

ELEMENTEN EN META-ELEMENTEN.

DOOR

Dr. G. DOYER VAN CLEEFF.

I

Wanneer men korteren of langeren tijd geleden geleerd heeft, dat het begrip van grondstoffen als, wat haar hoeveelheid betreft, onveranderlijke grootheden, den hoeksteen uitmaakt van de scheikundige beschouwingen, dan zou men bij eene niet meer dan oppervlakkige aandacht voor onderwerpen van natuurwetenschappelijken aard den indruk kunnen krijgen, dat het gebouw, waarvan door LAVOISIER de grondslagen werden gelegd, op die grondslagen staat te schudden en dreigt in te storten. Immers in Juni 11. brachten de nieuwsbladen een kort bericht van het feit, dat B. BRAUNER het tellurium van de lijst der grondstoffen had geschrapt, en dat hij daaruit een vrij groot aantal stoffen, waarvan sommige vermoedelijk nieuwe grondstoffen waren, had afgezonderd; eene dier grondstoffen had bij voorbaat reeds den naam *Austrium* ontvangen¹. Wie zich nog iets herinnert van het nauwe verband met zwavel en selenium, waarin tellurium steeds genoemd werd, zal nu niet meer verbaasd staan, wanneer ook deze stoffen van samengestelde natuur blijken te zijn. In Januari 1889 zouden de metalen kobalt en nikkel als grondstoffen afscheid van ons genomen hebben; het nikkel uit de pasmunt van onze oostelijke naburen scheenen den naam metaal niet meer te verdienen, want hetgeen men tot nog toe met dezen naam noemde, zou uit tweeërlei bestanddeelen bestaan. Met kobalt was het hetzelfde geval. Werden nikkel en kobalt vroeger als een paar tweelingmetalen genoemd, ook thans nog zou tusschen hetgeen men daaronder vroeger verstond een graad van bloedverwantschap

¹ Zie hieromtrent het *Wetensch. Bijblad* van deze maand bladz. 80.

bestaan, want een der twee bestanddeelen, waarin de tot nog toe als grondstoffen beschouwde metalen door GERHARD KRÜSS en SCHMIDT waren gesplitst, zou bij beide metalen hetzelfde zijn.

Ook de beschouwingen van dr. ANTON GRÜNWARD bleven niet binnen wetenschappelijke tijdschriften besloten. In ruimeren kring werd althans de slotsom van die beschouwingen bekend gemaakt en aldus zijne meening medegedeeld, dat waterstof, zuurstof, magnesium, cadmium en koolstof geen enkelvoudige stoffen zijn. Vervolgens de metalen der zoogenaamd zeldzame aarden: didymium, erbium, samarium, thulium en holmium; in verscheidene landen werden zij op zeer verschillende wijzen onderzocht en hoewel de meeningen nog verdeeld zijn omtrent het aantal nieuwe elementen, dat er voor in de plaats komt, hieraan is geen twijfel meer, dat hunne namen wederom niet thuis hooren op de rol der grondstoffen of elementen. Eindelijk, wie in zijne herinnering tien à twintig jaren achteruitgaat, denkt wellicht aan hetgeen LOCKYER noemde de *celestial dissociation* van de grondstoffen op de zon, aan de door hem onderstelde samengestelde natuur van calcium en andere elementen.

In de gegeven omstandigheden is het misschien van eenig belang eene schets te geven van de tegenwoordige leer der elementen in verband met hetgeen in de laatste jaren werd medegedeeld omtrent een groot aantal stoffen, die tot voor korteren of langeren tijd als grondstoffen te boek stonden.

II

De verdiensten van LAVOISIER als hervormer werden in de eerste twee afleveringen van dezen jaargang naar waarde geteekend. De leer der vier elementen van ARISTOTELES, die in zeer gewijzigde vormen voortleefde tot aan het einde der achttiende eeuw, werd van den troon gestooten. Haar sporen vertoonden zich nog langen tijd; ook hier was de nieuwe dag de voortzetting van de morgenschemering; ook hier brak het licht der zon slechts langzamerhand door wolken van onkunde en dwaling heen. Tot in de denkbeelden van LAVOISIER zelve vindt men het verband met de vorige orde van zaken terug; immers eerst later werden *warmtestof* en *licht*, door hem genoemd naast zeven-en-twintig grondstoffen die ook thans nog daarvoor gelden, tot bepaalde bewegingstoestanden van de stof teruggebracht.

