn overgebleven, te weten zuurstof, stikstof, waterstof, kooloxyde en stikstofoxydegas, bij welke dit nog niet verkregen is, en die men daarom blijvende of permanente gassen noemt. Hierdoor is het verschil tusschen dampen en luchten een ander geworden, en zijn dampen de luchtvormige stoffen, die reeds door veel geringer, luchten daarentegen diegene, welke of alleen door veel aanzienlijker afkoeling en drukking — of tot heden in het geheel niet gecondenseerd kunnen worden.

1°. dat ieder ligchaam smelt op eene bepaalde temperatuur, die immer dezelfde is;

2°. dat, wanneer het smelten eenmaal is aangevangen, de temperatuur niet stijgt zoo lang er nog gesmolten wordt, hoeveel warmte er ook wordt aangevoerd;

3°. dat ieder ligchaam weder vast wordt (bevriest) op dezelfde temperatuur, waarop het smelt; dat smelt- en vriespunt derhalve gelijk zijn, en

4°. dat zoo lang het vast worden duurt, de temperatuur niet daalt, hoeveel warmte er ook onttrokken wordt.

Bij het koken is aangenomen:

1°. dat ieder vocht aan de open lucht op eene bepaalde temperatuur kookt, die insgelijks immer dezelfde is;

2°. dat zoo lang het koken duurt de temperatuur niet stijgt, hoeveel warmte er weder wordt aangevoerd.

Van deze verschillende hoofdwetten zal ik mij in dit opstel enkel met die van het vaste smelt- en vriespunt, benevens die van het vaste kookpunt bezig houden. Terwijl namelijk de wet van de onveranderlijkheid der temperatuur, zoo lang het smelten, bevrozen en koken duurt, door latere onderzoekingen steeds bevestigd en gebleken is onvoorwaardelijk te kunnen worden vastgesteld, is dit met die der bepaalde temperaturen waarop de overgangen geschieden niet het geval geweest, heeft men meer en meer leeren inzien, dat de omstandigheden, waarin de lichamen bij het verwarmen en afkoelen verkeerden, hierop invloed uitoefenen, en heeft het voortgezet onderzoek steeds meer omstandigheden van dien aard aan het licht doen komen. Tevens is de waarde dezer invloeden, waaraan men tot nog slechts korten tijd geleden niet veel gewigt hechtte, in den laatsten tijd eensklaps in reusachtige verhouding gestegen, aangezien het door het onderzoek hoogstwaarschijnlijk is geworden, dat zij het juist zijn, waardoor in sommige gevallen de geweldigste verschijnsels en grootste rampen kunnen worden voortgebracht. Vooral ook om deze laatste reden is het niet overbodig, dat het publiek meer algemeen kennis neemt van hetgeen men daarvan tot heden is te weten gekomen; in de uiteenzetting die volgt is het mijn doel geweest ook het mijne daartoe zoo veel mogelijk bij te dragen.

Van de drie vermelde vaste punten zal ik het kortst kunnen stil staan bij het smeltpunt, aangezien er (afgezien van den invloed der dimorphie, of van den amorphen of gekristalliseerden toestand) tot heden slechts

ééne bijzondere omstandigheid is ontdekt, die daarop invloed uitoefent. Deze bestaat in de drukking, waaronder zich de lichamen bevinden. Voor diegene, welke zich bij het vast worden uitzetten, zoo als dit het geval is bij het bevrozen van het water, daalt het smeltpunt naarmate de drukking toeneemt, terwijl het omgekeerd rijst bij andere, die bij het vast worden inkrimpen.

De kennis van dezen invloed der drukking is geheel van de laatste jaren; wij zijn haar verschuldigd aan den Engelschen natuurkundige J. THOMSON, die hem reeds vooraf uit de theorie der omzetting van de warmte in mechanischen arbeid had voorspeld. Ingevolge zijne proeven daalt het smeltpunt van het ijs ruim $\frac{1}{10}$ (0,129) graad Celsius bij eene drukking van 16,8 atmosferen. Door de aanwending eener verbaazende drukking, op ruim 13000 atmosferen geschat, heeft MOUSSON het smeltpunt van het ijs doen dalen tot 18 graden onder nul, dat is onder den warmtegraad, die het smeltpunt bij de gewone drukking is. Het rijzen van het smeltpunt door de drukking bij de stoffen, die bij het vast worden inkrimpen, is door BUNSEN bij de *spermaceti* en de *paraffine* aangetoond.

Vóórdát deze invloed was bekend geworden, en terwijl ten aanzien van het vries- en kookpunt reeds lang was bewezen, dat deze niet onvoorwaardelijk vast en onafhankelijk van omstandigheden waren, meende men dit laatste derhalve integendeel voor het smeltpunt geheel te mogen aannemen. Hierop was onder anderen het voorschrift gegrond om bij de vervaardiging der schaal van eenen thermometer het nulpunt te bepalen, door den bol te plaatsen in smeltend ijs, en niet in bevrozend water. Men gevoelt echter, dat voor deze en de meeste andere toepassingen, waarbij de stoffen onder de gewone drukking verkeeren, het smeltpunt nog even onvoorwaardelijk vast gebleven is.

Ten aanzien van het vriespunt is reeds een groot aantal jaren geleden aan FAHRENHEIT gebleken, dat het water tot zelfs op 12 graden onder nul vloeibaar kan blijven. De hiertoe vereischte omstandigheden zijn volkomen rust en afsluiting van de buitenlucht, hetzij dat het zich in een luchtdigt gesloten vat bevindt, hetzij dat het bedekt is door eene laag olie. De eerste voorwaarde onderstelt niet alleen, dat het vat niet in de minste beweging gerake, maar bovendien dat men de massa langzaam van onderen naar boven afkoele, ten einde geene stroomen in het water te doen ontstaan. Is het water luchtvrij, dan befrist het gemakkelijker

en is het dus veel moeilijker dit tot zooveel graden onder nul vloeibaar te houden.

Een dergelijk vloeibaar gebleven water bevriest oogenblikkelijk, wanneer men er het een of ander vast ligchaam, een metaaldraad, een stukje hout, doch vooral een stukje ijs, mede in aanraking brengt. Meestal geschiedt dit echter slechts gedeeltelijk, en zetten zich snel meer en meer ijs-kristalletjes om het ingebragte stukje aan. Hetzelfde is het geval, wanneer men door eenen schok het water in trillende beweging brengt, waarbij men de ijsnaaldjes snel ontstaan en in allerlei rigtingen door elkander ziet heenschieten. Bij dit bevrozen rijst een in het water geplaatste thermometer snel tot juist nul graden, het vriespunt onder de gewone omstandigheden, door het op nieuw ontstaan van de warmte, welke bij het smelten verdwijnt.

Dat lucht vrij water niet zoo gemakkelijk vloeibaar blijft, ziet men b. v. aan de bekende waterhamers, de aan de lamp toegeblazen glazen toestellen, waaruit men door koken van water de dampkringslucht heeft uitgedreven. Daalt namelijk in het kabinet van physische werktuigen, waarin zij stil aan den wand hangen, des winters de temperatuur slechts even onder nul, dan ontstaan er veeltijds dadelijk een groot aantal ijsnaaldjes in, op het oogenblik dat men ze aanvat en het water in beweging stelt.

