WAT ONS DE ZONNESTRALEN BRENGEN;

DOOR

W. M. LOGEMAN.

Het opgaan der zon! Iedereen kent, zoo niet uit eigen ondervinding, dan toch door de beschrijving van anderen, dien daarbij in iedere menschenziel zich zoo duidelijk afspiegelenden overgang van duisternis tot licht, van dofheid tot gloed, van matheid tot lust, van het eentoonig graauw tot schitterende kleurenpracht, van dood tot leven! Wie eens een zonsopgang onder gunstige omstandigheden heeft waargenomen, vergeet nooit wat hij daarbij heeft gevoeld en genoten, en wie dien dikwijls heeft gezien, hij mag er minder door getroffen worden, de gewaarwordingen mogen niet zoo levendig zijn, die het eerste verschijnen der zon bij hem opwekt, toch voelt hij, die dit ziet voor de honderdste maal, even diep en krachtig als die het voor 't eerst waarneemt, ook in zijn eigen organisme dien wonderbaren, levenwekkenden invloed van warmte en licht. Zoo lang menschen den aardbol hebben bevolkt, zoo lang is die invloed gevoeld en gevierd en beschreven en bezongen geworden. Ook begrepen?

„Foei," zegt iemand misschien, „welk een dor prozaïsch woord, aan het einde van wat ons aan zooveel poësie doet denken!" Zouden vele lezers van het Album der Natuur met dien uitroep instemmen? Zoo ja, dan mag ik de pen wel nederleggen. Want het is juist mijn doel om aan dit begrip eenige bladzijden te wijden, om te trachten een overzigt te geven van de wijze, waarop de warmte en het licht der zon onzen aardbol ten goede komen, van de reden, waarom zij voor het leven daarop onmisbaar zijn. Eerst in de laatste jaren hebben de natuurkundigen dit geheel doorgrond en erkend. Ik kan bij ondervinding verzekeren, dat die kennis aan het poëtisch gevoel niet schaadt,

dat hij, die weet *waarom* de zon zoo levenbrengend straalt, hare eerste stralen begroet met een gevoel van vreugde en voldoening, even warm als dit ooit zijn kan bij hem, die daarvan onkundig is. En meer nog, ik durf beweren, dat dit gevoel bij den eersten krachtiger, meer zelfbewust en dus reiner menschelijk is dan bij den anderen. Als de studie der natuur in één opzigt aan ons gevoel voor hare schoonheden zou kunnen afbreuk doen, zeker niet ten opzigte der zonnewerking kan zij dat. Wat dichters aangaande die werking hebben gevoeld en gedroomd, het wordt door de natuurwetenschap niet omver geworpen of naar het rijk der fabelen verwezen, maar integendeel bevestigd en verhelderd, ja uitgebreid misschien.

Jammer maar — ik moet dadelijk hierop wijzen, opdat niemand bij het voortlezen zich te zeer teleurgesteld zou vinden — jammer maar dat, zij al de uitkomst van dit natuuronderzoek geschikt om voldoening te verschaffen aan ons poëtisch gevoel, het onderzoek zelf en dus ook een verslag daarvan zich met niets anders kan bezig houden dan met de droge dorre werkelijkheid. Hier, zooals in zoovele andere gevallen, wortelt het poëtische in het reële en is het daaruit gewrocht; zooals elk wonder der bouwkunst, al spreekt dit nog zoo luide en krachtig tot ons gevoel, in 't eind toch slechts bestaat uit koude, platte, hoekige steenblokken, uit balken en planken, spijkers en metselspecie!

Ik wil trachten het gebouwtje, dat ik hier voor den lezer optrekken moet, bij verdiepingen ineen te zetten.

Wat is warmte, wat is licht? De laatste vraag is voor de lezers van dit Album reeds meermalen beantwoord geworden en sedert dien tijd is men al meer en meer tot de overtuiging gekomen, dat een met dat op de laatste volkomen gelijksoortig antwoord ook op de eerste past. Geluid, warmte, licht zijn alle drie niets anders dan „groote uitwerkselen van kleine bewegingen." De deelen van een ligchaam kunnen zich snel heen en weder bewegen, trillen zooals men het noemt. Doen zij dit zóó, dat elk deeltje in één seconde eenige malen of eenige honderd of duizend malen heen en weder gaat, dan geeft het ligchaam geluid, hetgeen op een afstand voor ons waarneembaar wordt, omdat

