

DE EIGENSCHAPPEN VAN HET WATER IN ZIJN  
VERSCHILLENDE TOESTANDEN,  
VOORAL UIT EEN PHYSISCH OOGPUNT BESCHOUWD. <sup>1</sup>

DOOR

P. VAN DER BURG.

---

Het is van algemeene bekendheid, en het werd reeds voor meer dan 2000 jaren als waarheid verkondigd, maar later, helaas, wéér ontkend, dat alle lichamen uit zeer kleine deelen zijn samengesteld, aan welke de naam van moleculen is toegekend, en dat de wijze, waarop die moleculen aan elkander zijn verbonden of gegroepeerd, een groote verscheidenheid in den aard en het uitwendig aanzien der lichamen tot stand brengt. Wat dit laatste betreft, men vergelijkte b. v. de brood- of melissuiker met de kandijnsuiker en de taaie, kleverige suiker-

---

<sup>1</sup> In October 1875 zond ik onder dezen titel een opstel aan den heer Prof. P. HARTING, toen met de correspondentie belast. De heer HARTING was beleefd genoeg, mij te berichten, dat er een tamelijk omvangrijk stuk van den heer KRECKE over het water werd gedrukt, maar dat hem bij de lezing van het mijne was gebleken, dat beide opstellen toch genoeg verschilden, om ook dit te plaatsen. Dat was waarlijk voldoening genoeg voor mij. Er moest echter een genoegzame tijdruimte tusschen beide stukken bestaan: het Album mocht (in den goeden zin) niet te waterig worden, schreef de geachte beoordeelaar. Dat was volkomen waar. Ik vroeg nu mijn stuk terug, ten einde er het weinige uit weg te nemen, wat in dat van Dr. KRECKE ook was behandeld, en verder den lezer te verwijzen naar Dr. KRECKE's stuk, als men iets meer over sommige onderwerpen wilde weten dan ik er van gegeven had. De door mij genoemde pagina's hebben dus betrekking op den jaargang 1875.

siroop, — de uit zijne oplossing neêrgeslagen, flauweel-zwarte platina, met de als zilver glanzende platen van dit metaal, — het ijzerroest-kleurige, ook uit zijne oplossing afgescheiden, reine goudpoeder met de gouden sieraden, — den volkomen zwarten aanslag van het schoorsteentje en van den theepot, waartegen de petroleum- of olievlam speelt, met de houtskool of den schitterenden diamant, — de helder doorschijnende kokosolie, met de sneeuw witte, ondoorschijnende, harde massa, als zij koud is geworden, — de sneeuw en het ijs met het zuivere water, en de verbazing zou zeker niet uitblijven, wanneer men voor de eerste maal vernam, dat de lichamen, die wij daar bij beurte met elkander ter vergelijking aanboden, in elke groep uit volkomen dezelfde stoffen bestaan. Zeker, wij danken aan die verschillende rangschikking der moleculen een bewonderenswaardige en voor ons dikwijls zeer heilzame verscheidenheid in den vorm der lichamen.

Hoofdzakelijk aan twee krachten in de natuur kunnen wij dien rijkdom van vormen toeschrijven, en wel aan de *aantrekkingskracht* of de cohesie der moleculen en aan de *warmte*. Na het kristalliseerend vermogen, een bijzondere soort van aantrekking, is de warmte vooral de toovergodin die de meest phantastische metamorphosen schept. Zij is in staat, om aan al de genoemde, voor het oog zoo aanzienlijk verschillende, lichamen genoegzaam hetzelfde uiterlijke voorkomen te geven, ten minste ze oneindig veel meer op elkander te doen gelijken, b. v. hen allen vloeibaar te maken en hen ook als gas uit het oog te doen verdwijnen. In één woord, zij speelt in het bestaan van alle stoffen een hoofdrol.

Bezien wij, om dit aan te toonen, de lichamen wat nader. De daar zooeven genoemde stoffen, suiker, platina, goud, ijs, en oneindig velen met haar, zijn *vast*, zoolang de warmte niet sterk haren invloed doet gelden en de aantrekking der moleculen de overhand heeft; maar toch is zij dan nog de oorzaak, dat de moleculen door het aantrekkend vermogen niet onmiddellijk tegen elkander aansluiten, — dat zij elkander nergens aanraken, en ieder van haar in het lichaam vrije speling heeft; want *de warmte werkt de aantrekking tegen*, zij maakt dat de moleculen nimmer in rust zijn, dat deze eeuwig in eene zekere ruimte, volgens haar aangewezen banen, heen en wêer bewegen, dat is, slingeren. Stelt men de warmte in staat krachtiger op te treden, verhit men het lichaam, dan breidt zij de slingerbanen der moleculen uit, verzwakt daardoor meer en meer hare onderlinge aantrekking, en nu treedt er van lieverlede een nieuwe toestand op: het lichaam wordt

*drupvormig vloeibaar.* Nemen de moleculen in de *vaste* stof een bepaalde ligging aan, die aan het lichaam een blijvenden vorm geeft — bij de kristallen, diamant, kandijnsuiker, keukenzout, aluin, enz. bijzonder schoon kan genoemd worden en volgens zekere wetten plaats grijpt, zijnde de cohaesie bij zulke lichamen in de eene richting sterker dan in de andere, — en waren er soms aanzienlijke krachten noodig om de moleculen bij deze vaste stoffen te scheiden of een andere ligging te geven, — bij den vloeibaren staat, dien de warmte schiep, missen wij die verschijnselen; hier ziet men geen bepaalden vorm; de vloeistoffen sluiten zich aan de wanden van het vat, waarin zij begrepen zijn, en worden volkomen begrensd als de inwendige ruimte van het voorwerp, dat haar omsluit. Tracht men nu in de vloeistof de moleculen een andere plaats te geven, dan is een zwak schudden van het vat, het indompelen van 't een of ander lichaam daartoe reeds voldoende; de moleculen glijden thans gemakkelijk over elkander heen, het is haar als 't ware onverschillig, waar zij liggen. Alzoo maakt de warmte, om slechts een voorbeeld te noemen, van het harde ijs het zoo uiterst gemakkelijk vervormbare water. Wij zullen al dadelijk onze aandacht het meest bij dat lichaam bepalen.

Men meene nu niet, dat thans in die vloeistof de aantrekking tusschen de moleculen heeft opgehouden. Een druppel water, gesmolten glas, lood, enz. toont het tegendeel aan. Neem een vierkant plaatje hout, metaal of glas; bevestig met een weinig lak aan elk der hoeken een draad; knoop de 4 vrije einden samen; hang het plaatje bij den knoop aan den eenen arm eener balans en maak den anderen arm met schaal er mede in evenwicht; plaats een schotel met water onder het goed horizontaal hangende plaatje; druk het op het watervlak neder, dan zal de balans in dien schuinen stand blijven staan, en er zullen eenige grammen gewicht op de schaal noodig zijn om de plaat van het water te rukken. Dat men hier werkelijk water van water heeft moeten verwijderen blijkt uit de omstandigheid, dat het hout, het metaal of glas aan de onderzijde nat wordt bevonden. Een volkomen reiniging van den onderkant der platen is een vereischte. Een dergelijk verschijnsel doet zich bij alle vloeibare stoffen op.

De daar bewezen aantrekking der moleculen bij de vloeistoffen openbaart zich vooral aan de oppervlakte; daar verkeerden de waterdeelen in eene zekere spanning, dewijl zij door de onder hen liggende naar binnen worden getrokken. De bovenste laag vormt alzoo een soort van

moeilijk door te dringen vlies, dat zelfs in staat is een vlotje van eenige naainaalden te dragen en tot vasten vloer te verstrekken voor sommige insecten, die men er vaak overheen ziet huppelen. Het vlies van een zeepbel is zoo sterk, dat men zelfs een andere er over kan doen rollen. Ook zeer zuiver water kan bellen en vrij zwevende vliezen vormen; wij zien dit duidelijk bij het snel wegwerpen van in een schotel begrepen water, en bij de watervallen, die aan de vlies- en schuimvorming hun grootste schoonheid hebben te danken.

Hebben wij zoo even de warmte de aantrekking der moleculen zien verzwakken, hare slingerbanen zien vergrooten, en in het gekozen voorbeeld ijs in water zien veranderen, haar vermogen is hierdoor op verre na niet uitgeput. Voeren wij nog meer warmte aan, dan wordt haar afstootende kracht heviger: de moleculen slingeren weldra zoo snel en in zulke wijde banen door elkander, dat zij eindelijk buiten elkanders aantrekkingsfeer geraken, elkander voortaan alleen afstooten en in het wilde in de ruimte rondvliegen; op dat oogenblik is het vocht damp of stoom, dat is, een *lucht-* of *gasvormig* lichaam geworden, en dat dartele spel dier vliegende moleculen houdt wéér op, zoodra de warmte zich verwijderd; dan wordt de beweging bedaarder, de dampmoleculen trekken zich wéér tot een vocht samen, en wijkt de invloed der warmte nog meer, dan vervallen de waterdeelen tot een schijnbaar diepe rust, schijnbaar, want geheel is de warmte niet te verwijderen. Inderdaad, de bewoner der heete luchtstreek verried een groote schrandrheid, toen hij het ijs, dat hij door verwarming de gewone gedaante had zien aannemen, voortaan *slapend water* noemde.

Het zou niet moeilijk vallen, een tal van voorbeelden aan te geven, tot bevestiging der waarheid, dat de warmte de oorzaak is van die merkwaardige groepen van lichamen, bekend onder den naam van *vaste*, *vloeibare* en *luchtvormige*, die hunne groote vertegenwoordigers op onze aarde vinden in de vaste aardkorst zelve met schier al de in haar begrepen mineralen, in de waterzee of oceaan, en in de luchtzee. Slechts op het drietal, dat herhaaldelijk tot voorbeeld is genomen, op ijs, water en damp, een drietal dus, dat wat den aard, de samenstelling er van, betreft, volkomen overeenkomt, wenschte ik de aandacht te doen vestigen. Zij zijn waarlijk belangrijk genoeg, om er ons eenige oogenblikken mede bezig te houden, en ik hoop het schoonheidsgevoel geen geweld aan te doen, niet dor en droog te worden, zoo ik wat dieper in den aard dier lichamen doordring, dan dit gewoonlijk in po-

pulaire opstellen geschiedt. Alvorens echter daartoe over te gaan, zij het mij vergund, een beknopt overzicht te geven van de samenstelling van dat drietal.

't Is zoo, bij hunne gedaanteverwisseling bleven zij uit dezelfde stoffen bestaan, stoffen, die de watermoleculen samenstellen; maar had men de verhitting van den stoom voortgezet, onder 't nemen van eenige daarbij noodzakelijke maatregelen, den stoom derhalve al heeter en heeter gemaakt, dan zou eindelijk elke molecule uiteen zijn gevallen, water, ijs en stoom zouden dan blijken te bestaan uit eene verbinding van twee luchtsoorten, en wel uit ongeveer acht gewichtsdeelen zuurstof en één gewichtsdeel waterstof; dan zou het gebouw zijn ineen gestort, ijs, water en stoom zouden als zoodanig niet meer bestaan. Bij de voorzorgen, welke bij die verhitting zijn genomen, waren de samenstellende deelen, waterstof en zuurstof, voor eeuwig van elkander gescheiden, tenzij men ze, alweér onder bepaalde omstandigheden, bij elkander bracht, waardoor ze opnieuw water konden samenstellen. Wij zien elken avond zulk een verbinding optreden, als de lamp wordt opgestoken, daar dan toch het over de vlam gezette koude glas onmiddellijk met waterdamp aanslaat. In dat geval verbindt zich de uit de olie of het vet ontwikkelende waterstof met de zuurstof, die in de rondom de vlam liggende, of onder door het lampeglas stroomende lucht altijd voorhanden is, tot water; op deze wijze wordt er voortdurend door onze kunstlichten water gevormd.