Lost men het een of ander zout, zoo als keukenzout, salpeter, glauber- of wonderzout (zwavelzure soda) enz., in water op, dan kan men het, zoo als bekend is, daaruit laten kristalliseren, of door het water langzamerhand weder te laten verdampen, of door zooveel van het zout in heet water op te lossen als dit opnemen kan, door het dus met zout te verzadigen, en de oplossing vervolgens langzaam te laten bekoelen. Deze tweede methode steunt op de eigenschap van een groot aantal zouten om in grootere hoeveelheid op te lossen in heet dan in koud water; en bij het afkoelen zet zich derhalve hetgeen niet opgelost kan blijven weder in den vasten toestand af. Men kan de lagere temperatuur, waarop dit afzetten begint, weder een vriespunt noemen, en bovendien is het bevrozen van water insgelijks niets anders dan kristalliseren. Reeds lang is nu eveneens het merkwaardig feit bekend, dat bij een aantal zouten dit vast worden weder vertraagd wordt en dikwijls in het geheel niet geschiedt, en wel doorden invloed van omstandigheden, die in groote mate met de zoo even vermelde van het water zelve overeenkomen. Verreweg het sterkst vertoont zich het ver-

schijnsel bij het glauberzout. Maakt men hiervan in een glazen kolf eene verzadigde oplossing in kokend water en sluit men daarop de kolf luchtdigt (hetzij op hetzelfde oogenblik dat de waterdamp nog met geweld uitstroomt, zoodat tevens de dampkringslucht uit de kolf verwijderd is, hetzij door eerst de lamp onder de kolf weg te nemen, zoodat het koken reeds eenigen tijd heeft opgehouden, en er derhalve weder lucht in de kolf getreden is), dan blijft in dit later koud geworden vocht al het zout opgelost, en is het dus daarmede oververzadigd. Hetzelfde is evenwel ook het geval, wanneer men het vat met de oplossing, nog heet zijnde, eenvoudig met eene klok bedekt en daaronder laat bekoelen, wanneer men ze met eene laag olie bedekt, kortom wanneer slechts de buitenlucht niet kan toetreden.

Eene dergelijke oververzadigde oplossing van zwavelzure soda begint nu in het een of ander punt der oppervlakte dadelijk vast te worden, en dit strekt zich hiervan snel en straalsgewijs in alle rigtingen door het vocht uit, zoodra men de kolven opent of de klok wegneemt, en de buitenlucht dus kan toetreden. Bij eene kolf, die bovendien geene lucht bevat, geschiedt dit in hetzelfde oogenblik van het openen; was er daarentegen lucht in de kolf, dan laat het zich gewoonlijk één of meerdere sekonden wachten. Dit komt omdat bij de eerste de buitenlucht bij het openen met geweld naar binnen slaat en dus dadelijk de oppervlakte van het vocht bereikt. In een paar sekonden is nu de geheele vochtmassa vast geworden, zoodat bij omkeering der kolf er slechts eenige droppels vocht uitvloeijen, omdat het overige vocht allerwege tusschen den vasten kristallijnen koek die de kolf vult is ingesloten.

Een tweede punt van overeenkomst met enkel water, waarvan het bevriezen vertraagd is, is daarin gelegen, dat de zoutoplossing ook dadelijk vast gaat worden, wanneer men er het een of ander vast ligchaam inbrengt. Vooral heeft dezen invloed een kristalletje van zwavelzure soda zelve; hierbij mist het vast worden nimmer, daar waar het met dat van een ander zout of eene andere vaste stof soms niet dadelijk intreedt. Het spreekt van zelf, dat een in het vocht aanwezige thermometer bij het vast worden door de daarbij ontstaande warmte weder snel rijst, en ook op het aanvoelen met de hand zijn de kolven in korte oogenblikken laauwwarm geworden.

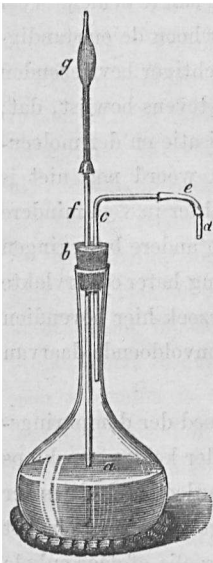
Een merkwaardig punt van verschil met enkel water bestaat daarentegen bij deze oververzadigde zoutoplossing hierin, dat zij volstrekt niet vast wordt door stooten of sterk schudden; voor het vloeibaar blijven is dan ook volstrekt niet de volkomen rust noodig, die het water behoeft. Ook het

meer lucht vrij zijn geeft hier geen sneller vast worden, zoo als bij het water wel het geval is. Het zout wordt derhalve niet vast dan door twee invloeden, ten eerste door de aanraking met de buitenlucht, en ten tweede met een van buiten ingebracht vast ligchaam. Is dit laatste reeds in het vocht aanwezig vóór het is afgekoeld, dan blijft dit later daarmede vloeibaar en heeft het dus zijn bevruezenden invloed verloren.

Men heeft de vertraging van het vriespunt in deze omstandigheden verklaard door de traagheid der moleculen, die in eenen toestand van wankelbaar evenwigt verkeerden, en eenen weerstand moeten overwinnen om de voor het kristalliseren noodige onderlinge rangschikking aan te nemen. Voor het water is deze verklaring tamelijk bevredigend, ofschoon de omstandigheid, dat de aanraking met een stukje ijs een veel krachtiger bevruezenden invloed uitoefent dan die met andere vaste lichamen, tevens bewijst, dat, even als voor zoo vele andere verschijnsels der kristallisatie en der moleculairwerkingen in het algemeen, ook hier het laatste woord nog niet is uitgesproken. Bij de zoutoplossingen bevredigt zij echter in veel mindere mate, omdat deze in de eerste plaats door trillingen en andere bewegingen in het geheel niet en daarentegen door enkele aanraking harer oppervlakte met de buitenlucht wel vast worden, terwijl het onderzoek hier bovendien nog andere feiten heeft aan het licht gebragt, die het onvoldoende daarvan nog duidelijker hebben aangetoond.