die trillingen zich mededeelen aan de luchtdeeltjes, die met het ligchaam in aanraking zijn, en van deze aan de omringende, al verder en verder, tot in ons gehoororgaan. Maar die trillingen kunnen met nog veel, veel malen grootere snelheid geschieden. Dan evenwel voelen wij ze niet meer als mechanische bewegingen, wanneer wij het ligchaam, waarvan de deeltjes trillen, b. v. met de hand aanraken, maar als warmte, vooronderstelt namelijk dat de deeltjes van de huid dier hand — ook trillende als zij zeker zijn — bij elken heen en wedergang eene kleinere ruimte doorliepen dan die, welke door de deeltjes van het eerstgenoemde ligchaam daarbij doorloopen wordt: met andere woorden, dat de hand kouder was dan dit laatste. In dit laatste geval toch alleen wordt de ruimte — de trillingswijdte — voor de deeltjes van onze huid grooter, of wordt deze warmer, zooals wij het gewoonlijk uitdrukken, door de mededeeling van beweging. Die mededeeling kan ook plaats hebben op een afstand, zooals iedereen weet; men zegt dan, dat zij *door straling* geschiedt. Wijst dit *woord* reeds op eene overeenkomst tusschen warmte en licht, deze wordt volkomen, wanneer men zich herinnert, dat ook dit laatste niets anders is dan een uitwerksel van trillingsbewegingen.

Wanneer de deeltjes van een ligchaam nog sneller trillen, elken heen en wedergang in nog korteren tijd volbrengen, dan noodig is om deze beweging zich als warmte te doen openbaren, dan is dit ligchaam daardoor *lichtend* of lichtgevend. Aangaande de wijze, waarop zich deze warmte- en lichttrillingen voortplanten op afstanden, behoeft hier, voor het tegenwoordig doel, niet verder te worden uitgeweid. Genoeg zij het aan te merken, dat deze mededeeling voor beide op geheel dezelfde wijze geschiedt en door tusschenkomst van dezelfde middenstof, den aether.

Warmte zoowel als licht is alzoo niets anders dan eene onbegrijpelijk snelle heen en wedergangsbeweging, eene trilling van de deeltjes der ligchamen! Die beweging, aan de deeltjes van een ligchaam medegedeeld, blijft daarin onophoudelijk bestaan, even als elke andere, zoolang zij zich niet op hare beurt mededeelt aan die van eenig ander ligchaam.

Deze mededeeeling nu kan op verschillende wijzen geschieden, of liever, zij kan zeer verschillende uitwerkingen hebben. Daarbij kan wat trilling is, trilling blijven of ook iets anders worden. Om te kunnen

begrijpen wat, kan men niet beter doen naar ik meen, dan zich zelven afvragen wat geschieden zal bij de mededeeling van beweging, die nog geene trilling is. Een steenblok worde getroffen door den slag van een hamer. De ondervinding leert, dat het daardoor in trilling geraakt. Maar nu neme men in plaats van een hamer een scherpe beitel en treffe het steenblok daarmede, digt bij den kant, met dezelfde kracht als in het vorige geval. Het zal daardoor, ja, ook in trilling geraken, maar veel minder luid en duidelijk dan te voren. En geen wonder. Een aanmerkelijk deel der kracht, die in het vorig geval alleen tot het voortbrengen van trillingen diende, heeft nu gestrekt om de deeltjes van het ligchaam vaneen te scheiden: er is door den beitel een stukje afgeslagen geworden. Zoo ook wordt een deel der kracht, die de warmte- of lichttrillingen te weeg brengt, verbruikt, deze houden op als zoodanig te bestaan, wanneer daardoor een ander mechanisch effekt wordt veroorzaakt. Vele en zeer duidelijke voorbeelden zijn daarvan bekend, die men vroeger niet verklaren, maar slechts door een woord aanduiden kon, hetwelk dan in de oogen van velen voor eene verklaring doorging: men zeide in zulk een geval, dat er warmte *gebonden* werd. Als aan water al meer en meer warmte wordt medegedeeld — ik gebruik hier de gewone uitdrukking en zal dit ook in 't vervolg doen, omdat zij de kortste is en omdat dit niet schaadt als men toch, eens voor al, weet wat men daaronder te verstaan heeft — dan komt er spoedig een oogenblik, waarop het schijnt, dat het water geen warmte meer opnemen *kan:* het wordt niet warmer, niettegenstaande het met veel warmere ligchamen, met een gloeijend ijzer b. v. in aanraking is *en daaraan*, zooals duidelijk blijkt, *warmte onttrekt.* Waar blijft deze dan? Zij wordt nu verbruikt, als warmte vernietigd, in een ander mechanisch effekt omgezet; in het van elkander en van de overige losrukken namelijk van die waterdeeltjes, welke wij, in al grooter en grootere hoeveelheid, naarmate de verwarming verder voortgezet wordt, in een gansch anderen toestand, niet als op elkaar gepakte deeltjes van vloeibaar water, maar als omstreeks zeventien honderd maal verder van elkaar zich bevindende deeltjes van *waterdamp* weervinden. In dagelijksche bewoordingen gezegd: de warmte wordt verbruikt om het water te doen verdampen.