De daar zoo even genoemde verwoesting van het water door de warmte heeft het vermoeden doen ontstaan, dat dit vocht op onze aarde wel eens zou kunnen verminderen, doordien het, de zeer diep liggende heete lagen der aardkorst bereikende, voor altijd in waterstof en zuurstof kan worden ontleed. Zekerheid heeft dit vermoeden intuschen nog niet gekregen. (Zie verder over de chemische samenstelling van het water pag. 35--37 van den jaargang 1875).

Het was noodig, wat daar ten aanzien der lichamen, der warmte in 't algemeen en van 't water in 't bijzonder is gezegd, in het geheugen terug te roepen, ten einde zonder stoornis het gevormde plan ten uitvoer te brengen en altijd verstaanbaar te blijven.

Welk een duizelingwekkend uitgebreide rol speelt dat water in de schepping! — In bondgenootschap met de lucht is het de opbouwer en verwoester van het bewerkte en onbewerkte rijk, van dieren, planten en mineralen. Waar het ontbreekt, geen groei, geen leven,

maar ook geen verrotting. In de woestijn drogen de lijken tot mumiën uit, en geen enkel gewas breekt de eenvormigheid, den doodelijken aanblik van zulke waterlooze vlakten af, en hoewel de aanvankelijk vooronderstelde uitgebreidheid van zulke oorden te meer inkrimpt, naarmate de aarde meer in alle richtingen bereisd wordt, of de onderzoekende geest meer de vroeger nog zoo onbekende deelen der aardoppervlakte blootlegt, zij bestaan er toch, uitgebreid en veelvuldig genoeg, die troostlooze woestijnen, om het geschilderde treurige beeld waar te maken. Geef die streken water, en het sluimerend leven ontwaakt, toenemende werkzaamheid treedt op. Beschouw het heerlijke Amazonen-dal en een groot deel van Brazilië met zijn ontzettenden rijkdom aan breedgebladerde planten en talrijke dieren, en daarna de in Australië, op nagenoeg gelijke breedte gelegen aarddeelen, zoo arm aan bewerktuigd leven, en men zal bemerken, dat het eerstgenoemde dit voorrecht hoofdzakelijk aan zijn waterrijkdom te danken heeft, en het laatste zijn onvruchtbaarheid wijt aan de min gunstige ligging van zijn kustgebergte ten opzichte der vochtige zeewinden, dus aan watergebrek, blijkbaar vooral uit zijn minder uitgestrekte rivieren, daar deze niet gevoed worden door van de bergen stroomend water. Zoo is het ook in de koude luchtstreek gesteld, alwaar de planten dwergachtig klein, dennen b. v. van slechts een tot drie decimeters hoogte, een kwijnend leven leiden, dewijl zij het water slechts als vocht of als damp en niet in den vasten toestand, als ijs, kunnen gebruiken.

Op onze voedingsmiddelen behoef ik slechts een oppervlakkigen blik te doen slaan, om de noodzakelijkheid van water tot instandhouding der bewerktuigde schepping aan te toonen. Vijf zesde deelen van ons dagelijksch voedsel bestaan uit water. Onze voornaamste groenten bevatten 70 tot 90 percent water; aardappelen 75 percent. Ruim drie vierde gedeelte van ons eigen lichaam is water. En wat het mineraalrijk betreft, sommige edelgesteenten b. v. bestaan voor ongeveer een negende van 't geheel uit water. Aluin, soda, zeep bevatten 45 tot 70 percent water.

Maar is het water ook een verwoester? Ongetwijfeld: door de warmte en de lucht geholpen, worden de gestorvene planten en dieren tot de stof teruggebracht, waaruit zij eens ontstonden; water lekt en knaagt gedurende millioenen jaren ook aan de meest harde rotsen, doet ze hoofdzakelijk tot zand en slijk of leem overgaan, of lost ze voor een deel in zich op, en effent dus voortdurend de aardkorst; daar boven-

dien het met die stoffen bezwangerde water, tot een stroom of rivier aangegroeid, de genoemde vaste deelen, die het door zijn snelheid zevende meêvoert, bij meer bedaarden loop laat zinken, wordt alzoo de bedding der rivieren voortdurend verhoogd, of worden delta's aan de monding der stroomen neêrgelegd.

Het is juist die sloopende werking van het water, welke de reusachtige rotskloven in Zwitserland deed ontstaan en ze ook wellicht eenmaal zal doen verdwijnen door geheele vereffening van den bodem. Het puin van dat sloopingswerk maakt eene massa uit, die wij ons nauwelijks kunnen voorstellen. De Rijn alleen voert voorbij Bonn, in 24 uren tijds, 12787 kub. meters, en de Ganges jaarlijks 6¼ millioen tonnen vaste stof af. (Zie ook pag. 33 van den jaargang 1875).

Is het water alzoo in de huishouding der natuur een machtige opbouwer en verwoester, niet minder ontzagwekkend treedt het op, als het, door de zwaartekracht in beweging gebracht, dus als een langs een helling vallend lichaam, een onmetelijk arbeidsvermogen ontwikkelt, waarvan, wel is waar, een gedeelte door den mensch aan zich dienstbaar is gemaakt, om zijne werktuigen, — men denke slechts aan de reuzenturbines te Schaffhausen, — in beweging te zetten, ten einde de natuurproducten te bewerken tot zijn gemak of genoeg, tot bevordering van 't onderling verkeer, tot bewerking van zijn voedsel en wat niet al meer, — maar dan toch ook alleen een niet noemenswaard klein deel. Onderneem een tocht langs den Rijn, van zijn uitwatering af tot aan zijn oorsprong in Zwitserland toe, en gij duizelt bij de gedachte aan het onmetelijk aantal paardekrachten, dat het dan eens statig, dan eens snel u te gemoet vloeiende, dan weêr woest in de diepte stortende en wildschuimende, over steenbrokken steigerende, maar toch eeuwig vallende water op dien tocht ontwikkelt. Vooronderstel, dat er op een bepaalde plaats 1000 liters water in de seconde voorbij stroomt met een snelheid, die elk waterdeeltje 3 meters in de seconde vooruit drijft; dan doet ons een eenvoudige berekening zien, dat het arbeidsvermogen van dit stroomende water ongeveer 450 kilogram 1 meter hoog zou kunnen lichten, wat gelijk staat aan den arbeid eener stoommachine van 6 paardekrachten. Dat men van deze kracht gebruik maakt waar men kan, bewijst de omstandigheid, dat de mensch sedert korten tijd begonnen is met haar de ingewanden der rotsen te doorwroeten. De werktuigen die een gang groeven door den Mont-Cenis en bezig zijn om het thans door den st. Gotthard te

doen, ontvangen hunne beweegkracht van de uit cilindrs stroomende lucht, door een betrekkelijk geringe hoeveelheid vallend water daarin geperst.

Wekt deze mededeeling de gedachte op aan de millioenen liters of kilogrammen water, welke in Zwitserland, veelal met stormsnelheid worden afgevoerd; stelt men zich diezelfde verschijnselen in andere berglanden voor, en daaronder slechts enkel den Victoria-waterval in Afrika, van 20 minuten gaans breed en stortende van 125 meters hoogte, dan gevoelen wij, dat de stoutste verbeelding niet in staat is, zich een flauw begrip te vormen van het bedrag aan paardekrachten, die er in het over de aardoppervlakte bewegende water is weggelegd. Konden wij er naar welgevallen over beschikken, belette dit niet zeer dikwijls de plaatselijke gesteldheid, schier al de stoommachines der beschaafde wereld verdwenen onmiddellijk, als het ware beschaamd over haar onmacht.

En aan wie dankt nu het immer bewegelijke water der rivieren en meren zijn bestaan? De bron werd reeds genoemd, toen de zee werd voorgesteld als de vertegenwoordigster van de groote klasse der dampvormende lichamen. De luchtzee of dampkring, die op de waterzee rust, neemt gaarne water in zich op; 't woord dampkring drukt het reeds uit. De lucht bevat overal dampvormig water; op de eene plaats wel eens veel meer dan op de andere, maar zonder water is zij nooit. Boven den oceaen is zij er het rijkste aan. De warmte bevordert haar opnemingsvermogen, en 't is de zon die lucht en water deze warmte verschafft. Niet alle stralen der zon dragen intusschen evenveel tot die verwarming van het water bij: sommige zijn veel meer licht- dan warmtegevend, andere geven geen licht, maar slechts warmte; de eerste dringen vrij diep in het water door, de tweede, de donkere warmtestralen, blijven op de oppervlakte werkzaam en verwarmen de bovenste watermoleculen; de warmte zet aan deze, zooals vroeger is gezegd, voortdurend grootere beweging bij, geeft haar wijdere slingerbanen, en weldra huppelen de waterdeelen in de lucht, keeren voor 't oogenblik niet meer in den moederschoot terug, maar worden door de opstijgende warme lucht en door de winden boven over de geheele aardoppervlakte heengedragen. Geen meer aangrijpend voorbeeld van de verdamping der verwarmde zee is er te vinden, dan dat van den warmen Golfstroom, die zich van de Caraibische zee langs Ierland, Schotland en Noorwegen tot aan Spitsbergen en Nova Semlja uitstrekt,



en op wiens breeden rug zich de schepen van Amerika tot Engeland steeds in nevelen baden.

Het moge nu elders minder sterk spreken, toch, al bemerken wij het zoo dadelijk niet, overal en altijd bevindt zich ons lichaam te midden van dampen. Breng in een bewoonde, warme kamer een karaf met koud water, en oogenblikkelijk verdichten zich de dampen, in het vertrek aanwezig, op de koude buitenoppervlakte van het glas; de karaf slaat aan, zegt men, zij wordt ondoorschijnend, en weldra vindt men zelfs rondom het glas een kring van afgevoeid water op de tafel, van water, alleen ontstaan door de aanhoudend zich tegen het glas verdichtende dampen, die de kamerlucht onzichtbaar droeg. Dat verdichten houdt op, zoodra de flesch even warm is als de haar omringende lucht. Men kan op een zeer eenvoudige wijze dien damp zelfs in sneeuw doen veranderen. Trek of scheur van een vrij dik stuk gekleurd vloeï- of filtreerpapier een strookje af, van 5 tot 6 centimeters lengte en 5 tot 6 millim. breedte. Ik zeg: trek het er af, want het is noodig dat er aan de randen vele uitstekende vezeltjes ontstaan. Leg dit strookje voor de helft in een horlogieglas, en laat de andere helft er buiten over den rand hangen; giet nu een weinig zwavelether in het glas; weldra wordt het papier over de geheele lengte vochtig door de opstijging van den ether tusschen de papiervezels. De ether verdampt zeer spoedig; deze verdamping koelt de lucht rondom glas en papier snel af; de waterdampen der kamerlucht slaan nu vooral op het buiten het glas reikende strookje neder, en vormen daar aan de vezels witte vlokken, welke steeds aangroeien; 't zijn niets anders dan sneeuwvlokken, waarin de dampen der kamerlucht zijn overgegaan. 't Is mij op deze wijze gelukt de kristalvorming dier dampen voor een groot publiek op een scherm zichtbaar te maken; ongelooflijk fraai ziet men dan de ijsnaaldjes zich uitbreiden.