Vroeger heeft men namelijk vermeend, dat de invloed der dampkringslucht bestond in de drukking, die zij bij het openen der kolven eensklaps op de oppervlakte der zoutoplossing uitoefende, en waardoor de deeltjes der oppervlakte in beweging en digter bij elkander gebragt werden. Door het evenzeer vloeibaar blijven der oplossing onder eene laag olie of door enkele bedekking met eene klok, in welke beide gevallen zij de geheele drukking der dampkringlucht blijft ondervinden, is deze meening moeten vervallen, en toen vervangen door eene andere, waarbij men het verschijnsel toeschreef aan de verdamping van water van de oppervlakte, waardoor de zoutdeeltjes aldaar niet meer konden opgelost blijven. Ook deze verklaring heeft echter geen stand kunnen houden, want laat men de oplossing koud worden onder eene klok, waaronder zich tevens een sterk water aantrekkelijk ligchaam bevindt, b. v. eene hoeveelheid engelsch zwavelzuur, die de verdamping krachtig aanzet, dan beginnen zich na eenigen tijd uit het water wel kristallen op den bodem af te zetten, zoo als uit eene niet oververzadigde oplossing insgelijks het geval is, maar nimmer wordt het vocht

eensklaps door zijne geheele massa vast. Het heeft ons eenigen tijd lang aan alle mogelijke verklaring van dit verschijnsel ontbroken, totdat een nieuw onderzoek heeft doen zien, dat de in het vocht ingebragte vaste lichamen, welke de vastwording oogenblikkelijk bewerken, dit niet meer doen, wanneer zij zoo zorgvuldig mogelijk gereinigd en ontdaan zijn van hetgeen er zich uit de dampkringslucht op kan hebben neergezet, terwijl deze dampkringslucht zelve insgelijks onwerkzaam is geworden, wanneer men haar in het vocht laat komen, nadat zij vooraf door eene buis gevuld met boomwol is heengegaan. Het toestelletje, in fig. 1 afgebeeld, toont dit op



eene werkelijk treffende wijze aan. In de glazen kolf *a* bevindt zich eene koud geworden oververzadigde oplossing van glauberzout; door de goed luchtdicht sluitende kurk *b* gaat vooreerst het korte omgebogen glazen buisje *c*, gesloten door een massief glazen staafje *d*, hetwelk in het aan de buis *c* zittend caoutchouc buisje *e* gestoken is. Door de kurk gaat bovendien de lange regte glazen buis *f*, die nagenoeg tot den bodem van de kolf in het vocht reikt, en waarop van boven het slechts korte buisje *g* is geplaatst, hetwelk met boomwol gevuld is. Zuigt men nu, na het glazen staafje te hebben weggenomen, met den mond aan het caoutchouc buisje, dan dringt de buitenlucht natuurlijk door de lange buis *e* naar binnen en stijgt in bellen door de oplossing op. Zoo lang er nu de boomwolbuis op staat, kan men zeer snel zuigen, zoodat er een stroom van bellen een willekeurig langen tijd doorgaat, zonder dat eenige vastwording zal geschieden; doch niet zoodra neemt men de

Fig. 1.

boomwolbuis weg, of reeds de eerstvolgende instroomende luchtbellen doen onmiddellijk de geheele massa verstijven.

De oplossing kan derhalve in vrije gemeenschap met de buitenlucht blijven verkeeren, ingeval er zich slechts eene laag boomwol tusschen bevindt; dit heeft nog eene veel eenvoudiger inrigting doen bedenken om alles vloeibaar te doen blijven, te weten vóór de afkoeling enkel eene prop boomwol in den hals der kolf te steken. Trekt men er dezen dan later uit, dan wordt het vocht dadelijk vast.

Dergelijke uitkomsten van het onderzoek hebben de oplossing van het vraagstuk niet gemakkelijker gemaakt, en tot heden is de werkelijke oor-

zaak van het eensklaps kristalliseren dan ook zelfs niet met eenige waarschijnlijkheid bekend. Hetgeen de omstandigheid, dat reeds vooraf in het vocht aanwezige vaste lichamen na de bekoeling onwerkzaam zijn geworden, reeds had doen vermoeden, namelijk dat deze niet door zich zelve werken, maar door iets hetwelk op hunne oppervlakte aanwezig is en bij de verhitting der lichamen verwijderd of onwerkzaam gemaakt wordt, bleek nu vooreerst werkelijk het geval te zijn. De volgende proeven toonen dit nog nader aan.

Hangt een metaaldraad aan eenen katoenen draad, die met eene prop boomwol is omgeven, slechts eenige oogenblikken in den hals van de kolf, terwijl het vocht nog kookt (waarbij de boomwolprop buiten op den hals van de kolf ligt), steekt men daarop den prop in den hals en laat het vocht bekoelen, terwijl de metaaldraad in den hals blijft hangen, dan kan men later door eene schuinsche helling van de kolf het vocht met dien draad in aanraken brengen zonder dat eenige vastwording intreedt. Ligt de metaaldraad slechts korten tijd weer in de buitenlucht, dan brengt hij in het vocht gestoken dadelijk weer vast worden voort. Verhit men een puntigen metaaldraad slechts eenige oogenblikken in eene spiritus-vlam en boort men hem daarop snel door de boomwol tot in de kolf, laat hem aldaar eenigen tijd zitten tot dat hij geheel koud is geworden en schuift hem vervolgens naar beneden tot hij in het vocht komt, dan brengt hij niet de minste vastwording voort. Brengt men hem door den boomwolprop naar binnen, zonder hem verhit te hebben, dan doet hij het daarentegen onmiddellijk verstijven.

Dat de doorgang of, gelijk men het te regt noemt, het filtreren der buitenlucht door boomwol deze buitenlucht insgelijks onwerkzaam maakt om het vocht te doen vast worden, bewijst in de tweede plaats, dat het insgelijks niet de aanraking met de luchtdeeltjes zelve is, die het verschijnsel voortbrengt, maar dat het andere en wel vaste deeltjes moeten zijn, welke in den dampkring zweven en daarmede medegevoerd door de boomwol teruggehouden worden, die dezen invloed uitoefenen. Welke deze vaste deeltjes zijn, is niet bekend, maar het is in hooge mate waarschijnlijk, dat zij tot het gewone stof of stuifsel van de lucht behooren, hetwelk er voortdurend in millioenen (en daaronder talrijke mikroskopisch kleine) deeltjes in zweeft; terwijl men bijna zou gaan vermoeden, dat het de zich daaronder bevindende organische deeltjes zijn, omdat de verwarming, zoo wel van de oppervlakte der vaste lichamen, als van enkele lucht zelve (door b. v.

een gedeelte der buis, waardoor de lucht in de kolf treedt te verhitten), onmiddellijk het vermogen om de vastwording voort te brengen wegneemt, en de anorganische deeltjes van het stuifsel door deze verwarming toch hoogst waarschijnlijk geene verandering ondergaan. In dit opzigt bestaat er eene even bevreemdende als volkomene overeenkomst tusschen de mid-delen om dit kristallisatie-vermogen der lucht weg te nemen, en diegene, waardoor zij hare eigenschap verliest om gisting, rotting en schimmelvor-ming te doen ontstaan; van welke verschijnselen het in onzen tijd meer en meer waarschijnlijk, ja men kan bijna zeggen bewezen is geworden, dat zij door de toetreding van in den dampkring zwevende en zich op en in de stoffen ontwikkelende kiemen van mikroskopisch klein plantardige en dierlijke levende organismen worden voortgebracht. Aangaande dit in de laatste jaren zoo veelvuldig behandeld vraagstuk zijn de lezers van het Album der Natuur genoegzaam op de hoogte gehouden, en ik behoef hierbij derhalve niet verder stil te staan. Deze overeenkomst brengt ons echter tot heden niet verder ten aanzien van de oorzaak van het kristallisatie-vermogen; want men kan toch moeilijk aannemen, dat het hier weder kiemen zijn, waarvan de impulsie tot het doen vast worden der opgeloste zoutdeeltjes uitgaat.