Zeven-en-twintig van de grondstoffen, die thans in scheikundige handboeken worden genoemd, staan dan in de *Grondbeginselen* der

scheikunde door A. L. LAVOISIER (Deel I, nederlandsche vertaling blz. 190) vermeld. De kennis van de verbindingen, door deze grondstoffen onderling gevormd, bracht den beroemden scheikundige tot het stelling vermoeden, dat andere verbindingen voor hem onbekende grondstoffen moesten bevatten. Gebrande kalk, magnesia, aluinaarde en kiezel-aarde moeten volgens hem verbindingen met zuurstof zijn; zijne opvatting van hare eigenschappen leidt hem tot deze stelling en de vervulling der in dat vermoeden opgesloten voorspelling getuigt niet het minst van de grootschheid zijner denkbeelden. In het calcium, in het door zijn wit licht algemeen bekende magnesium, in het aluminium dat dezer dagen zooveel van zich doet spreken, in het silicium verzezen de getuigen, die aan zijne woorden hoe langer hoe meer kracht verleenden; evenzoo kent men in de metalen baryum, strontium, zirkonium en glucinium de als de grondstoffen der zwaaraarde, strontiaanaarde, zirkoon-aarde en zoetaarde aangekondigde onbekenden. Ook bijtende potasch en bijtende soda werden door LAVOISIER als samengestelde stoffen beschouwd; latere dagen hebben ook hier de juistheid zijner verwachting gestaafd.

Omdat de meeste der destijds bekende zuren door de verbinding eener grondstof met zuurstof werden voortgebracht, omdat b. v. zwavel en phosphorus door hunne verbranding de aanleiding tot de vorming van zwavelzuur en phosphorzuur kunnen zijn, werden ook de zuren, waarvan men deze wijze van ontstaan nog niet kende, door LAVOISIER (en later ook door zijne volgelingen) als zuurstofverbindingen beschouwd. Dientengevolge vindt men op zijne lijst van de grondstoffen weder »eene grondstof van het zoutzuur», »eene grondstof van het vloeispaatzuur» en »eene grondstof van het boraxzuur». In deze gevallen werd de verwachting wel woordelijk vervuld, maar toch niet geheel in den zin, waarin zij oorspronkelijk was bedoeld. Voor de vorming van het »boraxzuur» bleek later wel degelijk eene zuurstofverbinding van het *borium* noodig te kunnen zijn; de grondstof van het zoutzuur daarentegen, die later in het *chloor* gevonden werd, had geen zuurstof en vervolgens geen water noodig om het zoutzuur te vormen, maar behoefde daartoe met waterstof alleen verbonden te zijn. Dat van deze eigenschap van het chloor, waarmede de opvatting streed, dat zuurstof voor de vorming van een zuur onmisbaar was, een lange en hardnekkige strijd het gevolg is geweest, wordt hier als in het voorbijgaan herinnerd. WÖHLER verhaalde, hoe hij door BERZELIUS, die tot in 1823 chloor voor eene zuurstofverbinding hield, aan zijne keukenmeid, tegelijk amanuensis in het laboratorium, den last hoorde

geven om voortaan van chloor en niet meer van »geoxydeerd zoutzuurgas» te spreken.

