

ELEMENTEN EN META-ELEMENTEN.

DOOR

Dr. G. DOYER VAN CLEEFF.

(Vervolg van blz. 347).

IV

Hetgeen voorafgaat is onmisbaar, wanneer vervolgens een overzicht zal gegeven worden van de onderzoekingen, die in de laatste jaren het bestaan van menige grondstof in gevaar brachten of er een einde aan maakten en van de verreikende beschouwingen, die daaraan door sommige scheikundigen worden vastgeknoopt. Het denkbeeld van de éénheid der stof is weder in een nieuwen vorm en op nieuwe gronden aan de algemeene belangstelling opgedragen.

Het eerst wordt hier de aandacht gevestigd op de beschouwingen van den hoogleeraar dr. ANTON GRÜNWARD, beschouwingen, die wel veel gerucht maakten, maar, naar ik meen, in de kringen der scheikundigen weinig instemming vonden. Op zichzelf is deze omstandigheid nog geen bewijs voor de onjuistheid der nieuwe denkbeelden.

Het punt van uitgang, van waar de redeneering begint, dat waterstof, zuurstof, stikstof, koolstof, magnesium, cadmium en misschien nog andere stoffen, die thans *grondstoffen* worden genoemd, uit twee nadere bestanddeelen, en dan allen uit dezelfde twee bestanddeelen, bestaan, is de stelling, dat tusschen de strepen in de spectra van twee gasen een bepaald verband bestaat, in geval de beide gasen een gemeenschappelijk bestanddeel bevatten. Dit verband is het volgende. Stel dat de samenstelling van twee gasen uitgedrukt kon worden door de teekens AB en AC, zoodat A voorstelt het gemeenschappelijk bestanddeel; stel dat men wist, dat van de door eene bepaalde hoeveelheid AB ingenomen ruimten twee derde op rekening moet worden gesteld van A en dat A in het volumen van eene bepaalde hoeveel-

heid AC daarvan *de helft* in nam, dan zou men in de spectra van AB en AC een aantal strepen vinden, waarvan de golflengten tot elkander staan als $\frac{2}{3}$ en $\frac{1}{2}$. M. a. w. wordt de golflengte van een aantal strepen uit het spectrum van AB vermenigvuldigd met $\frac{3}{4}$, dan is het product telkens gelijk aan de golflengte van een streep uit het spektrum van AC.

Het eenvoudigst is de toepassing van dezen regel, waar het verband tusschen de spectra van waterstof en waterdamp behandeld wordt.¹ Van waterstof zijn twee spectra bekend, die uit strepen bestaan; de mogelijkheid van deze twee kan men verklaren door de onderstelling, dat bij verschillende temperaturen en verschillende drukkingen de molekulen waterstof niet even groot zijn. Zijn de molekulen waterstof half zoo groot als zij onder normale omstandigheden (0°C en eene drukking van 760 mM.) zijn, hebben de molekulen waterstof zich volgens de opvatting der scheikundigen in atomen gesplitst, dan is de ruimte, welke eene bepaalde hoeveelheid van dit gas inneemt, tweemaal zoo groot als de ruimte, welke de met die waterstof gevormde waterdamp kan innemen. GRÜNWARD vindt dienovereenkomstig, dat de golflengten der strepen van dat waterstofspektrum gedeeld door twee gelijk worden aan golflengten van strepen uit het spektrum van waterdamp. Dit feit, aangenomen dat het juist geconstateerd is, geldt alleen als bewijs van de eerst gegeven stelling; omtrent de samengestelde natuur van waterstof hoort men hierbij niets. Andere gevolgtrekkingen moeten echter worden afgeleid uit de omstandigheid, dat het tweede strepenspektrum van waterstof tweërlei strepen bevat, wanneer men uit de getallen, die de golflengten dier strepen voorstellen, getallen afleiden wil, waarin de golflengten van de strepen uit het waterdamp-spectrum uitgedrukt worden. De eene groep van getallen moet dan met den faktor 0.6336 (ongeveer $\frac{19}{30}$) en de andere moet met den faktor $\frac{4}{5}$ vermenigvuldigd worden. Dit zou nu beteekenen, dat de waterstof uit tweërlei bestanddeelen is samengesteld; worden zij aangewezen door de letters *a* en *b*, dan staan de golflengten van het bestanddeel *a* in waterstof en in waterdamp tot elkander als 30 en 19, en die van *b* als 5 en 4; de ruimten door beide bestanddeelen in waterstof en in waterdamp ingenomen staan tot elkander in dezelfde verhouding.

De verhouding tusschen de beide bestanddeelen, zooals zij onze

¹ Zie o. a. *Chem. News*. LVI, 186 en 201.

grondstof waterstof vormen, wordt op de volgende wijze berekend. Het volumen van de beide bestanddeelen door $[a]$ en $[b]$ voorstellend, kan men zeggen, omdat zij te zamen waterstof vormen:

$$\text{in waterstof } [a] + [b] = 1;$$

en omdat twee derde van het volumen van den waterdamp op rekening van de waterstof mag worden gesteld:

$$\text{in waterdamp: } \frac{19}{30} [a] + \frac{4}{5} [b] = \frac{2}{3}.$$

Berekent men de waarde van $[a]$ en $[b]$ uit deze twee vergelijkingen, dan vindt men, dat $[b] = \frac{1}{5}$ en dat $[a] = \frac{4}{5}$ is; b neemt dus $\frac{1}{5}$ van het volumen der waterstof en a $\frac{4}{5}$ daarvan in, wanneer zij te zamen waterstof vormen; dit laatste kan daarom worden voorgesteld door het teeken ba_4 . Men bedenke hierbij, dat a en b zekere volumina voorstellen, terwijl in het gewone scheikundige teekenschrift de letterteekens bepaalde gewichtshoeveelheden voorstellen; in het gebruikelijke teeken voor water H_2O wordt uitgedrukt, dat tweemaal eene bepaalde gewichtshoeveelheid waterstof H vereenigd is met éénmaal de bepaalde gewichtshoeveelheid zuurstof, die aan het teeken O verbonden is.