Ofschoon derhalve het vraagstuk van het eensklaps bevrozen van oververzadigde zoutoplossingen meer ingewikkeld en ons in zijne oorzaak en de wijze, waarop deze werkt, nog duisterder is dan het verschijnsel bij enkel water, komt het daarmede echter geheel hierin overeen, dat de ver-traging in het vriespunt en het later vast worden bij beide geheel berus-ten op toestanden van en werkingen tusschen de moleculen der ligcha-men, en dat het derhalve moleculaire werkingen en toestanden zijn, waardoor zulke aanzienlijke wijzigingen in de wet van het vaste algemeen aangenomen vriespunt worden voortgebracht.

Behalve in deze vermelde omstandigheden kan het water en andere vochten ook nog beneden hun gewoon vriespunt vloeibaar blijven, wan-neer zij bevat zijn in zeer fijne capillairbuizen; maar ten slotte nog in eenen anderen toestand, ingeval zij namelijk kleinere of grootere bol-letjes of bollen vormen, dus in den spheroidaalstaat verkeeren, en daarbij buiten aanraking zijn met eenig vast ligchaam. Reeds vroeger was bekend, dat zeer kleine waterdropjes (van minder dan $\frac{1}{4}$ mm. middellijn) onder het vriespunt vloeibaar kunnen blijven, wanneer zij het vlak waarop zij liggen niet bevochtigen. Ook van zwavel, phos-phorus en zelfs van gesmolten zilver was dit gebleken; en tevens dat zij

met de punt eener naald aangeraakt dadelijk bevroren. In het jaar 1861 heeft echter de hoogleeraar DUFOUT van Lausanne dit punt op grootere schaal onderzocht, daarbij gebruik makende van de even eenvoudige als vernuftige methode van den hoogleeraar PLATEAU van Gend, om vochten te onttrekken aan de werking der zwaartekracht zonder ze in aanraking te brengen met de vaste wanden van vaten, te weten hen te laten zweven in andere vochten van gelijk soortelijk gewigt, waarmede zij zich niet vermengen kunnen; b. v. olie in een mengsel van alcohol en water van ongeveer 12° van onzen pharmaceutischen areometer. Deze vochten vormen alsdan daarin zuivere bollen, die men willekeurig vergrooten kan. Op deze wijze heeft DUFOUT bollen van water van verschillende grootte tot op 12 , ja kleine bolletjes zelfs tot op 20 graden onder het vriespunt vloeibaar zien blijven zweven in een mengsel van ongeveer gelijke deelen amandelolie en petroleum, waarbij hij een weinig chloroform gevoegd had¹⁾. Deze waterbollen worden dan eens wel en dan eens niet vast door schokken of trillingen; evenzeer dikwijls niet door aanraking met glazen, veelvuldiger wel met ijzeren of koperen staven; maar zonder uitzondering volgt het bevroren altijd en dadelijk, ingeval men ze met een stukje ijs aanraakt. Bij den doorgang van een galvanischen stroom of het doorheen slaan der elektrischen vonk eener leidsche flesch, werden zij in het eerste geval niet, in het tweede slechts zelden vast; door de krachtiger vonken van den Rhumkorffschen inductor, door of zelfs naast de bollen overgaande, was dit laatste echter steeds het geval. DUFOUT schrijft, onzes inziens te regt, het bevroren niet regtstreeks toe aan den invloed der electriciteit, maar der bij de ontlading ontstaande mechanische schudding. Eindelijk wanneer men een bol van 3 tot 5 millim. middellijn met een anderen aanraakt, die bevroren is, dan wordt de eerste dadelijk vast. Is de temperatuur daarbij meer dan 6 à 7° onder nul, dan blijven de bollen van elkander afgescheiden of slechts in één punt in aanraking; doch is zij 3 à 4° , dan vloeit de aangeraakte bol gedeeltelijk over den vasten alvorens te bevroren en vormt daarop eene onregelmatige verhevenheid; en is zij 1 à 2° onder nul, dan spreidt hij er zich alvorens te bevroren als eene dunne laag geheel over uit. DUFOUT beschouwt deze

¹⁾ Men vindt deze proeven in het kort gerefereerd in het Wetenschappelijk Bijblad van de 10e aflevering 1863 van het Album der Natuur. Verder zie men het 10e deel van de *Bibliothèque Universelle de Genève*, *Archives des Sciences physiques et naturelles*, 1861.

verschijnsels te regt als gewigtige bijdragen om ons een iets helderder blik te doen slaan in het nog duister vraagstuk der hagelvorming, waarmede hij ze verder in eene uitvoerige uiteenzetting in verband brengt. Eene andere gewigtige toepassing heeft deze vertraging van het bevrozen in dien spheroidaaltoestand voor de verklaring van het nog kunnen bestaan van mist en nevel tot zelfs op 15° onder nul, ingeval deze uit hoogst kleine dropjes bestaan, want deze verkeereren natuurlijk geheel in het geval van de waterbolletjes in het mengsel van DUFOUT.

Bij een later onderzoek heeft DUFOUT gesmolten zwavel, phosphorus en naphtaline vloeibaar gehouden, de eerste en tweede in eene oplossing van chloorzink, en de derde in water. Terwijl de zwavel op circa 115° en de phosphorus op 44° smelten en in gewone omstandigheden ook weder vast worden, bleven hierbij zwavelbollen van 6 millim. middellijn tot 50° en kleinere tot zelfs 10 en 5° vloeibaar en werden door aanraking met vaste lichamen slechts zelden vast; zelfs aanraking met zwavel zelve deed ze niet geheel stollen. Zijn zij zoo laag mogelijk onder hun vriespunt afgekoeld, dan stollen zij dikwijls dadelijk in hun geheel, veranderen daarbij eensklaps van roodbruine doorzigtige bollen in licht gele ondoorzigtige, en vallen door de vermeerdering van het specifiek gewicht snel naar den bodem (even als omgekeerd waterbollen bij het eensklaps bevrozen door de grootere ligtheid van ijs snel naar de oppervlakte stijgen). Van phosphorus bleven tamelijk groote bollen nog bij 20°, en kleinere, van 0,5 tot 2 millim. middellijn, zelfs tot 0° vloeibaar. Ook deze werden door aanraking en zelfs sterke beweging met vaste lichamen meestal niet vast, altijd echter en dadelijk door aanraking met eene pijp phosphorus zelve. Van de naphtaline, die bij 79° vast wordt, bleven bolletjes van 1 à 1½ millim. middellijn nog tot 40° vloeibaar. Deze werden door aanraking met ieder ander vast ligchaam dadelijk vast ¹⁾.