De meermalen genoemde onzichtbaarheid van den besproken damp is het gevolg van de omstandigheid, dat hij uit zeer kleine, dunwandige waterblaasjes bestaat, doorschijnender nog dan zeepbellen; zichtbaar wordt hij dus eerst langs den boven aangewezen weg. De wolken vertoonen in hare zoo vaak fantastische vormen ook slechts zichtbaren waterdamp. De zon is dus niet voldaan met het weldadig gewrocht van hare warmte, met de wolkenvorming, zij zet aan deze hare schepping bovendien door haar licht de betooverendste tinten bij. De zoogenaamde vederwolken, de hoogst liggende van allen die zich in den dampkring aan ons oog voordoen, bestaan hoogst waarschijnlijk uit bevroren damp,

uit ijsnaaldjes of plaatjes. Zoo men echter meenen mocht dat ook de lager hangende, vaak sneeuw witte wolken uit zulke ijs- of sneeuwdeeltjes bestaan, een meening die nog niet geheel geweken schijnt, dan neme men bij den spoortrein, bij vochtig weer en koude, dat liefelijke spel waar van den over elkander rollenden damp, die uit den schoorsteen ontsnapt en zoo volkomen met de sneeuw witte wolken overeenstemt. Die dampen zijn evenwel nabij de schoorsteenpijp onzichtbaar, omdat zij daar nog te heet en nog niet tot zichtbare deeltjes afgekoeld zijn, een verschijnsel, dat ook bij de opening van elk vat, waarin water kookt, is op te merken.

Het is uit het voorgaande gebleken, dat de wolken ontstaan uit de met damp bezwangerde lucht, die, door de zon en de tusschenkomst van de aardkorst of zeevlakte verwarmd, lichter wordt, opwaarts stijgt, en in de hogere en koudere dampkringsgewesten gekomen, dermate wordt afgekoeld, dat de dampen zichtbaar worden of wel bevrozen. Dat die verdichting onder zekere omstandigheden regen kan doen optreden, zoodat het water voor een deel tot de bron terugkeert, waaruit het ontstond, en de ijsnaaldjes aanleiding geven tot het vormen van sneeuwvlokken en hagelkorrels, kan geen verwondering wekken.

Maar waarom vallen die wolken niet, daar zij toch niet meer uit damp, maar uit door verdichting voortgebrachte zeer kleine druppels bestaan, die zwaarder zijn dan de lucht? Dit gebeurt niet omdat zij, vallende, in warmere en drogere lucht komen, die geneigd is meer water in dampvorm op te nemen. De wolken groeien dus uit de vochtige luchtlaag aan de *bovenzijde* aan, door den over die laag vloeienden kouderen luchtstroom, welke de dampen verdicht, terwijl zij *onderaan* verminderen, dewijl de kleine druppels door den betrekkelijk drogeren luchtstroom onmiddellijk in damp worden veranderd. 't Is dus hier een gestadig worden en verdwijnen.

Alzoo komt het water onder drie vormen in den dampkring voor: als ijsdeeltjes, waterdamp, en tot druppels verdicht water.

Hoe hooger de lucht, bij hare snelle stijging, de dampen voert, hoe grooter de regendruppels gedurende hun val door den van lieverlede op hen verdichtenden damp worden zullen; en dit verklaart, waarom de regenbuien in de keerkringsgewesten zoo geweldig, en de regendruppels ook in onze streken des zomers zoo groot kunnen zijn. Immers de verwarmde lucht kan veel meer damp opnemen, en door haar minder specifiek gewicht sneller en hooger stijgen dan de minder verwarmde.

Hierbij komt nog, dat de tropische aardgordel voor het grootste gedeelte uit zeewater bestaat en derhalve de daarover zwevende lucht, door de warmte geholpen, altijd zeer rijk aan dampen zijn moet. Men vergete intusschen niet, dat onder het stijgen de lucht zich gestadig uitzet of verdunt, en zich daarbij ook zeer sterk afkoelt, zoodat hierdoor de verdichting van den damp wordt bevorderd. Dat dit zoo is, kan de luchtpomp leeren. Wanneer men uit de glazen stolp de lucht wegpompt, ontstaat er oogenblikkelijk een flauw doorschijnende dampwolk in de stolp. Men heeft opgemerkt, dat de in den dampkring zwevende stofdeelen, en deze zijn er altijd, tot de dampverdichting of wolkenvorming medewerken. Als men in de stolp der luchtpomp de kamerlucht laat treden door watten, deze alzoo filtreert of van stof zuivert, en dan door pompen verdunt, ontstaat er geen dampwolk, of in elk geval gebeurt het veel trager. Laat men daarentegen de lucht niet door watten maar door een vlam strijken, zoodat er koolstof wordt medegevoerd, zoo maakt deze de dampverdichting veel sterker. Misschien zou daaruit te verklaren zijn, waarom het bij of na hevige veldslagen zoo vaak regent.

In bergachtige landen komt er nog een factor, behalve de reeds genoemde, tot begunstiging van den neerslag der vochten bij. In Zwitserland b. v. geraakt de uit de vochtige dalen met damp bezwangerde, opstijgende lucht met de sneeuw en het gletscherijs der Alpen in aanraking; de dampen gaan daar dus snel tot sneeuw of water over en bevorderen den waterrijkdom der rivieren. Juist de als sneeuw op de rotstoppen neerslaande vochten, verschaffen eeuwig voedsel aan den steeds afglijdenden gletscher of ijsrivier, want de sneeuwaanwas toch drukt die ijskolossen onophoudelijk benedenwaarts, waar zij eindelijk door de zonnewarmte worden gesloopt.

De lucht is op dezelfde plaats, bij denzelfden warmtegraad, ten allen tijde niet even rijk aan vocht; dit is uit het voorafgaande gemakkelijk af te leiden. Men neme de proef in twee even warme kamers. De eene zal bezet zijn met eenige menschen, de andere is ledig. Breng in de eerste weder de karaf met koud water, en zij zal oogenblikkelijk aanslaan. Een dergelijke karaf in de andere kamer nedergezet zal, of niet vochtig worden, of het zal in een minderen graad en later dan in de eerste plaats grijpen. Werpt men in het laatste vat een stuk ijs, dan zal de neerslag buiten op het glas rijker en meer versneld worden. Die eenvoudige proefnemingen leeren ons, dat de lucht in de eerste

kamer vochtiger was in in de tweede. Daar waar men het water het meest koud zal moeten maken om het glas te doen bedauwen, is de lucht het armste aan dampen.

De vragen zijn niet van belang ontbloot: kan men de lucht zooveel water doen opnemen als men verkiest, en langs welken weg kan men te weten komen, hoeveel damp de lucht op een gegeven oogenblik bevat? Zoo men een leerboek over natuurkunde schreef, zouden er heel wat bladzijden noodig zijn, om die vragen te beantwoorden. Thans, in een bloemlezing op het watergebied, moet het antwoord kort zijn. Moge het ook onderhoudend en bevattelijk uitvallen!

Neen, men kan de lucht met geen hoeveelheid damp naar verkiezing bezwangeren, als men haar op dezelfde temperatuur houdt. Stel u voor een groot glas van eenige liters inhoud, waarvan de bodem door een zeer dunne laag water is bedekt en dat is gesloten door een glazen plaat, die luchtdicht op den glad geslepen rand rust. 't Water zal nu een weinig door de verdamping verminderen, en eindelijk, als de temperatuur dezelfde blijft, geen vermindering meer ondergaan. De lucht of liever de ruimte in het glas is dan met damp *verzadigd*, dat is, zij kan bij dien warmtegraad onmogelijk meer vocht opnemen. Zoodra echter de warmte der omgelegen lucht en dus ook die in 't glas afneemt, slaat de glaswand van binnen aan, er vloeien eindelijk droppels langs af, en het waterbedrag op den bodem neemt thans toe. De lucht blijft bij die lagere temperatuur dus nog altijd, maar met minder damp dan vroeger, verzadigd. Neem aan, dat men het glas van binnen voortdurend warmer maakt, b. v. door het in heet water te zetten, dan verdwijnt de aanslag aan den binnenwand weer, en eindelijk ook al het water van den bodem, zoodat dit nu geheel onzichtbaar is geworden. Tot op dat oogenblik blijft de lucht voortdurend verzadigd, echter met veel meer damp dan bij het begin der proef. Werd er nu, terwijl het deksel bezwaard was, om de afsluiting volkomen te onderhouden, met de verhitting voortgegaan, zoo zou de ruimte ophouden verzadigd te zijn; zij kon nu nog veel meer water opnemen, maar er is geen voorraad meer, de bron is uitgeput. Ware het mogelijk een mensch in die heete lucht te doen vertoeven, hij zou nu niet alleen over hitte maar ook over droogte klagen; en ware er nog water gedurende zijn verblijf in 't glas op den bodem, bij al de doorgelopen warmtegraden, dan zoude hem integendeel de te groote vochtigheid der lucht hinderlijk zijn.

Men ziet uit deze proefneming vooreerst, dat ons gevoel een zeer

slechte maatstaf is voor het waterbedrag, dat de lucht bevat; wij weten nu verder, dat dezelfde hoeveelheid lucht, bij verschillende temperatuur, met veel en met weinig damp kan verzadigd zijn, en eindelijk, dat bij dezelfde massa damp, die de lucht bevat, deze zeer vochtig en bovenmate droog kan genoemd worden, als de temperatuur maar verandert, dat is, in 't eerste geval daalt, in 't laatste stijgt.

Men mag vooral niet uit het oog verliezen, dat deze besluiten getrokken zijn uit een proefneming met lucht, die in een afgesloten ruimte was gebracht, welke met de buitenlucht niets te maken had, wat de drukking en beweging van deze betrof. Geschieden die afwisselingen van temperatuur in den vrijen dampkring, dan wijzigt luchtdrukking, luchtstrooming of wind de dampvorming aanmerkelijk. Vrees voor te groote uitgebreidheid doet deze zaak buiten verdere beschouwing blijven. Men wete evenwel nog, dat het aanwezen of de drukking der lucht geen invloed heeft op het bedrag der ontstane dampen; alleen de snelheid, waarmede zij optreden, wordt er door gewijzigd. Als het boven gebruikte glas luchtledig ware geweest, zouden de verschijnselen niet veranderd zijn. In dat geval evenwel had de damp geen lucht weg te duwen of samen te drukken, en zou dus vlugger zijn ontstaan.

Den *graad* van vochtigheid der lucht drukt men door twee getallen uit, welker betrekking dezelfde is als die, tusschen het gewicht aan vocht, hetwelk een zeker volumen lucht op een gegeven oogenblik bevat en dat, wat zij bij verzadiging zou kunnen bezitten. Zegt men b. v. de vochtigheid des dampkrings is  $\frac{3}{5}$ , dan beteekent dit, dat zij op het waargenomen tijdstip slechts 3 van de 5 deelen water bevat, die zij kan verdragen, zonder dat er het water als damp uit neerslaat.