Op dezelfde wijze en om dezelfde reden wordt ook warmte verbruikt bij den overgang van een vast ligchaam tot eene vloeistof — bij het

smelten — en nog veel meer bij elke scheikundige ontleding. Ik meen hier den lezer niet te mogen vermoeijen met eene verklaring van de reden, waarom bij deze laatste het warmteverbruik plaats grijpen en zeer aanmerkelijk zijn moet. Is hij met de beginselen der scheikunde bekend, dan zal hij zulk eene toelichting niet noodig hebben na het bovengezegde, en als hem die kennis ontbreekt, dan zou ik om dit duidelijk te maken de voor dit opstel beschikbare ruimte ver moeten overschrijden. De feiten spreken gelukkiglijk ook te luide om nog voor twijfel de minste ruimte te laten, feiten, alom bekend en, wat opmerkelijk is, ten opzigte van het warmteverbruik bij scheikundige ontleding het meest bekend, het meest zich aan ieders aandacht als 't ware opdringend.

Maar om hunne taal te verstaan, met andere woorden om te kunnen zien, wat die feiten bewijzen, moet men het volgende in aanmerking nemen. Even als er, naar wij boven zagen, warmte wordt verbruikt bij den overgang van eene vloeistof tot damp, zoo wordt er ook warmte voortgebragt, ontwikkeld, wanneer, omgekeerd, een damp weder tot vloeistof wordt. En het verband tusschen deze beide verschijnsels is zoo innig en vast, dat juist *dezelfde hoeveelheid* warmte, die verbruikt wordt om voor eene zekere bepaalde hoeveelheid van eenige vloeistof het eene voort te brengen, ook weder voortgebragt wordt, wanneer het andere plaats grijpt. In plaats van dus regtstreeks het warmteverbruik bij het eerste te meten, zou men ook de hoeveelheid warmte bij het tweede voortgebragt kunnen bepalen om van de beide hoeveelheden naauwkeurige kennis te bekomen. Zoo ook behoeft men om de hoeveelheid warmte te bepalen, die verbruikt wordt om eene scheikundige ontleding: b. v. die van water in de twee bekende gassen, waterstof en zuurstof, te weeg brengen, slechts te meten, hoeveel warmte er wordt voortgebragt, wanneer die beide gassen zich met elkaâr verbinden. En nog meer, om overtuigd te worden, dat zulk een warmteverbruik bij elke scheikundige ontleding wezenlijk plaats heeft, behoeft men slechts de voortbrenging van warmte op te merken, die elke scheikundige verbinding vergezelt. Die voortbrenging nu is bekend genoeg, zij is het, waarvan wij ons bedienen telkenmale wanneer wij willen voortbrengen wat wij met een wel wat veelzeggend woord: *kunst*warmte noemen; bij de verbranding om het in een woord te zeggen.

En die verbranding dient ons niet slechts om warmte, maar ook om

licht te ontwikkelen. Kan men met zekerheid hieruit opmaken, dat tot de overeenkomstige scheikundige ontledingen ook licht wordt verbruikt? Ja-, maar onder zeker voorbehoud. Warmte en licht namelijk zijn zulke gelijksoortige en in onderling verband staande verschijnselen, de eene kan zoo gemakkelijk in het andere overgaan en omgekeerd, dat men volstrekt niet zeker kan zijn, dat eene scheikundige ontleding, waarvan wij zien dat de producten, als zij zich op nieuw verbinden, voornamelijk licht voortbrengen, ook juist door lichtverbruik is teweeg gebragt. Bij vele van die verbindingen toch hebben wij 't in onze magt daardoor veel licht en weinig warmte of omgekeerd veel warmte en weinig licht te doen ontstaan. Maar daarnevens zijn er een aantal en daaronder zeer belangrijke scheikundige ontledingen bekend, die met zekerheid blijken alleen bij toetreding van licht en dus door lichtverbruik mogelijk te zijn. Ik herinner hier b. v. slechts aan die ontledingen, waarop de photographie is gegrond.