Ziedaar derhalve al weder nieuwe oorzaken, die insgelijks geheel tot het moleculaire gebied behooren, waardoor op zulke merkwaardige wijze aanzienlijke vertragingen in het gewone vriespunt der vochten worden voortgebracht. Uit de mededeeling der invloeden, waardoor al dan niet vast worden tot stand komt, zal men gereedelijk inzien, dat ook hier de werkelijke oorzaak zoo wel van het vloeibaar blijven als van het eensklaps bevrozen nog nader aan het licht moet komen. Wel is waar kan men ver-

¹⁾ Zie *Bibliothèque universelle de Genève*, 11e deel, 1861.

moeden, dat de werking van de buitenste lagen der vochtmoleculen, die zoo als bekend is bij droppels en vochtbollen in een bijzonderen toestand van evenwigt verkeereren, hier niet zonder invloed op het langer vloeibaar blijven wezen zal, maar de schijnbare willekeur in het vast worden door de daartoe aāngewende middelen bewijst genoeg, dat wij ons tot heden bij dit vermoeden moeten bepalen.

Wij zijn thans gekomen tot het bespreken van het derde dusgenaamde vaste punt, dat, waarbij de ligchamen van den toestand van vocht in dien van damp overgaan, namelijk het kookpunt, zijnde, zoo als algemeen bekend is, bij water 100° C. (212° F. of 80° R.); bij watervrijen alkohol 79° C., bij ether 35° C., enz. In den aanvang hebben wij echter reeds aangemerkt, dat deze dan alleen de kokingstemperaturen dezer vochten zijn, ingeval zij geschiedt aan de open lucht; en hier is de invloed dezer laatste reeds lang beter bekend dan bij het bevrozen van zoutoplossingen, en weten wij, dat het de drukking is, welke de lucht op de oppervlakte van het vocht uitoefent. De dampbellen, die bij het koken van den bodem van het vat opstijgen, aan den vochtspiegel barsten en daarbij de lucht wegstooten, moeten hiertoe de noodige spankracht bezitten, en verkrijgen die bij ieder vocht op de temperatuur, welke algemeen als zijn kookpunt staat opgeteckend. Bevindt het vocht zich onder eene grootere drukking, zoo als in gesloten stoomketels, waaruit de damp niet kan ontsnappen en derhalve meer en meer op het vocht gaat drukken, dan is in overeenstemming hiermede het kookpunt van het water hooger, b. v. bij 2 atmosferen drukking van den stoom 121° C., bij 3 atmosferen 135°, enz. Wordt de drukking daarentegen minder dan ééne atmosfeer of de gewone drukking der dampkringslucht, dan daalt het kookpunt hand aan hand hiermede; de bekende proef van water van circa 60° C. onder den recipient der luchtpomp aan het koken te brengen door de lucht daarboven te verjlen, benevens die van eene glazen kolf waarin water kookt eensklaps luchtdigt te sluiten, en vervolgens met koud water te overgieten, waarbij het koken op nieuw hevig begint, omdat de boven het water zijnde damp door de koude grootendeels tot water gecondenseerd wordt en derhalve in drukking aanzienlijk vermindert, toonen dit voldoende aan. Op den Mont-blanc kookt het water reeds op 84 a 86°, op den St. Bernard op 92°,25; ja bij de beroemde proef van LESLIE, waarbij men water onder den recipient der

luchtpomp in het luchtledige door zijne eigene aanzienlijke verdamping doet bevrozen, terwijl men den waterdamp voortdurend door sterk zwavelzuur doet absorberen, stijgen tevens groote dampbellen naar de oppervlakte, en kookt dus strikt genomen het water op 0° , te gelijk dat het befrist. Bij het geheele kokingsverschijnsel ligt derhalve de door DALTON het eerst gevonden wet ten gronde, dat de spankracht van den damp, die zich bij koking ontwikkelt, gelijk is aan de drukking, die van buiten op het vocht wordt uitgeoefend.

Derhalve heeft men dan ook algemeen in de wetenschap reeds lang de wet gehuldigd, dat het kookpunt van ieder vocht in de eerste plaats van zijnen aard en ten tweede van de drukking afhankelijk is. Het is nu vooral op deze wet, dat men in het eerst kleinere, maar later aanzienlijke inbreuken heeft leeren kennen, die in den laatsten tijd een hoogst gewichtig karakter hebben aangenomen door de verschijnsels en gevolgen, welke daaruit naar alle waarschijnlijkheid voortvloeijen. Deze inbreuken zijn weder vertragingen in het kookpunt, even als wij die van het vriespunt besproken hebben; uithoofde van de laatstvermelde reden bieden zij een hoog belang aan, en het is dan ook het hoofddoel dezer beschouwingen geweest de geschiedenis dezer vertragingen mede te deelen en in hare toepassingen nader uiteen te zetten.

De kleinere inbreuken op de wet van het kookpunt, die men het eerst heeft opgemerkt, hebben betrekking op de stof, waaruit de vaten bestaan, vooral of het glazen of metalen vaten zijn. GAY-LUSSAC heeft het eerst opgemerkt, dat het kookpunt van water in den regel in glazen vaten iets en soms 1° hooger is dan in metalen, hetgeen hij toeschrijft aan de sterkere aankleving der vochtdeeltjes aan het glas. Bij sterk zwavelzuur is die aankleving nog veel grooter, waarom dit dan ook in glazen vaten bij het koken sterke stooten geeft, die zoo krachtig kunnen zijn, dat zij het vat kunnen verbrijzelen. Aangezien in dit geval de dampbellen aan den bodem zich slechts bij iets hoogere temperatuur dan het eigenlijk kookpunt kunnen verheffen, zoo worden zij vóór de losrukking van den wand grooter, hebben meer spankracht en brengen bij het eindelijk losgaan die steeds sterkere schokken voort. Platinadraden voorkomen dit stooten doordat de bellen zich daarvan weer met minder spankracht kunnen verheffen; zij zijn hiervoor door GAY-LUSSAC het eerst aangeraden, en sinds dien tijd dan ook bij het koken van sterk zwavelzuur en andere stootende vchten in gebruik. In glazen vaten, die van binnen met eene laag bedekt zijn, waaraan water

minder kleeft, zoo als zwavel, kookt het water daarentegen op 99°,7. Zijn de wanden der glazen vaten vooraf met sterk zwavelzuur behandeld, zoo als MARCET heeft aangegeven, die vermeent, dat daardoor de deeltjes stof, die aan het glas zitten en de ontwikkeling der dampbellen bevorderen, worden vernietigd en verwijderd, dan is de aankleving veel sterker, en heeft MARCET daardoor het kookpunt van water tot 105 en 106° kunnen vertragen, waarbij het koken met hevige stooten vergezeld ging. Door het inbrengen van deeltjes ijzervijzel of platinadraad werd het weder rustig en daalde het kookpunt tot 100°. Eene niet zoo groote vertraging heeft MAGNUS in eene platinaschaal verkregen, die hij vooraf met gesmolten potassa en daarna met sterk zwavelzuur gereinigd had. MAGNUS spreekt de meening uit, dat ingeval men het zoo ver kon brengen, dat een vocht den wand overal volkomen bevochtigde, het kookpunt nog veel aanmerkelijker vertraagd zou worden.