Volgens deze opvatting is dus waterstof geen enkelvoudige stof, maar bestaat dit gas uit twee nadere bestanddeelen, waarvoor wij hier in den geest van CROOKES (zie later) den naam meta-elementen zullen gebruiken. Deze meta-elementen zijn zóó vast met elkander verbonden, dat zij zich door bekende scheikundige middelen niet van elkander laten scheiden. Wanneer door vereeniging van waterstof en zuurstof waterdamp wordt gevormd, zullen de volumina van a en b veranderen onder den invloed van hetgeen de zuurstof in de verbinding brengt; verbindt waterstof zich met chloor tot zoutzuur of komt waterstof met zwavel verbonden voor als zwavelwaterstof, dan heeft het chloor of de zwavel (of liever dan hebben de meta-elementen, waaruit chloor en zwavel bestaan) telkens een anderen invloed op de eigenschappen van a en b . Dit moet verklaren, dat in het spektrum van waterstofverbindingen strepen, die aan bepaalde strepen uit het spektrum van waterstof beantwoorden (waarvan de golflengte dus berekend kan worden door de golflengte van strepen uit het spektrum van waterstof met een zekeren faktor te vermenigvuldigen), in helderheid toegenomen of afgenomen kunnen zijn; is de vermindering in helderheid groot, dan zijn sommige van die strepen zelfs niet meer te zien. Op dit standpunt kan dus uit het ontbreken van bepaalde strepen

geen bezwaar tegen de voorstelling van GRÜNWALD worden gemaakt.

Ook voor eenige andere tot dusverre als grondstoffen beschouwde stoffen wordt een dergelijk betoog geleverd.¹ In het spektrum van zuurstof komen echter veel meer dan twee groepen van strepen voor; bij eene groep is de golflengte de helft van die van een aantal strepen uit het spektrum van waterdamp, en omdat dit bij het eene strepenspektrum van waterstof ook het geval is, worden zij aan dezelfde meta-elementen *a* en *b* toegeschreven in denzelfden toestand van verdichting, waarin deze in waterstof voorkomen. Dan zijn er twee andere groepen van strepen, waarvan de golflengte met andere factoren moet worden vermenigvuldigd, opdat zij een produkt zal opleveren, dat gelijk is aan de golflengte van een streep uit het spektrum van waterdamp. Omdat nu de golflengte van de laatste twee groepen van strepen uit het spektrum van zuurstof ook weder bij vermenigvuldiging met den een of anderen faktor een getal oplevert gelijk aan de golflengte van strepen uit de twee strepenspektra van waterstof, wordt ondersteld, dat de meta-elementen *a* en *b* in onderscheiden toestand van verdichting verbonden te zamen vormen, hetgeen wij zuurstof noemen. Wordt in de eerste verhandeling nog een derde meta-element *c* genoemd, latere berekeningen hebben hieromtrent geleerd, dat het uit *a* in een bepaalden toestand van verdichting bestaat.

Omtrent koolstof, magnesium en cadmium wordt hier alleen medegedeeld, dat ook zij uit dezelfde meta-elementen *a* en *b* zouden bestaan; het verband tusschen de strepen in de spektra van deze grondstoffen eenerzijds en die in de spektra van waterstof en van waterdamp aan den anderen kant levert den grond voor deze stelling. GRÜNWALD geeft dus in plaats van de vroegere hypothese van PROUT (zie boven) uitzicht op de geldigheid van den regel: de atoomgewichten van alle secundaire elementen kunnen uit de atoomgewichten van de beide bestanddeelen van waterstof *a* en *b* berekend worden door die atoomgewichten met geheele getallen te vermenigvuldigen; het gewicht van een atoom van zulk een secundair element, dat dus ten laatste uit α atomen *a* en β atomen *b* bestaat, wordt dus in het algemeen voorgesteld door het teeken $\alpha a + \beta b$.

Maar geldt deze regel inderdaad reeds voor de zoogenaamde grond-

¹ Zie voor zuurstof o. a. *Chem. News*. LVI 202 en 223, voor stikstof *Chem. News*. LVI 223, voor koolstof en magnesium *Kaiserl. Akad. der Wissensch.* XCIV Dec. Heft 1887 en voor cadmium *E. Z.* XCVII Oct. 1888.

stoffen, waaraan hij tot nog toe getoetst werd? Het valt niet te ontkennen, dat er feiten zijn, die er een sterken steun aan schijnen te verleenen. Door de golflengte van de strepen in het eene waterstofspectrum door twee te deelen berekent GRÜNWARD de golflengte van strepen, die in het spektrum van waterdamp moeten voorkomen. Vele van de berekende strepen in dit laatste spektrum waren echter nog niet bekend, doch zijn later inderdaad door professor LIVEING gevonden; in de opstellen in *Chemical News* worden tabellen meegegeeld, waarin de door GRÜNWARD berekende en door LIVEING uit de waarneming afgeleide golflengten naast elkander staan, en de overeenstemming springt duidelijk in het oog. Naarmate de onderzoekingen van den laatstgenoemde in dit opzicht werden voortgezet, brachten zij steeds nieuwe bevestigingen van hetgeen door GRÜNWARD voorgesteld was.

Daar staat tegenover dat in zeer vele gevallen strepen, die er volgens de nieuwe onderstelling behoorden te zijn, niet gezien worden. Aan het slot b. v. van de verhandeling over het spektrum van magnesium leest men, dat de strepen, waaruit dit bestaat tot vier groepen moeten worden gebracht, omdat haar golflengten dan telkens door vermenigvuldiging met een anderen faktor herleid kunnen worden tot de golflengten van groepen van strepen uit het spektrum van waterstof, zuurstof en waterdamp; bij deze vermenigvuldigingen komt men echter ook tot eene menigte van uiterst zwakke, *nu nog onbekende* strepen in de spektra van zuurstof en waterstof. Hetzelfde is het geval, wanneer op de golflengte van al de strepen in het spektrum van koolstof de vermenigvuldiging wordt toegepast, die bij vele strepen de verwantschap der koolstof met zuurstof en waterstof, namelijk de samenstelling uit de meta-elementen *a* en *b*, aantoonst. Ook moeten volgens de eischen der hypothese in het spektrum van magnesium nog aanwezig zijn eene groep van strepen, afkomstig van stralen van zeer groote breekbaarheid, die thans ook nog onbekend zijn. Nu wordt dit bezwaar wel ter zijde gesteld door de opmerking, dat alle eigenschappen van de meta-elementen *a* en *b*, zooals zij in de zoogenaamde grondstoffen met elkander verbonden voorkomen, afhankelijk zijn van de wijze, waarop zij tot een geheel zijn verbonden, dat ook eene zekere hoeveelheid *a*, in een bepaalden toestand van verdichting aanwezig zijnde en zich vereenigend met eene andere hoeveelheid *a*, die in een anderen toestand van verdichting verkeert, op zóódanige wijze dat haar eigen toestand van verdichting niet

verandert, toch daardoor een zekeren invloed ondergaat; die invloed kan dan ook zijn, dat de elders uitgezonden lichtstralen onder den invloed van de nieuwe omgeving zoo zwak worden, dat zij onzichtbaar zijn. Nu wordt het bezwaar hiermede wel ter zijde geschoven; of het echter voldoende opgehelderd is, mag in twijfel getrokken worden.