De »grondstof van het vloeispaatzuur» is nog bijna tot op den dag van heden eene onbekende gebleven, ofschoon niemand twijfelde aan haar bestaan. LAVOISIER sprak het vermoeden uit, dat vloeispaatzuur eene bepaalde grondstof bevatte; AMPÈRE, die in den strijd omtrent het wezen van chloor de partij van HUMPHRY DAVY koos en dus chloor voor eene grondstof hield, zag in, dat het vloeispaatzuur met zoutzuur vergeleken moest worden, in zooverre het ook eene grondstof bevatte, die even als chloor zonder de tusschenkomst van zuurstof een zuur en zouten vormen kon. Merkwaardige brieven werden in 1810 door hem aan DAVY geschreven; in den eersten sprak hij zijn vermoeden aangaande dit punt uit en in den tweeden werd door hem de naam *fluor* voorgesteld voor de onbekende die aan de vorming der scheikundige verbindingen deelnam, gelijk een handschrift een tot nog toe onbekend letterteeken kan bevatten, waarvan de beteekenis overal dezelfde is en dat de woorden, waarin het voorkomt, verstaanbaar maakt, wanneer het overal in denzelfden zin wordt opgevat. Zoo heette vloeispaat later *calciumfluoride*, vloeispaatzuur *hydrofluoride* of *fluorwaterstof*, sprak men van fluoorverbindingen van de andere grondstoffen, terwijl men zich omtrent de eigenschappen van dat fluoor tot gissingen bepalen moest. Eerst in 1886 slaagde MOISSAN er in aan te toonen, dat fluoor eene gasvormige grondstof was, nog veel heviger werkend dan chloor, zoodat zelfs een droge kurk er in ontbrandt, en juist daarom zooveel vergankelijker in haar bestaan.

Het aantal stoffen, die men voor grondstoffen hield, nam in de negentiende eeuw voortdurend toe. Nu eens was het een nieuw middel van ontleding b. v. de ontleding door een galvanischen stroom tot stand gebracht, of een nieuw middel van herkenning, dat de grenzen van het zintuiglijk waarneembare sterk uitzette, b. v. de waarnemingen van den spektroskoop en later het onderzoek der phosphorescentiespectra, die het aantal der grondstoffen binnen korten tijd aanzienlijk deed stijgen; dan weder was het nauwkeurig onderzoek van nieuwe ertsen, waarbij de balans een te kort aanwees, zoolang men alleen de hoeveelheid der reeds bekende grondstoffen bepaalde, de aanleiding, dat er een nieuw element aan den scheikundigen hemel verrees. Ook vermeerderde het aantal wel eens, omdat het bleek, dat men met eene verbinding van grondstoffen te doen had, waar men vroeger meende ééne enkele grondstof onder handen te hebben.

Ongeveer zeventig grondstoffen worden tegenwoordig genoemd. Dat

zij als zoodanig moesten worden beschouwd, werd voor elke van hen aangenomen, omdat men er niet in slagen kon haar door vereeniging van twee anderen voort te brengen, en omdat zij omgekeerd niet in twee ongelijksoortige bestanddeelen kon worden ontleed.

Hoe langer hoe meer vond de regel ingang om in de namen der scheikundige verbindingen haar samenstelling uit te drukken. De naam calciumfluoride voor vloeispaat leert evenals de naam natriumchloride voor keukenzout en loodsulphide voor loodglans, uit welke twee elementen de bedoelde stoffen bestaan. In het algemeen zijn *chloriden*, *bromiden*, *jodiden*, *fluoriden*, *sulphiden*, *seleniden* en *telluriden* geslachtsnamen voor stoffen, die naast eene der grondstoffen chloor, broom, jodium, fluoor, zwavel of sulphur, selenium en tellurium nog ééne grondstof bevatten. *Oxyden* is een dergelijke geslachtsnaam voor verbindingen van zuurstof (*oxygenium*) met eene andere grondstof; wanneer men hoort, dat rattenkruit arseentrioxjde wordt genoemd, weet men tevens, dat het eene verbinding van zuurstof en arsenikum is; het tussschenvoegsel *tri* (afgeleid van het grieksche telwoord τρεις, drie) wordt gebruikt, omdat er van de twee zelfde grondstoffen nog eene tweede verbinding bestaat, waarin op dezelfde hoeveelheid arsenikum $\frac{5}{3}$ maal zooveel zuurstof voorkomt en die daarom arseenpentoxjde heet (het grieksche telwoord πέντε is ons vijf). Met *carbiden* en *hydriden* (weinig gebruikte namen) bedoelt men verbindingen van koolstof (*carbonium*) en waterstof (*hydrogenium*) met ééne andere grondstof.