Deze waren de voornaamste vroeger bekende omstandigheden, waardoor het kookpunt van vochten werd vertraagd. Over het algemeen waren zij beperkt, werden zij als afwijkingen van weinig belang aangemerkt, en hadden zij behalve de vermelde stooten bij het koken geene aanleiding tot verklaring van andere eenigzins gewigtige verschijnsels gegeven.

In het jaar 1846, twee jaren na de laatstvermelde proeven van MAGNUS, heeft DONNY van Gend de uitkomsten van een onderzoek in het licht gegeven, waaruit bleek, dat onder bijzondere omstandigheden het kookpunt van water veel aanmerkelijker kon worden vertraagd dan tot dien tijd werd vermoed, en hierbij de waterdamp, wanneer het koken eindelijk intreedt, aanleiding geeft tot belangrijke nieuwe verschijnsels, waarop hij om hunne toepassing zeer de aandacht vestigde. Om bijzondere doeleinden het kwikzilver in den gewonen verklikker der luchtpomp door sterk zwavelzuur vervangen hebbende, en ondervindende, dat dit geene naauwkeurige aanwijzing kon geven zoo lang het lucht bevatte, maakte hij het vooraf zoo luchtvrij mogelijk; doch nu gaf de verklikker in het geheel niets meer aan, want het zwavelzuur wilde in den gesloten arm niet in het minst meer dalen, al pompte hij den recipient zoo luchtleedig als men dat met eene luchtpomp verkrijgen kan. Zelfs sterke schokken tegen de manometerbuis bragten volstrekt geene daling te weeg. De nadere overweging van dit vreemde verschijnsel en het daardoor ingeleid onderzoek bragten DONNY tot het besluit, dat de oorzaak gelegen was in de groote cohesie en adhesie aan den vaatwand, dat deze beide aanmerkelijk veel grooter zijn bij luchtvrije

vochten, dan wanneer deze hun gewoon luchtgehalte bevatten, en daardoor onder anderen b. v. in eene van boven gesloten buis in het luchtledige eene kolom zwavelzuur van meer dan 1,25 meter hoogte, zonder er uit te vallen, kan blijven staan. Deze uitkomsten leidden hem tot een nader onderzoek, met het doel om te zien, of de luchtvrĳe toestand niet eenigen invloed zou hebben op het kookpunt van het water. Om eene der door hem verrigte proeven nader te vermelden, kiezen wij de volgende. Hij vervaardigde

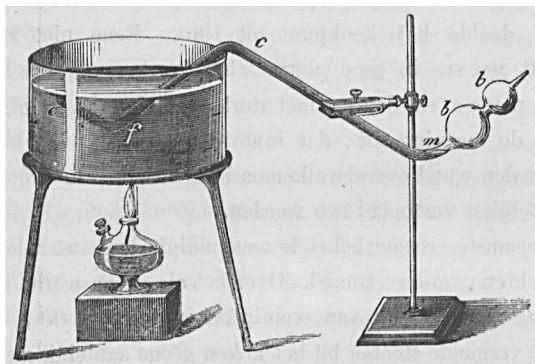


Fig. 2.

eene glazen buis, zoo als in fig. 2, vulde haar gedeeltelijk met water, maakte dit met de gheele buis zoo volkomen mogelijk luchtvrĳ, door eene betere methode dan tot dien tijd daarvoor in gebruik was geweest, en blies

haar daarop aan de lamp toe.

Hij had dus in dezen toestel een meer volkomen waterhamer, waarvan hij vervolgens het uiteinde *e f c* verhitte in eene geconcentreerde oplossing van chloorcalcium (een dusgenaamd chloorcalciumbad). Het water vulde dat uiteinde en stond verder in de buis tot bij *m*, terwijl de beide bolletjes *b b* aan het ander einde ledig waren. Hierbij steeg de temperatuur van het water tot circa 135° C. zonder een spoor van koken te vertoonen, er ontstond alstoen eensklaps in den arm *e f c* eene groote hoeveelheid damp te gelijk, die al het water met geweld hieruit en in de bollen *b b* wierp, zoodat hier aan eene werkelijke explosie in het klein kan gedacht worden. Zoo als bekend is, heeft de waterdamp of stoom, die zich bij 135° ontwikkelt, eene spankracht van 3 atmosferen; en diensvolgens vraagt DONNY, of wij uit het bovenvermeld verschijnsel niet het besluit kunnen trekken, dat de cohaesie der waterdeeltjes hier evenwigt hield met 3 atmosferen drukking, en derhalve in staat zou zijn eene kolom water van 30 meters hoogte in eenen manometer in het luchtledige op te houden?

De uitkomst van deze en meer andere overeenkomstige proefnemingen heeft DONNY tot het denkbeeld gebragt, dat de oorzaak, niet alleen van de

stooten bij het koken, maar, hetgeen van veel meer uitgebreid gewigt is, welligt ook van het exploderen en met een verschrikkelijk geweld uiteenslaan der stoomketels in fabrieken en op stoomschepen, waarvan zulk een tal van noodlottige gevallen staat opgeteekend, hoofdzakelijk in deze zoo aanzienlijk vermeerderde cohaesie van het water in den luchtarmen of luchtvrïjen toestand te zoeken is. Weldra kom ik op dit onderwerp nader terug; thans bepaal ik mij tot de vermelding, dat proeven in het klein, bij welke door de plotselinge aanzienlijke dampvorming na groote vertraging in het koken waterhamers met geweld verbrijzeld werden en luchtvrïj water ook uit een geheel open waterhamer door den damp eensklaps tot eene hoogte werd uitgeworpen, hem in deze meening zeer hebben versterkt. Als toepassing van dit een en ander vermeent hij dan ook, dat de in- en doorvoering van een luchtstroom in fijne belletjes door het water in stoomketels hoogstwaarschijnlijk wel het beste middel zal zijn om de zoo rampspoedige explosiën te voorkomen.

Ten slotte ontwikkelt DONNY in eene theoretische beschouwing nieuwe denkbeelden over de verdamping en koking der vochten, welke in het kort hierop neder komen. De vochten hebben van de eene zijde eene veel grootere cohaesie dan men tot hiertoe vermoedde, en van de andere eene sterke neiging om tot den toestand van damp over te gaan. De schijnbare tegenstrijdigheid dezer beide eigenschappen noopt hem als beginsel te stellen, dat die neiging om tot damp over te gaan zich veel gemakkelijker kan uiten op hunne vrïje oppervlakte (van welke dan ook bij alle temperaturen damp opstijgt) dan in het binnenste, alwaar zij in de groote cohaesie een belangrijken weêrstand ontmoet. Uit dien hoofde vermeent hij, dat het koken onder de gewone omstandigheden, waarbij de dampbelletjes altijd van een aantal geïsoleerde en nimmer van alle punten van den bodem opstijgen, zijne oorzaak vindt in de lucht, die in het vocht is opgelost. Deze wordt op den bodem in belletjes ontwikkeld, welke aan het vocht de vereischte vrïje oppervlakte aanbieden om tot damp te kunnen overgaan; hetgeen dan ook geschiedt, ingeval slechts de spanning van dien damp gelijk is aan diegene, waaraan de luchtbelletjes zijn blootgesteld. Alleen onder deze omstandigheden kookt dus een vocht op de temperatuur, waarop het damp kan ontwikkelen, wiens spankracht gelijk is aan de drukking boven het vocht.