Een ander groot bezwaar is, dat de factoren, waarmede de golflengten moeten worden vermenigvuldigd, zoo velerlei zijn, en dat er meestal geen andere grond voor de keuze is dan dat het vrij goed uitkomt. Later wordt in enkele gevallen in de eens aangenomen factoren een vrij belangrijke verandering gebracht. Dat gebeurde b.v. met faktor $^{19}_{30}$, waarmede de golflengte van een aantal strepen uit het eene waterstofspektrum vermenigvuldigd moet worden om herleid te worden tot de golflengte van strepen uit het spektrum van waterdamp. Met behulp van dezen faktor wordt afgeleid, dat in waterstof het meta-element *a* eene viermaal grootere ruimte inneemt dan het meta-element *b*. Later vernemen wij, dat die factor een gemiddelde waarde is; dat bij elk der vier deeltjes *a* waarschijnlijk een bepaalde faktor behoort, waarvan twee met eenige waarschijnlijkheid bekend zijn, namelijk $\frac{3}{4}$ en $\frac{56}{75}$. Is $^{19}_{30}$ dan het gemiddelde der vier, dan mogen de beide nog onbekende factoren gemiddeld niet grooter dan $\frac{1}{2}$ zijn.

Hetgeen GRÜNWARD zeide en schreef zal, naar wij meenen, voorloopig eenen zeer geringen invloed hebben op de beschouwingen der scheikundigen omtrent het wezen der grondstoffen. Volgens hem komt de waterstof op de zon voor ontleed in de meta-elementen *a* en *b*; de golflengte van een aantal donkere of *Fraunhofersche* strepen in het zonnespektrum wijst hier volgens hem op; *b* zou identisch zijn met *helium*, de naam van eene stof, wier bestaan op de zon ondersteld wordt, omdat men in het zonnespektrum een donkere streep vond, waaraan geen lichtende streep beantwoordde in het spektrum van eenige aardsche stof. Omdat aan strepen van *a* strepen beantwoorden in de corona der zon, wordt dit *a* door hem *coronium* genoemd.

V

Van geheel anderen aard is hetgeen nu eerst volgen zal. Wij verplaatsen ons uit de studeerkamer, waar de geleerde wiskundige aan zijn schrijftafel de getallen groepeerd en aan de overeenstemming daartusschen de in zijn hoofd opgerezen gedachte toetst, naar het schei-

kundig laboratorium, waar kolven, schalen en retorten de plaats innemen van de pen, waar de balans het werktuig is, dat in laatste instantie beslist. Hetgeen de onderzoeker onder handen neemt en aan de werking van warmte, electriciteit onderwerpt of door middel van de scheikundige middelen van zijnen tijd tracht te scheiden of in andere verbindingen over te brengen, is afkomstig uit verschillende gesteenten, die op betrekkelijk weinig plaatsen voorkomen en zelden in aanzienlijke hoeveelheden worden gevonden en die daarom den naam van «zeldzame aarden» dragen. Namen van zulke gesteenten zijn o. a. *ceriet*, *fergusoniet*, *euxeniet*, *orthiet*, *gadoliniet*, *monasiet*, *samarskiet*. In sommige van deze gesteenten herkende men al lang geleden verbindingen verwant met aluinaarde, kalkaarde enz.; evenals deze laatste twee zijn de «zeldzame aarden» verbindingen van metalen met zuurstof, zooals kalkaarde of ongebluschte kalk eene verbinding van het metaal calcium met zuurstof is, zooals de aluinaarde zuurstof en het metaal aluminium in eene scheikundige verbinding bevat. Metalen, waarvan de »zeldzame aarden» zuurstofverbindingen of oxyden, zouden zijn, zouden o. a. zijn *cerium*, *yttrium*, *didymium*, *lanthanum*, *thorium*.

Wanneer men nu echter nader vraagt naar het metaal, dat in de verschillende tientallen van jaren der negentiende eeuw door een bepaalden naam werd aangewezen, dan zal het blijken, dat dezelfde naam dikwijls voor zeer onderscheiden stoffen heeft gediend. Als een voorbeeld wordt genoemd de naam *yttrium*. In 1813 werd deze naam ingevoerd door BERZELIUS; hij had de scheikundige samenstelling van de yttria-aarde bepaald en gevonden, dat het een oxyde van een metaal was. MOSANDER vond echter in 1843, dat die yttria-aarde niet één scheikundig individu was maar een mengsel van drie bestanddeelen, elk op zich zelf weder eene zuurstofverbinding; deze drie ontvingen de namen yttria-aarde, terbia-aarde en erbia-aarde; in plaats van het yttrium van BERZELIUS kwamen dus drie grondstoffen: het *yttrium* van MOSANDER, *terbium* en *erbium*. Dat zulke waarnemingen en naamverwisselingen tot verwarring aanleiding konden geven, ligt voor de hand, vooral omdat latere waarnemers weder andere uitkomsten verkregen of meenden te verkrijgen; zoo werd het zoo even genoemde *terbium* door vele scheikundigen voor een mengsel van *yttrium* en *erbium* gehouden, terwijl anderen het afzonderlijk bestaan er van handhaafden en in het in 1878 ontdekte *mosandrium* het door hen *terbium* genoemde metaal herkenden. Wanneer hier nog aan wordt toegevoegd, dat in plaats van het *erbium* van MOSANDER later vijf andere metalen (*scandium*,

ytterbium, *erbium*, *thulium* en *holmium*) werden aangenomen, kan men zich voorstellen, waarom in de lijst van de grondstoffen een aantal van deze namen met een vraagteeken waren gemerkt.

Een ander voorbeeld van dergelijken aard levert de naam *cerium* op; na eene analyse van ceriet, in 1813 door HESINGER en BERZELIUS uitgevoerd, werd hiermede eerst het metaal bedoeld, hetwelk volgens deze scheikundigen gebonden aan zuurstof in ceriet aanwezig is; na 1839 is de beteekenis van het woord eene andere en wijst het op een der drie metalen, die MOSANDER had ingevoerd in plaats van het *cerium* van BERZELIUS. De drie waren het nieuwe *cerium*, *didymium* en *lanthanum*; vooral de laatste twee en de verbindingen van deze twee lieten zich zeer moeilijk van elkander scheiden. Het was alsof de verwarring niet groot genoeg kon zijn; immers onmiddellijk toen eenige jaren geleden het didymium uit de rij der grondstoffen verdween om vervangen te worden door het *praseodymium* en het *neodymium*, werd uit den mond van bevoegde mannen de verklaring gehoord, dat het scheikundig onderzoek ook in deze twee nog niet de ware grondstoffen had opgespoord.

