

# DISSOCIATIE-VERSCHIJNSELEN.

DOOR

Dr. G. DOYER VAN CLEEFF.

## I

Den 1sten Juli 1881 overleed te Boulogne een fransch geleerde, HENRI SAINTE-CLAIRE DEVILLE. Van 1843 af was hij onafgebroken werkzaam geweest; rijke vruchten heeft zijn arbeid voor de scheikunde opgeleverd. In velerlei richtingen zijn door hemzelf en door anderen onder zijne leiding de grenzen van het bekende uitgezet; zijn blik herkende telkens nieuwe punten, van waar verkenningsstochten in het gebied van het onbekende konden worden gedaan, en te midden van hinderpalen en zwarigheden wist hij steeds den rechten weg in te slaan, die tot zoo menige belangrijke ontdekking leidde.

Veelomvattend zijn b. v. de studiën en onderzoekingen door hem tusschen 1850 en 1860 aan het metaal aluminium en zijne verbindingen gewijd. De stukjes van dit metaal, reeds eenige jaren te voren door WÖHLER, den beroemden scheikundige van Göttingen, bereid, waren zeldzaamheden in de verzamelingen gebleven. Geldelijk ondersteund door NAPOLEON III slaagde DEVILLE er in de verschillende voorbereidende werkzaamheden uit te voeren, de noodige grondstoffen op te sporen (Groenland leverde hem het mineraal: *kryoliet*<sup>1</sup>) of te bereiden (er moest eene gemakkelijke en goedkope bereidingswijze

<sup>1</sup> Eene verbinding van aluminiumfluoride en natriumfluoride.

van het metaal *natrium* worden bedacht) en eindelijk uit het bauxiet het metaal aluminium af te zonderen, een metaal, dat, naar J. B. DUMAS kort vóór zijnen dood schreef, oudtijds niet op den Olympus was toegelaten en niet tot den sterrenhemel was verhoogd, maar dat, eenmaal door de aanraking met DEVILLE's tooverstaf uit de verachte klei te voorschijn geroepen, eene schitterende toekomst voor zich heeft. Eerde DEVILLE den ontdekker en zijnen keizerlijken bondgenoot door van de eerste hoeveelheid aluminium eenen gedenkpenning te vervaardigen, die aan de eene zijde het beeld van WÖHLER en aan de andere dat van NAPOLEON III vertoonde, hemzelve strekt het tot groote eer, dat in het beginsel van de afscheiding van het aluminium tot nog toe geen belangrijke wijzigingen werden gebracht. Deze ontdekking bracht DEVILLE op het denkbeeld om, met behulp van het nieuwe metaal, de grondstoffen kiezel en boor uit hare verbindingen af te scheiden. Een der bestanddeelen van het kryolieth, het aluminiumfluoride, leverde aan DEVILLE het uitgangspunt voor eene reeks van belangrijke proefnemingen, die de kunstmatige bereiding van verscheidene in de natuur voorkomende gesteenten ten doel hadden. Door inwerking van oververhitten waterdamp op aluminiumfluoride gelukte het kristallen van korund (aluminium-oxyde) te maken; op eene dergelijke wijze bereidde hij kristallen van robijn, sapphier, rutiel enz. en werkte hij in de richting voort, waarin vele anderen vooral in Frankrijk volgden om eene voorstelling te geven van de wijze, waarop wellicht zulke gesteenten in de natuur zijn ontstaan.

Eindelijk vermeld ik, om eenigermate eene voorstelling te geven van het algemeene belang van DEVILLE's arbeid gedurende het bovengenoemde tijdsverloop, nog de wijze, waarop het soortelijk gewicht in den gasvormigen toestand werd bepaald van een aantal stoffen, die moeielijk verdampen, o. a. van de verbinding van aluminium met chloor. Even als de temperatuur van kokend water niet wordt verhoogd, zoolang het water blijft koken, en evenals de thermometer in den waterdamp geplaatst denzelfden graad aanwijst als binnen de kokende vloeistof, is dit met iedere andere vloeistof het geval. DEVILLE wenschte thans zulk eenen vasten warmtegraad veel hooger dan het kookpunt van water; hij moest dus eene vloeistof hebben, die bij veel hoogere temperatuur kookte. Geholpen door L. TROOST vervaardigde hij een toestel, waarin men door de destillatie van 1 à 2 Kg. kwik langen tijd achtereen de temperatuur op 350° bepalen kon, of door de destillatie van 1 Kg. zwavel, op 440°. Later werd door hen

het kookpunt van selenium (650°), van cadmium (860°), van zink (1300°) als vaste temperatuur gebezigd. De toepassing van dit beginsel door henzelfen en door tal van scheikundigen na hen is voor de ontwikkeling der theoretische scheikunde van ontzaggelijke waarde geweest.

Te lang bepaalde ik de aandacht der lezers misschien reeds bij deze onderzoekingen, daar ik toch niet hierover, en evenmin over de werkzaamheden van DEVILLE, die op de samenstelling van het water in verscheidene fransche stroomen betrekking hebben of over zijne bemoeiingen met de geschikte legering voor den standaard-meter en de daarnaar vervaardigde modellen, uitvoerig wilde spreken. De titel van mijn opstel noemt daarentegen de *dissociatie-verschijnselen*, eene veelomvattende en belangrijke groep van scheikundige verschijnselen, waarop door HENRI SAINTE-CLAIRE DEVILLE voor het eerst de algemeene aandacht is gevestigd, die aan hem hunne verklaring en hunnen naam hebben te danken en op hunne beurt zijnen naam voor de vergetelheid zullen bewaren, zoolang de scheikunde hare beoefenaars vinden zal.

## II

Vooraf is het misschien nog wenschelijk in herinnering te brengen, dat de scheikundige verschijnselen dikwijls in drie soorten worden verdeeld. Wanneer waterstof aangestoken wordt en de vlam aan de lucht voortbrandt, vereenigt deze gasvormige grondstof zich met de zuurstof der dampkringslucht tot water. Twee grondstoffen of elementen vereenigen zich hier dus tot ééne samengestelde stof; in dit geval wordt de scheikundige werking eene *verbinding*, *additie* of *synthese* genoemd, doch tot dezelfde groep behooren eveneens de werkingen, die plaats grijpen, wanneer twee samengestelde stoffen zich tot ééne andere samengestelde verbinden, b.v. wanneer bij het blusschen van kalk de ongebluschte kalk (eene verbinding van het metaal calcium met zuurstof) met het water gebluschte kalk (eene verbinding van calcium, zuurstof en waterstof) vormt.

Lijnrecht tegenover deze soort van verschijnselen staan de *ontledings-verschijnselen* of *analysen*, waarbij men opmerkt, dat ééne stof zich splitst in twee of meer andere, hetzij de laatstbedoelden grondstoffen of elementen zijn, zooals bij de ontleding van water door eenen galvanischen stroom in waterstof en zuurstof, hetzij zij weder samengestelde stoffen zijn, zooals, om een voorbeeld aan het dagelijksch leven

te ontleenen, bij het branden van kalksteen of van schelpen. Hier wordt het calciumcarbonaat (eene verbinding van calcium, koolstof en zuurstof) ontleed in ongebluschte kalk en in kooldioxyde (eene verbinding van koolstof en zuurstof); deze laatste stof, gewoonlijk *koolzuur* genoemd, is gasvormig en ontwijkt uit den kalkoven.