Volgens DONNY komt derhalve alles neder op het al dan niet aanwezig zijn van lucht in het vocht. Ofschoon hij zich daaromtrent niet geheel

duidelijk verklaart, schijnt hij toch over te hellen tot het gevoelen, dat deze aanwezigheid een onmisbaar vereischte is om de dampvorming in het binnenste te kunnen doen plaats hebben, want hij zegt onder anderen: „*A mesure que l'on débarasse un liquide des gaz qu'il renferme, l'ébullition devient de plus en plus difficile; la température à laquelle elle se produit se montre de plus en plus élevée, et l'on ne peut prévoir ce qui arriverait, si l'on avait amené le liquide à l'état de pureté parfaite.*” Hieruit volgt mijns inziens, dat hij de cohaesie der vochtdeeltjes niet als een regtstreekschen hinderpaal tegen de dampvorming beschouwt, maar wel het gemis aan de vrije oppervlakte, waarop zich de damp zal vormen. Ik laat hier deze aanmerking daarom volgen, omdat latere onderzoekers hem onzes inziens ten onregte de eerstvermelde gevolgtrekking hebben toegeschreven.

De Engelsche natuurkundige GROVE, welke een paar jaren geleden insgelijks proeven over het koken van water heeft medegedeeld ¹⁾, deelt geheel in dit gevoelen van DONNY, en zegt, dat het kookpunt van volkomen luchtvrij water nog nooit door iemand is waargenomen, want dat dit niet te verkrijgen is.

In hetzelfde jaar, dat DUFOUR de door mij vermelde proeven heeft bekend gemaakt over de vertraging in het vriespunt van water en eenige andere vloeibare lichamen, ingeval zij als bollen in een ander vocht zweven, is van hem een daaropvolgend belangrijk onderzoek verschenen aangaande de vertraging in het kookpunt van water en andere vochten in denzelfden zwevenden spheroidaal-staat ²⁾.

Hierbij liet hij vooreerst waterdruppels vallen in eene met olie van 80 à 90° gevulde platinaschaal, welke druppels zich meestal zonder ineen te vloeijen aanzamelen op den bodem, van welke zij ook door eene dunne olielaag gescheiden blijven. Steeg nu de temperatuur hooger, dan begonnen zij bij 100° sterk naar boven gestooten te worden, doch later hield dit meer en meer op, en bij 145° lagen er nog een groot aantal veel kleinere dropjes (waarin de grobtere onder het opgestooten worden gescheiden waren) zeer rustig op den bodem. Raakt men deze met een metaaldraad en vooral met een stukje hout aan, dan gaan zij plotseling en met een groot geweld grootendeels tot damp over. Zoo lang een naar boven gestooten grotere druppel

¹⁾ Deze proeven zijn in het kort gerefereerd in het Wetenschappelijk Bijblad van het Album der Natuur, 9e aflevering, 1863.

²⁾ Insgelijks aangehaald in het Wetenschappelijk Bijblad van het Album der Natuur, 10e aflevering, 1863.

nog niet op den bodem terug is en dus vrij in het vocht zweeft, ziet men er nimmer eenig koken aan; doch raakt men hem onder het dalen even met een houtje aan, dan gaat hij eensklaps geweldig tot damp over.

In koperen en porceleinen schalen geschiedt hetzelfde. Ten tweede heeft DUFOUR waterbollen van zeer verschillende middellijn weder in een vocht van hetzelfde specifiek gewigt laten zweven, waartoe hem voor deze proeven een mengsel van lijn- of olijf- en kruidnagelolie het best gediend heeft. Wordt dit vocht met de zwevende waterbollen er in verwarmd, dan gaan zij alle zonder eenige verandering door 100° heen, en eerst bij 110° à 115° begint er nu en dan een damp te ontwikkelen, steeds echter doordat hij door de stroomen in het vocht in aanraking komt met den vaatwand, den bol van den thermometer of in het vocht zwevende vaste deeltjes. Al hetgeen vrij zweeft ontwikkelt niets geen damp, en zoo heeft hij eenmaal een bol van 18 millim. middellijn op 130°, andere van 10 à 12 millim. op 140°, kleinere van 5 à 6 millim. op 165°, en nog kleinere van 1 à 3 millim. tot op 178° stil zien blijven zweven. Derhalve op eene temperatuur, waarop de zich ontwikkelde damp 8 à 9 atmosferen spankracht heeft, en dus even veel malen de drukking der buitenlucht op de olie overtreft!

Bij aanraking met vaste ligchamen gaan al die zwevende bollen weder eensklaps gedeeltelijk in damp over, hetgeen natuurlijk met des te grooter geweld geschiedt, hoe hooger de temperatuur is.

Ziedaar derhalve weder zeer belangrijke bijdragen tot de vertraging van het kookpunt. Men kan het verschijnsel dadelijk gemakkelijk doen zien, door olijfolie in eene wijde reageerbuis of een bekeerglas tot 150 à 160° te verhitten, en daarin uit eene spons grootere en kleinere droppels water te laten vallen. Deze dalen zeer rustig tot den bodem; doch komen zij daartegen, dan worden zij eensklaps door eene groote dampbel heftig naar boven gestooten en verdeelen zich in vele kleinere, die meer en meer eenige oogeblikken blijven zweven. Men doet dan deze alle door ze met een houten staafje op te zoeken eensklaps tot damp overgaan; en gaat men met het staafje door de olie roeren, dan geraakt zij geheel vol stijgende dampbelletjes en komt er eene groote laag schuim op de oppervlakte.

In plaats van waterbollen in dit mengsel kan men ook spiritus van omstreeks 12° nemen en die in enkele olijfolie laten zweven. Hiermede als gemakkelijker te verkrijgen heb ik de bovenvermelde proeven van DUFOUR herhaald.

Men heeft getracht het verschijnsel der vertraging hier te verklaren door

de spanning naar binnen in de buitenste lagen der vochtbollen, die den damp belet zich te vormen. Welligt is dit de werkelijke oorzaak; maar vreemd is het, dat het water zijn gewoon luchtgehalte bevat, en deze hier geen koking te weeg brengt. DUFOUR zegt, dat hij, hoewel bij uitzondering, beneden en boven 100° luchtbelletjes in de bollen heeft zien opstijgen; derhalve oefenden deze hier den invloed niet uit, dien DONNY en GROVE hun bij de koking toeschrijven. Gaf DUFOUR deze enkele gevallen van luchtontwikkeling zelf niet aan, dan zou men kunnen vermoeden, dat ook deze even als de dampvorming door den bolvorm verhinderd werd. Nu moet daardoor de oorzaak der vertraging niet zijn kunnen overwonnen worden, of geïsoleerde luchtbelllen, die zich binnen in een vocht vormen, hebben niet den invloed van andere, die zich op eene vaste oppervlakte ontwikkelen. Dit laatste komt mij, uit verschijnsels, die nog vermeld moeten worden, eenigzins waarschijnlijk voor. DUFOUR is bovendien ten aanzien dezer luchttopstijging in zijne waterbollen niet zeer duidelijk; later zegt hij, dat dit punt nog nader moet worden onderzocht, en hij voor zich wel geneigd is te gelooven, dat de luchtontwikkeling evenzeer als die van den damp door den bolvorm belet wordt.