Om de tweede vraag: hoe komt men aan die drie vijfden, te kunnen beantwoorden, heeft men verschillende wegen ingeslagen en verschillende werktuigen gebruikt, die den naam dragen van *vochtigheidsmeters* of *hygrometers*. Het blijft intusschen altijd een hoogst moeielijk en vaak omslachtig werk, om dien vochtigheidstoestand der lucht nauwkeurig te bepalen. Toch is het geen nutteloos werk. Er is reeds aangewezen welk een invloed de uit de lucht neêrgeslagen dampen in de huishouding der natuur uitoefenen. Bovendien verschaft de kennis van den genoemden toestand de verklaring van een tal van verschijnselen in de hoogere en lagere luchtgewesten. Wij hebben slechts te wijzen op het doorlatingsvermogen der warmte- en lichttrillingen van de zon. Maar er is meer. Eene zekere mate van vochtigheid der lucht is noodzakelijk tot het

in stand houden van des menschen gezondheid. 't Is overbekend, dat menschen, die in vochtige kelders wonen of veel in vochten werken, dikwijls door rheumatische ziekten worden aangetast. Daarentegen is een te droge lucht evenzeer schadelijk. In woonvertrekken, ziekenkamers en hospitalen moet men, vooral des winters, bij kunstmatige verwarming, een gepasten graad van vochtigheid door het plaatsen van schalen met water onderhouden; hygrometers zijn dus noodzakelijk.

Eene verrassende toepassing van deze werktuigen vond ik aan 'slands topographisch bureau te 's Hage, eene inrichting die door hare nog niet geëvenaarde, sierlijke en juiste vervaardiging van landkaarten een europeesche vermaardheid heeft verkregen. De kleurendruk is daar, wat de fijne nuances betreft, bewonderenswaard. Moeten er op een kaart over hare verschillende onderdeelen b. v. vijf kleuren gebracht worden, dan moeten er ook vijf lithographische steenen aanwezig zijn, en op elk van deze moet een afbeelding van de kaart worden gemaakt, die allen volmaakt gelijk zijn. De vijf teekeningen behoeven niet geheel en al in den steen geëtst te worden. In den eersten steen wordt b. v. alleen datgene geëtst wat een blauwe kleur moet ontvangen, in den tweeden wat rood moet zijn, enz., terwijl hierbij ook gezorgd wordt, dat sommige kleuren later bij het drukken over elkander komen te liggen om tusschenkleuren, groen, bruin en anderen te vormen. Is dat werk verricht, dan worden de witte vellen papier eerst, b. v. op den blauwen steen, om hem zoo eens te noemen, gelegd, en allen aanvankelijk, voor zoover noodig, met blauwe kleurschakeeringen bedrukt; daarna komen zij op den gelen steen, enz. Zijn nu de vellen, sedert dat eerste drukken, vochtiger of drooger geworden en dus uitgezet of ingekrompen, dan sluit zich het geel, of welke kleur dan ook, niet meer aan zijn voorganger, het valt niet meer juist op de plaats waar het liggen moet, en zelfs een zeer gering verschil daarin kan niet worden geduld. Ziedaar het antwoord, dat ik op de vraag ontving: waarom hangen hier hygrometers, en wordt er schier voortdurend gestookt?

Er is gezegd, dat de lucht gaarne dampen opneemt; maar het water is ook steeds bereid, als de lucht nog niet genoeg er van heeft, met andere woorden nog niet verzadigd is, haar voortdurend nog meer af te staan. IJs zelfs toont zich daarin niet onwillig; ook dit verdampst gestadig, al is de koude ook nog zoo streng. De lucht boven de gletschers kan men, even als die boven de zee, als altijd met damp

verzadigd beschouwen. In den onmiddellijken omtrek des gletschers daarentegen is de lucht gewoonlijk zeer droog, omdat hare dampen, door de afkoelende werking van het ijs, snel worden neêrgeslagen. Dat het ijs verdampt, ziet men in den winter aan het inkrimpen of liever afnemen in volumen van ijsbrokken, ook bij vrieskoude. Voortdurend verdampen dus natuurlijk, nog eerder dan ijs, alle vochten vrijwillig, al wordt er geen merkbare warmte aangebracht. Dieren en planten doen de hoeveelheid damp aanmerkelijk toenemen. Een volwassen mensch b. v. vermeerderd elk uur, door zijne ademhaling en huid-uitwaseming, de hem omringende lucht met ongeveer een half maatje of halve deciliter water. Geen wonder dus, dat in een bewoonde gesloten kamer dikwijls het water van de glasruiten afvloeit.

Werkte de drukking der lucht de snelheid der dampvorming van ijs en water niet tegen, dan zouden beiden spoedig verdwijnen, ook bij alle temperaturen. Wegneming van de lucht zou dus het bestaan van water en ijs opheffen. Men ziet dit bevestigd, wanneer uit een besloten ruimte, waarin zich een weinig water bevindt, de lucht en de damp worden weggepompt; er is hier bijgevoegd "en de damp", omdat deze anders, door zijne drukking in de begrensde ruimte, de verdere dampontwikkeling zou beletten.

Men ziet het derhalve, lucht en damp oefenen te samen een verdragenden invloed op het genoemde verschijnsel uit, beiden brengen drukking voort. Beiden hebben ook dit gemeen, dat die drukking toeneemt als de ruimte kleiner wordt gemaakt, waarin men ze samenperst, ten minste als die ruimte niet met damp verzadigd is, want zij verschillen daarin, dat voor de gewone dampkringslucht de samenpersing en haar daarmede evenredige tegendrukking, voor zoover onze proefnemingen leeren, geen grenzen heeft, terwijl bij den waterdamp die samenpersing niet verder kan gaan dan tot zulk een bedrag, waarbij de ruimte met damp is verzadigd: alsdan heeft de meerdere drukking slechts eene verdichting tot water tengevolge, de dampdrukking neemt dan niet meer toe. De tegendrukking waarvan hier sprake is, dat streven om een grootere ruimte in te nemen, noemt men *spankracht* of *veerkracht* van lucht en damp.

Is er gezegd, dat de lucht gaarne water opneemt, omgekeerd slurpt ook het water gretig lucht op. Alle water, aan de lucht blootgesteld, bevat dus lucht. Die medegevoerde lucht is evenwel rijker aan zuurstof dan de lucht, die wij inademen, omdat het water dit gas gemak-

kelijker opzuigt dan het andere bestanddeel der lucht, de stikstof. t Is noodzakelijk voor de waterbewoners, dat er zich lucht in 't water ophoudt, want de ademhaling wordt daar alzoo onder de oppervlakte mogelijk, en hierdoor, even als bij ons, de bloedzuivering tot stand gebracht. In lucht vrij of lucht arm water kan de visch niet leven. Daarom vindt men in de hoogliggende bergmeren geen visch: het water is daar, door de ijzheid der lucht, te arm aan dat levensvoedsel.

Niet alleen trekken de waterbewoners voordeel van de laatstgenoemde eigenschap des waters, de mensch doet het in vele gevallen ook, want hij dankt de gezondheidsbronnen aan het vermogen van het water om ook andere gassen op te nemen. Onder deze laatsten behoort vooral het koolzuur. Er is schier geen enkel bronwater, dat van dit gas bevrijd is. Bij de gewone dampkringsdrukking en een temperatuur van 10 graden Celsius (40 graden Fahr.), kan een liter water datzelfde volumen, onder de genoemde drukking, aan koolzuurgas in zich vast houden. Het thans zoo algemeen gebruikte, zoogenaamde spuitwater, het fachinger- en selterswater, de champagnewijn, het bier enz. hebben daaraan den prikkelenden, verfrisschenden smaak te danken. Het op de aarde vallende water neemt, bij het dalen door den grond, soms veel koolzuur op, en krijgt daardoor het vermogen om op zijn onderaardschen tocht sommige steensoorten op te lossen; treden vervolgens zulke onderaardsche stroomen weder boven de aardkorst en dus te midden van den dampkring te voorschijn, dan verdampt het water, en de opgeloste steenmassa verhardt op nieuw en vormt, b. v. in de dropsteengrotten, de meest zonderlinge figuren. Bloemen en vruchten aan de gestadige besproeiing van zulk water blootgesteld, worden van lieverlede door een steenharde massa omkorst, die den oorspronkelijken vorm dier voorwerpen toch doet aanwezig blijven. Opmerkelijk nog is het, dat een bepaald volumen water 670 maal dat volumen aan ammoniak-gas kan opslorpen. (Zie voorts pag. 39 en meer uitvoerig pag. 44 van den jaargang 1875).

Hoe geschiedt nu die inzuiging of oplossing der gassen? — De lucht- en watermoleculen, 't is reeds herhaalde malen gezegd, maken steeds slingeringen, en die der vaste lichamen zijn er volstrekt niet van uitgesloten. Deze schommelingen zijn in de vochten echter veel minder wijd dan in de gassen. Bij de eerstgenoemden liggen de moleculen dichter bijeen; zij botsen bij hare slingeringen telkens tegen elkander, en blijven nauwelijks vrij om hare banen te voltooien. Bij de gassen doorloopen zij veel grootere wegen alvorens zij elkander ontmoeten.



Kust nu op het water een gas, dan brengt de wrijving der ongelijksoortige moleculen, op het scheidingsvlak van beide lichamen, een zekere storing teweeg; zij nemen elkander, gedurende die eeuwige onrust, mede en wisselen elkanders verblijfplaatsen om; waterdamp treedt in de lucht of het gas, en dit omgekeerd in het water. Brengt men twee gassen met elkaar in aanraking, door op een zwaarder voorzichtig een lichter te laten vloeien, dan vermengen deze zich, door hunne hevige moleculaire beweging, veel sneller dan water en een gas. Geen wonder waarlijk! Elke molecule waterstofgas toch, legt, bij de gewone dampkringsdrukking en bij vrieskoude, in iedere seconde 1859 meters af, eene snelheid, grooter dan de grootste van een kanonskogel; bij het ammoniakgas hebben de moleculen een snelheid van 600 meters per seconde. Twee vochten vermengen zich nog trager dan water en gas; dit is een gevolg alweër van de kleinere slingerbanen hunner moleculen. Doe in een glas een hoeveelheid water, zet daarin een trechttertje met dunnen steel, wiens onderopening op den bodem reikt; giet nu langzaam door het trechttertje, zonder het te bewegen, een sterke oplossing in water van kopervitriool, dan plaatst dat helderblauwe vocht zich op den bodem van het glas en dringt het water naar boven, omdat dit lichter is dan de oplossing. Verwijder nu zeer voorzichtig den trechter, en laat de beide vochten, die scherp van elkander gescheiden blijken te zijn, eenige dagen rustig staan, dan zal bewezen worden, hoe uiterst traag het heldere bovenwater een blauwe kleur aanneemt, terwijl het dat dadelijk doet als men het maar even roert. Dit is alweër een gevolg van de trage beweging der vochtmoleculen.