Eindelijk spreekt men nog van *verplaatsings-* of *substitutieverschijnselen*: het aantal stoffen blijft hierbij gelijk, het vermeerdert noch vermindert. Het kan gebeuren, dat eene grondstof eene andere uit eene samengestelde stof verdrijft en zelve de ledig gelaten plaats inneemt, of dat twee samengestelde stoffen een harer bestanddeelen onderling uitwisselen. Van het eerste geval ziet men een voorbeeld, wanneer men een stalen breinaald in eene oplossing van kopervitriool steekt; tegen den breinaald zet zich een dun laagje koper af, terwijl de hoeveelheid ijzer aan den naald een weinig vermindert en met de overige bestanddeelen van het kopervitriool ijzervitriool vormt. De blauwe kleur der oplossing verandert langzamerhand in eene groene kleur, doch de vloeistof zal op den duur niet helder blijven, wanneer zij althans met de zuurstof der dampkringslucht in aanraking is. Van een verplaatsingsverschijnsel tusschen twee samengestelde stoffen is men getuige, wanneer men met loodwit geverfde voorwerpen zwart ziet worden door zwavelwaterstofgas, een onaangenaam riekend gas dat soms uit stilstaande, met rottende stoffen bezwangerde wateren ontwijkt en zich in de lucht verspreidt. Het lood uit het loodwit (samengesteld uit lood, koolstof en zuurstof) verwisselt dan zijne plaats met de waterstof uit de zwavelwaterstof en het daardoor gevormde zwarte zwavellood bederft het werk van den handwerksman.

De *dissociatieverschijnselen* behooren nu tot de *ontledingsverschijnselen*, en daaronder bepaaldelijk tot die werkingen, welke door de warmte worden voortgebracht. Laat mij hier terstond aan toevoegen, dat niet alle door de warmte teweeggebrachte ontledingen dissociatie-verschijnselen zijn.

Dat de warmte scheikundige werkingen bevorderen kan, is aan iedereen bekend. Men drukt dit vermogen wel op de volgende wijze uit: de warmte verhoogt het scheikundig arbeidsvermogen der stoffen. Wanneer het lichtgas ergens uit een lek in de gasleiding ontsnapt, vermengt het zich met de lucht door het huis en blijft, wat het is; de reuk waarschuwt ras, dat er ergens onraad is. Geheel iets anders gebeurt er, wanneer wij het gas, dat naar buiten stroomt, met de vlam van eenen lucifer of op eene andere wijze heet genoeg maken

in tegenwoordigheid van de zuurstof der lucht, wanneer wij het gas *aanstekten*. Rustig stroomt het lichtgas verder uit de pijp, kalm brandt de vlam voort; de door de verbranding voortgebrachte hitte is sterk genoeg om de volgende deelen van het gas aan te steken. Van gaslucht in de kamer is thans geen sprake; de bestanddeelen van het gas (voornamelijk koolstof en waterstof) verbinden zich met de zuurstof der lucht tot koolzuur en waterdamp, twee reukelooze gassen, die zich onmerkbaar met de lucht in het vertrek vermengen. Desgeleijks is het met de waterstof, die zich met zuurstof tot waterdamp verbinden kan; ontwijkt zij langzamerhand uit den gashouder, dan verspreidt zij zich ongemerkt door de lucht, doch zoodra ergens een klein gedeelte van het verraderlijke knalgas (het mengsel van zuurstof en waterstof) tot aan zijne ontbrandingstemperatuur wordt verhit, verbrandt het tot waterdamp. Misschien herinnert zich een enkele lezer nog, hoe voor eenige jaren te Utrecht in den schouwburg zulk eene ontbranding van knalgas plaats had, waarbij de ontploffing geen persoonlijke ongelukken, alleen vrij wat verwoestingen aan het gebouw te weeg bracht.

Om mij bij dit laatste voorbeeld: de verbinding van waterstof en zuurstof tot water te bepalen, men had zich de voorstelling gemaakt, dat beneden eene bepaalde temperatuur de beide gassen in elkanders nabijheid gebracht (ik onderstel natuurlijk het geval, dat er geen andere oorzaak aanwezig is voor de verbinding) bleven hetgeen zij waren, doch dat zij boven die bepaalde temperatuur tot water verbonden zouden worden. Dezelfde voorstelling gold voor iedere andere verbinding; koolstof in den vorm van houtskool kon bij de gewone temperatuur jaren lang met de zuurstof der lucht in aanraking zijn, maar werd de houtskool eenmaal verhit tot boven de temperatuur, waarbij zij begint te glimmen, dan moest zij zich onverbiddeijk met de zuurstof verbinden tot koolzuur en bij verdere verhitting daarmede verbonden blijven.

Nu had GROVE, een engelsch natuurkundige, eene opmerkelijke waarneming gedaan, die met de voormelde voorstelling in strijd was. Hij had eenen gloeienden, bijna tot het smeltpunt verhitten bol van platina in koud water gebracht; de warmte van het metaal deelde zich aan het omgevende water mede en dit begon te koken, maar ziet! bij een nauwkeurig onderzoek bleek het, dat het water niet alleen in waterdamp veranderde, maar dat het zich bovendien in zijne bestanddeelen ontleedde, dat er dus vrije waterstof en vrije zuurstof

werden gevormd. Het was dus verkeerd ingezien, wanneer men meende, dat bij eene hooge temperatuur tusschen deze grondstoffen alleen eene *verbinding* plaats hebben kon.

Hetgeen de zaak nog merkwaardiger maakte, was dat deze *ontleding* ongeveer *bij dezelfde temperatuur* geschiedde, waarbij het omgekeerde verschijnsel, de *verbinding* van waterstof en zuurstof, plaats had. Immers wanneer men platinabolletjes in een waterstofvlam hield, werden zij eindelijk zoo heet, dat zij begonnen te smelten. De hitte, die door de verbranding der waterstof wordt teweeggebracht en waardoor het nieuw toegestroomde gedeelte van dit gas telkens aangestoken wordt, was sterk genoeg om platina te smelten, terwijl bij de zoogenoemde proef van GROVE bijna smeltend platina de bestanddeelen van water van elkander scheidde.

Hoe dit vreemdsoortige verschijnsel te verklaren? Het lag voor de hand, dat eene bijzondere eigenschap van het platina er de oorzaak van zou zijn; maar welke? Men vond er geen, en met eene reeks van andere verschijnselen werd deze ontleding van water aan de *katalytische werking* toegeschreven, d. w. z. aan de aanwezigheid van de eene of andere stof, in dit bepaalde geval van het platina, die niet verminderde, geen enkele scheikundige verandering scheen te ondergaan en alleen door hare aanraking met het water zoo krachtig werken kon. Op dezelfde wijze sprak men b. v. over de katalytische werking van de pepsine in het maagsap op de eiwitstoffen, die door de aanraking met de pepsine alleen geschikt schenen te worden in het bloed te worden opgenomen, en over de katalyse, die zich vertoonde, wanneer eene groote hoeveelheid alcohol, met betrekkelijk weinig zwavelzuur vermengd en tot ongeveer 140° verwarmd, in aether werd veranderd. Het zwavelzuur werd aan het eind bijna in onverminderde hoeveelheid teruggevonden, alleen was het verdund door het uit den alcohol afkomstige water; de aanwezigheid van het zwavelzuur scheen op zichzelf reeds een krachtige prikkel voor scheikundige werkzaamheid te zijn.

Wellicht heeft menig lezer mij tot zooverre met eenig ongeduld gevolgd om de opmerking te maken, dat zulk eene stelling geen verklaring is, en heeft hij gedacht aan het bekende: *Denn eben wo Begriffe fehlen, da stellt ein Wort zur rechten Zeit sich ein*. De noodlottige verwarring tusschen eenen naam en eene verklaring, waaraan men zich tegenwoordig nog evenzeer schuldig maakt als vroeger, werd inderdaad gemaakt. Had men de genoemde verschijnselen te zamen ver-

eenigd onder den naam *katalytische*, oogenschijnlijk door de tegenwoordigheid van eenige stof veroorzaakt, zonder meer, de naam had eenig nut kunnen doen evenals het opschrift »ongeeinde posten" de wakkerheid van den koopman opwekken kan tot het inspannen van krachten om de posten één voor één van de bladzijde te verwijderen. Maar neen, er school eene katalytische kracht achter, die van het platina, het zwavelzuur, de pepsine enz. uitging, en evenals er wellicht thans nog velen zijn, die meenen, dat de onderlinge beweging der hemellichamen *in haar wezen verklaard* is door de onderstelling van eene aantrekkingskracht, zoo ging het destijds velen, zelfs vele natuurkundigen met de katalytische kracht.