In Engeland, Frankrijk, Oostenrijk, Zweden, Duitschland en Noord-Amerika vonden de »metalen der zeldzame aarden» scheikundigen, die in de groote verwarring orde trachten te scheppen. Het meest omvattend onderzoek, waaraan zij onderworpen waren, werd uitgevoerd door GERHARD KRÜSS en L. F. NILSON.¹ Voordat daarvan de methode en de uitkomsten worden medegedeeld, een enkel woord over de middelen, waarmede men er in slaagt vroeger als bepaalde zelfstandigheden beschouwde stoffen in ongelijksoortige bestanddeelen te splitsen.

Wanneer verschillende hoeveelheden van de eene of andere stof (wij zullen haar door het teeken X aanwijzen) telkens worden onderworpen aan de scheikundige werking van een zelfde zelfstandigheid, waarbij zij met een bestanddeel Y daarvan eene verbinding X Y vormt, dan zal deze stof XY in dezelfde omstandigheden gebracht steeds dezelfde eigenschappen moeten vertoonen, ingeval X ééne grondstof is. Vindt men daarentegen bij de voortbrengselen derzelfde scheikundige werking eenig verschil in eigenschappen of in kleur of in de mate van hun oplosbaarheid in water of in de temperatuur, waarbij zij onder den invloed der warmte worden ontleed of waarin dan ook, dan waren niet alle deelen van X volkomen gelijksoortig. Men zou

¹ *Ber. deutsch. chem. Ges.* XX 2134.

zich dan kunnen voorstellen, dat X twee (op zijn minst twee) deelen X' en X'' bevatte, zoodat de verbinding van het eene bestanddeel met Y (dus X'Y) eene andere kleur bezat, meer of minder gemakkelijk door water werd opgelost, eerder bij langzaam voortgaande verwarming werd ontleed dan X''Y, de verbinding van Y met het tweede bestanddeel van X. Natuurlijk moet de scheikundige volkomen verzekerd zijn, dat het verschil niet in Y kan gelegen zijn, m. a. w. dat de stof, waarmede hij van X de bedoelde verbindingen maakte, volkomen zuiver was.

Tot opheldering kan waarschijnlijk strekken een verschil in eigenschappen bij de twee stoffen, die de metalen koper en zilver opleveren, wanneer zij met salpeterzuur of sterk water worden behandeld. Beide metalen verdwijnen hierbij onder eene sterke opbruising van bruine dampen. Het zilver kan men, wat zijn gewicht betreft, terug vinden in den *helschen steen* (zilvernitraat of salpeterzuur zilveroxyde), die in de achterblijvende kleurlooze vloeistof is opgelost en waarin het zilver met bepaalde hoeveelheden stikstof en zuurstof (deze laatste twee zijn afkomstig uit het salpeterzuur) verbonden is. Is het sterkwater of salpeterzuur in aanraking geweest met koper, dan blijft er eene blauwe vloeistof achter, waarin cuprinitraat of salpeterzuur-koperoxyde is opgelost; hierin komt het koper voor in verbinding met stikstof en zuurstof. Wanneer men nu de beide vloeistoffen (de kleurlooze oplossing van helschen steen en de blauwe oplossing van de overeenkomstige koperverbinding) eerst voorzichtig in twee schalen verwarmt, zullen de overmaat van het gebruikte salpeterzuur en het aanwezige water verdampen en in de schalen zal men in het eerste geval kleurlooze en in het tweede geval blauwe kristallen zien. Gaat men daarop voort de schaaltes met hun inhoud te verwarmen, maar zóó dat de inhoud in beide voortdurend even warm is, dan zal men de blauwe kristallen zien veranderen in een zwart poeder, terwijl de helsche steen nog niet verandert. Bij eene hoogere temperatuur wordt ook de inhoud van de andere schaal grauw gekleurd. Het nitraat van koper wordt door verwarming eerder ontleed dan de helsche steen of het zilvernitraat.

Stel dat het geval zich had voorgedaan, dat de beide metalen met elkander vermengd waren geweest, dat men b.v. een tienstuiverstuk had laten verdwijnen onder de werking van sterkwater of salpeterzuur, dan zouden in de schaal, waarin de verkregen vloeistof voorzichtig was verwarmd, ook de beide nitraten met elkander vermengd zijn

geweest. Eene ervaren hand zou dan door de hitte van eene gasvlam de schaal zóó kunnen verhitten, dat alleen het kopernitraat door de warmte wordt ontleed. Hierin is een middel gelegen om de metalen, uit wier mengsel het tienstuiverstuk had bestaan, van elkander te scheiden. Immers terwijl de helsche steen *in water oplosbaar* is en onveranderd bleef, liet het cuprinitraat bij de verhitting een zwart, *in water onoplosbaar* poeder achter. Deze twee zouden zich dus bij behandeling met zuiver water van elkander laten scheiden. Was dus het metaal van het tienstuiverstuk de onbekende X geweest, en stelde men de van het salpeterzuur afkomstige stikstof en zuurstof, die voor de vorming der nitraten noodig zijn, voor door Y, dan kon langs dezen weg aangetoond worden, dat X een mengsel van X' koper en X'' zilver was; X' Y liet dan een onoplosbaar zwart poeder achter bij de verwarming tot een warmtegraad, waarbij het X'' Y nog niet veranderde en dus ook oplosbaar in water bleef.

Dit is één der vele manieren, waarop men ten slotte in eene genomen zelfstandigheid ongelijksoortige bestanddeelen herkennen kan. Hoezeer de uitvoering in vele gevallen moge verschillen van hetgeen hier werd medegedeeld, altijd moet de te onderzoeken stof met dezelfde stoffen in volkomen gelijke omstandigheden worden behandeld, voordat men twee verkregen fracties op de proef stelt of zij volkomen gelijk gebleven zijn. Hoe fijner de proef is, waarop deze fracties worden gesteld, m. a. w. hoe kleiner de hoeveelheid die voor het onderzoek noodig is, des te grooter is de waarschijnlijkheid van de gevolgtrekkingen, die uit de waarnemingen worden afgeleid.