Wat derhalve bij twee gassen in een seconde zou kunnen geschieden, grijpt in 't laatste voorbeeld slechts na dagen plaats. De genoemde beweging der moleculen noemt men *diffusie*. Dat er ook diffusie bij vochten en vaste lichamen bestaat blijkt, als water met slijmerige, weke vaste lichamen, b. v. gelei en gom, in aanraking komt; misschien ook bij het oplossen van suiker, zouten, glas, enz. in water. Ook glas? Zeker — maar in een geringe mate; immers wanneer zuiver water lang in een flesch heeft gestaan, wordt er op de hoogte van het vocht een onuitwischbare kring in 't glas gemaakt. In 't voorbijgaan zij nog opgemerkt, dat ook gassen met vaste lichamen diffundeeren: waterstof kan zelfs in ijzer en palladium dringen.

De lucht, nimmer in 't gewone water ontbrekende, verwijderd de watermoleculen van elkander; deze kunnen dientengevolge wijdere banen

doorloopen en door de warmte veel gemakkelijker in levendige slingeren worden gebracht, dan dit bij lucht vrij water geschiedt. Het is alsof de lucht als springveeren tusschen de watermoleculen werkt. In het van lucht beroofde water is de onderlinge aantrekking zijner moleculen grooter, en zij hechten ook vaster aan de wanden van het vat, die haar omsluiten. Om dit te doen zien, neme men een wijde buis met een bol er aan, giete in den bol zuiver water en brenge het aan 't koken. Aanvankelijk, dat is lang voor het kookt, ziet men de luchtbellen langs de glazen wanden stijgen; dit is lucht, welke bij 't ingieten van het water hardnekkig aan die wanden bleef kleven, door de warmte werd uitgezet en van het glas verwijderd; later volgen er meer stijgende luchtbellen te midden van het vocht, en ook deze verlaten het; dit was lucht, die het water in zich bevatte. Als het nu sterk kookt, wordt door den heeten damp of stoom ook de lucht uit het ledige deel van bol en buis gedreven, en kan men zich nu volkomen overtuigd houden, dat er volstrekt geen lucht meer in den toestel aanwezig is, dan smelt men zoo snel mogelijk het boveinde der buis dicht. Men ziet ongetwijfeld in, dat bij het wegzagen der lucht door den stoom de drukking van deze beiden ongeveer gelijk was.

Als de toestel geheel is afgekoeld, laat men het water, door den bol naar boven te keeren, in de buis vloeien; een snelle, plotseling afgebroken beweging van de buis opwaarts, maakt eensklaps het water van het glas los, de gansche massa springt als een vast lichaam op, en valt op den bodem der buis terug met een geluid, alsof er een steen of stuk ijs op viel; 't is of het vocht een vast, zeer hard lichaam is geworden; de sterke aaneenhechting der moleculen, door geen lucht meer gehinderd, was dus de eerste oorzaak van dat verrassende geluid. Als men dat eenmaal gehoord heeft, verwondert het ons niet meer dat de waterdruppels een steen kunnen uithollen, al is er ook een deel van toe te schrijven aan hun oplossend vermogen.

Het daar pas gebruikte toestelletje wordt *waterhamer* genoemd. Wanneer men het eenigen tijd laat hangen, met de buis naar beneden, kost het aanvankelijk veel moeite om door de gezegde plotselinge beweging het vocht van het glas los te maken; is dat evenwel eenmaal gelukt, dan gebeurt het bij een nieuwe poging gemakkelijker. TYNDALL maakte die aanhechting van de waterdeelen aan glas en aan elkander op de volgende wijze aanschouwelijk. Het door koken van lucht bevrijde water bevond zich bij hem in een V-vormige buis. Eerst liet hij nu

door de punt der V naar boven te richten ( $\Delta$ ) al het vocht in het eene been loopen, stiet het einde van dat been eenige malen zacht op de tafel om de aanhechting tegen het glas inniger te maken, en keerde vervolgens de buis weder om (V); het water bleef nu in het gevulde been staan, en zette zich in beide beenen niet even hoog, wat te verwachten was; de aanhechting tegen het glas was zoo sterk, dat het water niet meer aan de wetten der zwaartekracht gehoorzaamde. 't Is mij gebleken, dat het voorafgaande stooten zelfs niet noodig is, wanneer men het vocht, *zonder dat het geluid veroorzaakt*, voorzichtig en langzaam in een der beenen laat vloeien. Kleine bellen doen zien dat het water onmogelijk geheel luchtvrij kan worden gemaakt.

De besproken aankleving of adhaesie is ook de reden, waarom luchtvrij water moeilijker aan 't koken is te brengen, dan het gewone. Wij merkten reeds op, dat bij de verwarming eerst de lucht ontwijkt onder den vorm van bellen; de verwarmde waterdeelen stijgen intuschen, daar zij soortelijk lichter worden, mede op; minder warme nemen hunne plaats in, en dit duurt zoolang voort, tot er zich eindelijk, midden in de massa, bellen van luchtvormig water of stoom vertoonen, die, aanvankelijk in het koudere water met zeker geruisch verdicht wordende, later aan de oppervlakte verschijnen en met geweld uiteen spatten, zoodat al het vocht in hevige beweging geraakt; het *koken* is alzoo opgetreden.

Iets anders zou gebeurd zijn, zoo men in plaats van het luchthoudende en aan de vrije werking des dampkrings blootgestelde water, dat in den waterhamer of in de V-vormige buis had verhit. Kookte het eerste gemiddeld op 100 graden der schaal van Celsius, het laatste kan men eenige graden heeter maken of boven dat kookpunt voeren, zonder dat er stoomvorming zichtbaar wordt. Hier, in den waterhamer, bij toenemende verhitting, is geen cirkelvormige omloop van deelen; de moleculen blijven stevig tegen elkander aan het glas gedrukt; de warmte-werking brengt haar meer en meer in een soort van spanning; eindelijk heeft er een ontploffing plaats, en de geheele massa gaat eensklaps tot stoom over met een schok, die het glas dreigt te verbrijzelen. De temperatuur kan, eer dat gebeurt, soms tot 120 à 130 graden worden opgevoerd. Zoo groot is derhalve de invloed der opgeloste lucht op het koken. 't Moet dus zeker gevaarlijk zijn, het reeds eenmaal in den stoomketel gekookt hebbende, daarin koud geworden, en schier geheel luchtvrije water, opnieuw in die ruimte te verhitten tot stoomvorming.

Het beeld daar zoo even van het koken gegeven, verdient wel iets nader onze aandacht. Er wordt ergens vermeld, dat een inwoner van een nog niet door beschaafden bezocht land verschrikt weg liep, toen hij voor de eerste maal dat hevig opborrelende water zag, daar hij het verschijnsel aan een boozen geest toeschreef, die onder in 't vat was gevaren. We weten, dat dit opbruisen zijn oorsprong dankt aan de wijde en snelle slingeringen, waarmede de warmtekracht de moleculen heeft bedeed. Hoe hooger het water in 't vat staat, en hoe zwaarder de lucht er op drukt, des te moeilijker kan de warmte haar taak, de uiteenstooting, de dampvorming, vervullen. In een vat waarin het water niet hoog staat, en waarop de lucht niet sterk drukt, zal het dus snel koken; maar het zal in dat geval natuurlijk ook minder heet zijn dan onder de eerstgenoemde omstandigheden. Bij de gemiddelde dampkringsdrukking, die derhalve de kwikkolom in den barometer tot 760 millim. opvoert, kookt het water op 100 graden Celsius of 212 graden Fahrenheit. De aard van het vat, de reinheid der binnenwanden, de zuiverheid van het water wijzigen die temperatuur een weinig. Is daarentegen de lucht boven het water weggenomen, dan kookt het reeds door de warmte van de hand. Op hooge bergen kookt het dus ook eer dan in de dalen, omdat de luchtdrukking op die hoogten zwakker is dan daar beneden. Op den hoogsten berg b. v. heeft men reeds drie vierde deelen van het gewicht der dampkringslucht beneden zich. Op zulk een hoogte evenwel is het kokende water dan zoo weinig heet, dat het onmogelijk wordt er onze gewone spijzen in gaar te maken. In 't hospitaal van den St. Bernhard b. v. kan men rundvleesch in een open vat niet meer gaar krijgen, daar de kookhitte op die hoogte slechts 92 graden bedraagt. Kan men dan, wordt er misschien gevraagd, het water, door feller stoken, niet hooger brengen dan tot dien hittegraad, waarbij het kookt? — Neen: in de open lucht, zolang het vat van boven niet volkomen gesloten wordt, zoodat er geen damp kan ontwijken, is dat niet te doen. Dit is zoo waar, dat de kennis van het aantal graden, waarbij het water kookt, ons in staat stelt te weten, op welke hoogte men zich boven het oppervlak der zee bevindt.

Waar blijft dan toch die gestadig onder het water aangevoerde warmtekracht? Het arbeidsvermogen van deze wordt tot de stoomvorming, tot de losmaking en onderlinge verwijdering der deeltjes en het overwinnen der dampkringsdrukking gebruikt. Tweeërlei werk heeft dus de warmte verricht: het eene bepaalde zich tot het inwendige van het

lichaam, tot losmaking of verwijdering der moleculen; het andere verrichte uitwendig werk en overwon de drukking van den dampkring, dat is eene van 103 kilogram op eene vierkante palm. Er zij nog opgemerkt, dat er is gezegd: zoolang het vat van boven niet stoomdicht gesloten wordt, is een hoogere warmtegraad dan die der kookhitte niet te bereiken. Is het vat echter gesloten, dan kan het water tot elken graad van hitte worden gebracht. In het eerste geval besteedt de warmtekracht, als zij eenmaal het water heeft doen koken, haar verder vermogen aan de stoomvorming en het overwinnen der drukking. Heeft de stoom of de damp in 't algemeen dan zooveel hulp van de warmte noodig, om te blijven wat hij is? Verbazend veel.

Neem aan, dat de verbranding van een bepaalde hoeveelheid, b. v. 14 centigrammen, goede steenkool of zuivere alcohol (dan zijn wij niet ver van de waarheid) noodig is, om een liter, kan of kilogram water één graad C. te verwarmen, d. i. één graad in temperatuur te doen stijgen; — wij onderstellen daarbij, dat de kool midden in 't water in een metalen doos, door aanvoering van lucht of liever van zuurstof, volkomen verbrandt, en al de warmte in 't water treedt; — dan zal er, om een kilogram water 2—3—4 graden warmer te maken, 2—3—4 maal 14 centigrammen kool vereischt worden, en om het onder gewone omstandigheden te doen koken, 100 maal die hoeveelheid; omdat, zooals gezegd is, het kokende water bij de gemiddelde dampkringsdrukking van 760 millimeters kwikhoogte, 100 graden teekent. Maar in den stoom, die het water voortdurend verlaat, wijst de thermometer thans ook onveranderlijk 100 grammen, en die toestand blijft dezelfde, tot het kilogram water geheel is verkookt of verdampt, en in zijn plaats derhalve een kilogram stoom is ontstaan; om dien damp te ontwikkelen was er 540 maal de hoeveelheid kool noodig, die er moest gebruikt worden om een liter water één graad warmer te maken, dat is 540 maal 14 centigrammen kool, en hieruit volgt, dat er in 't geheel 640 maal 14 grammen steenkool wordt gevorderd, om uit een kilogram water van 0 graden een kilogram stoom van 100 graden voort te brengen. Kokend water bevat dus ongeveer vijf en een half maal minder warmte dan een gelijk gewicht aan stoom, die er uit is ontweken. Zooveel warmtekracht werd er voor de snellere en wijdere slingeringen der dampmoleculen en de overwinning der dampkringsdrukking meer vereischt, dan voor de minder snelle en meer beperkte slingeringen der waterdeeltjes. Maar waarom wijst de thermometer de genoemde 540

warmtehoeveelheden niet aan; waarom teekent zij voortdurend slechts 100 graden? De stijging van den thermometer zou dan alleen plaats hebben gegrepen, als het de warmte niet mogelijk ware geweest al haar vermogen aan de uitedrijving der stoommoleculen kwijt te raken. Juist dan, als de warmte te zeer door de moleculen wordt belemmerd, verraadt zij zich naar buiten en dus ook aan den thermometer. Zulke waarneembare warmte ontstaat derhalve uit haren gestoorden of belemmerden arbeid. Daarom b. v. heeft ijs slechts het halve bedrag aan warmte noodig, dat water behoeft om een graad minder koud te worden. De warmtewerking wordt dus in het ijs meer belemmerd dan in het water, en zij openbaart zich dus spoediger naar buiten d. i. door den thermometer. 't Is nuttig nog hierbij op te merken, dat de op de beschrevene wijze ontstane stoom ongeveer 700 maal meer plaats inneemt dan hetzelfde gewicht aan water.