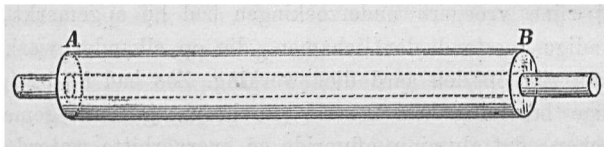
### III

Maar wie zich in slaap liet wiegen door eenen naam, HENRI SAINTE-CLAIRE DEVILLE niet. De proef van GROVE was in zijne oogen volstrekt niet verklaard, nu men haar als een gevolg der katalyse beschouwde. Reeds bij zijne vroegere onderzoekingen had hij opgemerkt, dat de natuurkundige toestand der lichamen, die op elkander werken, van invloed kan zijn op den aard dier werking. Zoo had hij b.v. bij zijne kunstmatige bereiding van korund (zie boven) gebruik gemaakt van de eigenschap, dat aluminiumfluoride en oververhitte waterdamp zóódanig op elkander werken, dat aluminiumoxyde en fluorwaterstof worden gevormd, terwijl bij eene lagere temperatuur de laatstgenoemde stoffen eene scheikundige verandering in tegengestelden zin ondergaan. Ook vond hij, dat de meening in den aanvang dezer eeuw reeds door BERTHOLLET gekoesterd, dat de betrekkelijke hoeveelheid der stoffen dikwijls volstrekt niet zonder belang is, waarheid behelsde. In 1864 verscheen van zijne hand *Leçons sur la dissociation*, waarin hij aantoonde, hoe de proef van GROVE alles behalve een op zichzelf staand feit was, en waarin hij eene redelijke verklaring gaf van zoodanige feiten, thans door hem *dissociatie-verschijnselen* genoemd. Het zij mij vergund een kort overzicht te geven van de belangrijke proeven in genoemd boek vermeld en van de dikwijls uiterst vernuftige wijze, waarop zij werden gedaan.

DEVILLE ging van de onderstelling uit, dat vele samengestelde stoffen bij eene hooge temperatuur ontleed worden, zooals het water bij de proef van GROVE, maar dat men hiervan meestal niets gewaar wordt, omdat de kort te voren uiteengegane bestanddeelen zich her-

eenigen, wanneer de temperatuur wordt verlaagd. Hij zocht daarom in de eerste plaats een middel om die hereeniging te verhinderen door de bestanddeelen uit elkanders nabijheid te verwijderen, zoodra zij vrij waren geworden. Bij de keuze van het middel, dat een scheidsmuur tusschen de vrij geworden stoffen opwerpen moest, liet hij zich door haar natuur- of scheikundige eigenschappen leiden.

Dat water bij eene hooge temperatuur, ook zonder de aanwezigheid van platina, in waterstof en zuurstof werd ontleed, toonde de volgende proef zoo duidelijk mogelijk aan. Door eene porceleinen buis, AB, die in eenen oven geplaatst en dien ten gevolge tot eene temperatuur van  $1100^{\circ}$  à  $1300^{\circ}$  kon worden verhit, stroomde koolzuur in de richting van A naar B. Midden in de porceleinen buis bevond zich eene nauwere buis met poreuzen wand, waardoor in dezelfde richting een stroom van waterdamp werd gevoerd. De waterdamp in de nauwere buis werd inderdaad in de samenstellende grondstoffen ontleed; de lichtere waterstof drong thans sneller dan de zwaardere zuurstof door den poreuzen wand en vermengde zich met het kool-



zuur. Uit de kleinere buisjes buiten den oven, waar de gassen werden opgevangen, verkreeg men dien ten gevolge uit de binnenste buis zuurstof, uit de haar omgevende buis een mengsel van koolzuur en waterstof. De snellere diffusie der waterstof had hier eenen hinderpaal tegen haar hereeniging met de zuurstof gevormd. Deze diffusie is bij waterstof zóó krachtig, dat het gas zelfs door den wand van eene gloeiende ijzeren buis dringt.

Even overtuigend bewees DEVILLE, dat koolzuur (eene verbinding van 12 gewichtsd. koolstof met 32 gewichtsd. zuurstof) niet tegen eene sterke verhitting is bestand. De wijde buis werd thans tot ongeveer  $1300^{\circ}$  verhit; koolzuur stroomde er vrij snel doorheen en de uit de buis stroomende gassen werden boven eene vloeistof opgevangen, waarin zij geheel zouden worden opgelost, indien het koolzuur geen verandering had ondergaan. Daarentegen moest zich boven die vloeistof een daarin onoplosbaar gas verzamelen, wanneer ook hier eene ontleding had plaats gehad. En ziet, dit laatste geschiedde; er verzamelden zich gasbellen, die andere eigenschappen hadden dan



koolzuur. Het gas was gedeeltelijk ontleed in zuurstof en kooloxyde (eene verbinding van 12 gewichtsdeelen koolstof met 16 gewichtsdeelen zuurstof).

Nu zou men allicht geneigd zijn te meenen, dat het zoeeven genoemde kooloxyde de werking van een hoogen warmtegraad verdragen kon. Integendeel, moesten wij ons niet voor iedere overdrijving vrijwaren, wij zouden zeggen, dat deze reeks van proefnemingen ons leert, dat niets bestendig is dan de grondstoffen zelve. Om het kooloxyde aan de vuurproef bloot te stellen, werd weder een stel van twee buizen in den oven gebracht; terwijl echter het kooloxyde gevoerd werd door de verhitte buitenste buis, koelde koud water, dat met groote snelheid door de binnenste buis (thans van verzilverd geelkoper) stroomde, den wand van deze laatste voortdurend ongeveer tot 10° af. Deze kunstgreep gelukte naar wensch. Het kooloxyde werd door de sterke verhitting in koolstof en zuurstof ontleed en de hereeniging van deze twee grondstoffen werd volkomen verhinderd, waar de koolstof door de aanraking met den wand der koude buis plotseling in den vasten toestand overging. Aan den benedenkant der koude buis zette zich een aanslag van zwarte kool af; de uit den toestel stroomende gassen waren een mengsel van kooloxyde (misschien onveranderd gebleven, misschien weder uit de vrije grondstoffen gevormd), koolzuur (ontstaan door de verbinding der vrijgeworden zuurstof met kooloxyde) en zuurstof.

Met kleine, maar vernuftig bedachte wijzigingen gebruikte DEVILLE denzelfden toestel, bekend als zijn *»tube chaud et froid»* om de werking der sterke verwarming op andere gassen aan te toonen. Laat mij nog twee voorbeelden aanhalen, de dissociatie van zwaveldioxyde, ook wel zwaveligzuur genoemd (het prikkelend riekende gas, dat bij de verbranding van zwavel ontstaat), en die van chloorwaterstof- of zoutzuurgas. Hoe de hereeniging van zwavel en zuurstof te verhinderen, twee stoffen, die zich zoo gemakkelijk verbinden? De koude, binnenste buis wordt langs den weg der galvanoplastiek met een dun laagje zilver bedekt, eene andere grondstof, die zich eveneens gemakkelijk met zwavel verbindt. Wie ooit gezien heeft, dat een zilveren lepel zwart wordt bij de aanraking met eiwit, kent de bruinzwarte stof, door de scheikundigen wegens haar samenstelling zwavelzilver genoemd. Welnu, zulk een bruine aanslag van zwavelzilver tegen de koude buis bewees, dat de warmte de zwavel en de zuurstof uit het zwaveldioxyde van elkander had gescheiden, en dat het koude zwavel-

zilver de aanraking met de warme zuurstof, die bovendien snel werd weggevoerd, ongedeerd had doorstaan.