KRÜSS en NILSON waren in het bezit van tal van mineralen, die zeldzame aarden bevatten, Uit één stuk werden door eene reeks van bewerkingen zoodanige oplossingen gemaakt, dat de oorspronkelijke stof in tal van (soms tot 40 toe) fracties was verdeeld. De toestel, waarmee zij de volkomen gelijkheid van die fracties of het kleinere of grootere verschil daartusschen beoordeelden, was de spektroskoop. Bepaald namen zij de verandering waar, die het gewoon licht ondergaat, wanneer het valt door de oplossingen van de verschillende fracties van één gesteente. Vindt een lichtstraal eene vloeistof op zijn weg en moet hij er door dringen, dan wordt een gedeelte van het licht onderschept. Stelt men zich in het gewone spraakgebruik door onderschepping van dat licht eene verzwakking daarvan voor, de spektroskoop leert, dat het verschijnsel minder eenvoudig is. Hij ontleedt het witte licht in stralen, die wij rood, geel, blauw enz. noemen, naar-

mate zij van de overige lichtstralen gescheiden en dan op ons netvlies werkend bij ons eene bepaalde kleursgewaarwording te weeg brengen; hij toont aan, dat, ingeval de lichtstraal door eene vloeistoflaag valt, deze niet op de zoogenaamde roode, gele, blauwe enz. stralen gelijkmatig verzwakkend werkt, maar als het ware verschillende gedeelten uit één of uit meer van die gekleurde stralen wegneemt. Geeft de spektroskoop van onverzwakt wit licht een beeld, een spectrum, waarin voor ons oog de kleurschakeeringen langzamerhand in elkander overgaan, zonder dat zij door ongekleurde of donkere banen of strepen van elkander gescheiden zijn, de donkere strepen in de spectra van het licht, dat door eene bepaalde oplossing heeft moeten dringen, zijn door opslorping of absorptie van een gedeelte van dat licht ontstaan en vormen met het overgebleven lichtgevende gedeelte het zoogenaamd *absorptiespectrum*, waaraan scheikundige verbindingen te herkennen zijn. KUTISS en NILSON vergeleken zulke oplossingen, die zij door dezelfde scheikundige bewerkingen uit ééne en dezelfde zeldzame aarde hadden verkregen. Was zulk eene aarde ééne bepaalde scheikundige verbinding, dan moest het absorptie-spectrum der verkregen vloeistoffen altijd gelijk zijn geweest. Een verschil tusschen die absorptie-spectra zou daarentegen wijzen op het voorkomen van ongelijksoortige bestanddeelen in de genomen aarde, zou bewijzen, dat men daarin niet met de zuurstofverbinding of het oxyde van één metaal maar met een mengsel van oxyden van méér dan één metaal te doen had.

En er was verschil in de absorptie-spectra. Donkere strepen tot nog toe te zamen als het eigendom van één bepaald element beschouwd, bleven niet altijd bij een of vertoonden zich in de fracties niet in dezelfde mate verzwakt of versterkt. De verdeeling der stoffen had dus eene scheiding van onderling ongelijksoortige zelfstandigheden ten gevolge gehad. Het is goed gezien, dat voor de bestanddeelen van de (vroeger als grondstoffen beschouwde) metalen geen nieuwe namen worden voorgesteld; het zou in dat geval te vreezen zijn, dat de verwarring groot geworden was. Van de uitkomsten waartoe KUTISS en NILSON kwamen, wordt hier alleen een kort overzicht gegeven.

Het *holmium*, ook wel genoemd *Soret's X*, waarin LECOQ DE BOISBAUDRAN eenige jaren geleden twee metalen (door hem *holmium* en *dysprosium* genoemd) meende te herkennen, bevat niet minder dan zeven ongelijksoortige bestanddeelen. Voorloopig worden zij, in verband met den naam *Soret's X*, aangewezen door de teekens: $X\alpha$, $X\beta$, $X\gamma$, $X\delta$, $X\epsilon$, $X\zeta$, en $X\eta$.

Erbium werd gesplitst in twee bestanddeelen, waarvoor als teekens worden voorgesteld: $\text{Er}\alpha$ en $\text{Er}\beta$; evenzoo worden in het *thulium* een $\text{Tm}\alpha$ en een $\text{Tm}\beta$ van elkander onderscheiden.

Was het oude in 1839 door MOSANDER ontdekte *didymium* reeds eenige jaren gesplitst in *didymium* en *samarium*, en scheen dit laatste *didymium* in 1885 een samenstel van *praseodymium* en *neodymium* te zijn, de laatste twee namen mogen in vergetelheid geraken, immers ook de daardoor benoemde stoffen zijn geen elementen. Negen eigenaardige absorptie-spektra wijzen op negen ongelijksoortige bestanddeelen in het laatste didymium. Hiervoor worden de teekens aangenomen: $\text{Di}\alpha$, $\text{Di}\beta$, $\text{Di}\gamma$, $\text{Di}\delta$, $\text{Di}\epsilon$, $\text{Di}\zeta$, $\text{Di}\eta$, $\text{Di}\theta$, Di . Het *samarium* maakt het gemakkelijker; men behoeft voortaan slechts van een $\text{Sm}\alpha$ en van een $\text{Sm}\beta$ te spreken.

In plaats van *erbium*, *holmium*, *thulium*, *didymium* en *samarium* komen nu twee en twintig nieuwe grondstoffen. Geen wonder, dat de schrik iemand hierbij om het hart slaat bij de gedachte, of misschien een dergelijk onderzoek op minder zeldzame elementen toegepast ook daar eene even groote menigvuldigheid in het leven roept, dat de twijfel oprijst, of wij wel in eenige der thans nog als grondstoffen beschouwde stoffen wel zulk eene grondstof voor ons hebben. Ergens staat van FARADAY vermeld, dat deze bij het bericht van de ontdekking eener nieuwe grondstof den wensch uitsprak: mocht er liever eens iemand opstaan, die ons vertelde, wat de bestaande grondstoffen eigenlijk zijn. GERHARDT en KRÜSS vinden echter beschouwingen omtrent het wezen der grondstoffen voorbarig. Het is daarom niet hier de plaats over de voorstellingen te spreken, die reeds bij menigen scheikundige opgekomen zijn, waar hij peinsde over het raadsel van het wezen der grondstoffen.

VI

In de geschriften van WILLIAM CROOKES vindt men zoowel de uitkomsten van het praktisch onderzoek als de bespiegelingen van den denker terug. Verreikende beschouwingen worden door hem uit zijne proeven afgeleid, beschouwingen zelfs omtrent eene mogelijke wording der zoogenaamde grondstoffen in den loop der eeuwen. Beweegt hij zich dus niet altijd op den vasten bodem der ervaring, zijn de voorstellingen, die hij koestert, zelfs van dien aard, dat haar juistheid onmogelijk aan de werkelijkheid kan worden getoetst, aandacht verdienen zij stellig.