Blijkt het hieruit, dat wat als warmte verbruikt is, als licht weder kan te voorschijn komen en omgekeerd: dit mag ons eene vingerwijzing zijn om het begrip van hetgeen men den kringloop der krachten in de natuur zou kunnen noemen nog iets verder uit te breiden, om dit denkbeeld nog algemeener op te vatten. Vragen wij daartoe nog eens: wat is warmte en wat is licht? Het antwoord daarop, in één woord gegeven, kan niet anders zijn dan: beweging. Eene beweging nu kan, als zij zich van het eene ligchaam aan het andere mededeelt, beweging blijven, maar behoeft niet noodzakelijk daarbij in alle opzigten hetzelfde te blijven. Zij kan van aard veranderen; wat eene beweging der afzonderlijke deeltjes is, kan eene beweging worden der massa als een geheel, de trilling der deeltjes kan ophouden of verminderen om als eene geheele verplaatsing van het ligchaam te voorschijn te komen: met andere woorden, op nog veel duidelijker wijze dan dit bij alle vorige voorbeelden het geval was, kan warmte en dus ook licht worden verbruikt om mechanischen arbeid voort te brengen, zooals dit voor de geluidstrillingen boven reeds is vermeld. En die mechanische arbeid op zijne beurt verbruikt wordende, kan weder warmte of licht voortbrengen. In de volgende bladzijden zal ik nog dikwijls hierop, zoowel als op al het te voren gezegde moeten verwijzen. Men heeft het reeds bemerkt, ik heb tot nog toe van de zon niet gesproken en die schijnbaar uit het oog verloren, om bij het spreken daarover des te korter te kunnen zijn.

Maar thans ga ik spreken over de zon en alleen over haar. Zij zendt ons warmte en licht. Hoeveel wel? Hoeveel licht is niet gemakkelijk te bepalen. Hoeveel warmte weet men naauwkeurig en uit het eene laat zich het andere ongeveer afmeten, maar al weet men het, toch laat het zich niet gemakkelijk zeggen op eene wijze, die er een juist denkbeeld van geeft. Men zal die hoeveelheid eenigermate kunnen schatten, wanneer men zich herinnert, hoeveel warmte er wel ongeveer noodig is om op een warmen zomerdag een kan water van den warmtegraad, welke het dan met de lucht gemeen heeft, tot kokens toe te verwarmen. Even zooveel warmte is ongeveer noodig om een kubieke palm — een pond — ijs te smelten en dus duizend maal meer tot het smelten van een kubieke el ijs. En tot het smelten van een blok ijs van een kubieke nederl. mijl zou nog weder duizend millioen maal meer warmte noodig zijn. Dit in aanmerking nemende, zal men zich van het verbazende der hoeveelheid warmte, die de aarde van de zon ontvangt, ongeveer een denkbeeld kunnen maken, wanneer ik zeg, dat te allen tijde, op ieder oogenblik het halfrond der aarde, 'twelk door de zon wordt bestraald, daardoor in twee seconden, dus in veel minder tijds dan ik noodig heb om deze uitkomst neder te schrijven, eene hoeveelheid warmte ontvangt, die, als zij daartoe werd opgezameld, toereikend zou zijn om het zoo evengenoemde uitwerksel te weeg te brengen, om eene kubieke mijl ijs te smelten. Niet waar, 't is eene hoeveelheid, overstelpend groot, men verliest zich zelf als men haar bevatten wil.

En waar blijft nu die verbazende hoeveelheid warmte? Een deel daarvan, en zeker een vrij aanmerkelijk deel, wordt door onzen bol weder uitgestraald in de onmetelijke ruimte van 't heelal. De rest wordt hier op de aarde *verbruikt*..... om beweging voort te brengen. Er is op den ganschen aardbol geene andere beweegkracht te vinden, ik zou haast zeggen, er is er geene denkbaar, dan die, welke, meer of min middellijk, maar toch ten laatste alleen en uitsluitend in de zonnestralen haren oorsprong heeft. Of zou het mogelijk zijn er eene aan te wijzen, die door iets anders wordt voortgebragt? Laat ons de voornaamste beweegkrachten, welke wij dagelijks in werking zien, eens nagaan en trachten daarbij voor elke de bron uit te vorschen, waaruit ze ontstaat.

Wij Hollanders zijn wel niet het meest windmakend, maar toch zeker het meest windgebruikend volk. Beginnen wij dus met den

wind. Behoef ik hier nog te herinneren wat wind is — slechts eene beweging in de lucht — en hoe die beweging veroorzaakt wordt? Men weet het immers, door niets anders dan doordat de aardbol en dus ook de dampkring op de eene plaats veel sterker dan op de andere door de zonnestralen wordt verwarmd. De lucht op die plaats wordt door die verwarming uitgezet, meer dan de omringende op koudere plaatsen en daardoor ligter dan deze. De koudere, zwaardere lucht nu drukt de warmere, ligtere naar boven, zooals een stuk gewoon hout, dat een eind weegs onder water is gedompeld, door het water naar boven wordt gedrukt, omdat het ligter is dan dit. De koudere lucht stroomt, terwijl de warmere aan hare drukking gehoorzamende opstijgt, van ter zijde toe, en dit is het, wat over eene gansche aardstreek voortgeplant met allerlei wijzigingen in rigting en kracht, daar als wind voelbaar wordt. Dus zonder uitzetting der lucht geene opstijging daarvan en dus geen wind! Maar om zich te kunnen uitzetten en dus de gansche luchtmassa, die van boven of daarop drukt, als 't ware te kunnen optillen, om dien aanmerkelijken werktuigelijken arbeid te verrigten, moet de lucht warmte verbruiken, zonder die warmte zou deze arbeid niet kunnen voortgebragt worden. En deze wordt aan de lucht door de zonnestralen geleverd. De wind wordt dus door de zon veroorzaakt; het is de kracht der zonnewarmte, welke onze molens drijft en in orkanen opgehoopt den mensch sidderen doet.