Hetzelfde beginsel lag ten grondslag aan de wijze, waarop de onbestendigheid van zoutzuurgas op eene hooge temperatuur werd in het licht gesteld, hoewel dit gas betrekkelijk weinig werd ontleed. De koude buis was thans bedekt met een laagje zilver-amalgama (eene verbinding van de metalen zilver en kwik); het gas in de buitenste buis werd weder tot 1300° verwarmd en nadat de proef eenige uren had geduurd, leverde de aanwezigheid van kwik (hydrargyro)chloride en van zilverschloride tegen den buitenkant der nauwe buis en die van eene kleine hoeveelheid waterstof in de gassen, aan het einde der buis opgevangen, het overtuigend bewijs van de ontbindende kracht der warmte.

Water, kooldioxyde of koolzuur, kooloxyde, zwaveldioxyde of zwaveligzuur, chloorwaterstof, alle verbindingen uit twee grondstoffen samengesteld, worden dus bij eene sterke verhitting in hare bestanddeelen ontleed. Alleen wanneer de vrij wordende bestanddeelen uit elkanders nabijheid worden verwijderd, wordt de ontleding volkomen; neemt men deze voorzorg niet in acht, dan zullen de grondstoffen bij de volgende temperatuursverlaging weder de oorspronkelijke samengestelde stof opleveren. *Ontledingsverschijnselen* van dezen aard werden door DEVILLE *dissociatie-verschijnselen* genoemd. Zij hebben dit eigenaardige, dat de omgekeerde *verbinding* plaats heeft, wanneer de nieuw gevormde stoffen gezamenlijk worden afgekoeld.

Zoo heeft in eene waterstofvlam voornamelijk aan den buitenkant, waar de heete deelen der vlam door de aanraking met de koudere buitenlucht worden afgekoeld, de verbinding van waterstof en zuurstof tot water plaats. In de heetste gedeelten der vlam, heet genoeg, wij vernamen het, om platina te smelten, moet dus een gedeelte van het gevormde water eene dissociatie ondergaan. Meent iemand, dat deze onderstelling, hoe gegrond ook, waarschijnlijk toch wel altijd eene onderstelling blijven zal, de scherpzinnigheid van den beroemden franschen scheikundige zal zijne verwachting overtreffen. In de eerste plaats bepaalde hij de gedeelten der vlam, waar de hitte het aanzienlijkst was; kleine bolletjes van platina werden gedurende eenen bepaalden tijd in verschillende gedeelten der vlam gehouden en uit den warmtegraad dier metalen bolletjes werd afgeleid, waar de hitte der vlam haar maximum bereikte. Wie kan zijne bewondering onthouden aan zulke schrandere en nauwkeurige waarnemingen? Maar toch DEVILLE

ging nog verder; hij toonde aan, dat in die heetste deelen der vlam de grootste hoeveelheid waterstof en zuurstof naast elkander aanwezig waren; haar verbinding was daar onmogelijk. Maar hoe slaagde hij er in binnen eene waterstofvlam zulke fijne aanwijzingen te doen? Geduld, lezer, men vraagt u niet deze bewering zonder bewijs aan te nemen. DEVILLE bracht in de verschillende deelen der vlam in eenen horizontalen stand eene zilveren buis, waardoor koud water stroomde met eene grootere of kleinere snelheid, die door eene kraan geregeld worden kon. In de zilveren buis was aan den benedenkant eene uiterst fijne spleet. De kraan kon nu zóódanig worden gesteld en de snelheid van den waterstroom zóódanig geregeld, dat de lucht van beneden door de spleet binnen in de buis gezogen werd. Werd de spleet thans in de heetste gedeelten der vlam gebracht, dan werden de daar aanwezige gassen in de buis gezogen; het koude water koelde die gassen sterk genoeg af om hunne verbinding tot water onmogelijk te maken en hunne samenstelling kon zonder groote moeite worden vastgesteld.

Door dergelijke vernuftige onderzoekingen legde DEVILLE de hechte grondslagen voor het grootsche gebouw van de leer der *dissociatie-verschijnselen*. Van de hoogte, waarheen zijne inzichten de natuuronderzoekers leidden, had men een ruim uitzicht over een min of meer onbekend veld; door zijne gedachten voorgelicht zag men verband tusschen een groot aantal verschijnselen, die tot nog toe onverklaarbaar waren gebleven. Niet alleen gasvormige stoffen, ook vloeistoffen en vaste stoffen waren bij eene min of meer sterke verwarming aan dissociatie onderhevig. Verschillende vrijwillige ontleding bij de gewone temperatuur bleken tot dezelfde groep van natuurverschijnselen te behooren; immers wanneer de stoffen door de ontleding voortgebracht met elkander in aanraking werden gelaten, hield de ontleding op, of wanneer men hen te zamen aan eene lagere dan de gewone temperatuur onderwierp, verbonden zij zich te zamen.

Eene breede schaar van wetenschappelijke mannen, te veel om ze te noemen, werkte met den stichter der dissociatie-leer mede om een sierlijk gebouw op te trekken. Het zal voldoende bewijzen van hoe groot belang de gedane ontdekking was, wanneer ik vermeld, dat in Frankrijk WÜRTZ, DEBRAY en ISAMBERT, in Duitschland ALEX. NAUMANN, G. WIEDEMANN en P. FITTIG, hier te lande DIBBITS, om slechts enkelen te noemen, met hunne onderzoekingen omtrent dissociatie-verschijnselen de wetenschap hebben verrijkt, hoe o. a. met DEVILLE: BUIJS-BALLOT,

PFAUNDLER en HORSTMANN er eene verklaring van hebben gegeven.

Om eene algemeene voorstelling te kunnen geven, wensch ik eerst nog melding te maken van de proeven door DEBRAY omtrent de dissociatie van koolzure kalk (calciumcarbonaat) gedaan. Dit strekke bovendien tot een voorbeeld, hoe eene sinds eeuwen bekende zaak, het kalkbranden, eerst in het licht, door de leer der dissociatie ontstoken, volledig is begrepen. De ongebluschte kalk door den kalkbrander verzameld weegt veel minder, ongeveer de helft minder, dan de schelpen of de kalksteen, die gegloeid werden. De overige bestanddeelen, de koolstof en een gedeelte der zuurstof, hebben zich in den vorm van koolzuur in de lucht verspreid. Dat de beide stoffen, door het branden ontstaan, zich gemakkelijk weder verbinden, was algemeen bekend, immers de gebluschte kalk door den metselaar gebruikt wordt langzamerhand zeer hard en helder kalkwater, eene oplossing van gebluschte kalk, wordt aan de lucht blootgesteld spoedig troebel. In beide gevallen verbindt de kalk zich weder met het koolzuur uit den dampkring en ontstaat er op nieuw calciumcarbonaat.

DEBRAY toonde echter het eerst aan, dat het kalkbranden de toepassing van een *dissociatie-verschijnsel* is. Immers hij bewees, dat de ontleding alleen volkomen was, wanneer het koolzuur voortdurend wordt verwijderd. Hij deed dit op de volgende wijze.