Ook op tal van uit meer dan twee grondstoffen bestaande verbindingen wordt, wanneer zij een naam ontvangen, een dergelijke regel toegepast. Komen in eene verbinding naast andere bestanddeelen zwavel en zuurstof in eene bepaalde gewichtsverhouding voor, dan heet zulk eene stof een *sulphaat*; is de hoeveelheid zuurstof kleiner, en in dit geval bepaald $\frac{3}{4}$ van die op dezelfde hoeveelheid zwavel in het sulphaat voorkomt, dan heeten de verbindingen *sulphieten*. Zoo leert men uit den scheikundigen naam van gips, namelijk *calciumsulphaat*, en uit den scheikundigen naam voor zwavelzuur *hydrosulphaat* verstaan, dat gips eene verbinding is van calcium, zwavel en zuurstof, zwavelzuur daarentegen van waterstof, zwavel en zuurstof; daar de verhouding tussschen de hoeveelheden der laatste twee grondstoffen in gips en zwavelzuur dezelfde is, begrijpt men licht, dat (theoretisch althans) voor de bereiding van gips uit zwavelzuur alleen verplaatsing van waterstof door calcium noodig is. Wordt de gewone aluin aangekondigd als een kaliumaluminiumsulphaat, dat kristalwater bevat, dan is deze naam in staat eene voorstelling van de scheikundige samen-

stelling te geven, evenals de naam calciumcarbonaat voor marmer als scheikundige stof en calciumphosphaat voor dat bestanddeel der beenderenasch, hetwelk deze laatste geschikt maakt om voor de bereiding van phosphorus te dienen.

De scheikundige nomenklatuur van onze dagen berust dus geheel op de voorstelling, dat de hoeveelheid der grondstoffen gelijk blijft, wanneer zij onderling verbindingen aangaan of wanneer uit de eene verbinding eene andere wordt afgeleid. Dit alleen is niet voldoende om een stelsel van namen te wettigen; immers in den naam *kali-alin-triasulintetraoxinocta Aquindodeca*, die indertijd door een engelschen scheikundige voor de gewone aluin werd voorgesteld, trachtte hij ook de onderlinge verhouding tusschen de hoeveelheden kalium, aluminium, zwavel, zuurstof en kristalwater uit te drukken, en toch kon zijn voorslag geen opgang maken. Eenvoudigheid en scherpste van uitdrukking dienen gepaard te gaan.

III

Sprekende over het gebruik van de uitgangen *sulphaat*, *sulphiet*, *carbonaat*, *phosphaat* enz. waren wij zeer nabij het begrip, hetwelk in de scheikunde aan de uitdrukking *samengesteld radicaal* verbonden is. Zuurstof en zwavel, zuurstof en koolstof, zuurstof en phosphorus enz., en wel van beide grondstoffen gewichtshoeveelheden die voortdurend in eene dezelfde verhouding tot elkander staan, worden door die uitgangen aangewezen.

Iets dergelijks kan ook het geval zijn in de namen van stoffen, die op den indruk van haren naam af als verbindingen van twee elementen zouden worden beschouwd. Zoo schijnt de naam *ammoniumchloride* eene verbinding van eene grondstof ammonium met chloor aan te wijzen, en toch zou het scheikundig onderzoek leeren, dat men in dit ammoniumchloride eene uit stikstof, waterstof en chloor samengestelde stof voor zich heeft. Telkens, wanneer men van eene ammoniumverbinding hoort spreken, wordt eene stof bedoeld, waarin naast andere grondstoffen of naast ééne andere grondstof stikstof en waterstof aanwezig zijn, steeds, voor zooverre het deel *ammonium* in den naam er op wijst, in dezelfde gewichtsverhouding met elkander en met de overige bestanddeelen vereenigd. De twee deelen ammonium en sulphaat, waarin de naam van de daardoor aangewezen stof hier is verdeeld, wijzen dus beide op de twee grondstoffen, die hier aanwezig zijn; stikstof en waterstof volgens de verhouding, waarin men ze in *ammonium*-verbindingen kent, zwavel en zuurstof in dezelfde gewichtsverhouding

waarin zij in de andere *sulphaten* voorkomen. Het *ammonium* nu vooral wordt door de scheikundigen nog meer dan *sulphaat* als een geheel beschouwd en dan een samengesteld bestanddeel van de verbinding, een *samengesteld radicaal* genoemd. Daarvan is de reden, dat de eigenschappen der ammoniumverbindingen haar in vele opzichten met verbindingen van metalen, vooral met verbindingen van de metalen kalium en natrium, doen vergelijken. Stelt men de stikstof en waterstof te zamen eenmaal als een samengesteld bestanddeel voor, heeft men b. v. eenmaal het begrip van een samengestelde metaalachtige groep ammonium ingevoerd, dan worden het onderling verband van de zoogenaamde ammoniumverbindingen en haar overeenkomst en verschil met kaliumverbindingen b. v. gemakkelijk ingezien.