Hetzelfde geldt voor de kracht van stroomend water. Die kracht, welke wij in waterraderen van verschillenden aard en vorm opvangen om haar tot allerlei doeleinden te bezigen, vindt hare naaste oorzaak in het feit, dat eene vloeistof, op een schuin gelegen vlak, door de zwaartekracht gedwongen wordt zich steeds naar de laagste plaats te begeven. Stroomen en rivieren ontstaan op de bergen, het water vloeit van daar naar de vlakten en in zee. Doch om dit te kunnen doen en daardoor kracht uit te oefenen, moet het op de bergen gebragt en als het naar zee gestroomd is, daar weder gebragt, dat is op nieuw tot dezelfde hoogte als te voren opgeheven worden. En nu, wat heft het op, wat is dus de eigenlijke bron van het kolossale arbeidsvermogen, dat in het gansche stroomgebied der rivieren voorhanden is en waarvan nog slechts een zoo klein deel der menschelijke industrie ten baat komt? Men weet het al wederom, 't is de warmte der zon, die het water uit de laagte in damp verandert, die daartoe — wij heb-

ben gezien, dat dit steeds het geval is — in aanmerkelijke mate wordt verbruikt. De dampen nu stijgen op, worden in de bovenlucht verkoeld, eerst tot wolken en daarna tot vloeibaar water, en stroomen in die gedaante naar beneden, gereed om van de zonnewarmte, die tot het omhoog brengen verbruikt is, te getuigen door de kracht, welke het bij het dalen ontwikkelen kan. Zoo worden ook de waterwerktuigen gedreven door de zon.

Maar windmolens en waterwerktuigen, hoe weinig modern, hoe oud en afgezaagd! De stoom, ziedaar de beweegkracht bij uitnemendheid, magtiger dan eenige andere. Zij vindt ja in warmte haren oorsprong; maar juist daardoor des te klaarblijkelijker, niet in die der zon. Dat weet de gebruiker van eene stoommachine het best, vraag hem eens, hoeveel die warmte hem jaarlijks kost, wat de prijs is der brandstoffen, die hij verbruikt om haar te ontwikkelen. Brandstoffen, hout of turf of steenkolen! Ja, 't is waar, de warmte, die wij met behulp van het stoomwerktuig in beweegkracht veranderen, is door verbranding voortgebragt. Maar hoe komt het, dat verbranding warmte geeft? Vooreerst wat is verbranding eigenlijk? Ik heb dit zoo even reeds herinnerd en moet er thans op nieuw en eenigzins uitvoeriger op terugwijzen. Het denkbeeld toch, dat men zich in 't dagelijksch leven daarvan vormt, heeft niet zooals vele dergelijke in iets gedeeltelijk waars zijnen grond, zoodat het slechts gewijzigd en aangevuld behoeft te worden om tot de geheele waarheid te komen, maar het grondt zich alleen op den uitwendigen schijn, innerlijk is het ten eenemale en volkomen valsch. Alleen op dien schijn afgaande verbeeldt men zich, dat verbranding en vernietiging hetzelfde is, dat iets als het verbrandt daardoor geheel ophoudt te bestaan. Iedereen spreekt er over, alsof dit zoo ware, en zelfs zij, die beter weten, moeten wel tegen hunnen wil het spraakgebruik hierin volgen. Toch is het slechts schijn en, opmerkelijk genoeg, een waardoor in andere gevallen zich niemand laat verblinden. Of denkt er iemand aan te beweren, dat het water uit een natten doek, als deze door blootstelling aan de lucht is gedroogd, daarbij vernietigd is geworden? Immers neen, iedereen weet, dat het slechts in damp overgegaan en daardoor voor ons onzigtbaar geworden is. Maar het bestaat nog als te voren; juist hetzelfde gewigt aan water, dat de doek verloren heeft, is als damp met de lucht vermengd en kan weder als vloeibaar water daaruit worden verzameld. Welnu,