Een stuk kalkspaat (een der talrijke vormen, waarin het calciumcarbonaat optreedt) werd binnen den damp van kokend kwik gebracht en dus een tijdlang achtereen tot  $350^{\circ}$  verhit. Het was in eenen zoodanigen toestel opgesloten, dat de graad van zijne ontleding beoordeeld worden kon naar den door het vrijgemaakte koolzuur uitgeoefenden druk. Bij  $350^{\circ}$  onderging het kalkspaat nog geen merkbare verandering; zelfs toen het kwik door zwavel werd vervangen en de temperatuur dien ten gevolge tot  $440^{\circ}$  rees, was de dissociatie nauwelijks merkbaar. De temperatuur van kokend cadmium ( $860^{\circ}$ ) veroorzaakte eene krachtige ontleding; een gedeelte van het kalkspaat werd ontleed; de druk van het vrijgeworden koolzuur nam langzamerhand toe, totdat hij gelijk was aan den druk van eene kwikkolom van 85 m.M. hoogte. Bij  $860^{\circ}$  had de ontleding evenwel thans haar maximum bereikt; de door het koolzuur opgeheven kwikkolom rees niet meer. Nam men daarentegen door middel van eene luchtpomp het gevormde koolzuur weg, dan begonnen de molekulen koolzuur en calciumoxyde weder uiteen te gaan, totdat aan de ontleding weder »een tot hiertoe en niet verder'' toegeroepen werd, wanneer de spanning van het

koolzuur op nieuw 85 m.M. bedroeg. Alleen eene voortdurende verwijdering zou bij 860° eene volledige scheiding kunnen veroorzaken; de betrekkelijke hoeveelheid der stoffen heeft dus eenen belangrijken invloed op den aard der ontleding. Iets dergelijks merkte men op, toen de temperatuur met behulp van zinkdampen tot 1040° werd verhoogd. Het maximum der spanning van het koolzuur bedroeg thans 520 m.M.; thans werd even weinig eene volledige ontleding bewerkt als bij 860°, tenzij de luchtpomp de aanraking van het koolzuur met het calciumoxyde verhinderde.

Over de proeven van DEBRAY sprak ik vrij uitvoerig, omdat zij dienen kunnen om een begrip te verschaffen van de voorstelling, welke men zich van het wezen der dissociatie-verschijnselen maakt, eene voorstelling, die ze op ééne lijn stelt met de verdamping van eene vloeistof, b. v. van water.

Men sta mij toe te herinneren, dat men algemeen aanneemt, dat alle stoffen uit kleine deeltjes, uit zoogenaamde molekulen, bestaan. Zoolang water vloeibaar is, zijn deze molekulen dicht in elkanders nabijheid en aan elkanders aantrekking onderworpen, maar toch bewegelijk door elkander heen. De verwarming van het water heeft o. a. ten gevolge, dat de beweging der molekulen krachtiger wordt; het kan gebeuren, dat eenige van die molekulen door welke reden dan ook minder door de omgevende deeltjes vastgehouden zich aan de vloeibare omgeving onttrekken en zich als molekulen gasvormige waterdamp vrij bewegen. Is het water opgesloten, zoodat men de spanning van den gevormden waterdamp meten kan, dan zal men bij eene verwarming tot aan een bepaald punt, tot 60° b. v., langzamerhand de spanning zien toenemen. Verhit men het water echter voorloopig niet sterker, dan heeft de spanning weldra haar maximum bereikt. Wil dit zeggen, dat de watermolekulen thans tot rust gekomen zijn? Dit is niet waarschijnlijk; althans men stelt zich voor, dat voortdurend een aantal watermolekulen zich losmaken uit de vloeistof, terwijl omgekeerd een aantal molekulen waterdamp bij de hevige door hen uitgevoerde bewegingen tusschen de watermolekulen terecht komen en binnen het gebied van de aantrekking dier deeltjes worden vastgehouden. Neemt de spanning van den waterdamp niet toe, zoolang de temperatuur dezelfde blijft, dan wordt binnen denzelfden tijd een gelijk aantal molekulen vloeibaar water gasvormig, als gasvormige waterdampmolekulen weder water vormen. Begint men het water sterker te verwarmen, dan wordt het aantal molekulen, dat uit den vloeibaren

in den gasvormigen toestand overgaat, voorloopig grooter; de spanning van den waterdamp neemt toe. Kan de waterdamp ontsnappen, dan gaat de verdamping aanhoudend voort; blijft hij daarentegen boven de vloeistof besloten, dan wordt ook de kans, dat eenige molekulen waterdamp binnen het gebied van de aantrekking van het water komen grooter en bij eene bepaalde temperatuur b. v. bij  $70^{\circ}$ , zal de spanning van den waterdamp weder eenen evenwichtstoestand aanwijzen, d. w. z. eenen toestand, waarin binnen denzelfden tijd evenveel molekulen van vloeibaar gasvormig worden als omgekeerd.

In een nauw verband met deze algemeen aangenomen voorstelling der verdamping staat de wijze, waarop men het wezen der dissociatieverschijnselen tracht te verklaren. Laat mij de zoq even vermelde ontleding van het kalkspaaht als voorbeeld kiezen. Eene molekulen kalkspaaht of calciumcarbonaat bestaat op haar beurt uit kleinere deeljes der grondstoffen, *atomen* genoemd. Eene molecule is samengesteld uit één atoom calcium, één atoom koolstof en drie atomen zuurstof. Hoe vast het gesteente er uit ziet, men stelt zich zijne molekulen toch niet voor als in rust verkeerende; integendeel binnen die molekulen volbrengen de samenstellende atomen eenige bewegingen. Ook deze beweging neemt toe, wanneer de stof wordt verwarmd. Is de verwarming sterk genoeg, dan valt het de atomen moeilijk zich binnen de haar tot nog toe aangewezen ruimte te houden. Nog eene kleine verwarming en daar vliegen eenige molekulen uiteen; de atomen zullen eenen nieuwen evenwichtstoestand zoeken overeenkomende met de nieuwe temperatuur. In dit geval vereenigt het atoom calcium zich met één atoom zuurstof tot calciumoxyde (ongebtuschte kalk); de beide andere atomen zuurstof vormen met het atoom koolstof éne molekulen gasvormig koolzuur. De spanning van dit gas wijst den graad der ontleding aan. Heeft men het kalkspaaht nu langzamerhand tot  $860^{\circ}$  verhit, dan blijft de spanning van het koolzuur gelijk; toch stelt men zich voor, dat voortdurend molekulen calciumcarbonaat in koolzuur en kalk worden ontleed, maar dat omgekeerd binnen denzelfden tijd een even groot aantal molekulen koolzuur heen en weér vliegende door de haar verleende ruimte in nauwe aanraking komen met eenige molekulen kalk en zich daarmede verbinden. Neemt men met de luchtpomp het gevormde koolzuur weg, dan vermindert de kans op eene ontmoeting van de vrijgewordene bestanddeelen en dientengevolge ook die op hunne verbinding; de ontleding wordt dan weder zoolang

voortgezet, totdat er evenwicht bestaat tusschen ontleding en verbinding binnen eenen bepaalden tijd.

Bij 1040° heerscht een dergelijke toestand; alleen is hier de beweging der atomen nog sterker en wordt dus een grooter aantal molekulen calciumcarbonaat ontleed; de kans op verbinding wordt in dezelfde verhouding grooter, totdat ontleding en verbinding weder tegen elkander opwegen. De ontleding is echter thans verder voortgeschreden dan bij 860°.

De gegeven voorstelling geldt voor alle samengestelde stoffen, voor alle molekulen, die door de werking der warmte in de haar samensnellende atomen kunnen worden ontleed. De temperatuur, waarbij die ontleding begint, is bij de eene stof hoog, bij de andere laag; zij kan beneden de gewone temperatuur, zelfs beneden 0° gelegen zijn.

Boven deze temperatuur, waarbij de dissociatie aanvangt, bestaat voor elke stof een bepaalde evenwichtstoestand, waarbij evenveel molekulen uiteenspringen, als er nieuw worden gevormd. Wordt de temperatuur verhoogd, dan is dit evenwicht verbroken; in het voortdurend streven der natuur om het verbroken evenwicht te herstellen zoekt men de oorzaak der dissociatie-verschijnselen.

#### IV

In het laatste gedeelte van dit opstel wensch ik nog te wijzen op het groote belang van de kennis der dissociatie-verschijnselen. In velerlei richting heeft DEVILLE's ontdekking vruchtbaar gewerkt. Ik moet mij er toe bepalen daaromtrent eenige punten aan te stippen.