De onderzoekingen van CROOKES, waarover hier gesproken moet worden, staan in verband met verscheidene verschijnselen, die de molekulen der stoffen in een uiterst verdunden toestand vertoonen, met zijne studiën naar de eigenschappen der «stralende materie,» en hebben ook hier weder betrekking op sommige «zeldzame aarden.» Sprak men vroeger van een volkomen luchtledig, CROOKES vertoont aan zijn gehoor op eene voordracht in de *Royal Institution* op 18 Februari 1887 eene glazen buis met een inhoud van 5 cm^3 en waarin de spanning der lucht gelijkstond met $\frac{1}{50}$ millioenste van den druk van één atmosfeer. Daar de drukking van één atmosfeer op ééne oppervlakte van 1 cm^2 gelijk is aan den druk van eene 760 mM. hooge kwikzuil of van eene waterkolom van 10336 mM., kan men de grootte der spanning in de glazen buis hiermede eenigermate in verband brengen door te zeggen dat zij gelijk was aan de drukking van eene waterkolom van ongeveer twee-tienduizendste mM. hoogte. Ledig is die ruimte echter volstrekt nog niet; immers door de bedoelde 5 cm^3 . bewegen zich nog 100 biljoen molekulen.

In eene lichtverdunding van deze soort, in eene omgeving waarin eene spanning heerscht van ongeveer één millioenste van een atmosfeer, worden zeldzame aarden aan de werking van eene inductievonk blootgesteld. Er zijn er, die den doorgang van den stroom in hooge mate bemoeielijken, er zijn anderen, die de inductievonk onmiddellijk doen overspringen en daarbij een eigenaardigen nagloed of phosphorescentie vertoonen. Tot de laatsten behooren yttria-aarde en samaria-aarde. Duurt dit phosphoresceeren lang genoeg, dat het licht daarvan met een spektroskoop kan worden waargenomen, dan ziet men weder eene opeenvolging van lichtende, rood, geel, groen enz. gekleurde strepen, die door donkere banden van elkander gescheiden zijn. Zulk een phosphorescentie-spektrum van yttrium ziet er geheel anders uit dan het spektrum, hetwelk men waarnemen kan, wanneer yttriumverbindingen onder den gewonen druk of in weinig verdunde lucht tot gloeiens toe worden verhit.

In de zoeeven genoemde voordracht werd dit phosphorescentie-spektrum van yttrium vertoond. Aan het einde links was een donkerrood-gekleurde band; daarop volgde op eenigen afstand iets meer naar rechts een roode en weder iets verder een zeer heldere citroengele band; een paar groenachtig blauwe banden waren iets verder (steeds in dezelfde richting) te zien en een blauwe band was de laatste. Naar gelang van de herkomst der aarde vertoonde een ander stuk de banden

meer of minder scherp afgeteekend en de helderheid grooter of kleiner; toch beschouwde CROOKES deze veranderlijkheid als een gevolg van bijkomende omstandigheden, want in hoofdzaak gelijken de spektra telkens op elkander. Onderwierp hij kleinere hoeveelheden der aarde aan de proef, dan namen de verschillende banden in helderheid af; het langst bleef de citroengele zichtbaar. En ziet, daar ontvangt CROOKES van DE MARIIGNAC een monster van eene nieuwe aarde (door de laatste Y_{α} genoemd), en dit bezit in zijn spektrum behalve groene en oranjeleurige gedeelten, die op samarium wijzen, alles wat in het phosphorescentie-spektrum van yttrium behoort met uitzondering juist van den citroengelen band, tot op dien dag als het scherpste herkenningsmiddel van yttrium beschouwd. De onderstelling, dat yttrium geen enkelvoudige stof was, won hierdoor aanmerkelijk aan grond.

Oplosbare yttriumverbindingen werden op de proef gesteld. Maanden lang duurde de proef, waarmede beproefd werd de als eene homogene stof beschouwde verbinding te splitsen. Het feit, waarvan CROOKES uitging, was, dat in eene oplossing van eene yttriumverbinding een bezinksel ontstaat, wanneer er ammonia aan wordt toegevoegd; dit bezinksel bevat het yttrium in eene andere scheikundige verbinding, en wel al het yttrium, wanneer men genoeg ammonia gebruikt. Neemt men de helft van deze hoeveelheid ammonia, dan is de hoeveelheid van het bezinksel ook half zoo groot als zij wezen kon en de andere helft van het yttrium blijft gebonden in de eerst aanwezige, in water oplosbare verbinding. Wanneer nu in dit geval de ammonia gevoegd wordt bij eene zeer verdunde oplossing, heeft de vorming van het bezinksel zeer langzaam plaats; bestond er tusschen de deeltjes der oplosbare yttriumverbinding eenig verschil, wat hun vatbaarheid aangaat om door de ammonia omgezet te worden, dan zou men op deze wijze eene schifting kunnen te weeg brengen. De opgelost gebleven verbinding zou dan niet volkomen gelijk zijn aan de oorspronkelijke. Pogingen tot zulke schifting werden nu weder toegepast zoowel op het gedeelte, dat eerst in den vorm van een bezinksel uit de oplossing was verwijderd, als op het gedeelte, dat in de eerste oplossing door de ammonia niet aangetast was.

Het gevolg van deze zeer tijdroovende bewerkingen was, dat het oude yttrium in vijf bestanddeelen werd gesplitst, waarvan elk zijn eigenaardig phosphorescentie-spektrum had. Eveneens bleek samarium uit twee of drie ongelijksoortige bestanddeelen te bestaan.

Wij komen nu tot de nieuwe denkbeelden, door CROOKES uit de

waargenomen feiten afgeleid. Hij stelt er zich niet mede tevreden om zooals KRÜSS en GERHARDT doen, de metalen der zeldzame aarden te schrappen als grondstoffen of elementen en daarvoor in de plaats een grooter aantal nieuwe elementen aan te nemen, maar spreekt de onderstelling uit, dat men als het ware grondstoffen van verschillende graad aannemen moet. Het oude yttrium blijft bij hem één geheel, één element. De scheikundige eigenschappen van yttrium- en yttriumverbindingen drongen hem hiertoe; ook enkele natuurkundige eigenschappen werken hiertoe mede; de bestanddeelen G^{δ} , G_{η} enz., die volgens de aanwijzingen van hunne eigenaardige phosphorescentie-spektra in yttrium aanwezig zijn en door de werking der ammonia van elkander kunnen gescheiden worden, vertoonen onderling zulke geringe verschillen, dat zij als het ware aan elkander kunnen gelijk worden en b.v. bij verhitting met eene elektrische vonk (niet in uiterste verdunde lucht) hetzelfde spektrum geven. Voor dergelijke bestanddeelen van een element wordt door CROOKES de naam *meta-elementen* voorgesteld. Het element yttrium zou uit vijf meta-elementen bestaan, samarium uit twee of drie meta-elementen. Ook voor andere grondstoffen wordt eene dergelijke samenstelling waarschijnlijk geacht; holmium b.v. (zie bladz. 384) zou waarschijnlijk uit zeven meta-elementen opgebouwd zijn. De eigenschappen van de deeltjes der stoffen, zooals wij die kennen, zijn bij deze voorstelling de som van de eigenschappen der deeltjes der meta-elementen; verschillen deze eigenschappen min of meer, dan vertoont het element het gemiddelde daarvan; zoo onderstelt CROOKES bepaald, dat de gewichten van de deeltjes der tot één element vereenigde meta-elementen eenigszins van elkander verschillen. Wordt b. v. het gewicht van een atoom yttrium = 88,9 gesteld, dan is dit getal het gemiddeld van de atoomgewichten der meta-elementen, waaruit yttrium bestaat. Het denkbeeld is zooals men gemakkelijk inziet eenigermate verwant met het begrip van samengesteld radicaal zooals dat b. v. aan den naam ammonium verbonden is (bladz. 371).