even als met water dat verdampt, zoo gaat het met elk ligchaam, dat verbrandt, het wordt niet vernietigd, maar slechts onzigtbaar, omdat het, als het dit nog niet is, in den vorm van damp of als eene soort lucht zich vrijelijk kan verspreiden. Als wij eens in een vertrek, zoo goed gesloten, dat er volstrekt geen lucht uit kon, eene kaars, die vooraf gewogen was, een tijdlang lieten branden en dan bevonden, dat zij door die verbranding b. v. een lood aan gewigt had verloren, dan zou de lucht in dat vertrek, na de verbranding, ook juist een lood aan gewigt gewonnen hebben. Maar hiermede houdt nu de overeenkomst tusschen verbranding en verdamping ook op. Vergelijken wij die beide zaken verder, dan blijkt daartusschen een groot verschil te bestaan. Het water blijft water bij het verdampen, de uitwendige vorm alleen verandert daarbij, maar een ligchaam, dat verbrandt, verandert niet alleen in vorm, soms niet eens in vorm, maar wel steeds in een ander, veel belangrijker opzigt. Die verandering in de brandstof ontstaat door dat deze zich bij de verbranding innig vereenigt met eene andere stof, de zoogenaamde zuurstof, die in de lucht steeds aanwezig is. In het voorbijgaan opgemerkt, daarom is geene verbranding in dagelijkschen zin mogelijk zonder lucht, immers zullen twee stoffen zich met elkaar verbinden, dan moeten zij beide voorhanden zijn. Door die verbinding met zuurstof nu der stoffen, waaruit elke brandstof voor een groot deel bestaat, onverschillig of het er eene is, die wij verbranden om daardoor vooral warmte of om in de eerste plaats licht te verkrijgen, door de verbranding van die twee zelfstandigheden ontstaan twee andere. Eene daarvan is water. Men kan deze vorming van water bij de verbranding waarnemen, door boven de eene of andere lichtvlam een koud ligchaam, een glasklok b. v., te houden. De gevormde waterdamp wordt dan door de verkoeling zigtbaar tegen de wanden daarvan.

De andere stof, die door elke gewone verbranding evenzeer wordt voortgebragt, is niet zoo gemakkelijk zigtbaar te maken, omdat zij slechts veel moeijelijker tot eene vloeistof kan verdigt worden. Om niet te wijdloopig te worden zal ik mij dus bepalen tot het vermelden van die stof en van haren naam; zij heet koolzuur. Alle brandstoffen bestaan of uitsluitend, zooals het gas dat ons licht geeft, of voornamelijk, zooals hout, olie en dergelijke, uit twee stoffen, *koolstof* en *waterstof* genaamd[1]). Door hare

[1]) Hout bestaat volgens FRANKLAND uit veertig deelen kool- en waterstof, welke bij de verbranding daarvan warmte en licht geven en zestig deelen, in dit opzigt, onwerkzame stof, dat is kool- en waterstof reeds met zuurstof verbonden, minerale bestanddeelen, welke bij de verbranding de asch opleveren enz.

verbranding, door hare verbinding met de zuurstof, levert de eerste dezer stoffen het zooeven genoemde koolzuur, de tweede het water. Water en koolzuur zijn de stoffelijke voortbrengselen der verbranding, de onstoffelijke zijn warmte en licht. Maar nu komt men, als men in aanmerking neemt, dat sedert zooveel duizend jaren reeds op de aarde vuren en lichtvlammen zijn ontstoken geworden, tot vele vragen en onder andere tot deze: waar is al het water en al het koolzuur, dat daardoor is gevormd, gebleven? Vele lezers zullen het antwoord op deze vraag reeds kennen; uit die beide stoffen voornamelijk worden de planten gevormd: de boomen b. v. voeden zich daarmede, groeijen daardoor en vormen al groeijende weder nieuwe brandstof. De boomen nemen water uit den grond en koolzuur uit de lucht op, en uit die beide stoffen voornamelijk worden zij opgebouwd. Bestaat dan het hout uit koolzuur en water. Neen zeker, wij hebben het boven reeds gezien, niet uit verbrande koolstof en waterstof, maar uit koolstof en waterstof alleen is het hout voornamelijk zamengesteld.