*In de eerste plaats* zijn tal van feiten eerst goed begrepen, nadat men bewezen had, dat zij als dissociatie-verschijnselen moesten worden beschouwd. Dat b. v. vele stoffen zich met eene grootere of kleinere hoeveelheid water kunnen verbinden (o. a. grondstoffen als chloor en broom en samengestelde stoffen, die met water kristallen kunnen vormen), bleek veroorzaakt te worden door de spanning van den waterdamp in de ruimte, waarbinnen de bedoelde stoffen zich bevonden. Wordt de spankracht van den waterdamp kleiner gemaakt, dan vermindert daarmee de kans op eene ontmoeting der watermolekulen met de molekulen der andere stoffen; verwarmt men de stoffen sterker, dan versterkt men daardoor de beweging der bestanddeelen; in beide gevallen wordt het bestaande evenwicht verbroken en eene ontleding teweeggebracht, die eene dissociatie is, omdat zij ophoudt, niet altijd

wanneer de ontleding volkomen is, maar wanneer in de nieuwe omstandigheden ontleding en verbinding tegen elkander opwegen. Om dezelfde reden ondergaan verscheidene zouten eene gedeeltelijke ontleding, wanneer een harer bestanddeelen in gasvormigen toestand ontwijken kan. Zoo zouden b. v. alle ammoniumzouten bestendig van samenstelling zijn, wanneer zij zich altijd in eene omgeving bevonden, die met ammonia (het vluchtig bestanddeel dier zouten) verzadigd was, en worden sommige reeds bij de gewone temperatuur en de meesten bij verwarming min of meer ontleed, naarmate de temperatuur hooger en de vrij geworden ammonia langzamer of sneller verwijderd wordt. Wil men een ander voorbeeld, ik wijs op de veranderlijke samenstelling van een groot aantal koolzure zouten; is de hoeveelheid van het aanwezige koolzuur groot, dan ontstaan dikwijls zoogenoemde dubbelkoolzure zouten of bicarbonaten, die door verwarming of door voortdurende verwijdering van het vrijgeworden koolzuur in (meestal onoplosbare) koolzure zouten carbonaten of worden veranderd.

Hoe dikwijls gebeurde het, dat er tusschen de bepalingen van het soortelijk gewicht van eenige gasvormige stof, door verschillende onderzoekers gedaan, te groote afwijkingen voorkwamen om het verschil aan de onvermijdelijke fouten in de waarneming toe te schrijven! Later bleek (ik denk hierbij o. a. aan de verbindingen van chloor met zwavel), dat niet alle waarnemers hetzelfde gas aan hun onderzoek hadden onderworpen; wel was men met dezelfde verbinding aangevangen, maar de een had haar sterker verwarmd dan de ander. De verwarming had eene ontleding te voorschijn geroepen, die bij het eene onderzoek verder voortgeschreden was dan bij het andere; na de afkoeling had de ontleding geen spoor achtergelaten, omdat de stoffen weder tot haren oorspronkelijken toestand waren teruggekeerd. Eene dergelijke dissociatie heeft er plaats bij de verwarming van eene verbinding van phosphorus met chloor, en om ook enkele organische stoffen te noemen bij die van de verbindingen van amyleen met broomwaterstof en joodwaterstof. Ja bleek het niet, dat de verschijnselen, waaruit v. MEYER e. a. nog voor betrekkelijk korten tijd eerst meenden te moeten afleiden, dat chloor, broom en jood geen elementen of grondstoffen, maar samengestelde stoffen zouden zijn, veroorzaakt werden door de ontleding der molekulen chloor in atomen, eene ontleding, die wederom eene dissociatie was, omdat bij de afkoeling twee zulke vrije atomen op nieuw ééne molekule vormden?

Ook de oplossingen van een groot aantal stoffen ondergaan dikwijls



eene verandering, die als een dissociatie-verschijnsel moet worden opgevat, zonder dat daarbij evenwel een gasvormig bestanddeel ontwijkt. Wordt b. v. een bismuthzout niet ontleed, zoodra eene grootere hoeveelheid water de kans kleiner maakt op eene ontmoeting der bestanddeelen, die in eene soort van veranderlijk evenwicht verkeerende de oorspronkelijke verbinding vormen? Verdunt men zulk eene oplossing met water, dan blijft de hoeveelheid der bestanddeelen van het opgeloste zout wel dezelfde, maar op hunnen weg plaatsen zich een groot aantal molekulen water, die de rusteloos heen en weder trillende bestanddeelen verhinderen elkaar zoo dikwerf te ontmoeten, als voor het voortbestaan der verbinding noodig is. Voegt men daarentegen eenig zuur (een der bestanddeelen) bij de oplossing, dan kan een nieuwe evenwichtstoestand in het leven geroepen worden, zoodat binnen eenen bepaalden tijd scheiding en verbinding een even groot aantal malen voorkomen, en de toeschouwer in de aan zich zelve gelijk blijvende oplossing een beeld van ongestoorde rust zou meenen te zien. Eene ontleding van denzelfden aard maakt de oplossing van een ijzeroxyde-zout hoe langer hoe donkerder bruin, naarmate zij sterker wordt verwarmd, verandert de violette oplossing van een chromoxydezout in eene groene vloeistof, die zeer langzaam terugkeert tot den oorspronkelijken toestand zonder dien ooit weder geheel te bereiken, en is de oorzaak van de zoo geheimzinnige verkleuring van eene oplossing van kaliummanganaat, eene verkleuring, waaraan het genoemde zout den naam *chamaeleon minerale* te danken heeft.

Bovenstaande voorbeelden bewijzen zonder eenigen twijfel, hoe veel licht door de toepassing van DEVILLE's leer over allerlei onderdeelen der scheikundige wetenschap verbreid werd. Haar waarde wordt thans algemeen erkend; de door haar bewezen hulp was in vele gevallen zóó afdoende, dat men op het standpunt, waarheen zij leidt, eenheid in de verscheidenheid der verschijnselen meent te herkennen ook zelfs daar, waar het rechtstreeksch bewijs vooralsnog ontbreekt. Daarvan wensch ik *in de tweede plaats* enkele voorbeelden mede te deelen.

Boven vermeldde ik reeds, dat de kleinste deeltjes, waarin de stoffen als zoodanig voorkomen, *molekulen* worden genoemd. Eveneens, dat bij scheikundige ontledingen de molekulen op haar beurt in *atomen* worden ontleed, zoodat b. v. ééne molekule zuurstof uit twee atomen zuurstof, ééne molekule waterstof uit twee atomen waterstof, ééne molekule water uit twee atomen waterstof en één atoom zuurstof is samengesteld. Ik moet er van afzien hier mede te deelen, hoe men deze kennis verkrijgt, en verzoek de lezers zich te bepalen

bij het punt, dat de molekulen der grondstoffen of elementen uit zulke atomen bestaan. Nu is het regel, dat ééne molekule twee atomen bevat; behalve bij waterstof en zuurstof treft men dit geval bij chloor, broom, jodium, stikstof en een groot aantal andere grondstoffen aan. Toch vindt men op dezen regel enkele uitzonderingen.

Wanneer phosphorus in chloor wordt verwarmd en zich daarmede verbindt, splitst ééne molekule phosphorus zich b. v. in vier atomen. Daarentegen schijnt eene molekule kwik een ondeelbaar geheel te zijn, dat zelfs tegen hevige scheikundige werkingen bestand is; men zegt daarom, dat bij deze grondstof molekule en atoom even groot zijn of dat hier eene molekule uit één atoom bestaat. Terwijl in deze beide gevallen phosphorus en kwik niet alleen staan, leverde de zwavel eene nog merkwaardiger uitzondering op. De kleinste deeltjes van den zwaveldamp, slechts weinig boven het kookpunt  $440^{\circ}$  verhit, bestaan uit zes atomen. Had men vroeger de molekulen der grondstoffen beschouwd als grootheden, die alleen ten gevolge van den schok van eenige scheikundige werking in hare bestanddeelen werden ontleed, de zwavel logenstrafte deze meening. Immers eene sterkere verwarming op zich zelve oefende hier eenen dergelijken invloed uit, twee molekulen vormden er weldra drie, zoodat elke molekule thans uit vier atomen was opgebouwd. Zulke molekulen hadden slechts een ephemerisch bestaan; immers ging men met de verwarming voort, dan werden zij weldra op hare beurt ontleed, zoodat de molekulen zwavel bij  $1000^{\circ}$  slechts twee atomen bevatten. Naar men meende, was de warmte niet bij machte de verdeeling nog verder voort te zetten; wilde men zulke molekulen in haar laatste bestanddeelen splitsen, dan moest men weder de hulp inroepen der stoffen, die eene scheikundige werking op de zwavel uitoefenen.