Verder heeft DUFOUR spheroiden van zoutoplossingen, tussehen gesmolten zwavel en stearinzuur in, in haar kookpunt vertraagd zien worden; bolletjes van chloroform (die anders op 60° kookt) in eene zeer geconcentreerde oplossing van chloorzink op 97 à 98° vloeibaar zien blijven; gecondenseerd zwaveligzuur (gewoon kookpunt 10° onder nul) in verdund zwavelzuur in bolletjes van verscheidene millim. middellijn op 6° en kleinere zelfs op 8° boven nul nog niet zien koken.

Wat aangaat de vaste lichamen, wier aanraking de bollen eensklaps tot koking brengt, van deze staan hout, katoen, papier, krijt, kristallen van zwavelzuur-koperoxyde, aluin, salpeter boven aan; metalen en glas schijnen minder actief te zijn, en DUFOUR heeft vooral platinadraden hun vermogen om de koking op te wekken zien verliezen bij temperaturen, die niet veel boven 100° waren, wanneer zij eenigen tijd in het vocht verbleven waren. Vooral poreuze stoffen doen het het sterkst, volgens hem gedeeltelijk door de in de poriën bevatte lucht.

Geleid door de meening, dat het de luchtlaag is, die steeds aan vaste oppervlakten kleeft, welke de koking doet ontstaan, heeft DUFOUR verder getracht enkel luchtbelletjes of waterdamp zelve in de bollen te doen dringen, door stroomen daarvan in de omringende vloeistof te doen opstijgen.

Hierbij heeft hij echter geen afdoend resultaat gekregen, omdat de luchtbelletjes zoo moeilijk of niet in de bollen indringen. Bij eene hiermede overeenkomende proef, waarbij ik in eene wijde reageerbuis op eene laag verdund zwavelzuur olijfolie van circa 160° bragt, daarop een stukje zink in het zwavelzuur deed glijden, en nu een groot aantal waterdropjes door de olie deed dalen, heb ik door de fijne stroompjes opstijgend waterstofgas ook nergens een droppeltje in koking zien geraken; doch of het gas er in drong, was ook hier moeilijk waar te nemen.

Het doorslaan eener elektrische vonk of de doorgang van eenen galvanischen stroom door den bol, waarbij dunne platinadraden als elektroden daartegen waren aangebragt, heeft steeds eensklaps hevige dampontwikkeling gegeven. Volgens DUFOUT is de hevige schudding en de vermoedelijke waterontleding in den bol (die niet wel waar te nemen was) hiervan waarschijnlijk meer de oorzaak dan de elektriciteit zelve. Meer zekerheid hebben hieromtrent andere proeven gegeven, bij welke hij water volgens de methode van MARCET in met sterk zwavelzuur gereinigde schalen, en beter nog volgens MAGNUS onder eene laag olie, boven het gewone kookpunt verhitte, in welk laatste geval hij 109° kon verkrijgen. Ook hier doet de aanraking met vaste lichamen de koking ontstaan; maar bovendien kon men hier beter de verschijnsels nagaan, die door de waterontleding door den galvanischen stroom werden voortgebragt. Van de oppervlakte van twee passief geworden platinadraden kwam dadelijk als de stroom doorging, te gelijk met het zuurstof- en waterstofgas, eene laag schuim van waterdamp en deed de gasontwikkeling dus onmiddellijk het water koken. Waren het twee koperdraden, dan volgde er enkel koking aan de negatieve elektrode, waar zich het waterstofgas ontwikkelt, terwijl de positieve koperdraad alsdan door het zuurstofgas geoxydeerd wordt.

Zoo weten wij derhalve thans, dat dezelfde spheroidaaltoestand, met geheele isolering van alle vaste oppervlakten, de vochten ver beneden hun gewoon vriespunt en boven hun kookpunt doet vloeibaar blijven, en deze beide punten daardoor onder anderen voor water van -20° tot $+178$, en derhalve nagenoeg tot het dubbele van hunne gewone grenzen uiteenwijken. En wat brengt nu dit alles voort? Natuurlijk moleculaire werkingen, maar welke deze zijn ligt nog grootendeels in het duister. Ook ten aanzien van den eigenlijken invloed der vaste lichamen, of zij door zich zelve werken of door de lucht op hunne oppervlakte, moet nog een uitgebreid en zorgvuldig onderzoek worden in het werk gesteld.

Wanneer wij een algemeenen blik terugwerpen op hetgeen tot hiertoe is uiteengezet, dan komen wij tot het besluit, dat de wet van het vaste vriespunt, benevens die van het kookpunt met eene spankracht van den damp gelijk aan de drukking op het vocht (wet van DALTON) slechts waar is voor vochten, die zich in een bepaalden gewoonlijk voorkomenden moleculairen toestand bevinden (zoo als de aanraking met vaste oppervlakten, die in hare gewone verhouding aan de dampkringslucht niet veranderd zijn, het niet verkeerren in den spheroidaaltoestand enz.); en daarentegen niet meer doorgaat, zoodra andere moleculaire invloeden dan de gewone in het spel zijn. In de tweede plaats is zeer merkwaardig de groote overeenkomst in de omstandigheden, waarin de vochten moeten geplaatst zijn, om zoo wel in hun vriespunt als in hun kookpunt vertraagd te worden. Ten derde is onze kennis van de eigenlijke moleculaire werkingen, waardoor de vertraging in al de gevallen, waarin zij zich vertoont, wordt voortgebragt, nog zeer gebrekkig en moet door verder onderzoek nog veel vermeerderd worden. DUFOUR treedt in eene uitvoerige beoordeeling van de meening van GAY-LUSSAC, MARCET, MAGNUS en anderen, dat de adhaesie aan den vaatwand, benevens die van dezelfde onderzoekers en bovendien vooral van DONNY, dat de cohaesie der vochtdeeltjes de oorzaken der vertragingen in het kookpunt daarstellen, en meent uit de resultaten van zijn onderzoek te mogen afleiden, dat al deze meeningen zeer te betwijfelen zijn. Onzes bedunkens is het evenwel de tijd nog niet om daaromtrent een beslissend oordeel te vellen, en moeten wij ons met de kennis, dat het in het algemeen moleculaire werkingen zijn, voorshands tevreden stellen.

Het gewigtigst voor de toepassing en de gevolgen, die daaruit allerswaarschijnlijkst voortvloeijen, en waarvan ik in den aanvang dezer verhandeling met een woord gewag maakte, is de vertraging van het kookpunt bij min of meer volledige afwezigheid van lucht in het water; waarom wij hierbij ten slotte nog eenige oogenblikken zullen stilstaan.

(’t Slot volgt.)