Men is gewoon, om de zoo even als eenheid aangenomen warmte, die in staat was een kan water 1 graad C. warmer te maken, een *calorie* te noemen. De calorie, dat is, om het eens zeer eenvoudig uit te drukken, de arbeid, die de genoemde 14 centigrammen steenkool bij de verbranding kan ontwikkelen, is dus op dergelijke wijze de warmte-eenheid, als de meter en de gramme de eenheden der lengtematen en der gewichten zijn. Die eenheid is hier slechts voor 't gemak onder een vorm gebracht.

Wordt een kilogram stoom van 100 graden plotseling tot kokend heet water verdicht, dan worden de 540 *caloriën* vrijgemaakt; werd het water tot 0 graden afgekoeld, dan werden er 640 *caloriën* van haar werk ontslagen, om elders dienst te doen en omringende lichamen te verwarmen. Van deze ervaring uitgaande, heeft men den stoom, dat rijke magazijn van warmte, verplicht, door verdichting een deel van zijn voorraad af te staan, dan, wanneer men het wenschelijk achtte. Men leidt daartoe b. v. den heeten stoom door zigzagwijze gebogen metalen slangen, die door met water gevulde metalen of houten vaten loopen; de stoom wordt op zijn langen weg in die pijpen verdicht tot water, de vrij geworden *caloriën* verhitten dus de pijpen en het omgelegen vocht, dat weldra begint te koken. Men heeft dan het vreemde schouwspel voor zich, dat men water in een houten vat ziet koken. In de gaarkeukens en bij verschillende takken van nijverheid bewijst het voeren en afkoelen van den stoom, tusschen de dubbele metalen wanden van verschillende vaten, en het daardoor tot kookhitte bren-

gen van de stoffen, die zij inhouden, onschatbare diensten; aanbranden of te sterk verhitten is langs dien weg niet mogelijk. Men leidt ook dikwijls metalen pijpen langs de binnenruimte van woonkamers der huizen, langs die van vergaderzalen, door droogkamers van fabrieken en waschinrichtingen, en voert door die pijpen heeten stoom, opdat hij verdichtende de vrij geworden warmte aan de omringende lucht afgeven zou. Het water treedt in al die gevallen als voertuig op, om de in den haard door verbranding ontstane hitte op groote afstanden over te brengen en te verdeelen. Wat dit overbrengen van arbeidsvermogen der botsende stoom- of watermoleculen bij stoomwerktuigen voortbrengt, ligt buiten onze beschouwing.

Hetgeen daar gezegd is van den voorraad warmte, dien de stoom aan den mensch beschikbaar stelt, geldt voor alle waterdampen, ook voor die, welke in den dampkring zweven en boven de gletschervlakten hangen. Die damp van lage temperatuur bevat ongeveer evenveel caloriën als de stoom, die heet water verlaat, en stelt, tot ijs van 0 graden overgaande, ongeveer 700 caloriën per kilogram tot andere doeleinden beschikbaar. De wolken zijn derhalve ook voorraadschuren van warmte. Men verwondert zich nu niet meer, dat het plotseling ontstaan van een regenbui zoo dikwijls gepaard gaat met een even snelle verwarming der lucht, en leidt er uit af, welk een strijd die neerslaande dampen boven de gletscherwereld voeren, tegen de uitbreiding dier reusachtige ijslichamen, welk een massa ijs zij bij hun verdichting kunnen doen smelten! — Ook heldert het vermelde 't verschijnsel op, dat het drogen van kleeren, het verdampen van bij hitte op den grond gesprenkeld water, enz. koelte doet ontstaan. Immers de honderden caloriën, tot de dampvorming noodzakelijk, worden aan de lucht en de omliggende voorwerpen onttrokken en deze dus afgekoeld.

Het vermoeden kan niet zijn uitgebleven, dat het water, om zich uit ijs te vormen, ook wel een vrij groot getal caloriën zal eischen. Om het bedrag van die hoeveelheid warmtekracht, noodig om de ijsdeeltjes los te breken, te leeren kennen, vooronderstelle men, dat er een vat met een kilogram ijs van 0 graden, boven het vuur zij geplaatst. Zoo nu weder, als vroeger is aangenomen, al de warmte der brandstof in het ijs te recht komt, en de damp er ook niets van wegneemt, bevindt men, zonderling genoeg, dat de thermometer onder het ijssmelten voortdurend op nul graden blijft staan, en, als men ijs en water maar goed omroert, die onveranderlijkheid in hoogte voortduurt, zoolang er

nog maar een stukje ijs in 't water ligt. Schijnbaar is dus hier alweer geen warmte gewonnen, en toch blijkt bij nauwkeurig onderzoek, dat er 79 tot 80 maal 14 centigrammen kool of alcohol verstoekt is, om het kilogram water te verkrijgen; er zijn dus 79 calorïen schijnbaar verloren geraakt. Indien evenveel water van 0 graden even sterk en even lang ware verwarmd als het ijs, zou het 79 graden warmte aangewezen hebben. Wij vragen alweer: waar zijn die 79 eenheden warmtekracht gebleven? Verloren kunnen zij niet zijn, want er gaat niets in de schepping verloren. 't Antwoord ligt voor de hand. De warmte van die verbrande kool heeft haar arbeidsvermogen totaal uitgeput, om het gebouw van ijs in elkander te doen storten, en de deelen in zulke slingeringen te brengen en zoover van elkander te voeren, als dat voor 't scheppen van water noodzakelijk is; het warmtevermogen was niet meer in staat, om de kwikmoleculen van den thermometer uit elkander te stooten, om den thermometer te doen rijzen; zij kon al haar vermogen onbelemmerd aan water en ijs kwijttraken. Wanneer nu het kilogram verkregen water plotseling tot ijs overging, zouden die 79 calorïen weder waarneembaar worden met den thermometer. Daarom spraken wij, eenige regels vroeger, van 700 calorïen, die bij ijswording van den damp boven de gletschers vrij werden.

Worden dan, vraagt men misschien, bij beviezend water, het omliggende water en de lucht warmer? Zeker — maar 't wordt echter onder gewone omstandigheden niet merkbaar, daar de kristallisatie van het water zeer langzaam geschiedt, en de warmte zich snel in de omliggende lichamen verspreidt. Inderdaad, wij kunnen de hoeveelheid warmte niet peilen, die het water en zijn damp op eene geheimzinnige wijze verbergen. Het baart thans geen verwondering meer, waarom ijs en sneeuw zoo langen tijd bij dooi weder kunnen blijven liggen; immers zij behoeven 79 calorïen tot smelting per kilogram.

Is er vroeger vermeld, dat het water onder zekere omstandigheden tot ver boven het kookpunt kan verwarmd worden, alvorens het kookt, men kan het ook ver onder het vriespunt of nul graden doen dalen, zonder dat het befrist. Dit is vooral het geval, wanneer het in nauwe buizen is opgesloten; ook als het in flesschen en karaffen zeer rustig blijft staan; een stootje aan de karaf is dan voldoende, om het water, onder nul graden temperatuur gedaald, plotseling te zien befrizen. In zulk een geval is de verwarming buiten aan de flesch voelbaar. Ziedaar ook in dat opzicht het nut van 't water; immers de beteekenis



van de woorden *vriespunt* (32° Fahr. en 0° C.) en *kookpunt* (212° Fahr. en 100° C.), op de thermometers aangegeven, kan dus uit de verschijnselen aan water eigen, gevonden worden.

De gegeven verklaring van het outdooien van ijs, het vermelden van 't losmaken der watermoleculen, zou kunnen leiden tot de meening, dat een kilogram water meer plaats inneemt dan een kilogram ijs. Dit is evenwel gelukkig het geval niet. Wellicht sluiten de watermoleculen, bij hare vorming tot ijskristallen, kleine luchtledige ruimten tusschen elkander af, die dan bij den overgang tot water weer gevuld geraken. Een kilogram ijs beslaat werkelijk meer plaats dan een kilogram water, met andere woorden, ijs is soortelijk lichter dan water. Indien wij een weinig water tusschen stevige wanden opsluiten en laten bevrozen, worden de wanden door het uitzettingsvermogen vernield. Proeven, met ijzeren bommen genomen, welke wanddikte eenige centimeters bedroeg, en die gevuld waren met water, terwijl de openingen met schroefbouten werden gesloten, bewezen, dat het bevrozende water de wanden deed bersten. Een treffend voorbeeld van dezen aard leverde een der pompen in het gasthuis te Nijmegen, in de maand Januari 1876, op. (Zie bijblad 1876, pag. 24). Aan het onder einde van den slingerstang der pomp was een holle ijzeren bol geschoven, door een schroefmoer tegen het afschuiven beschermd. De binnenholte had 12 centimeters middellijn, en dus nog geen liter inhoud, terwijl deze nog voor  $\frac{3}{4}$  deel werd ingenomen door het overschot van de aarden kern, die bij het gieten was gebruikt en er was ingebleven. De wanden van den bol hadden 3 c. M. dikte. Door het van de stang vloeiende regenwater was de bol na eenigen tijd gevuld, en toen nu op genoemden datum vorst intrad, bevroor het water, en de bol barstte met een knal als van een gewerschot uiteen. Het water had zich nog geen 200,000ste van zijn volumen uitgezet. 't Is in het dagelijksch leven niet vreemd, dat gootsteenen, waterleidingsbuizen, boomstammen, enz. des winters bij vrieskoude scheuren. Aanzienlijke rotsklompen kunnen met donderend geraas worden losgerukt en in de dalen geslingerd, als het in de kloven staande water soms spoedig bevroest. Zulke verschijnselen werken met de rotsverweering tot vereffening der aardoppervlakte mede. (Zie ook pag. 40 en 41, jaarg. 1875).