Welk een verschil! Terwijl verreweg de meeste grondstoffen uit twee atomen gevormde molekulen hebben, bestaat ééne molekule phosphorus uit vier, ééne molekule kwik uit één, ééne molekule zwavel naar omstandigheden uit zes, vier of twee atomen. Bestaat er eenige kans al deze verschijnselen te beschouwen als onderdeelen van een geheel, eenheid te vinden te midden dier verscheidenheid? Door de dissociatie-leer geleid bestaat er inderdaad mogelijkheid zich tot een standpunt te verheffen, waar men die eenheid ontdekken kan. Wanneer men het als eenen algemeenen stelregel beschouwt, dat het bestaan van iedere verbinding van atomen, ook daar waar zij zich met een of meer atomen van haar eigen soort vereenigen, afhankelijk is

van de warmte, waardoor de bewegingen dier atomen worden bevorderd, dan mag men aannemen, dat voor alle atomen op eenen bepaalden warmtegraad die beweging zóó hevig geworden is, dat zij zelfs niet meer aan de aantrekking van de andere met haar binnen ééne molekule aanwezige atomen onderworpen blijven, maar zich uit die verbinding losmaken en zich als vrije atomen bewegen. Boven dien warmtegraad, voor de eene grondstof veel hooger dan voor eene andere, zouden dus alle molekulen uit één atoom bestaan; voor kwik ligt die warmtegraad zóó laag, dat zelfs bij de gewone temperatuur ieder atoom op zich zelf staande zich beweegt. Beneden die bepaalde grens vereenigen zich twee atomen tot een geheel, ja misschien (zwavel wijst zelfs op de waarschijnlijkheid hiervan) wordt eene molekule samengesteld, uit een grooter aantal atomen gevormd, naarmate de grondstoffen sterker worden afgekoeld.

Dat althans bij sommige grondstoffen in de werkelijkheid de molekulen in vrije atomen kunnen uiteenspringen, bewezen voor eenige jaren de reeds bovengenoemde onderzoekingen van v. MEIJER e. a. voor chloor, broom en jood.

De moeielijkheid is wel niet opgelost, maar verplaatst in zóódanigen zin, dat onze voorstelling omtrent het verband der zaken er bij gewonnen heeft. *Waarom* de atomen van het kwik reeds binnen de grenzen der gewone temperatuur vrij bestaan, terwijl die van andere grondstoffen dan nog met elkander een vast samenhangend geheel vormen, weet vooralsnog niemand te beantwoorden. Hier vindt de mensch op dit oogenblik het punt, waar hem de oneindige oorzaak der eindige verschijnselen ontglipt, maar toch heeft zijn verlangen om te midden der groote verscheidenheid den draad op te sporen, die het geheel te zamen bindt, bevrediging gevonden.

Elders verleent dezelfde leer steun om eene moeielijkheid uit den weg te ruimen, waar men verplicht is het bestaan van zoogenaamde *onverzadigde* verbindingen aan te nemen. De samenhang der verschillende atomen in verreweg de meeste stikstofverbindingen wordt verklaard met behulp van de onderstelling, dat één atoom stikstof het vermogen heeft tot band te verstrekken tusschen drie of tusschen vijf andere atomen; zoo verbindt het zich met drie atomen waterstof tot eene molekule ammonia, met vier atomen waterstof en één atoom chloor tot eene molekule chloorammonium. Men noemt daarom een atoom stikstof *drie-* of *vijfwaardig*. Nu bestaan er evenwel andere verbindingen, wier samenstelling met deze opvatting strijdt. Eene

molekule stikstoftetroxyde, een bruin gas, is bij hogere temperatuur uit twee atomen zuurstof en een atoom stikstof gevormd; een kleurloos gas, het stikstofdioxyde, bevat in ééne molekule slechts één atoom zuurstof en een atoom stikstof. Hoe men den onderlingen samenhang dier atomen nu ook beschouwt, al neemt men met veel grond aan, dat iedere atoom zuurstof door middel van eene dubbele binding met het atoom stikstof samenhangt, tot eene overeenstemming met de overige verbindingen der stikstof komt men niet. In de eerst genoemde verbinding, zoowel als in de tweede, behoudt het als *vijf-* of als *drie-waardig* beschouwde atoom stikstof het vermogen, om zich nog met één ander atoom te verbinden. Stikstoftetroxyde en stikstofdioxyde worden daarom beide *onverzadigde* verbindingen genoemd. Zulke onverzadigde verbindingen treft men evenzeer bij andere grondstoffen aan.

Het bezwaar wordt evenwel opgelost, wanneer men zich voorstelt, dat twee zulke onverzadigde molekulen bij eene lagere temperatuur zich tot eene molekule kunnen verbinden, die dan natuurlijk het dubbele aantal atomen bevat. Zulk eene dubbele molekule stikstofdioxyde zou dan uit twee atomen stikstof en twee atomen zuurstof bestaan; de stikstofatomen zouden dan weder driewaardig optreden; immers ieder atoom zou door middel van eene dubbele binding met een atoom zuurstof, door middel van eene enkelvoudige binding met het tweede atoom stikstof verbonden zijn. Of zulk eene voorstelling aan de werkelijkheid beantwoordt, kan alleen door proefneming worden beslist. Misschien verschaffen de lage temperaturen, waardoor het in de laatste jaren mogelijk werd gassen tot vloeistoffen te verdichten, die den naam hadden altijd gassen te blijven of *permanente* gassen te zijn, ook in dit opzicht licht. Wat een der beide door mij gekozen voorbeelden van onverzadigde verbindingen aangaat, is het bewijs reeds geleverd; ook DEVILLE heeft daaraan nog medegewerkt. Het stikstoftetroxyde bestaat bij eenen zekeren warmtegraad onder  $0^{\circ}$  uit molekulen, die dubbel zoo groot zijn als de molekulen, die boven  $150^{\circ}$  het gas vormen. Tusschen die grenzen in vindt men gedeelde naast gave molekulen; bij afkoeling verbinden de eerste zich te zamen, bij verwarming neemt de hoeveelheid der ontlede molekulen toe. Aan elken warmtegraad beantwoordt een bepaalde toestand van labiel evenwicht.

Ook op het gebied der theoretische scheikunde trekt men dus voordeel van het licht door de leer der dissociatie-verschijnselen verspreid. Zelfs het meest bestendige in de scheikundige verschijnselen, de grondstoffen of elementen, die door hare onderlinge verbindingen de duizenden

en duizende stoffen voortbrengen, heeft men soms als niet bestand beschouwd tegen verwarming. Nogmaals herinner ik aan de ontleding der molekulen chloor, die voor eenige jaren veel opschudding te weeg bracht, en aan de meening van NORMAN LOCKYER, dat het metaal calcium in zijne bestanddeelen werd ontleed en dat de zonne-warmte eene dissociatie te weeg bracht oneindig veel krachtiger dan die in onze ovens en fornuizen, zoodat onze zoogenaamde grondstoffen verbindingen zijn van stoffen, die op de zon in vrijen, gedissocieerden toestand voorkomen.

*Ten slotte* wensch ik te wijzen op enkele gevallen, waarin dissociatie-verschijnselen eene belangrijke rol spelen in de huishouding van het menschelijk lichaam en in die van de geheele natuur.