Zooals een paar jaren geleden in dit tijdschrift uitvoerig behandeld werd,¹ de vraag: of onze grondstoffen inderdaad enkelvoudige stoffen zijn, is alles behalve nieuw. Heeft nu echter CROOKES eene voorstelling gegeven, die op zichzelf geen bezwaren medebrengt en die inderdaad moeilijkheden opheldert? Ik zou geen van beiden durven verklaren.

¹ Dr. J. W. DOYER JZN. *Album der Natuur* 1887 bladz. 230—234.

Een duidelijk begrip van hetgeen men onder element en onder meta-element moet verstaan, hij geeft het niet; van de grenzen, die aanwijzen waar men van een van beiden beginnen moet te spreken, is even weinig sprake.

Toen AUER VON WELSBACH eenige jaren geleden didymium gesplitst had in praeseodymium en neodymium, merkte hij op, dat tusschen deze twee nieuwe stoffen grooter overeenkomst bestond dan ergens tusschen twee zoogenaamde grondstoffen waargenomen werd. CROOKES zegt naar aanleiding hiervan: wij komen hier hoe langer hoe dichter òf tot een langzaam verschil alleen in graad tusschen de eene grondstof en de andere òf tot de erkenning van de meta-elementen, de verbindingsleden, tusschen de verschillende grondstoffen (*Chem. News*. LVII, 217).

Men mag echter niet over het hoofd zien, dat CROOKES zelf aan zijne denkbeelden niet de waarde toekent van eene wetenschappelijke hypothese, maar hoogstens van een vermoeden, waarover hij als het ware de feiten hoort fluisteren. »De strepen in de phosphorescentiespektra» zeide hij den 30 Nov. ll. in de jaarvergadering van de *Royal Society*, »zeggen mij, dat bij die stoffen, welke tot nog toe de vuurproef hebben doorgestaan en die daarom grondstoffen heeten, waarvoor een bepaald atoomgewicht wordt aangenomen en die zich met andere stoffen verbinden volgens bepaalde gewichtsverhoudingen, tusschen de deeltjes onderling een zeer gering verschil kan bestaan, zoodat het eene deeltje voor de werking van eene bepaalde stof iets meer of minder vatbaar is dan een ander.

»Zij zeggen mij, dat het onderscheid tusschen grondstoffen en verbindingen, zooals dat sinds LAVOISIER en DALTON een der voornaamste stellingen is in de scheikunde, gewijzigd moet worden, zoodat er plaats komt voor eene breede schaar van tussenstoffen, elders door mij *meta-elementen* genoemd, en waarvan de afscheiding mogelijk is.

»Zij zeggen mij, dat er tusschen de grondstoffen in haar karakter als zoodanig een verschil in graad aangenomen moet worden, zoodat sommigen om zoo te zeggen meer *elementair* dan anderen zijn, dat er nog grondstoffen ontdekt zullen worden, terwijl anderen verdwenen zijn als niet bestaanbaar in de omstandigheden, waarin wij thans leven.

»Zij zeggen mij verder, dat onze scheikundige grondstoffen werkingen zijn van krachten, waaraan de stof (door mij *protyle* genoemd) in een vroegeren toestand onderworpen is geweest; dat die

grondstoffen haar bestendigheid te danken hebben aan een strijd om het bestaan, aan eene scheikundige evolutie; even als in de organische wereld de meest geschikten overblijven, is er alleen op den duur in den kring der grondstoffen plaats voor de meest bestendigen, mogelijk wel voor hen, die de grootste traagheid bezitten."

Het behoeft hier wel niet uitdrukkelijk gezegd te worden, dat CROOKES in deze woorden geen stellige wetenschap verkondigt, maar aan zijne verbeeldingskracht den vrijen teugel laat. Dat het denkbeeld der grondstoffen, zooals dat sedert LAVOISIER tot nog toe overheerscht heeft, herziening behoeven zal, wie ziet daarvan de mogelijkheid niet in? Nauwelijks honderd jaren oud zou de wetenschap der scheikunde in dit opzicht reeds het volmaakte hebben gegrepen? Dat de waarnemingen der laatste jaren een gewettigden twijfel opwekken, of wellicht de tijd der herziening spoedig aanbreekt, ook dat schijnt mij het geval te zijn. Maar of de oplossing gevonden wordt door de onderstelling van het bestaan eener breede schaar van tusschenstoffen of meta-elementen, dit is eene vraag, waaromtrent geen stemming kan worden aangevraagd. CROOKES geeft alleen iets ter overweging, en van hem is dit geen aanmatiging.

VII

Ten slotte nog een woord over de voorstellingen van CROOKES omtrent de langzame wording der elementen uit eene *ur-stof* door hem *protyle* genoemd. Deze voorstellingen, waar zoo even een oogenblik over gesproken werd, werden het eerst door hem ontwikkeld op de vergadering van de *British Association* in 1886 te Birmingham, en later meer dan eens herhaald en uitgebreid o. a. den 18den Februari 1887 in de *Royal Institution*, den 28sten Maart 1888 en den 21sten Maart 1889 in de jaarvergaderingen van de *Chemical Society*. Het valt niet te ontkennen, dat de verbeelding zich hier nog verder verwijderd van hetgeen de ervaring leert. De luchtreiziger in een *ballon captif* blijft, zoolang geen wolk de aarde voor zijn oog bedekt, in staat de aarde zooals hij zich die op een grooten afstand denkt te vergelijken met wat zij werkelijk is; heeft hij in een vrijen ballon plaats genomen en is hij daardoor boven de wolken overgebracht, dan ziet zijn oog de aarde niet meer en zonder bedwang kan hij zich aan de werking van zijne verbeelding overgeven. Het *lâchez-tout* heeft dan ook in overdrachtelijken zin voor hem geklonken. Met allen eerbied voor CROOKES

zij het gezegd, dat wij met hem door het oneindige luchtruim schijnen te zweven zonder uitzicht op de aarde, die ons aan de werkelijkheid herinnert, wanneer wij ons een oogenblik overgeven aan zijne voorstellingen omtrent het langzaam ontstaan der grondstoffen.