Het water vangt intusschen niet bij nul graden of ijswording eerst aan, met in volumen toe te nemen, het doet dit reeds een weinig vroeger. Koelen wij een liter water van b. v. 10 graden warmte, door koudmakende mengsels er omheen te leggen, allengs af, dan krimpt

het, even als genoegzaam alle kouder wordende lichamen, meer en meer in, tot de temperatuur op 4 graden is gedaald. Wij hebben dus nu geen liter volumen meer; vulden wij, door er water van 4 graden bij te gieten, den liter aan, dan zou het gewicht van dat water ons kilogram zijn. Deden wij dat niet, en koelden wij het water van 4 graden nog meer af, tot 3—2—1 en 0 graden, dan zou het gedurende dat proces niet meer zijn ingekrompen, maar uitgezet, alsof het zich gereed ging maken tot ijs over te gaan. De uitzetting door afkoeling duurt voort tot na het vast worden, als wanneer het ijs bij toenemende koude voortdurend weer in volumen afneemt. Ijs is dus, zoowel als water beneden 4 graden, soortelijk lichter dan water van 4 graden. Dit laatste wordt dan ook genoemd: water tot zijn grootsten graad van dichtheid gebracht; hierop drijft dus zoowel ijs, als water dat beneden 4 graden is gedaald en dat, 't welk warmer is. Als men heet water voorzichtig op koud giet, drijft het heete als olie boven op het koude, en er moet zelfs vrij wat geroerd worden, om beiden met elkander te vermengen.

Tot bevestiging van het boven beweerde zij nog vermeld, dat een liter water van 4 graden juist 1 kilogram of 1000 gram weegt, een liter ijs ongeveer 917 gram, water van 1 graad 999 gram, van 25 graden 997 gram en 100 graden 959 gram. Het blijkt dus uit het voorgaande en uit deze cijfers, dat het goed is, om bij verwarming van water, dit van onderen te beginnen, daar het warme water, soortelijk lichter wordende, steeds stijgt en door koud wordt vervangen. Verwarmde men het bovenaan, wat gemakkelijk zou kunnen geschieden, door een op het watervlak rustende bak, waarin men voortdurend heeten stoom leidde, dan zou het koude water dagen lang noodig hebben om te koken, daar het warme vocht steeds bovenaan zou blijven, en alleen door geleiding het onderste een gedeelte zou kunnen afstaan. Het blijkt uit in die richting genomen proeven, dat het water een zeer slechte overbrenger of geleider van de warmte is.

Eenige regels vroeger vindt de lezer de uitdrukking: dat een kilogram water *gelukkig* minder plaats inneemt dan een kilogram ijs. Welke betekenis heeft dat woord "gelukkig?"

't Is waar, wij nietige aardbewoners, kinderen als wij blijken bij de pogingen tot het al dieper en dieper doordringen in de oorzaken der natuurverschijnselen, kunnen in de verste verte niet nagaan, waarom het zoo en niet anders in die natuur toegaat, en sedert lang

zijn dan ook de droomerijen over de nuttigheid of doelmatigheid van deze of gene uiting in de natuur zooveel mogelijk opgeruimd, met andere woorden: de nuttigheidstheorie is gevallen, en dat moest zij wel bij de meerdere uitbreiding onzer kennis. Maar toch blijft het den meesten menschen aangenaam aandoen, als zij nu en dan, als bij verrassing, onweerstaanbaar tot de erkentenis worden gebracht, dat de wetten en verschijnselen in de natuur harmonisch en heilzaam in elkander grijpen en het voortdurend bestaan van 't geheel waarborgen. ORZOOMER zegt terecht: "In hare liefelijke en in hare grootsche tooneelen, grijpt de natuur het gemoed aan met machtige hand en voldoet aan het gevoel voor het schoone, voor harmonie." Warm water drijft op koud; daardoor ontstaan in de wereldzee talrijke stroomen, HUMBOLDT heeft deze oceaansche rivieren genoemd, die het op den heeten aardgordel verwarmde water naar de ijstreken voeren, en alzoo aanzienlijk bijdragen tot verspreiding der warmte over de aardoppervlakte. De meest bekende daarvan is de Golfstroom, reeds een enkele maal genoemd. Deze voert het warme water van den evenaar naar de Brittannische eilanden, Noorwegen, IJsland, Spitsbergen, Nova Semlja enz., matigt, in laatstgenoemde streken vooral, aanzienlijk de koude, onderhoudt er voor een groot deel het organische leven, en draagt tot de groote verscheidenheid daarin krachtig bij. Daarentegen volgen koude klimaten het van de polen aanstroomende koude water. (Zie voorts ook pag. 41 jaarg. 1875).

Verscheidene natuuronderzoekers hebben in al de meren van Zwitserland, op vrij groote hoogte en bij strenge koude, het benedenwater steeds 4 graden warm bevonden. Ook in de groote zeebekkens, in alle luchtstreken blijkt, dat het water in de diepte een tot anderhalve graad (of iets daarboven) temperatuur bezit. Men bedenke hierbij, dat zoutwater eerst beneden nul graden vast wordt. De kolossale beweging van den oceaen kan zich tot de aanzienlijke diepte, als waartoe zijn bekken afdaalt, niet voortplanten. Het buitengewoon koude bovenwater der poolzee kan zich dus niet met het zeer diep gelegene vermengen; voor de verschrikkelijke koude des atmospheers beschermd, te midden der maanden lange poolnachten, bij een temperatuur waarbij het kwik bevriest en de olie door hare hardheid vonken uit den beitel doet spatten die haar moet doorklieven, wemelt het in de diepte van talloze dieren en zeewierren. De genoemde vermenging kan wel plaats grijpen bij rivieren en zeeengten, die vele hinderpalen voor den loop in den weg stellen; zooals bij voorbeeld in de groote en kleine Belt der

Oostzee. Gebeurt dit, dan ontstaat daar beneden vrieskoude en, begunstigd misschien door oneffenheden op dien bodem, ontstaat er zoo genaamd *grondijs*, dat in de rivieren en in de Belt en de Finsche golf soms plotseling met verbazende massa's opstijgt en het watervlak bedekt.

Dat wij ons nog een oogenblik in de poolgewesten, waarop in den tegenwoordigen tijd aller aandacht is gevestigd, ophouden, ten einde te doen zien, welke eerbied- maar ook huiveringwekkende verschijnselen wij daar aan het minder specifiek gewicht van het ijs, of het drijfvermogen daarvan, te danken hebben. Wij denken hierbij aan de onmetelijk uitgebreide, drijvende ijsbergen, die zeemonsters, welker phantastische vormen, wier kleuren, en woelen, en dringen zoo vaak door de geharde poolreizigers worden bewonderd, en met de levendigste tinten door hen afgeschilderd, zoo levendig zelfs, alsof die ijsgevaarten onder een italiaanschen hemel dreven.

Langen tijd is men in het onzekere geweest aangaande de wijze, waarop die over uren lengte en breedte en tot soms honderden voeten hoogte zich boven het water verheffende reuzengevaarten, ontstaan. Zie hier wat de onderzoekingen van een twintigtal jaren daaromtrent hebben geleerd.

Op de rotstoppen en verhevenheden der poollanden, vooral aan de kust, gaan de dampen, die door de, van warme en vochtrijke aardeelen komende lucht worden meegevoerd, of uit het minder koude water worden gestooten dat van meer zuidelijke streken toestroomt, in sneeuw over. Eeuwig groeit die voorraad aan; al lager en lager worden de sneeuwmagazijnen, langs de soms vrij hoog reikende hellingen, gedrongen, gedeeltelijk door de zware drukking van den bovenlast als vast ijs in de dalen en rotsspleten gekneed, en, steeds zich verbreedende, voor het grootste deel langs de glooiende rotsoevers een eind wegs in zee geduwd. 't Spreekt van zelve, dat het door de warmte der zon ontstane en daarna weder bevroezende gletscher- en sneeuwwater veel tot die ijswording der sneeuw bijdraagt. Men ziet, wij hebben een beeld van het ontstaan der zwitsersche gletscherwereld voor ons, met dit groote verschil evenwel, dat de gletschers in midden-Europa, Azie, enz. alleen op een aanzienlijke hoogte en in de poollanden op de minder hooge bodemverheffingen hun aanwezen kunnen ontvangen; verder, dat in de laatstgenoemde gewesten de gletschers grootere uitgebreidheden kunnen verkrijgen, sommigen zelfs eene van 20 tot 30 uren gaans, en eindelijk, dat de grootste ontwikkeling dier ijsmassa's

aan de kusten plaats grijpt, daar hier de meeste dampen worden verdicht. In het binnenland kan, door de geringe hoogte, waarop zij kunnen ontstaan, een afschuiven overeenkomstig het zwitserse gletscher-karakter, niet mogelijk zijn. Die mindere drukking evenwel behoeft voor die afscheiding en ijswording geen beletsel te zijn, zooals blijkt uit het feit, dat alle dalen in de poollanden met gletschers zijn gevuld. Er is ook geen verbazend groote kracht toe noodig, om die kneeding tot stand te brengen, en wel te minder, naarmate het minder koud is; het ijs toch wordt nabij zijn smeltpunt, dus als de zon de vlakke sterk verwarmt, kneedbaar als was. Bij  $\frac{3}{4}$  atmosfeer drukking gaat sneeuw in 4 dagen tot vast ijs over.

Aan de genoemde poolkustgletschers danken de drijvende ijskolossen hun bestaan. De gletscher wordt, zooals gezegd is, in zee gedrongen, en neemt voortdurend in grootte en zwaarte toe; eindelijk hecht het ijs zich onder water niet meer vast aan de rots, de ijsstroom neemt een meer horizontale uitbreiding aan; daar het ijs veel lichter is dan het zeewater, verkrijgt het bij die toeneming in volumen een verbazende drijfkracht, en wordt met millioenen ponden naar boven gedrukt, dan eens meer, dan eens minder, ten gevolge van de eb en vloed der zee; er ontstaat een slingerende beweging in den kolos, en het gevolg van een en ander is het afbreken van den hoofdstam. Daar dobbert hij dan, ongeveer met een negende deel zijner uitgebreidheid boven 't water; de zeestroomingen voeren hem mee, brengen hem in meer warme streken, daar verspreidt hij, op honderden uren afstands van zijne geboorteplaats, vaak schrik onder de zeevarenden, en nadat hij dikwijls in vereeniging met een tal zijner broederen de houten of ijzeren zeekasteelen spoorloos heeft doen verdwijnen, wordt hij ten langen laatste door de onweêrstaanbare zonnearmte gesloopt. Het ligt niet op onzen weg, den indruk te schilderen, die zulke ijsbergen op de poolreizigers maken, hoe zij aan dier verbeelding een rijk spel geven, en ook niet, hoe zij bij hun ontstaan en botsen en wenden door onafgebroken geluiden de doodelijke stilte verlevendigen. Liever merken wij nog op, dat die verschrikkelijke klompen bevroren zeewater, armer aan zout zijnde dan de zee zelve, bij hun smelten eene plaatselijke daling van het zoutgehalte der zee moeten teweeg brengen (zie ook pag. 38, jaarg. 1875); dit is door waarnemingen dan ook buiten allen twijfel gesteld. Het rivierwater, dat zich in den oceaen stort, heeft dus in dat opzicht denzelfden invloed op het zeewater als de smelting der ijsbergen. Bij de monden der

rivieren en in de nabijheid van in gematigde streken afgedreven ijsbergen, is het zoutgehalte der zee dan ook het geringste. Dit verschijnsel, gevoegd bij de daling van den thermometer, die de naderende koude massa reeds op uren afstands veroorzaakt, strekt den zeevarenden gelukkig tot waarschuwing tegen het naderende gevaar.