De rusteloze werkzaamheid van het bloed is eene onmisbare voorwaarde voor het welzijn van den mensch en van alle gewervelde dieren. Eene dubbele taak moet het vervullen, waardoor het aan den eenen kant met de spijsvertering en aan den anderen kant met de ademhaling in verband staat. Wij hebben hier alleen met de beteekenis van het bloed voor de ademhaling te rekenen. Voortgestuwd tengevolge van de samentrekkingen van den hartwand stroomt het onophoudelijk door de slagaders, baant het zich vervolgens eenen weg door de haarvaten en komt het eindelijk door de aderen in de boezems van het hart terug. Helderrood, in zijne kleur het beeld der kracht, die het aan het lichaam verschaft, verlaat het bloed de linkerhartkamer, doch ziet! in de enge haarvaten wordt het veel donkerder gekleurd. De physiologen vertellen ons, dat met deze zichtbare verandering eene onzichtbare gaat gepaard; de hoeveelheid zuurstof in het bloed wordt kleiner, daarentegen neemt het gehalte aan koolzuur toe. Dit gas, tengevolge van de stofwisseling in de verschillende weefsels gevormd, dringt door den dunnen wand der haarvaten heen in het bloed. Ook het donkere bloed spoedt zich weder voorwaarts, weldra bereikt het de rechterhelft van het hart, vervolgens de longen, waar het door den dunnen wand der haarvaten heen zijn koolzuur uitwisselt tegen zuurstof, een bestanddeel der ingeademde lucht. De helderroode kleur keert terug en daarmee het vermogen om in de weefsels van het lichaam de stofwisseling te onderhouden.

Welke kracht perst nu in de lichaamshaarvaten het koolzuur en in de haarvaten der longen de zuurstof in het bloed, en waardoor worden deze gassen elders er weder uit verdreven? Door de *levenskracht* zeide men weleer, en met dat woord was dan voor velen de oplossing van

het raadsel gegeven. Doch de woorden »levenskracht'' en »katalyse'' zijn van hetzelfde allooi; hun glans is verbleekt, of liever het oog, dat door hun schijnsel werd verblind en eenen helderen lichtstraal meende te aanschouwen, was door vooroordeelen bevangen. Sinds men de levensverschijnselen ontleedde en de dikwijls zoo eenvoudige werkingen opspoorde, die te zamen het ingewikkelde geheel vormen, verdween het begrip levenskracht als een ijdele waan. Wat het oorzakelijk verband tusschen de verschillende verschijnselen betreft, belijdt men liever zijne onkunde, zooals b. v. de beroemde fransche physioloog CLAUDE BERNARD deed in woorden, die ons onlangs werden herinnerd,<sup>1</sup> doch terwijl men het raadselachtige van het leven blijft erkennen, dringt men in de kennis der afzonderlijke verschijnselen veel dieper door. Zoo ging het ook met de beteekenis van het bloed voor de ademhaling.

De haemoglobine, ééne der bloedkleurstoffen, verbindt zich met zuurstof gemakkelijk tot eene andere hoogroode kleurstof, oxyhaemoglobine genoemd. Het bestaan hiervan is echter in eene hooge mate afhankelijk van de aanwezigheid van zuurstof en van de afwezigheid van stoffen, die aan dit gas behoefte hebben. Waar in de weefsels van het lichaam voor de stofwisseling zuurstof noodig is en deze in vrijen toestand ontbreekt, staat de oxyhaemoglobine haar zuurstof af en verandert in haemoglobine, die slechts de aanwezigheid van »de levenslucht'' onder eene voldoende spanning afwacht om zich er op nieuw mede te verbinden. Deze verbinding geschiedt, zoodra het donkerroode bloed slechts door den dunnen wand der longhaarvaten van de ingeademde lucht afgescheiden is.

Zoo heerscht er in het bloed eene onophoudelijke afwisseling in de verhouding van de hoeveelheden der beide genoemde kleurstoffen, het streven naar eenen evenwichtstoestand, die voortdurend verbroken wordt door het gebrek aan zuurstof of de aanwezigheid van dat gas in de ingeademde lucht. In de haarvaten ondergaat de oxyhaemoglobine eene dissociatie. Eene dergelijke omstandigheid bewerkt de geregelde verwijdering van het koolzuur, een der voortbrengselen van de stofwis-

<sup>1</sup> »Les phénomènes organiques ou vitaux sont réglés dans leur apparition par des conditions matérielles, tangibles, physiques, chimiques et mécaniques, réglés dans l'ordre et la forme par des lois préalables." S. ARLOING, de schrijver, die deze woorden aanhaalt, voegt er aan toe: »or ces lois préalables nous échappent, nous ne pouvons les atteindre et les plier aux besoins de nos études. Il ne faut donc pas s'en préoccuper davantage; on se heurterait à un obstacle insurmontable qui arrêterait nos efforts et paralyserait nos forces." *Revue Scientifique* [8] 33, p. 742.

seling in de weefsels. Het bloed bevat eene zekere hoeveelheid natriumcarbonaat (koolzure soda) in oplossing, dat ten gevolge van de opname van het koolzuur in de lichaamshaarvaten in natriumbicarbonaat (dubbelkoolzure soda) verandert. Boven zagen wij reeds, dat dit zout in hooge mate aan dissociatie onderhevig is; wordt aan de overmaat van koolzuur gelegenheid gegeven te ontsnappen, dan herstelt zich de vorige toestand. Deze gelegenheid vindt het koolzuur in de haarvaten der longen, waar de ingeademde lucht arm aan dit gas is. Het ondertusschen helderrood geworden bloed bezit dus in zijn gehalte aan oxyhaemoglobine en natriumcarbonaat het vermogen, om aan de weefsels zuurstof te verschaffen en het aldaar gevormde koolzuur weg te halen. Zietdaar de eenvoudige wijze, waarop de verklaring der dissociatie-verschijnselen rekenschap geeft van den scheikundigen kant der ademhaling!

Ja waarschijnlijk verklaart zij ook de voortdurende wisselwerking, die tusschen het koolzuur in den dampkring en het koolzuur in de vaste en vloeibare gedeelten der aarde plaats heeft. SCHLOESING heeft er de aandacht op gevestigd, hoezeer de gemakkelijke ontleding der in de wateren opgeloste bicarbonaten (dubbelkoolzure zouten) er toe bijdraagt de hoeveelheid koolzuur in den dampkring binnen bepaalde grenzen te houden. Voert de regen een te groot gedeelte van dit gas weg, de bicarbonaten ontleden zich gedeeltelijk en het daardoor vrijgeworden koolzuur herstelt het verlies. Nemen schelpdieren, stekelhuidigen enz. in hun lichaam eene groote hoeveelheid calciumcarbonaat op, dat wellicht in toekomstige eeuwen aanzienlijke aardlagen vormen zal, het daardoor vrijgeworden koolzuur stelt het water in staat oplossend te werken op kalksteenlagen uit vroegeren tijd. Hier wordt de oppervlakte der aarde geëffend; ginds zetten zich op den bodem der zeeën lagen af, die later opgerezen zich tot heuvelen en bergen verheffen. Hoe eenvoudig is het beginsel, dat zulke grootsche gevolgen mogelijk maakt! Ondertusschen blijft ten gevolge van de werking van hetzelfde beginsel de dampkring geschikt tot woonplaats voor plant en dier. Inderdaad, wanneer wij nogmaals eene vergelijking trekken tusschen oorzaak en gevolg, wanneer wij zien met welke eenvoudige middelen de natuur ontzagelijke verschijnselen te weeg brengt, dan gevoelen wij de waarheid van de woorden van J. B. DUMAS, dat de schepping niet het redelooze werk van het toeval is, maar de hand van eene verstandige oorzaak openbaar <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> *Revue Scientifique*, (3), 33, p. 586.