De grondstoffen uit den tegenwoordigen tijd zouden dan uit meta-elementen samengesteld zijn en wel op zoodanige wijze, dat wij in een aantal molekulen van de eene of andere (als grondstof beschouwde) stof niet te doen hebben met gelijksoortige deeltjes, maar met eene opeenhooping van ongelijksoortige deeltjes der meta-elementen. Stellen de scheikundigen zich gewoonlijk voor, dat het groenachtig-gele chloorgas uit molekulen bestaat, wier gewicht 35,5 maal zoo groot is als dat van eene molekule waterstof, CROOKES stelt hier tegenover de mogelijkheid, dat chloor bestaat uit molekulen, wier gewicht meer dan 35,5, en anderen, wier gewicht minder dan 35,5 maal gelijk aan dat van waterstof is; wat men gewoonlijk voor het moleculair gewicht van chloor houdt, is volgens hem eene gemiddelde waarde. Ook van een bepaald atoomgewicht (bij sommige grondstoffen bestaat eene molekule uit twee atomen, bij anderen uit vier atomen, terwijl ook wel eene molekule slechts één atoom bevat) zou dus geen sprake zijn.

Niet altijd zouden de meta-elementen tot onze grondstoffen verbonden geweest zijn. Aan dezen toestand zou een andere zijn voorafgegaan, waarin de deeltjes der meta-elementen als zoodanig bestonden in ultra-gasvormigen toestand; voor de stof in dezen toestand wordt de naam *protyle* voorgesteld. Naar gelang van de omstandigheden, nam de protyle een ander voorkomen aan; eene der omstandigheden, die veranderden, was de temperatuur, die langzamerhand afnam. Deze onderstelling zal waarschijnlijk geen tegenspraak ontmoeten. In de tweede plaats neemt CROOKES aan, dat er een vorm van arbeidsvermogen bestond (later wordt ondersteld, dat dit electriciteit moest zijn), die bij geregelde afwisseling een toestand van eb en vloed, van rust en werkzaamheid vertoonde. Kent men aan de protyle bovendien het vermogen toe, dat men waarneemt bij in de lucht zwevende kooldeeltjes, bij neerslagen, die onder eene vloeistof worden gevormd, bij vormloozen rook, waaruit plotseling wentelende ringen ontstaan, het vermogen namelijk om zich langzamerhand tot vlokken en tot grootere deeltjes te vereenigen, dan zou men hierin de verklaring op het spoor zijn, hoe uit de protyle een zoo groot aantal stoffen is gevormd.

Het element, dat uit de protyle het eerst ontstaat, moet, vergeleken met de later gevormde grondstoffen, eene groote overeenkomst

vertoonen met de protyle zelve; het moet een klein atoomgewicht hebben en een eenvoudigen bouw. Dit element was de waterstof. Later vereenigen zich deeltjes tot atomen van het metaal lithium en verder achtereenvolgens beryllium, boor en koolstof. De op eene afkoeling gelijkende verandering gaat voort, de gewichten der nieuwgevormde atomen worden hoe langer hoe grooter. De schommeling, die zich in de geregelde afwisseling van den electrischen toestand der protyle vertoont, heeft tijdens de vorming der koolstof haar verste punt bereikt en keert nu naar een neutralen toestand terug; in dit opzicht is de invloed op de vorming der grondstoffen de tegenovergestelde van hetgeen hij eerst was; achtereenvolgens worden stikstof, zuurstof en dan fluoor gevormd. Mag men de schommelingen van den elektrischen toestand met de beweging van een slinger vergelijken, dan gaat deze door het laagste punt heen en wijkt naar de andere zijde af; tijdens de beweging naar het verste punt ontstaan achtereenvolgens natrium, magnesium, aluminium en kiezel en evenals tijdens de vorming van koolstof gaat nu de beweging weder in een terugkeer naar den laagsten stand over. Voordat het neutrale punt (het laagste punt van den slinger) weder bereikt is, zijn phosphorus, zwavel en chloor ontstaan. Is dus eene geheele schommeling volbracht, dan verandert de electrische toestand voortaan weder volkomen op dezelfde wijze als na het tijdstip, waarop wij ons voorstelden, dat uit de protyle waterstof werd gevormd.

Was nu de temperatuur dezelfde, dan zouden wij weder getuige moeten zijn van de vorming derzelfde grondstoffen, die reeds werden genoemd, en wel in dezelfde volgorde, maar ondertusschen is de temperatuur lager geworden. Er ontstaat dus wel een stof, die aan lithium beantwoordt, namelijk kalium, vervolgens eene die aan beryllium beantwoordt, namelijk calcium enz. Wij krijgen dus eene reeks van stoffen, elk op zichzelve de wedergade van een vroeger gevormd element. Waarom ontstond er geen stof, die aan waterstof beantwoordt?

CROOKES sluit zich hierbij aan aan de regelmatige afwisseling in eigenschappen, die bij de grondstoffen wordt opgemerkt, wanneer men ze rangschikt naar volgorde van haar atoomgewichten¹; daarop is het trouwens aangelegd bij de keuze van die geregelde schommelingen in den elektrischen toestand der stof.

¹ Zie het opstel van dr. J. W. DOYER JZN: Het natuurlijke stelsel der elementen *Album der Natuur* 1887 bladz. 220.

Nadere bijzonderheden in de voorstellingen van CROOKES worden hier niet behandeld. Veel baat zal de wetenschap er volgens ons oordeel niet bij vinden. Trouwens nog eens wijzen wij op de waarde, die hij zelf er aan hecht, ook hier weder uitgedrukt en wel in de volgende woorden; »geleid door het groote denkbeeld der continuïteit heb ik het gewaagd op een proces te wijzen, waardoor de grondstoffen *kunnen ontstaan zijn*. Ik zeg niet, *moeten ontstaan zijn*, want niemand is er beter van bewust dan ikzelf, hoeveel er nog gedaan moet worden, voordat de groote vraag met zekerheid kan beantwoord worden. Ernstig hoop ik, dat anderen dezen arbeid van mij zullen overnemen, en dat de scheikunde haren DARWIN zal mogen vinden zooals de levensleer dien reeds gevonden heeft.»