In den boom moet dus, zal deze groeijen, juist het tegenovergestelde geschieden van wat wij zagen dat bij de verbranding geschiedt: bij de verbranding verbinden zich koolstof en waterstof met zuurstof en vormen koolzuur en water, bij den groei worden deze laatste ontleed, wordt de zuurstof van de kool- en de waterstof weder gescheiden. De boom heeft de eerste niet noodig, alleen de beide laatste behoeft hij. Bij de verbinding nu van deze met zuurstof wordt warmte en licht voortgebragt. Wat moet er dus noodzakelijk plaats hebben bij de scheiding? Ongetwijfeld een verbruik van licht en warmte zooals wij dit boven hebben aangetoond! Evenveel warmte en licht als een stuk hout bij de verbranding ontwikkelen kan, is bij den groei daarvan verbruikt geworden. En die groei had niet kunnen geschieden zonder dat die warmte en dat licht, welke het hout tot zijnen groei noodig had, daaraan van buiten werden toegevoegd. Vanwaar zijn zij gekomen om in het hout als 't ware te worden vastgelegd, ten einde later op het oogenblik dat een mensch dit wenscht, men zou kunnen zeggen daaruit weder te voorschijn komen ten onzen dienste? Waar is het stuk hout, waarvan zoo even sprake was, gegroeid? Waar heeft het de warmte ontvangen, die het door zijne verbranding weer ontwikkelen kan? In eene broeikas? Neen in de vrije lucht, gekoesterd — geeft ons deze beschouwing niet eerst aan wat dit woord voor de plant beduidt? — gekoesterd door de zonnestralen en daaraan die warmte ontleenend. Werpen wij het in het vuur, het zal de warmte, die het bij den groei *van de zon* heeft ont-

vangen, weder bij de verbranding ontwikkelen. Verbrandingswarmte is zonnewarmte, vroeger in de brandstoffen vastgelegd en nu weder te voorschijn komend.

Vroeger vastgelegd. Bij dit hout misschien voor tien of twintig jaren, in den turf voor eenige eeuwen welligt; in den steenkool, dien wij branden . . wie zal het ons zeggen voor hoeveel honderde eeuwen! Middellijk of regtstreeks zijn alle brandstoffen, die ons warmte en licht geven, uit planten ontstaan, uit wat wij nu hebben leeren beschouwen als de voorraadschuren, waarin de warmte en het licht der zon worden opgezameld om, jaren en eeuwen daarna, ten dienste van den mensch weder afgegeven te worden. Alle *kunst*warmte en *kunst*licht hebben met het daglicht denzelfden oorsprong: zij zijn van de zon afkomstig.

En dus ook is het de zon, welke door hare warmte de bron is der reuzenkracht, die onze stoomwerktuigen ontwikkelen. Van windkracht en waterkracht en stoomkracht is zij het, van welke kracht op aarde, van welke beweging, van welke levensuiting is zij het niet? Levensuiting. 't Was niet zonder doel dat ik dit woord hier gebruikte. Het herinnert den lezer en mij aan hetgeen nog aan ons onderzoek ontbreekt. De beweegkracht en dus de beweging van levende wezens, van menschen en dieren, van waar deze?

Ik zou misbruik moeten maken van des lezers aandacht — moet ik niet zeggen, nog meer dan ik 't reeds deed — indien ik deze vraag uitvoerig en grondig hier trachtte te beantwoorden. Gelukkig dat althans voor dit antwoord en tot eene aanwijzing van den weg, waarlangs men daartoe gekomen is, de vermelding of herinnering van eenige weinige feiten voldoende kan zijn.

Ten eerste dan. De mensch en zeker alle hoogere diersoorten, waarschijnlijk dus in den uitgestrektsten zin des woords elk dier, verbruikt, verteert warmte bij elke beweging, die hij volbrengt, als hij daarbij eenigen wederstand overwint, als hij daardoor arbeid verrigt. De dagelijksche ondervinding schijnt het tegendeel te leeren. Door beweging te nemen, verwarmt men zich. Zou dit slechts schijn zijn, zooals zooveel, dat met ons gevoel van warmte en koude in verband staat? Gewis niet, men kan op onbedriegelijke wijze deze warmteontwikkeling aantoonen. Wie lust heeft om zich hiervan te overtuigen en een thermometer bezit, zou den bol daarvan op zijn arm kunnen plaatsen en zich overtuigen, dat hij merkelijk rijst, dus dat er duidelijk warmte ontwikkeld wordt, als de waarnemer eenigen tijd achtereen den arm uitstrekt en weder buigt. Maar dit gedaan hebbende, zou hij die proef kunnen herhalen met eenig zwaar ligchaam in de hand, dat hij

telkens bij die beweging moest opheffen, dus terwijl hij bij die bewegingen arbeid verrigt. En dan zou hij zien, dat de thermometer minder rees dan vroeger, ten blijke dat nu een gedeelte van de warmte des ligchaams tot het voortbrengen van dien arbeid verbruikt werd. Door deze en dergelijke proefnemingen is het buiten twijfel gesteld, dat in het dierlijk ligchaam, evenals in een stoomwerktuig, warmteverbruik eene noodzakelijke voorwaarde is tot het voortbrengen van werktuigelijken arbeid, dat dus ook in ons ligchaam het arbeidsvermogen uit warmte ontstaat.