Zoo hebben wij in *ammonium* een naam voor hoeveelheden stikstof en waterstof, wier verhouding steeds dezelfde is, een naam voor een denkbeeldig metaal. »Wie waarborgt er ons voor» zoo vraagt misschien de een of ander, »of een der namen, die ons tot nog toe de voorstelling van een element geven, vroeg of laat niet blijken zal de naam van een samengesteld radikaal te zijn, waarvan de samenstellende grondstoffen tot nog toe steeds verbonden bleven?» Iets dergelijks zou misschien met de namen kobalt en nikkel het geval zijn; blijft het nu algemeen gebruikte nikkel in gebruik bij de nijverheid, die niet naar scheikundige grondstoffen vraagt, dan zal men met dien naam bedoelen de legering of de verbinding van het zuivere nikkel met het nieuw ontdekte *gnomium*, waarvan het ruwe nikkel ongeveer 3% zou bevatten ¹.

De overeenkomst tusschen een aantal verbindingen, waarin zoogenaamde *samengestelde radicalen* worden aangenomen, en verbindingen, waarin van zulke groepen geen sprake is, zal de zoo even gestelde vraag met nog meer aandrang doen herhalen. Wat men in het algemeen onder *alkohol* verstaat, weet ieder. Dat de scheikundigen den gewonen alkohol *aethyl-alkohol* noemen om hem van tal van andere alcoholen te onderscheiden, dat b. v. glycerine ook in scheikundigen

¹ In de *Chemiker Zeitung* van 12 Juni l.l. deelt dr. FLEITMANN mede, dat hij in talrijke monsters nikkel en kobalt tevergeefs het nieuwe bestanddeel heeft gezocht. Hij gaf hiervan bericht aan de ontdekkers van het gnomium met verzoek hem van hun metaal toe te zenden. In een brief gedateerd 29 Maart is hem die toezending beloofd; maar ontvangen werd er niets.

In deze omstandigheden schijnt men met dr. FLEITMANN te moeten vreezen, dat het gnomium alleen in de verbeelding van KRÜSS en SCHMIDT bestaat. Deze scheikundigen schijnen onzuivere metalen onder handen te hebben gehad.

zin een alkohol is, dat er in dezen zin alkoholen zijn, die er als een fijn wit poeder uitzien of in kristallen voorkomen, dat er tal van alkoholen zijn, zoowel in de mengsels die onder den naam brandewijn, jenever, cognac enz. worden gedronken, als in stoffen, die niemand eene kleine verheuging kunnen bezorgen, is wellicht minder bekend.

Al deze alkoholen zijn uit de drie grondstoffen koolstof, waterstof en zuurstof opgebouwd; hun aantal is ontzaglijk groot. Bij velen is de verhouding tusschen de hoeveelheden van deze drie grondstoffen steeds ongelijk en schrijft men aan dit verschil het onderscheid tusschen de alkoholen zelf toe; het geval doet zich echter ook meermalen voor, dat die verhouding dezelfde is en in dit geval verklaart men, waarom de eene alkohol zich in dezelfde omstandigheden zus en de andere zich zoo gedraagt met behulp van de onderstelling, dat de deeltjes of atomen koolstof, waterstof en zuurstof, die in een gelijk aantal voorkomen in van elkander onderscheiden stoffen, telkens op verschillende wijzen naast elkander gerangschikt en met elkander verbonden zijn. Wanneer men echter de alkoholen van elkander onderscheidt als methylalkohol, (het bijmengsel uit gemethyleerd gedistilleerd, waarom voor dit laatste geen accijns behoeft te worden betaald), aethylalkohol (de gewone alkohol), amylalkohol (het hoofdbestanddeel van de aardappelfoeselolie), glycerylalkohol (een andere naam voor glycerine) enz., dan wordt telkens eene hoeveelheid waterstof en zuurstof, onderling steeds in dezelfde verhouding tot elkander staande, afgezonderd, en hetgeen daarna van den alkohol overblijft (d. w. z. de koolstof en een gedeelte der waterstof) krijgt den naam *methyl*, *aethyl*, *amyl*, *glyceryl* enz. Elk van deze namen stelt dus weder een *samengesteld radicaal* voor; aan elken naam is eene bepaalde, onveranderlijke verhouding tusschen de hoeveelheden der koolstof en der waterstof verbonden.