Door de gebezigde uitdrukkingen: de sneeuw wordt door den zwaren opperlast tot ijs geperst, en het ijs wordt in de rotspletten gekneed, zie ik mij gebracht tot het kortelijk bespreken van deze merkwaardige eigenschap van het ijs. Inderdaad, het laat zich kneeden in elken vorm. Wordt gestooten ijs of sneeuw, of wel wordt een enkele ijsbrok, met een persschroef of waterpers in een vorm gedrukt, dan hoort men het ijs kraken en vermorselen; maar bij 't openen van den vorm blijkt, dat alle deelen op hetzelfde oogenblik aan elkander zijn gevoren en dus een vaste massa geworden zijn. Op deze wijze is het mogelijk, kopjes, schotels, bollen, lenzen, enz. van ijs te persen. Legt men gedurende eenigen tijd een langwerpige schol ijs met de kortste zijden op twee steunsels, dan zakt het in 't midden door, en behoudt dan dien gebogen vorm. Hangt men over dien ijsbalk een metalen draad, welks beide einden men van onderen met een gewicht bezwaart, dan zakt de draad in het ijslichaam al dieper en dieper, tot hij het eindelijk heeft doorgedrongen en met het gewicht op den grond valt. Het ijs blijft echter aaneen verbonden; de deelen zijn achter den draad weer aan elkander gevoren. Dit gebeurt zelfs in een warme kamer. Perst men sneeuw in een begrensde ruimte, dan wordt zij doorschijnend ijs. In deze eigenschap vindt men een voldoende verklaring voor het afschuiven der gletschers en de volkomen aansluiting van het ijs aan den bodem en de wanden der rotsklooven en dalen; de naam ijsrivieren, aan deze ijsmassa's gegeven, is dus gerechtvaardigd.

Bij het persen van een ijsbrok, ijspuin of sneeuw krijgen die lichamen een kleiner volumen, het ijs wordt dus vaster; in de ijskelders is het dan ook beter tegen den invloed der warmte bestand, meer geschikt tot opstapeling en derhalve ook tot besparing van ruimte. De ijsvliezen, die bij zachte winters op de watervlakten ontstaan, worden, door samenpersing tot vierkante blokken, geschikt, om ze in de ijsmagazijnen op te leggen. Dat dit een en ander van zeer veel belang is in het bedrijvige leven, wordt duidelijk, als men bedenkt hoe onmisbaar het ijs is geworden bij bier- en wijnbereiding, bij het verzenden van vleesch en visch, bij eenige ziekten, bij amputatiën, en niet het minst

tot streeling van den smaak. Geen wonder dus, dat men dan ook sedert lang door kunstmatige afkoeling, in elk jaargetijde, ijs heeft weten voort te brengen. (Zie verder daarover pag. 39, jaarg. 1875).

Is het ijs samenpersbaar, het water zelf is dat in hoogst geringe mate. Als men een hectoliter of vat water, binnen samendrukbare wanden besloten, tot 20 meters diep onder water brengt, verliest het slechts 1 centiliter of vingerhoed in uitgebreidheid. Bedenkt men echter, dat de zee op vele plaatsen meer dan 8000 meters diep is, dan begrijpt men, dat de samendrukking in zulke diepten nog al aanzienlijk groot moet zijn, en het verwondert ons niet meer, dat het peil- of dieplood, onder die omstandigheden, bij het zinken een zeer trage beweging moet hebben, en de glazen thermometers zeer zorgvuldig en stevig moeten beschermd worden, ten einde door de drukking in die onderwereld niet te worden verbrijzeld.

Als ter loops merken wij nog op, dat de geringe samenpersbaarheid van het water en de snelheid en volkomenheid waarmede het de drukking, op ééne plaats aangebracht, door de gansche massa voortplant, in de hand van den mensch het middel is geworden, om de grootst mogelijke kracht te ontwikkelen. Wij denken hierbij aan de waterpersen; maar voor de behandeling dier reeds onmisbaar geworden werktuigen is hier geen plaats.

Dat wij ten slotte nog een oogenblik stilstaan ter beschouwing van de zuiverheid van 't water. Ook deze zaak bezien wij uit een physisch oogpunt, want het ligt op den weg van den scheikundige, haar met die nauwkeurigheid te behandelen, als zij, met het oog op den gezondheidstoestand en de verschillende takken van nijverheid gericht, verdient.

Volkomen zuiver water wordt in de natuur nergens gevonden; misschien leert de mensch het ook nimmer verkrijgen. Regen en sneeuw, ver van steden en straatwegen verwijderd, in de open lucht opgevangen, leveren vrij zuiver water op, dat, als drank en voor sommige scheikundige bereidingen, volkomen geschikt is; zonder vreemde bestanddeelen van dierlijken of plantaardigen oorsprong is het evenwel ook dan nog zelden, en altijd vindt men er nog sporen van salpeterigzuur in, een voortbrengsel misschien van elektrische werkingen in den dampkring. (Zie verder pag. 42, jaarg. 1875). In welk een groote mate het van de daken opgevangen regenwater, het uit de rivieren geputte, het door de bronpomp opgezogen water verontreinigd is, bewijst elk onderzoek. In

het algemeen heeft men in heuvel- of bergachtige landen de meeste kans om goed drinkwater te verkrijgen, dat is door boring een der onderaardsche wateraderen te treffen van de talloos vele, die in de diepte, door het op de hoogten in de aardkorst dringende regenwater gevoed, zich onzichtbaar een weg hebben gebaad. Schatten worden er dikwijls op vele plaatsen gevorderd, om helder, gezond drinkwater te verkrijgen: men ziet het aan de steden Rotterdam, Amsterdam, 's Hage en honderden in het buitenland. De helderheid van het water is volstrekt nog geen bewijs voor zijn bruikbaarheid als drank of voor sommige takken der industrie. Men moet zich dikwijls verwonderen over de hoeveelheid zouten en aarden, die in het helderste bronwater worden gevonden. (Zie hierover, meer uitvoerig gehandeld, pag. 43 en 44 en de eischen aan zuiver water gesteld pag. 48, jaarg. 1875). TYNDAL heeft ons geleerd, om in het, oppervlakkig beschouwd, zeer doorschijnende water, door ons gewoonlijk als drank gebruikt, zulk een tal van zwevende lichaampjes of stoffes met het bloote oog waar te nemen, dat men er werkelijk van zou walgen. Op een tocht, dien hij ondernam van Algiers naar Engeland, trok de afwisselende kleur van het zeewater zijn aandacht. Hij voorzag zich van een getal flesschen en liet die vullen telkens wanneer het zeewater hem anders gekleurd toescheen. Ten einde die kleursafwisseling zonder fout te kunnen waarnemen, begaf hij zich beneden in de stoomboot, ter plaatse, waar de stang der schroef in 't schip reikte, in den zoogenaamden tunnel; het luik werd boven zijn hoofd dicht gemaakt, zoodat er geen ander licht zijn oog kon bereiken, dan dat hetwelk van beneden uit het water straalde, en dus door breking, onder het vaartuig door, een aanzienlijken tocht door de dikke waterlaag had gemaakt. Telkens nu als hij een verschil in kleur of in den graad van doorschijnendheid opmerkte, seinde hij naar het scheepsdek, om een flesch te vullen. Deze werd dan van een aanwijzing voorzien, waar de vulling was geschied. In zijn laboratorium gekomen, leidde hij nu in een donkere kamer, door een opening in het venster, een bundel zonnestralen, en maakte door een bolle lens of zoogenaamd brandglas dien bundel tot een lichtkegel. Liet hij nu dien kegel opvolgend door het water van elke flesch dringen, dan verkreeg dit telkens een andere tint of toonde zich in verschillenden graad doorschijnend, hoewel het op 't oog dikwijls in eenige flesschen volkomen gelijk scheen. Deze verschijnselen waren alleen toe te schrijven aan den aard en de menigte der anders onzichtbaar kleine lichaampjes, die het water verontreinig-



den en daarin zwevende bleven. Zij kaatsten het licht naar alle zijden terug, en gaven er dus een lichamelijken vorm aan, eveneens als men dit ziet plaatsgrijpen bij een lichtbundel, die door een opening in een donker vertrek dringt; de bundel krijgt dan, door de in de lucht zwevende stofdeeltjes, een vorm, iets ondoorschijnends.

Een verder onderzoek leerde TYNDALL, dat het zeewater des te onreiner was, naarmate het dichter bij het land of bij de monding der rivieren, welke men soms op uren afstands passeerde, was opgehaald; wel een bewijs inderdaad, dat de rivieren een aanmerkelijk bedrag onreinheden in de zee afvoeren. Hij kwam verder tot de kennis, dat de kleur, die de lichtkegel in het water verkreeg, kon dienen tot bepaling van den graad van verontreiniging door vaste stofdeelen. Het minst zuivere water gaf een geelachtig oranje, het daarop in reinheid volgende een gele, het derde, vierde, vijfde in zuiverheid toenemende water een groene, lichtblauwe, donkerblauwe tint aan het licht. Het water uit het meer van Genève, dat voor het reinste in ons werelddeel wordt gehouden, gaf den kegel een donkerblauwe tint, en dat wat tot den hoogst mogelijken graad van zuiverheid was gebracht kleurde den kegel violet; zoodat TYNDALL tot het, waarschijnlijk zeer gewettigde besluit kwam, dat volkomen zuiver water zwart moet schijnen, daar in dat geval het doorgegane licht door geen enkel vast deeltje wordt teruggekaatst.

Deze proeven, hoe gewichtig en belangwekkend ook, hebben nu slechts betrekking op eene physische verontreiniging: maar veel talrijker, en minder gemakkelijk herkenbaar, zijn de scheikundige verbindingen en oplossingen, die het soms tot drank of voor 't gebruik in de brouwerijen, branderijen, verwerijen, photographiën, papierbereidingen, enz. gebezigde water, ongeschikt maken. In vele gevallen wordt het water van kalkgips, kiezelaarde, enz. ontdaan door overhalen of destilleeren. Zal zulk gedestilleerd water als drank geschikt gemaakt worden, dan moet het aan den invloed van den dampkring blootgesteld en geroerd of geschud worden, opdat het lucht opnemen kan. Het luchtvrĳe water toch heeft een walgelijk flauwen smaak. (Zie verder pag. 73 en volg., jaarg. 1875).

Het komt ons voor, dat het den lezer tot hiertoe niet aan gelegenheid heeft ontbroken, om aan het water een zeer hooge belangrijkheid toe te kennen. Veel moest er achterwege blijven, meer dan er van is vermeld. Van de onschatbare diensten, die het den scheikundige en den na-

tuuronderzoeker in het algemeen bewijst, is schier geen enkel woord gesproken. Toch kan men iets van die diensten vermoeden, daar men het zag optreden als algemeen oplossingsmiddel, als aanwijzer van of liever als toetssteen voor de eenheid der maten en gewichten, en voor de normaalpunten op den thermometer, als middel om het specifiek of soortelijk gewicht der lichamen te bepalen, en wat niet al meer.

Moge het terugroepen in 't geheugen der lezers, voor welke wij dit Album bestemd achten, van eenige eenvoudige maar hoogst belangrijke waarheden eenig nut hebben aangebracht.