Ten tweede. Het dierlijk ligchaam ontvangt de warmte die het verbruikt niet als zoodanig van buiten af, maar ontwikkelt deze zelf. Waaruit? Uit het voedsel ongetwijfeld! De stelregel, dat wie niet werkt niet eten zal, lijdt, als hij omgekeerd wordt althans, zeker aan geene uitzonderingen. Wie niet eet, kan niet werken. En dit niet, zooals men gewoonlijk meent, enkel omdat een gemis aan voedsel den dood zou ten gevolge hebben, maar omdat dit gemis een gemis is aan wat de warmte aanbrengt, die warmte, welke bij het „werk" in arbeid moet worden overgezet. Maar hoe ontstaat de warmte uit het voedsel? Wanneer wij ons herinneren, wat zoo even is gezegd aangaande het ontstaan van warmte bij de verbranding, dan kunnen wij deze vraag beantwoorden. De dierlijke warmte, even als de verbrandingswarmte, ontstaat uit en door scheikundige werkingen, uit en door de verbinding, welke verschillende stoffen onderling aangaan in ons, in het dierlijk ligchaam, die zij aangaan, terwijl het voedsel, zooals wij het noemen, verteerd wordt. En welke stoffen, zou men kunnen vragen, zijn er nevens andere, nevens de eigenlijke voedingsstoffen, in het voedsel voorhanden, geschikt en bestemd om door hare verbinding met eene andere in ons ligchaam warmte te ontwikkelen? Stoffen, in zooverre aan onze brandstoffen volkomen gelijk, dat zij voornamelijk uit kool en waterstof bestaan. En waarmede verbinden zich deze om warmte te ontwikkelen? Met de zuurstof uit de lucht, die wij inademen, volkomen als bij de verbranding. En, laatste maar voor ons doel meest belangrijke vraag, hoe komen deze stoffen in ons voedsel? In het plantenvoedsel zonder twijfel uit de planten, waarvan dit afkomstig is. En in het dierlijk voedsel, in vleesch en vet? Men heeft slechts te bedenken, dat die dieren, welke aan de vleeschetende ten voedsel strekken, zelve plantetend zijn, om overtuigd te worden, dat diegene onder de voedingsstoffen, welke voornamelijk bestemd zijn om warmte te ontwikkelen, ten slotte alleen in de planten haren oorsprong hebben.

In de planten haren oorsprong. Maar als dit zoo is, dan heeft de warmte, die zij bij hare verbinding met zuurstof ontwikkelen, dan heeft de dierlijke warmte dezelfde bron als de verbrandingswarmte, *dan is ook zij aan de zon ontleend.* En dat was 't juist, wat ik hier wenschte te bewijzen.

De kracht van den wind en van het water en van den stroom en eindelijk ook nog die van levende wezens .... weet iemand ook nog eene andere bron van beweging, van stoffelijk leven hier op aarde? Neen! er *zijn* er geene andere. En van al deze hebben wij gezien, dat zij, meer of min regtstreeks, maar ten laatste toch alleen en uitsluitend, in de zonnestralen haren oorsprong hebben. Was dus de poëet geen profeet, toen hij, lang voor dat dit alles, zoo als ik het nu heb voorgesteld, bekend was, de zon begroette met de benamingen: levenwekker, levensbron?

De natuurkundigen in den nieuweren tijd begroeten haar ook met die namen en verheugen zich in het bewustzijn, dat zij zoo doende geene dichterlijke voorstelling, maar eene bewezene waarheid uitspreken. Is zij voor den lezer van dit opstel ook bewezen? Zoo neen, dan ligt het aan mij, dan is het mij niet gelukt haar duidelijk genoeg voor te stellen. Maar zoo ja, dan heb ik hier een tafereel ontrold van zoo verhevene eenvoudigheid in de middelen, tot een voor onzen menschelijken maatstaf zoo grootsch en veelzijdig doel, dat naar de uitdrukking van een Engelsch natuurkundige eene zekere kracht van geest er toe noodig is „om ons bij die voorstelling voor overstelping te behoeden." Dan zal de lezer het mij niet euvel duiden, dat ik van poësie der wetenschap sprak in het begin van dit opstel, dan zal hij met mij zeggen: poësie is niet enkel verbonden aan onbepaalde, half of geheel *„in 's blaue"* zwevende voorstellingen: men vindt haar ook in kennen en weten, of, zooals PHILARÈTE CHASLES het uitdrukte:

La poésie n'est pas le faux, elle est le vrai dans sa profondeur, sa beauté et son éclat.

HAARLEM, Maart 1865.