In hunne scheikundige eigenschappen vertoonen deze alkoholen groote overeenkomst met de bijtende potasch en de bijtende soda der zeepzieders, met gebluschte kalk en andere minder algemeen bekende verbindingen. Heeten deze bijtende potasch, bijtende soda en gebluschte kalk in een scheikundig handboek kaliumhydroxyde, natriumhydroxyde en calciumhydroxyde, in deze namen wordt uitgedrukt, dat zij behalve uit de daarin genoemde metalen uit waterstof (*hydrogenium*) en zuurstof (*oxygenium*) zijn samengesteld. De verhouding tusschen de gewichtshoeveelheden zuurstof en waterstof is hierin steeds als 16 : 1; welnu, wanneer uit de alkoholen bepaalde hoeveelheden waterstof en zuurstof naast het samengesteld radicaal *methyl* enz. worden gezet, wordt ook steeds een zestienmaal grooter gewicht aan zuurstof

dan aan waterstof bedoeld. Gebruikte men voor methylalkohol den naam *methylyhydroxyde*, voor aethylalkohol den naam *aethylyhydroxyde* enz., de overeenkomst tusschen de alkoholen eenerzijds, bijtende potasch, bijtende soda en gebluschte kalk aan den anderen kant werd daardoor duidelijker uitgedrukt dan tot nog toe gewoonlijk geschiedt.

Dat nu kaliumhydroxyde andere eigenschappen heeft dan natriumhydroxyde, acht men voldoende verklaard door het feit, dat het eerste kalium en het laatste natrium bevat. Dat aethylalkohol en methylalkohol van elkander verschillen, wat hun soortgelijk gewicht, hun kookpunt enz. betreft, men moet hiervan de verklaring zoeken in de omstandigheid, dat het samengesteld radicaal aethyl hoeveelheden koolstof en waterstof in zich sluit, die tot elkander staan als 24 G. en 5 G., terwijl deze verhouding in methyl zoodanig is, dat op 12 G. koolstof 3 G. waterstof aanwezig zijn. Vraagt nu iemand, of het onmogelijk is dat het verschil tusschen kalium en natrium later blijken zal van denzelfden aard te wezen als dat tusschen aethyl en methyl, of die twee metalen misschien ook uit nadere bestanddeelen bestaan (en zijn deze bestanddeelen in beide gevallen dezelfde, dan volgens verschillende gewichtsverhouding met elkander vereenigd), ik geloof niet, dat een scheikundige de mogelijkheid ontkennen zal, al acht hij de waarschijnlijkheid klein. Op grond van de hier medegedeelde en van andere feiten is de voorstelling meer dan eens gegeven, dat de verschillende grondstoffen in haar wezen één zouden zijn. Gewoonlijk wordt aan deze hypothese de naam van *PROUT* verbonden. Deze steunde hierbij op de omstandigheid, dat het betrekkelijk gewicht van de deeltjes der grondstoffen veelvouden van dat van een deeltje waterstof zouden zijn, zoodat een deeltje zuurstof, waarvan het gewicht zestienmaal zoo groot was als dat van een deeltje waterstof, zestienmaal zooveel van de algemeene grondmaterie bevatte als een deeltje waterstof. Hoezeer de bijzonderheden van dit denkbeeld ook gewijzigd werden naar de grootere en kleinere afwijkingen, welk de atoomgewichten der overige grondstoffen vertoonden van geheele getallen, waarmede zij behoorden samen te vallen ingeval zij veelvouden waren van het als eenheid aangenomen atoomgewicht van waterstof, tot eene vruchtbare hypothese heeft deze beschouwing zich niet kunnen verheffen.

(Wordt vervolgd).